

## **TUGAS AKHIR**

**PERBANDINGAN HASIL PERHITUNGAN CARA KOEFISIEN MOMEN  
DENGAN CARA PORTAL EKIVALEN PADA LANTAI  
MENERUS TANPA BALOK**



**Disusun Oleh :**

<b>Nama</b>	<b>: Abdul Aziz</b>	<b>Nama</b>	<b>: Subur Budiharjo</b>
<b>No. Mhs.</b>	<b>: 87 310 062</b>	<b>No. Mhs.</b>	<b>: 87 310 230</b>
<b>NIRM</b>	<b>: 875014330057</b>	<b>NIRM</b>	<b>: 875014330204</b>

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

**1996**

## PRAKATA

Bismillahirrohmanirrohim  
Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT, akhirnya penyusun berhasil menyelesaikan Tugas Akhir sebagai syarat untuk mencapai jenjang Strata Satu (SI), pada jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Adapun judul dari Tugas Akhir ini adalah "Perbandingan Hasil Perhitungan Cara Koefisien Momen Dengan Cara Portal Ekuivalen Pada Lantai Menerus Tanpa Balok".

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, tidak terlepas dari pada bantuan serta dorongan dari berbagai pihak dari awal penyusunan hingga selesainya, oleh sebab itu pada kesempatan ini penyusun banyak mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Susastrwan, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, serta selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir,
2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
3. Bapak Ir. A. Kadir Aboe, MS, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir,
4. Yang tercinta Ibu, yang tersayang kakak-kakak dan adik-



adik yang telah memberikan dorongan sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini,

5. Semua pihak yang tidak bisa penyusun sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga segala amal serta kebaikan yang telah di berikan mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT. Amin.

Penyusun menyadari walaupun telah berupaya semaksimal mungkin dalam penyusunan Tugas Akhir ini dengan baik, tetapi masih jauh dari sempurna, maka penyusun mengharapkan adanya studi yang terus dilakukan agar tercapai hasil yang lebih sempurna.

Akhirnya besar harapana penyusun mudah-mudahan Tugas Akhir ini banyak memberi manfaat khususnya bagi penyusun dan juga para pembaca pada umumnya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, Maret 1996

Penyusun

## ABSTRAKSI

Analisis suatu struktur merupakan hal yang sangat penting dalam perancangan struktur. Dari hasil analisis struktur akan diketahui gaya-gaya yang terjadi pada struktur tersebut, yang pada akhirnya gaya-gaya tersebut sebagai pedoman dalam perancangan suatu struktur.

Pada analisis suatu plat lantai menerus tanpa balok telah banyak dilakukan untuk mencari gaya-gaya yang terjadi. Diantara cara yang dilakukan yaitu, cara Koefisien Momen (Perencanaan Langsung) dan cara Portal Ekuivalen.

Dari hasil perhitungan pada bentang  $5 \times 7 \text{ m}^2$  pada lantai menerus di dapatkan gaya-gaya dan momen-momen yang variasi dengan kedua cara tersebut. Perbedaan cara koefisien momen dengan cara portal ekuivalen terletak pada variasi nilai momen dan geser di sepanjang portal kaku fiktif. Pada cara koefisien momen penentuan momen dapat dilakukan secara langsung dengan menggunakan koefisien-koefisien yang sudah ditentukan, sedangkan pada cara portal ekuivalen penentuan momen-momen didapat dengan analisa pendahuluan terhadap kekakuan kolom-kolom berikut sistim lantai seperti halnya pada perencanaan dari statis tak tentu.

## DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAKSI	vi
DAFTAR ISI	vii

### BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	3
1.3. Batasan Masalah	3

### BAB II. TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka	4
2.2. Momen Statais Total Terfaktor	8
2.3. Geser Pada Pelat Dua Arah	11

### BAB III. ANALISIS DAN PERHITUNGAN

3.1. Dasar-dasar Pengertian	16
3.2. cara Perencanaan Langsung (Koefisien Momen)	17
3.2.1. Penentuan Momen Rencana Total	18
3.2.2. Pembagian Momen Rencana Total	18
3.2.3. Pembagian Momen Terfaktor Dalam Jalur Kolom	20

3.2.4. Momen Terfaktor Untuk Jalur Tengah .	21
3.2.5. Perhitungan Tegangan Geser .....	23
3.2.6. Momen Inersia Polar .....	24
3.3. Cara Portal Ekuivalen .....	26
3.3.1. Momen Terfaktor .....	27
3.3.2. Perhitungan Kekakuan Kolom .....	28
3.3.3. Perhitungan Kekakuan Pelat .....	29
3.3.4. Koefisien Distribusi .....	30
3.3.5. Koefisien Induksi .....	30
3.3.6. Kekakuan Puntir .....	30
3.3.7. Konstanta Puntir .....	34

#### BAB IV. STUDI KASUS

4.1. Perhitungan .....	35
4.2. Cara Perencanaan Langsung .....	36
4.3. Cara Portal Ekuivalen .....	56

#### BAB V. PEMBAHASAN

5.1. Gaya Lintang .....	84
5.2. Momen .....	84

#### BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan .....	87
6.2. Saran .....	87

#### DAFTAR PUSTAKA

#### LAMPIRAN



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pelat merupakan struktur bidang (permukaan) yang lurus, datar, tidak melengkung, yang tebalnya lebih kecil dibanding dengan bagian struktur lain seperti kolom, balok. Geometri suatu plat bisa dibatasi oleh garis lengkung atau lurus. Ditinjau dari statika kondisi tepi (boundary condition) pelat bisa bebas (free), bertumpuan sederhana (simple support) dan jepit, termasuk tumpuan elastis dan jepit, atau dalam beberapa hal bisa berupa tumpuan titik atau pusat. Beban statis atau dinamis yang dipikul oleh pelat umumnya tegak lurus permukaan pelat.

Pelat-pelat beton bertulang dipakai sebagai lantai, atap dan dinding dari gedung, serta sebagai lantai dari jembatan. Pada perencanaan pelat sistem lantai suatu konstruksi dapat berbentuk bermacam-macam, seperti pelat padat dicor setempat, pelat berusuk atau padat pracetak. Pelat padat dapat mempunyai bentang satu arah atau dua arah. Apabila perbandingan sisi-sisinya tidak lebih dari dua, digunakan tulangan dua arah, sedangkan apabila perbandingan sisi-sisinya lebih dari dua maka di gunakan tulangan satu arah.

Pelat yang direncana sebagai lantai yang menerus yang diperkuat dalam dua arah yang di pikul secara langsung oleh





kolom-kolom dengan atau tanpa balok pemikul banyak dijumpai pada gedung-gedung yang memikul beban yang berat dan bentang yang panjang. Pelat ini banyak memberi keuntungan dari segi biaya maupun dari penataan ruang. Pelat yang tanpa dukungan balok akan lebih ekonomis dalam hal bekisting, sehingga dari segi biaya lebih ekonomis. Pada gedung bertingkat, ketinggian gedung berkurang karena lantai lebih rendah, langit-langit rata, kemungkinan menggeser kolom dapat dilakukan untuk pengaturan ruang. Dari segi artistik jendela-jendela dapat dibuat sampai sisi bawah pelat, dan tidak ada balok-balok yang menghalangi cahaya dan sirkulasi udara. Tidak adanya sudut-sudut yang tajam memberikan ketahanan dalam kebakaran yang lebih besar karena tidak adanya balok-balok berarti mengurangi adanya sudut-sudut tajam yang memudahkan beton terkelupas pada saat terjadi kebakaran, sehingga akan menghambat menganganya tulangan akibat pemanasan api.

Analisis struktur merupakan hal yang sangat penting dalam perancangan struktur. Dari hasil analisis struktur ini akan diketahui gaya-gaya yang terjadi pada suatu struktur, yang selanjutnya dari gaya-gaya struktur tersebut perancangan dimulai.

Berbagai cara dilakukan pada analisis struktur untuk mempermudah dan menyederhanakan analisis, semakin mudah serta jelas anggapan-anggapan pendekatan yang digunakan maka akan mempercepat perancangan dan mendekati kebenaran.

Seringkali cara yang dilakukan oleh seorang perencana dalam menangani suatu struktur berbeda dengan cara yang dilakukan oleh perencana lain, sehingga memungkinkan akan terjadinya perbedaan analisis.

Pada analisis suatu plat lantai menerus tanpa balok pendukung berbagai cara dilakukan untuk mencari gaya-gaya yang terjadi. Diantaranya adalah cara koefisien momen dan cara portal ekuivalen. Dengan melakukan analisis struktur yang dilakukan dengan kedua cara tersebut maka akan dapat diketahui cara yang paling mudah dan mendekati kemungkinan kesalahan yang kecil.

## 1.2 Tujuan

Studi ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan hasil perhitungan pada pelat menerus tanpa balok pemikul dengan cara koefisien momen dan cara portal ekuivalen.

## 1.3 Batasan-batasan.

1. Bentang pelat dengan panjang  $7 \times 5 \text{ m}^2$ ,
2. Beban yang diterima hanya beban grafitasi,
3. Perhitungan berdasarkan beban maksimum,
4. Struktur bangunan tanpa drop panel (pertambahan tebal pelat di dalam daerah kolom)
5. Struktur bangunan tanpa column capital (kepala kolom, yaitu pelebaran yang mengecil dari ujung kolom atas).

## BAB II

### TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Pelat lantai yang ditumpu oleh kolom-kolom tanpa memakai balok-balok atau gelagar ada dua macam yaitu plat slab dan plat flate. Pada prinsipnya keduanya sama, hanya pada plat slab pada bagian atas kolom diperbesar dan diberi panil penebal untuk mengurangi pengaruh tumpuan titik. Sedangkan pada flat plate tidak memiliki kapital kolom dan panil penebal<sup>[6]</sup>.

Menurut Chu-Kia Wang dan Charles G. Salmon perbedaan yang nampak antara plat slab (lantai cendawan) dengan lantai datar adalah pada daerah sekitar kolom. Pada flat slab biasanya beban yang didukung lebih besar sehingga mempunyai kekuatan geser yang cukup, sehingga pada flat slab mempunyai ciri-ciri adanya salah satu atau keduanya dari hal berikut :

- a). drop panel (pertambahan tebal plat di dalam daerah kolom) atau
- b). kepala kolom (column capital) yaitu pelebaran yang mengecil dari ujung kolom atas.

Dalam analisis suatu pelat dikenal beberapa pendekatan untuk perencanaan sistem pelat penulangan dua arah, yaitu pendekatan teori garis luluh (yield line theory), dan teori perencanaan batas (limit state theory). Di dalam SK SNI T-15-1991-03 terdapat dua alternatif yang diperkenalkan untuk analisis dan perencanaan sistem pelat penulangan dua arah

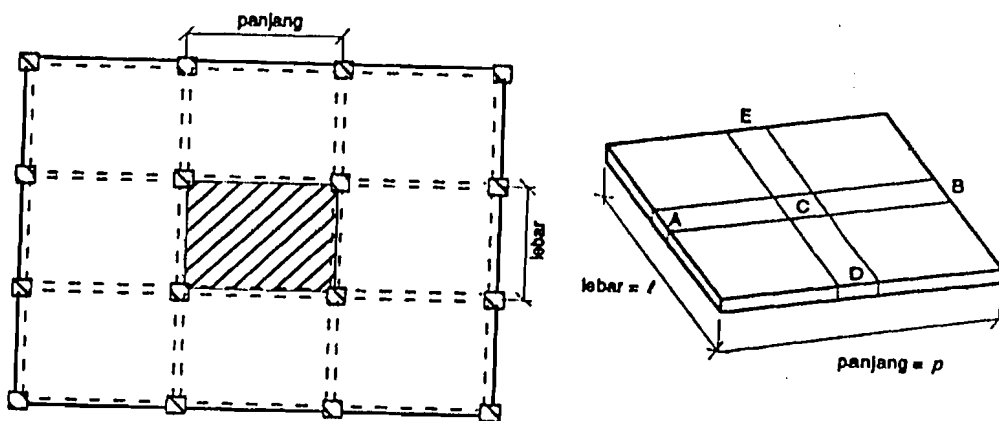


Perbedaan dari Metode Perencanaan Langsung dan Metode Rangka Ekuivalen terletak dalam cara menentukan variasi nilai momen dan geser di sepanjang portal kaku fiktif. Untuk Metode Rangka Ekuivalen digunakan untuk memperoleh variasi longitudinal dari momen-momen dan geser, kekakuan relatif dari kolom-kolom berikut sistem lantai dapat dimisalkan pada analisis pendahuluan dan kemudian diperiksa, seperti halnya dengan perencanaan dari struktur statis tak tentu. Dengan demikian selubung momen rencana dapat diperoleh untuk beban mati dikombinasikan dengan berbagai variasi pola beban hidup.

Dalam SK SNI T-15-1991 pasal 3.6.7 ayat 7.4 dikatakan jika Metode Rangka Ekuivalen digunakan untuk analisis beban gravitasi dari sistem pelat dua arah yang memenuhi batasan-batasan Metode Perencanaan Langsung, maka momen-momen terfaktor yang diperoleh dapat dikurangi secara proposional sedemikian rupa sehingga jumlah absolut momen positif dan momen negatif rata-rata yang digunakan di dalam perencanaan tidak melampaui  $1/8 W_u l_2 (1)^2$ . Untuk analisis beban lateral pembesaran momen pada kolom untuk memperhitungkan penggoyangan akibat beban-beban vertikal harus dilakukan sesuai dengan persyaratan yang terdapat dalam SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.11 ayat 5 dan pasal 3.3.12. Dengan diperolehnya variasi momen longitudinal dan geser terfaktor pada portal kaku momen ke arah transversal pada keseluruhan sistem lantai secara lateral dibagikan ke pelat dan balok (jika ada). Prosedur pembagian ke arah transversal dan penyele-

saian perencanaan selanjutnya pada dasarnya sama dengan yang diterapkan pada Metode Perencanaan Langsung.

Selanjutnya pada analisis pelat dua arah apabila menerima beban dari luar, maka pelat akan melendut berupa cekungan, semakin besar beban yang diterima maka semakin besar derajat cekungannya yang berarti juga momennya makin besar. Untuk pelat yang panjang sisi-sisinya tidak sama, cekungan akan lebih curam pada sisi yang lebih pendek, yang berarti momen lebih besar pada sisi lebih panjang atau beban lebih besar pada sisi pendek. Oleh sebab itu faktor kekakuan dari tumpuan sangatlah berpengaruh dalam menerima momen beserta redistribusinya dalam masing-masing arah. Hal ini bisa dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.2 Model Panel Plat Dua Arah

Lendutan yang terjadi :

$$= \frac{5}{384} \frac{W_u(l_n)^4}{E_c l_e} \quad \text{atau}$$

$$= kW_u(l_n)^4 \quad \text{dimana} \quad k = \frac{5}{384 E_c l_e}$$

Masing-masing lajur:

$$AB = k W_{AB}(p)^4$$

$$DE = k W_{DE}(l)^4$$

Karena  $W_u = W_{AB} + W_{DE}$  maka

$$W_{AB} = \frac{W(l)^4}{p^4 + l^4} \quad \text{dan} \quad W_{DE} = \frac{W(p)^4}{p^4 + l^4}$$

## 2.2 Momen Statis Total Terfaktor

Pada perencanaan sistim lantai dua arah di dalam peninjauan momen yang terjadi , harus diperhatikan pada bagian-bagian yang dibatasi oleh sumbu-sumbu panel yang bersebelahan pada tiap sisi dari sumbu tumpuan. Pada perencanaan momen statis terfaktor dapat dijelaskan pada gambar di bawah ini.





Nyatakanlah ukuran panel adalah  $l_1$  dan  $l_2$ . Panjang panel yang ditinjau  $l_1$ , sedangkan  $l_2$  ukuran panjang panel arah tegak lurus dari panel yang ditinjau. Bentang bersih dari panel yang ditinjau adalah  $l_n$ , yaitu jarak antara muka kolom. Bentang bersih yang didapat tidak boleh kurang dari  $0,65 l_1$ . Pada struktur lantai dengan penggunaan kolom atau kepala kolom berbentuk bulat harus diekivalensikan menjadi bujur sangkar dengan luas penampang sama. Dari gambar 2.4a nilai geser dan puntir yang terjadi bernilai sama karena simetri.

Pada peninjauan beban yang bekerja pada benda bebas (free body), gaya-gaya yang bekerja sepanjang bentang  $l_1$  adalah  $W_u l_2 l_{n1} / 2$ , dimana  $W_u$  adalah beban berfaktor persatuan luas dan  $l_{n1}$  adalah bentang bersih, seperti terlihat pada gambar (b) maka momen pada tengah bentang ini adalah :

$$\begin{aligned} M_o &= 1/2(W_u l_2 l_{n1}) 1/2(l_{n1}) - 1/2(W_u l_2 l_{n1}) 1/4(l_{n1}) \\ &= 1/8 W_u l_2 (l_{n1})^2 \end{aligned}$$

di mana -  $W_u$  : beban berfaktor persatuan luas

$l_{n1}$  : bentang bersih pada bentang yang ditinjau

$l_1$  : panjang bentang arah yang ditinjau diukur dari pusat ke pusat tumpuan.

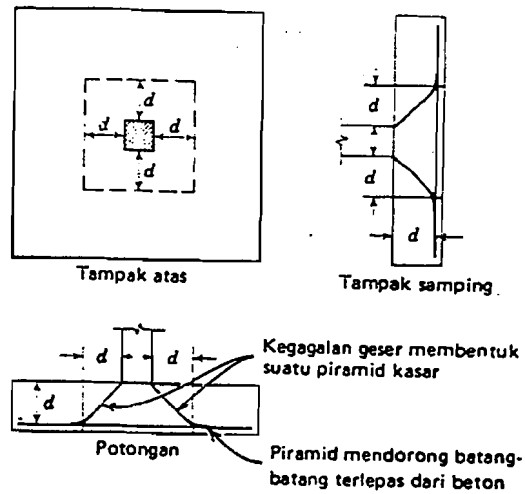
$l_2$  : panjang bentang arah tegak lurus bentang yang ditinjau diukur dari pusat ke pusat tumpuan.

### 2.3 Geser Pada Pelat Dua Arah

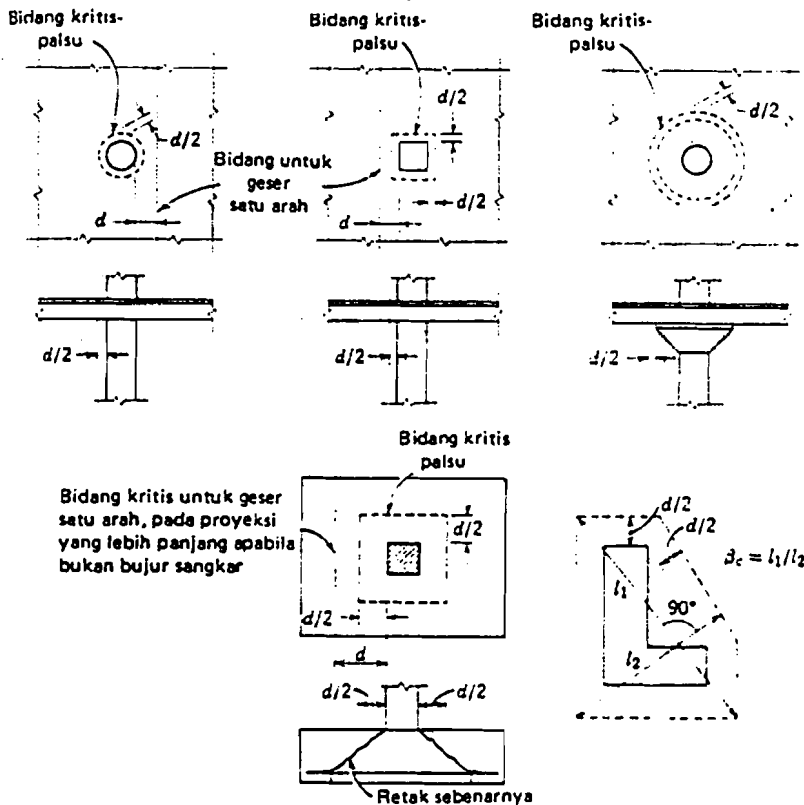
Pelat lantai yang didukung oleh kolom tanpa balok pemikul apabila menerima beban yang berat akan mengalami retak-retak disekitar kolom. Retak retak ini terjadi karena beban mengalami lentur, pada saat yang sama pelat lantai akan mengalami geser. Menurut Phil M. Ferguson tegangan geser yang terjadi pada plat yang didukung oleh kolom dapat di identifikasikan kebalikan dari tegangan geser yang terjadi pada pondasi tumpuan persegi atau bujur sangkar yang dibebani oleh beban kolom terpusat. Akibat beban yang menerus maka akan semakin jelas retak yang terjadi di daerah sekitar kolom . Geser yang terjadi pada pelat lantai dua arah ini akan menyebabkan retak-retak diagonal pada daerah piramid beton pada daerah sekeliling pertemuan antara kolom dan pelat seperti pada gambar 2.5.

Dalam penentuan daerah retak-retak yang timbul dan daerah tekan geser (geser pons), maka ditetapkan sebuah daerah kritis (jarak kritis) yang besarnya  $d/2$  dari permukaan kolom yang dapat dilihat pada gambar 2.6.





Gambar 2.5 Piramid yang terbentuk akibat pembebanan



Gambar 2.6 Bidang-bidang tarik diagonal kritis palsu pada pelat dan pondasi telapak

Besarnya perubahan geser yang terjadi pada pelat yang hanya ditumpu oleh kolom disebabkan oleh pemindahan momen dari pelat ke kolom. Momen yang dipindahkan dari pelat ke kolom sebagian menjadi lentur ( $\tau_t M_u$ ) dan sebagian menjadi tegangan geser eksentris ( $\tau_v M_u$ ). Apabila daerah kritis makin besar maka tegangan geser eksentris makin kecil, dari gambar 2.7 terlihat :

$$\tau_v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \frac{f b_1}{f b_2}}$$

Dimana -  $b_2 = (c_2 + d)$

= lebar permukaan bidang penampang kritis kolom interior yang menahan momen

$$b_1 = (c_1 + d)$$

= permukaan yang tegak lurus terhadap  $b_2$ .

Untuk kolom luar  $b_1 = (c_1 + 1/2d)$ .

Sedangkan momen yang dipindahkan sebagai lentur adalah  $\tau_t M_u$  dimana :

$$\tau_t = 1 - \tau_v \quad \text{atau} \quad \tau_t = \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \frac{f b_1}{f b_2}}$$

Untuk  $c_1 = c_2$ , nilai  $\tau_t = 0,60$  yang berarti 60% dilimpahkan oleh lentur sedangkan sisanya 40% oleh geser. Gaya-gaya geser yang terjadi akibat pemindahan momen menimbulkan tegangan-tegangan disekitar keliling kolom yaitu :

$$v_1 = \frac{V_u}{\theta A_C} - \frac{\tau_v M_u x_1}{\theta J_C} \text{ dan}$$

$$v_2 = \frac{V_u}{\theta A_C} + \frac{\tau_v M_u x_2}{\theta J_C}$$

dimana  $J_C$  = momen inersia polar

$x_1, x_2$  = jarak titik berat geser yang terjadi terhadap kolom

$\theta$  = faktor kapasitas reduksi

$M_u$  = momen yang bekerja pada sumbu geser

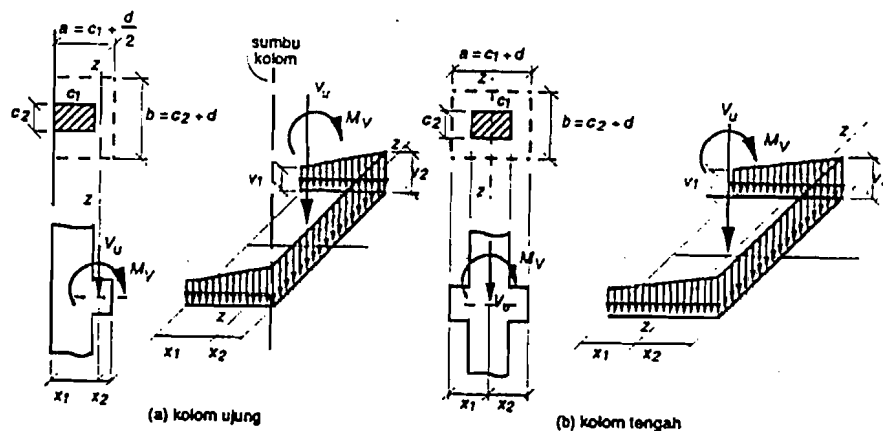
$v_1, v_2$  = tegangan geser

Untuk kolom exterior:

$$J_C = d[2/3a^3 - (2a+b)x_2^2] + 1/6ad^3$$

Untuk kolom interior:

$$J_C = d[1/6a^3 + 1/2ba^2] + 1/6ad^3$$



Gambar 2.7 Pelimpahan geser dari momen ke kolom

Menurut SK SNI T-15-1991-03 kolom-kolom dan dinding-dinding yang menjadi satu kesatuan dengan pelat yang dipikulnya harus diperhitungkan terhadap momen-momen yang timbul

oleh pembebanan pelat. Hal ini terutama berlaku pada tumpuan interior yang harus mampu menahan momen sebesar:

$$M = 0,07[(W_d + 0,5W_l)l_2(l_n)^2 - W_d'l_2'(l_n)^2]$$

dimana  $W_d$  = beban mati terfaktor persatuan luas

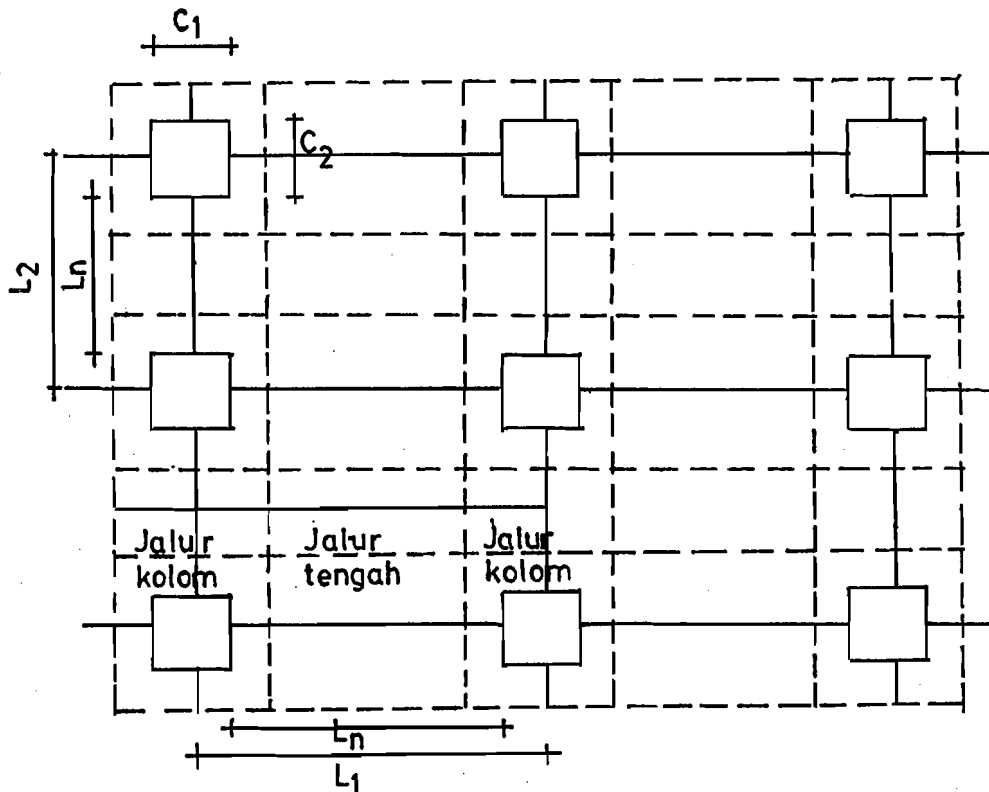
$W_l$  = beban hidup terfaktor persatuan luas

$W_d', l_2', l_n$  = notasi untuk bentang pendek.

**BAB III**  
**ANALISIS DAN PERHITUNGAN**

**3.1 Dasar-dasar Pengertian**

Pada analisis struktur pelat lantai menerus yang hanya didukung langsung oleh kolom tanpa balok pemikul merupakan bagian dari pada penyelesaian dengan menggunakan metode jalur. Di dalam perencanaan pelat baik dengan menggunakan pendekatan Metode Perencanaan Langsung maupun Portal Ekiivalen, pelat dibagi dalam beberapa jalur yaitu, jalur kolom, jalur tengah. Pembagian jalur-jalur yang terdapat dalam perencanaan pelat dapat dijelaskan pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.1 Denah Pembagian Lajur

Jalur kolom : jalur rencana dengan lebar pada tiap sisi sumbu kolom sebesar nilai yang terkecil dari  $0,25l_1$  atau  $0,25l_2$ ,

Jalur tengah : suatu jalur rencana yang di batasi oleh dua jalur kolom di kiri dan kanannya,

Bentang bersih : jarak antar bidang-bidang muka tumpuan ke arah mana momen-momen yang dihitung,

$C_1, C_2$  : ukuran kolom-kolom

$l_1, l_2$  : panjang bentang, diukur dari sumbu kolom ke kolom,

$l_n$  : panjang bentang bersih, diukur dari muka ke muka kolom.

### 3.2. Cara Perencanaan Langsung ( Koefesien Momen )

Di dalam SK SNI T-15-1991-03 memberikan batasan-batasan dalam menggunakan cara Perencanaan Langsung antara lain :

- a. Minimum harus ada tiga bentang menerus dalam setiap arah,
- b. Panel harus berbentuk persegi, dengan rasio antar bentang panjang dan bentang pendek diukur antara sumbu ke sumbu tumpuan tidak lebih dari dua,
- c. panjang bentang yang berurutan, di ukur antara sumbu ke sumbu tumpuan, dalam tiap arah tidak boleh berbeda lebih dari sepertiga bentang yang terpanjang,
- d. Posisi kolom boleh menyimpang maksimum 10 persen dari bentang (dalam arah penyimpangan) dari sumbu antara garis pusat kolom yang berurutan,
- e. Beban yang diperhitungkan hanyalah beban grafitasi saja dan tersebar merata pada seluruh panel. Beban hidup tidak boleh melebihi tiga kali beban mati.



Perhitungan dengan cara Perencanaan Langsung ini secara garis besar dapat di tempuh dalam tiga langkah :

- Penentuan momen rencana total,
- Pembagian momen rencana total pada penampang rencana untuk momen negatif dan positif,
- Pembagian momen negatif rencana dan momen positif rencana kepada jalur kolom dan jalur tengah dan juga balok-balok (bila ada).

### 3.2.1 Penentuan Momen Rencana Total

Jumlah absolut dari momen terfaktor positif dan negatif rata-rata dalam setiap arah tidak boleh kurang dari :

$$M_o = 1/8 W_u l_2^2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

Dimana -  $M_o$  : momen rencana total,

$W_u$  : beban rencana persatuan luas,

$W_u$  :  $p + q$

$p$  : beban hidup rencana persatuan luas,

$q$  : beban mati rencana persatuan luas,

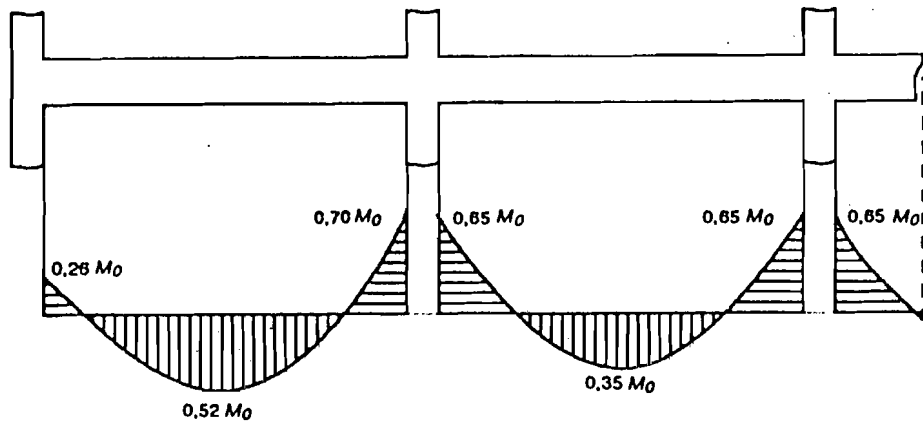
$l_2$  : panjang bentang dari tepi yang berbatasan dengan tepi pelat,

$l_n$  : Bentang bersih, jarak antara bidang-bidang muka kolom atau dinding pemikul,

:  $> 0,65 l_1$

### 3.2.2 Pembagian Momen Rencana Total

Pembagian momen rencana total  $M_o$  menurut SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.6.6 ayat 3.2 dapat dijelaskan pada gambar :



Gambar 3.2 Pembagian Momen Rencana Total

Pembagian momen negatif dan positif

- Pada bentang interior (tengah)
  - momen rencana negatif :  $0,65 M_0$
  - momen rencana positif :  $0,35 M_0$
- Pada bentang eksterior (tepi) tercantum seperti dalam tabel di bawah ini :

Tabel 3.1 Faktor Distribusi Momen  $M_0$  Bentang Eksterior (dikutip dari SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.6.6 ayat 3)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	tepi exterior tidak di tahan	pelat dengan balok di antara semua tumpuan	pelat tanpa balok di antara tumpuan interior		tepi exterior sepenuhnya di tahan
momen negatif terfaktor interior	0,75	0,70	0,70	0,70	0,65
momen positif terfaktor	0,63	0,57	0,52	0,50	0,35
momen negatif terfaktor interior	0	0,16	0,26	0,30	0,65

### 3.2.3 Pembagian momen terfaktor dalam jalur kolom

- Jalur kolom harus diproporsikan untuk memikul, dalam persen, bagian dari momen negatif dalam terfaktor berikut :

Tabel 3.2 Distribusi Momen Negatif Interior pada jalur Kolom  
(dikutip dari SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.6.6 ayat 4.1)

$l_2/l_1$	0,5	1,0	2,0
$(l_2/l_1) = 0$	75	75	75
$(l_2/l_1) \geq 1.0$	90	75	45

Interpolasi linier harus dilakukan untuk nilai antara

- jalur kolom harus diproporsikan untuk memikul dalam persen, bagian dari momen negatif luar terfaktor berikut:

Tabel 3.3 Distribusi momen negatif interior pada jalur kolom  
(dikutip dari SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.6.6 ayat 4.2)

$l_2/l_1$		0,5	1,0	2,0
$(l_2/l_1) = 0$	$= 0$ $\geq 2,5$	100 75	100 75	100 75
$(l_2/l_1) \geq 1,0$	$= 0$ $\geq 2,5$	100 90	100 75	100 45

Interpolasi linier harus di lakukan untuk nilai antara

- jalur kolom harus diproporsikan untuk memikul dalam persen, bagian dari momen positif terfaktor berikut :

Tabel 3.4 Distribusi Momen Negatif Interior pada jalur Kolom  
(dikutip dari SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.6.6 ayat 4.1)

$l_2/l_1$	0,5	1,0	2,0
$(l_2/l_1) = 0$	60	60	60
$(l_2/l_1) \geq 1.0$	90	75	45

Interpolasi linier harus dilakukan untuk nilai antara

### 3.2.4 Momen terfaktor untuk jalur tengah

Di dalam SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.6.6 ayat 6 disebutkan :

- Bagian dari momen negatif dan positif terfaktor yang tidak dipikul jalur kolom harus di bagikan secara proporsional pada setengah jalur tengah yang bersangkutan,
- Setiap jalur tengah harus direncanakan proporsinya untuk memikul jumlah momen yang dibagikan pada kedua setengah jalur tengahnya,
- Suatu jalur tengah yang bersebelahan dan sejajar dengan suatu tepi yang ditumpu oleh suatu dinding harus direncanakan proporsinya untuk memikul dua kali momen yang dibagikan pada setengah jalur tengah yang berhubungan dengan baris pertama dari tumpuan dalam.

Selain momen-momen yang disebutkan di atas, di dalam SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.6.6 ayat 9 juga menyebutkan momen yang terjadi pada tumpuan dalam sebesar :

$$M = 0,07[(W_d + 0.5W_1)l_2l_n^2 - W_d l_2' (l_n')^2] \dots\dots\dots(2)$$

di mana -  $W_d$  = beban mati terfaktor per satuan luas,

$W_1$  = beban hidup terfaktor per satuan luas,

$W_d', l_2', l_n'$  = notasi untuk bentang pendek

Di dalam SK SNI T-15-1991-03 di katakan, jika perbandingan beban mati terhadap beban hidup kurang dari 2, maka harus mengikuti salah satu ketentuan berikut :

- 1) Jumlah kekakuan lentur kolom di atas dan di bawah pelat harus sedemikian rupa sehingga tidak kurang dari  $\alpha_{min}$  yang ditentukan dalam tabel 3.3,

2) Bila dari kolom di atas dan di bawah pelat kurang dari  $\alpha_{min}$  yang disyaratkan dalam tabel 3.3, maka momen positif terfaktor pada panel yang didukung kolom tersebut harus dikalikan dengan koefisien yang ditentukan dalam persamaan di bawah ini :

$$\delta_s = 1 + \frac{2 - \beta_o}{4 + \beta_o} \left(1 - \frac{\alpha_c}{\alpha_{min}}\right) \dots\dots\dots (3)$$

dimana  $-\delta_s$  = rasio antar beban mati dan beban hidup

$\alpha_c$  = rasio dari kekakuan lentur kolom di atas dan di bawah pelat terhadap gabungan kekakuan pelat dan balok pada suatu join, dalam arah bentang di mana momen dihitung.

Tabel 3.4 daftar  $\alpha_{min}$   
(Dikutif dari SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.6.6 ayat 10.1)

$\beta_o$	Rasio dari $l_2/l_1$	Kekakuan relatif balok,				
		0	0,5	1,0	2,0	4,0
2,0	0,5 - 2,0	0	0	0	0	0
1,0	0,5	0,6	0	0	0	0
	0,8	0,7	0	0	0	0
	1,0	0,7	0,1	0	0	0
	1,25	0,8	0,4	0	0	0
	2,0	1,2	0,5	0,2	0	0
0,5	0,5	1,3	0,3	0	0	0
	0,8	1,5	0,5	0,2	0	0
	1,0	1,6	0,6	0,2	0	0
	1,25	1,9	1,0	0,5	0	0
	2,0	4,9	1,6	0,8	0,3	0
0.33	0,5	1,8	0,5	0,1	0	0
	0,8	2,0	0,9	0,3	0	0
	1,0	2,3	0,9	0,4	0	0
	1,25	2,8	1,5	0,8	0,2	0
	2,0	13,0	2,6	1,2	0,5	0,3



### 3.2.5 Perhitungan tegangan geser

Tegangan geser yang terjadi adalah tegangan yang ditimbulkan oleh transfer momen dari kolom ke pelat, baik dari kolom akhir maupun kolom tengah, sehingga kombinasi-kombinasi tegangan geser adalah sebagai berikut :

Pada kolom akhir

$$v = \frac{V_u}{\theta A_s} \pm \frac{\tau_v M_u x}{\theta J_c} \dots \dots \dots (4)$$

di mana -  $v$  = tegangan geser,

$V_u$  = tegangan geser terfaktor pada penampang,

$\tau_v$  = bagian momen yang tidak berimbang yang dipindahkan sebagai geser eksentris pada hubungan pelat kolom,

$$= 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \frac{\sqrt{c_1 + 1/2d}}{\sqrt{c_2 + d}}}$$

$x$  = jarak titik berat penampang kritis,

$J_c$  = momen inersi polar;

Pada kolom interior

$$v = \frac{V_1}{\theta A_s} \pm \frac{\tau_v M x}{\theta J_c} \dots \dots \dots (5)$$

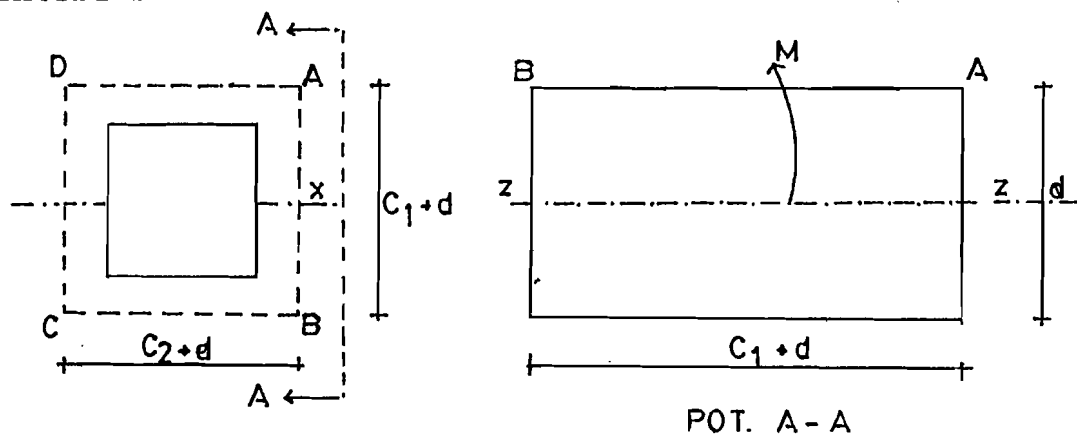
di mana -  $V_1$  = gaya geser dengan setengah beban hidup yang bekerja pada satu sisi,

$M$  = momen tak berimbang,

$$= 0,07 [(W_d + 0.5W_l)l_2(l_n)^2 - W_d l_2 (l_n)^2]$$

### 3.2.6 Momen Inersia polar

#### Kolom Interior



Gambar 3.4 Kolom Interior

Bidang geser kritis : A-B-C-D-A

Luas bidang kritis :  $A_c = (2c_1 + 2c_2 + 4d)d$

Karena simetris maka garis berat jatuh di tengah-tengah sehingga  $C_{AB} = 1/2 (c_1 + d)$

$J_c$  = momen inersi polar dari bidang geser kritis.

Momen terhadap sumbu x

$J_c = (I_{xx} + I_{zz})$  untuk AB dan CD +  $(I_{xx})$  untuk bidang BC dan AD

Untuk bidang AB dan Cd

$$I_{xx} = \frac{2d (c_1 + d)^3}{12} = \frac{d (c_1 + d)^3}{6}$$

$$I_{zz} = \frac{2 (c_1 + d)d^3}{12} = \frac{(c_1 + d) d^3}{6}$$

Untuk bidang BC dan AD

$$I_{xx} = 2 (c_2 + d) \cdot (d) \left( \frac{c_1 + d^2}{2} \right)$$

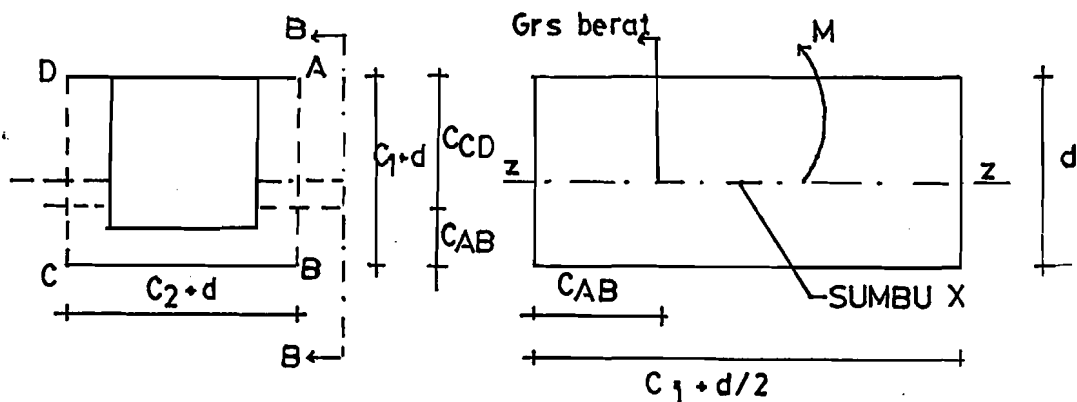
$$J_c = \frac{d (c_1 + d)^3}{6} + \frac{(c_1 + d) d^3}{6} + \frac{(c_2 + d) (d) (c_1 + d)^2}{2}$$

di mana -  $a = (c_1 + d)$  ;  $b = (c_2 + d)$  sehingga,

$$J_c = \frac{d (a)^3}{6} + \frac{(a) d^3}{6} + \frac{(b) d (a)^2}{6}$$

$$J_c = d [1/6a^3 + 1/2ba^2] + 1/6ad^3 \dots\dots\dots(6)$$

### Kolom Akhir



Gambar 3.6 Kolom Akhir POT B-B

Bidang geser kritis : A-B-C-D

Luas bidang kritis :  $A_c = (2c_1 + c_2 + 2d) (d)$

$$C_{AB} = \frac{(2) (c_1 + 1/2d) (d) (1/2) (c_1 + 1/2d)}{A_c}$$

$$C_{AB} = \frac{d (c_1 + d/2)^2}{A_c}$$

$$C_{CD} = (c_1 + d/2) - C_{AB}$$

$$J_c = (I_{xx} + I_{zz}) \text{ untuk AB dan CD} + (I_{xx}) \text{ untuk BC}$$

Untuk bidang AB dan CD

$$I_{xx} = \frac{(2)(d)(c_1 + d/2)^3}{12} + (2)(d)(c_1 + d/2) \left( \frac{c_1 + d/2}{2} - C_{AB} \right)^2$$



$$= \frac{d(c_1 + d/2)^3}{6} + 2d(c_1 + d/2)\left(\frac{c_1 + d/2}{2} - C_{AB}\right)^2$$

$$I_{zz} = \frac{2(c_1 + d/2)d^3}{12} = \frac{(c_1 + d/2)d^3}{6}$$

Untuk bidang BC

$$I_{xx} = (c_2 + d)(d)(C_{AB})^2$$

$$J_c = I_{xx} + I_{zz} + I_{xx}$$

di mana - a = c<sub>1</sub> + 1/2d

$$b = c_2 + 2d$$

$$J_c = \frac{d(a)^3}{6} + 2d(a)\left(\frac{(a)}{2} - C_{AB}\right)^2 + \frac{(a)d^3}{6} + (b)d(C_{AB})^2$$

$$= d[2/3a^3 - (2a + b)(C_{AB})^2] + 1/6 ad^3 \dots\dots\dots(7)$$

### 3.3 Cara Portal Ekuivalen

Pengertian dasar dari portal ekuivalen dapat di lihat pada beberapa literatur, tetapi di dalam SK SNI T-15-1991-03 mencakup beberapa pengertian yaitu :

- Struktur harus dianggap terdiri dari rangka ekuivalen pada bidang kolom yang diambil dalam arah longitudinal dan transversal dari bangunan,
- Suatu rangka harus terdiri dari suatu baris kolom atau tumpuan dan jalur pelat-bolok, dibatasi dalam arah lateral oleh garis sumbu dari panel pada tiap sisi dari garis sumbu kolom atau tumpuan,
- kolom atau tumpuan harus di anggap dihubungkan pada jalur pelat-balok, oleh komponen puntir (pasal 3.6.7 ayat 5)

yang arahnya transversal terhadap arah bentang yang sedang ditentukan momennya dan menerus hingga garis sumbu lateral panel yang membatasi tiap sisi suatu kolom,

- rangka yang berbeda di sebelah dan sejajar terhadap suatu tepi harus dibatasi oleh tepi tersebut dan garis sumbu panel yang di sebelahnya,
- setiap rangka ekuivalen boleh dianalisis sebagai suatu kesatuan, atau untuk beban gravitasi, setiap lantai dan atap (pelat-balok) boleh dianalisis secara terpisah dengan asumsi bahwa ujung terjauh dari kolom dijepit,
- bila pelat-balok dianalisis secara terpisah, dalam menentukan momen pada suatu tumpuan boleh diasumsikan bahwa pelat baloknya dijepit pada tumpuan yang berjarak dua panel dari tumpuan yang ditinjau, asalkan pelatnya masih menerus melampaui titik tumpuan jepit tersebut.

### 3.3.1 Momen terfaktor

Di dalam SK SNI T-15-1991-03 diberikan ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

- pada tumpuan interior, penampang kritis untuk momen negatif terfaktor (baik pada jalur kolom maupun jalur tengah) harus diambil pada muka rektilitas tumpuan, tapi tidak melebihi 0.1751, dari sumbu suatu kolom,
- penentuan lokasi penampang kritis dari momen rencana negatif pada tumpuan yang berbentuk bundar atau poligon biasa, harus didasarkan pada anggapan bahwa tumpuan

- tersebut berbentuk bujur sangkar dengan luas yang sama,
- sistem pelat yang memenuhi pasal 3.6.6 ayat 1 bila dianalisis dengan cara rangka ekuivalen, boleh mempunyai hasil akhir momen yang dikurangi dengan proporsi sedemikian hingga jumlah mutlak dari momen positif rata-rata momen negatif yang digunakan dalam perencanaan tidak perlu melebihi nilai yang di dapat dari  $1/8 W_u l_2 l_n^2$ ,
  - bila ketentuan dari pasal 3.6.6 ayat 1 sub butir 6 dipenuhi, maka pada penampang kritis yang memotong jalur pelat balok dari tiap rangka boleh didistribusikan ke dalam jalur kolom, balok, dan jalur tengah seperti yang ditentukan dalam pasal 3.6.6 ayat 5 dan pasal 3.6.6 ayat 6

### 3.3.2 Perhitungan Kekakuan Kolom

Dalam menentukan kekakuan kolom digunakan cara kolom analog.

$$K_c = \frac{1}{A_{ca}} + \frac{Mc}{I_{ca}} \dots\dots\dots(8)$$

di mana M = momen akibat satu satuan gaya pada tengah-tengah kolom analog terhadap ujung kolom analog

$K_c$  = kekakuan kolom

$A_{ca}$  = luas kolom analog

$I_{ca}$  = momen inersia kolom analog terhadap sumbu x-x

c = h/2

$$A_{ca} = \frac{h - t}{EI_k} \quad ; \quad c = \frac{h}{2}$$

$$I_{ca} = \frac{(h - t)^3}{12 EI_c} \quad ; \quad M = \frac{1}{2} h = \frac{h}{2}$$

$$K_c = \frac{EI_c}{(h - t)} + \frac{h/2 \cdot h/2 \cdot 12EI_c}{(h - t)^3}$$

$$K_c = \frac{EI_c}{(h - t)} + \frac{3EI_c h^2}{(h - t)^3}$$

$$\frac{K_c}{E} = \frac{I_c}{(h - t)} \left[ 1 + \frac{3h^2}{(h - t)^2} \right] \dots\dots\dots(10)$$

### 3.3.3 Perhitungan Kekakuan Pelat

Dengan cara kolom analog

$$K_s = \frac{1}{A_{ca}} + \frac{Mc}{I_{ca}}$$

$$A_{ca} = \frac{l_n l_1}{I_s} + 2 \left[ \frac{C_1/2}{I_{sc}} \right]$$

$$I_{ca} = \left[ \frac{l_1^3}{12 I_{sc}} \right] + \left[ \frac{l_n l_1^3}{12} \right] \left[ \frac{1}{I_s} - \frac{1}{I_{sc}} \right]$$

$$I_s = 1/12 l_2 t^3 \quad ; \quad I_{sc} = \frac{I_s}{(1 - C_2/l_2)^2}$$

$$\frac{K_s}{E} = \frac{1}{A_{ca}} + \frac{(1) (l_1/2) (l_1/2)}{I_{ca}} \dots\dots\dots(12)$$

3.3.4 Koefisien Distribusi

$$\text{Kolom akhir} = \frac{K_s}{K_s + K_{ce}} \dots\dots\dots(13)$$

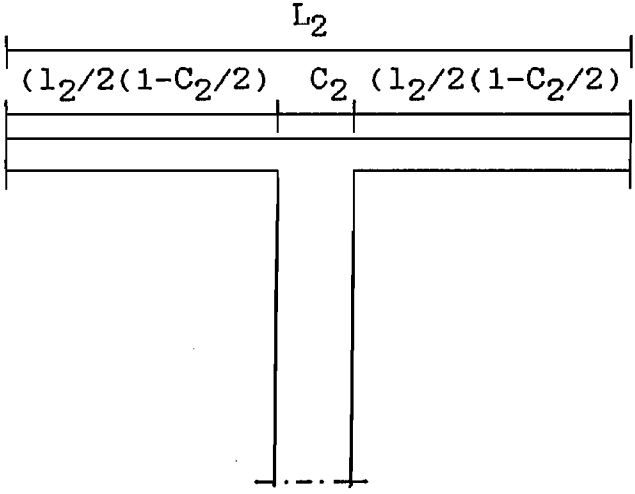
$$\text{Kolom tengah} = \frac{K_s}{2K_s + K_{ce}} \dots\dots\dots(14)$$

3.3.5 Koefisien Induksi (Carry-over faktor)

$$\text{COF} = \frac{\frac{1}{A_{ka}} - \frac{(1)(l_1/2)(l_1/2)}{I_{ka}}}{\frac{1}{A_{ka}} + \frac{(1)(l_1/2)(l_1/2)}{I_{ka}}} \dots\dots\dots(15)$$

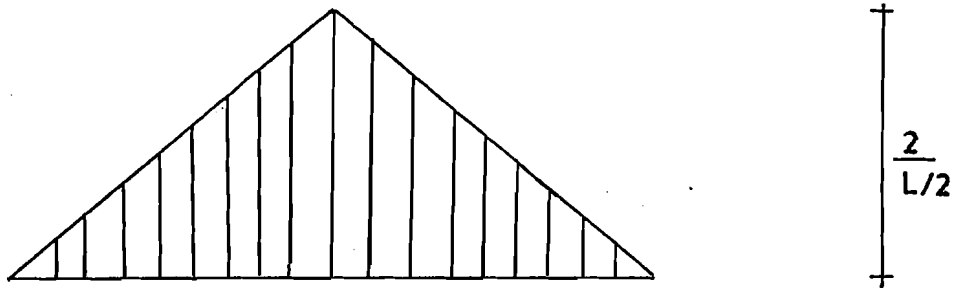
3.3.6 Kekakuan Puntir

Dalam menghitung nilai dari kekakuan puntir maka secara gambaran dapat diterangkan dalam gambar di bawah ini:

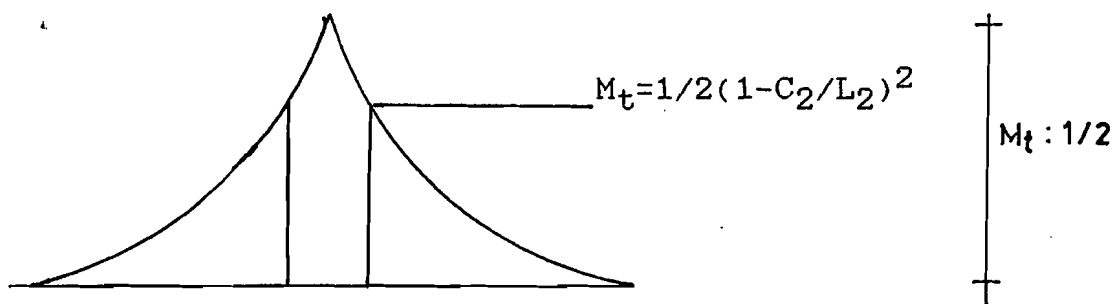


Gambar 3.6 Kombinasi balok-pelat

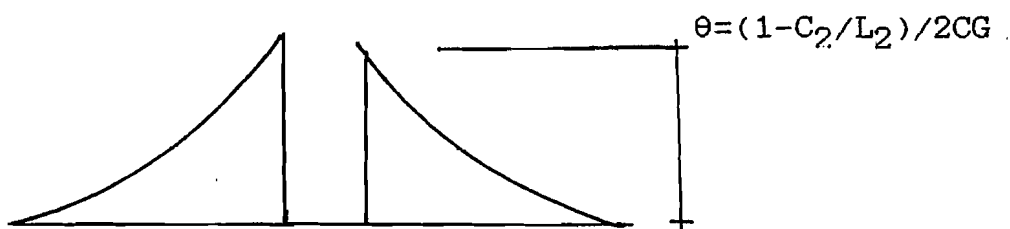




Gambar 3.7 Distribusi dari satu satuan momen puntir



Gambar 3.8 Diagram momen puntir



Gambar 3. 9 Diagram satu satuan rotasi

Asumsi-asumsi :

- panjang  $l_2$  adalah sama dengan jarak antara sumbu-sumbu pelat,

- satuan momen puntir berubah dari maksimum pada sumbu kolom hingga sama dengan nol pada sumbu pelat,
- diagram momen puntir adalah parabol derajat dua.

Diagram momen puntir ( gambar 3.8)

$$M_t = 1/2 (1 - C_2/l_2)^2 \dots\dots\dots(16)$$

untuk  $C_2 = 0$  ( tengah-tengah)

$$M_t = 1/2$$

Diagram unit rotasi ( gambar 3.9)

$$\theta = \frac{M_t}{CG} \dots\dots\dots(17)$$

dari persamaan (16) dan (17) diperoleh :

$$\theta = \frac{(1 - C_2/l_2)}{2CG} \dots\dots\dots(18)$$

dimana -  $\theta$  : sudut puntir persatu-satuan panjang,

$C$  : koefisien panjang yang menentukan kekakuan puntir dari balik,

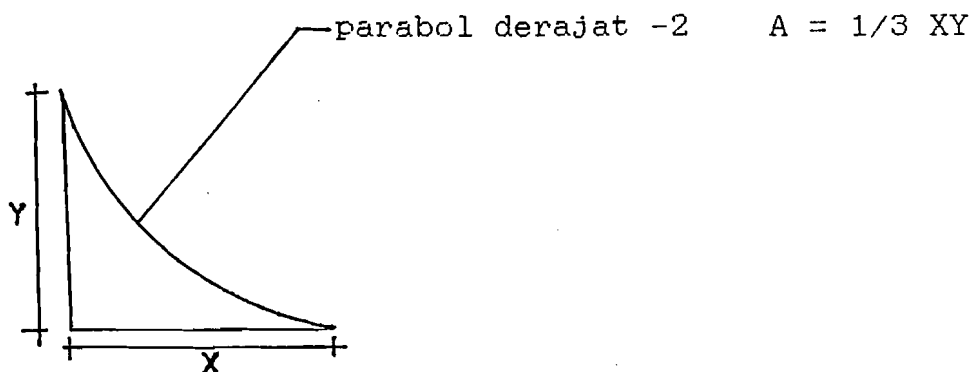
$G$  : modulus pergeseran,

$$: \frac{E_{cs}}{2(1 + \mu)} = 0$$

$E_{cs}$  : modulus sekan beton dari pelat

$\mu$  : Poisson ratio , dianggap = 0 untuk beton bertulang

$$\begin{aligned} \theta t &= \text{luas A, parabol derajat dua ( lihat gambar 3.9)} \\ &= 1/3 XY \end{aligned}$$



$$\theta_t = \frac{1}{3} \left[ \frac{(1 - C_2/l_2)}{2CG} \right] \left[ \frac{(l_2)}{2} \left(1 - \frac{C_2}{l_2}\right) \right]$$

$$\theta_t = \frac{l_2 (1 - C_2/l_2)^3}{12CG}$$

anggap : G = 0,5  
= 0

$$\theta_t = \frac{l_2 (1 - C_2/L_2)^3}{6 CE_{CS}}$$

$\theta_t$  rata-rata =  $\frac{\theta_t}{3}$  jadi,

$$\theta_t = \frac{l_2 (1 - C_2/l_2)^3}{18 CE_{CS}} \dots \dots \dots (19)$$

Kekakuan puntir

$$K_t = \frac{1}{\theta_t} \times 0,5 \quad (\text{ untuk perlengan } )$$

$$K_t = \frac{9E_{CS} \cdot C}{l_2 (1 - C_2/l_2)^3} \quad \text{ untuk satu lengan,}$$

$$K_t = \Sigma \frac{9E_{CS} \cdot C}{l_2 (1 - C_2/l_2)^3} \quad \text{ untuk dua lengan } \dots \dots \dots (20)$$



### 3.3.7 Konstanta Puntir

Konstanta puntir yang di maksud disini adalah koefisien penampang yang menentukan kekakuan puntir dari pelat-balok.

Dari persamaan (19) dapat dilihat,

$$\theta = \frac{M_t}{CG}$$

jika  $X$  = ukuran terkecil bagian persegi panjang dari suatu penampang yang memikul puntir dan,

$Y$  = ukuran terbesar bagian persegi panjang dari suatu penampang yang memikul puntir.

dengan teori elastisitas (membran analog) diperoleh :

$$M_t = 1/3 \theta G X^3 \cdot Y ( 1 - 0,63 X/Y )$$

$$M_t = \theta GC$$

$$C = ( 1 - 0,63 X/Y ) X^3 Y / 3$$

$$C = \Sigma ( 1 - 0.63 X/Y ) X^3 Y / 3 \dots\dots\dots(21)$$

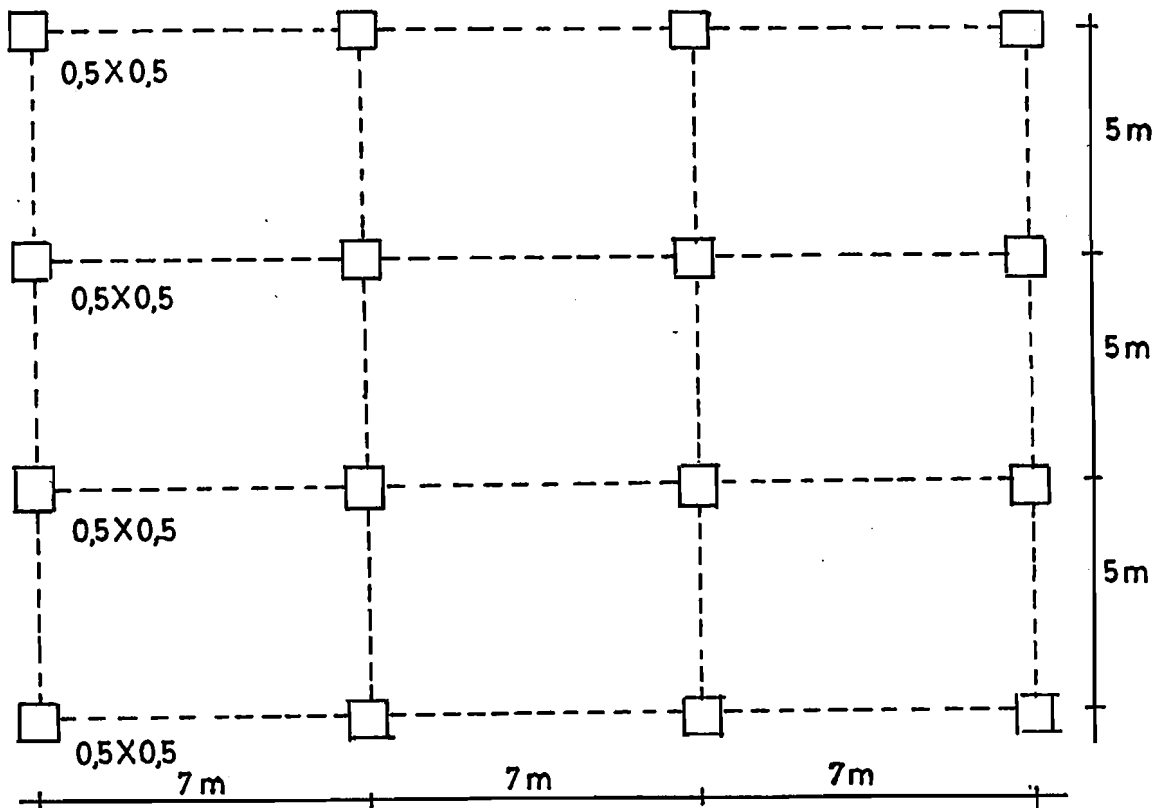
Nilai dari  $K_t$  tidak tergantung dari distribusi dari gaya puntiran sepanjang pelat-balok, karena semua total dari gaya puntir di tampung oleh kolom.

**BAB IV**  
**STUDI KASUS**

**4.1. Perhitungan**

Diketahui salah satu denah lantai bangunan tanpa balok pemikul seperti terlihat pada gambar 4.1. Adapun beban hidup yang diterima 3,00 kPa, beban mati 0,5 kPa, tinggi lantai 3,75 m,  $f_y = 400$  MPa,  $f'_c = 30$  MPa, ukuran kolom 50x50 cm<sup>2</sup>, bentang terdiri dari 3x3 bentang. Hitung gaya-gaya yang terjadi dengan menggunakan dua cara :

1. Cara Perencanaan Langsung (Koefisien Momen) dan
2. Cara Portal Ekuivalen.



Gambar 4.1. Denah Lantai Bangunan

#### 4.2 Cara Perencanaan Langsung (Koefisien Momen)

Penyelesaian :

##### a. Menentukan tebal pelat

$$h \geq \frac{\left[ 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right] l_n}{36 + 5\beta \{ \alpha_m - 0,12 ( 1 + 1/\beta ) \}}$$

$$\beta = \frac{l_{n1}}{l_{n2}} = \frac{7000 - 1/2 \cdot 500 - 1/2 \cdot 5000}{5000 - 1/2 \cdot 500 - 1/2 \cdot 5000} = \frac{6500}{4500} = 1,444$$

$\alpha_m = 0$ , karena tidak ada balok tepi,

dipilih salah satu dari dua persamaan di bawah ini:

$$h \geq \frac{\left[ 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right] l_n}{36 + 9\beta} \quad \text{atau} \quad h \leq \frac{\left[ 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right] l_n}{36}$$

dengan memperhatikan panjang bentang, maka dipilih persamaan

$$h \leq \frac{\left[ 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right] l_n}{36}$$

$$h \leq \frac{\left[ 0,8 + \frac{400}{1500} \right] 6500}{36} = 192,5 \text{ mm}$$

Karena tidak menggunakan balok tepi, maka harus di tambah 10%, sehingga  $h = 211,75$  diambil  $h = 210 \text{ mm}$ .

##### b. Periksa batasan penggunaan cara koefisien momen

Nilai banding bentang panjang terhadap pendek,

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{7}{5} = 1,4 < 2 \quad \dots\dots\dots \text{OK}$$

Bentang dari masing - masing arah 3 ..... OK

Perbandingan beban hidup terhadap beban mati < 3

$$\text{beban hidup} = 3 \text{ kPa}$$

$$\text{beban mati} = 0,21.23 \text{ kPa}$$

$$\frac{\text{beban hidup}}{\text{beban mati}} = \frac{\frac{3}{5,33} \text{ kPa}}{5,33} = 0,563 < 3 \dots\dots \text{OK}$$

Selisih panjang bentang panjang terhadap bentang pendek tidak boleh lebih dari sepertiga pajang bentang panjang,

$$l_1 - l_2 < 1/3 l_1$$

$$7000 - 5000 < 1/3 7000$$

$$2000 < 2333 \dots\dots\dots\text{Ok}$$

c. Beban rencana terhadap syarat kekuatan dan laik pakai

$$W_u = 1,2W_D + 1,6W_L$$

$$= 1,2 \cdot 5,33 + 1,6 \cdot 3$$

$$= 11,196 \text{ kPa}$$

d. Perhitungan momen statis total

$$l_{n1} \text{ (arah memanjang)} = 7000 - 1/2 \cdot 500 - 1/2 \cdot 500 = 6500 \text{ mm}$$

$$l_{n2} \text{ (arah memendek)} = 5000 - 1/2 \cdot 500 - 1/2 \cdot 500 = 4500 \text{ mm}$$

Arah memanjang

$$M_o = 1/8 W_u l_2 (l_{n1})^2$$

$$= 1/8 \cdot 11,196 \cdot 5 \cdot (6,5)$$

$$= 295,644 \text{ kNm}$$

Pembagian momen pada bentang akhir

momen rencana negatif interior

$$M_u = 0,7 M_o$$

$$= 0,7 \cdot 295,644 = 206,95 \text{ kNm}$$

momen rencana positif

$$\begin{aligned} M_u &= 0,52 M_o \\ &= 0,52 \cdot 295,644 = 153,735 \text{ kNm} \end{aligned}$$

momen rencana negatif eksterior

$$\begin{aligned} M_u &= 0,26 M_o \\ &= 0,26 \cdot 295,644 = 76,867 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Pembagian momen rencana pada bentang dalam

momen rencana negatif

$$\begin{aligned} M_u &= 0,65 M_o \\ &= 0,65 \cdot 295,644 = 192,169 \text{ kNm} \end{aligned}$$

momen rencana positif

$$\begin{aligned} M_u &= 0,35 M_o \\ &= 0,35 \cdot 295,644 = 103,475 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Pembagian momen rencana pada jalur kolom

Karena tidak ada balok sehingga  $\beta_c=0$  dan  $\alpha_1=0$ , sehingga momen-momennya,

momen rencana negatif interior (dari tabel 3.2 )

$$\begin{aligned} M_u &= 75 \% \cdot 206,95 \\ &= 155,213 \text{ kNm} \end{aligned}$$

momen rencana negatif eksterior (dari tabel 3.3 )

$$\begin{aligned} M_u &= 100 \% \cdot 76,867 \\ &= 76,867 \text{ kNm} \end{aligned}$$

momen rencana positif ( dari tabel 3.4 )

$$\begin{aligned} M_u &= 60 \% \cdot 153,735 \\ &= 92,241 \text{ kNm} \end{aligned}$$



Pembagian momen rencana pada jalur tengah

momen rencana negatif interior

$$\begin{aligned} M_u &= 206,95 - 155,213 \\ &= 51,737 \text{ kNm} \end{aligned}$$

momen rencana positif

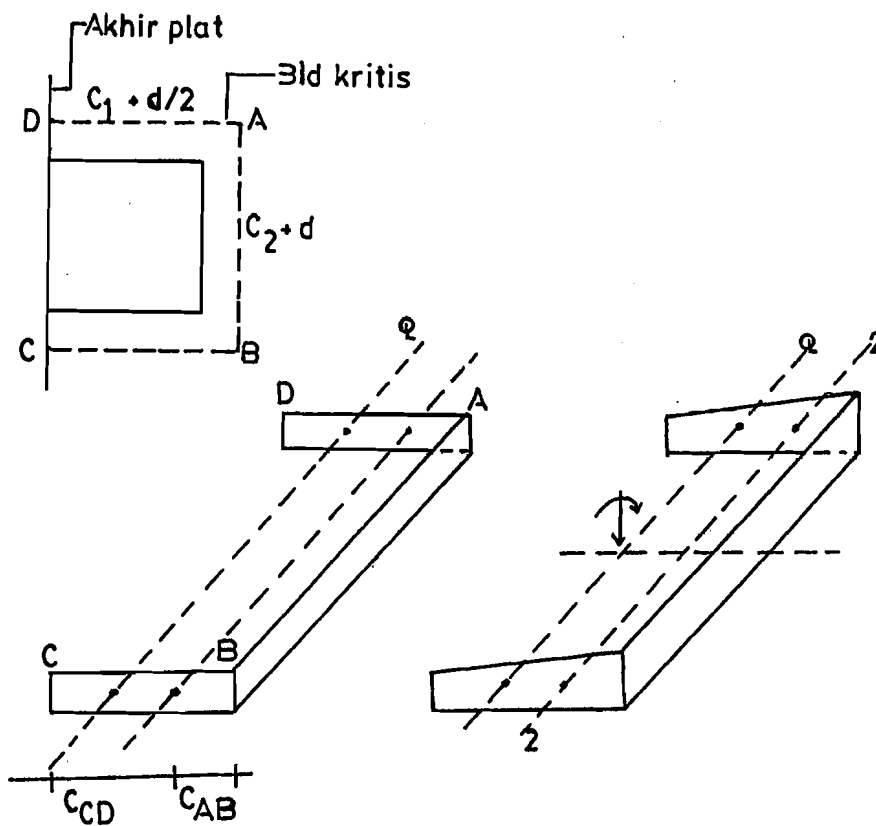
$$\begin{aligned} M_u &= 153,735 - 92,241 \\ &= 61,494 \text{ kNm} \end{aligned}$$

momen rencana negatif eksterior

$$\begin{aligned} M_u &= 76,867 - 76,867 \\ &= 0 \end{aligned}$$

#### e. Perhitungan Gaya Geser

##### Kolom Eksterior



Gambar 4.2. kolom eksterior yang mengalami geser

$$t = 210 \text{ mm} \qquad a = C_1 + d/2$$

$$d = 210 - 20 = 190 \text{ mm} \qquad b = C_2 + d$$

$$\begin{aligned} b_o &= 2 (C_1 + d/2) + (C_2 + d) \\ &= 2 (500 + 190/2) + (500 + 190) \\ &= 1880 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas permukaan bidang geser

$$\begin{aligned} A_c &= b_o d \\ &= 1880 \cdot 190 \\ &= 357200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak titik berat penampang kritis

$$\begin{aligned} C_{AB} &= \frac{2 (C_1 + d/2) d \cdot 1/2 (C_1 + d/2)}{A_c} \\ C_{AB} &= \frac{d (C_1 + d/2)^2}{A_c} \\ &= \frac{190 (500 + 190)^2}{375200} = 188 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak muka kolom ke titik berat penampang kritis

$$\begin{aligned} S &= C_{AB} - 1/2 d \\ &= 188 - 1/2 \cdot 190 = 93 \text{ mm} \end{aligned}$$

Momen Inersi

$$\begin{aligned} J_c &= d [2/3 a^3 - (2a + b) (C_{AB})^2] + 1/6 a d^3 \\ &= 190 [2/3 (595)^3 - (2 \cdot 595 + 690) (188)^2] + 1/6 \cdot 595 \\ &\quad (190)^3 \\ &= 190 [14042916,7 - 66446720] + 680184167 \\ &= 14736991600 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Gaya geser netto terfaktor keliling

$$\begin{aligned} V &= 1/2 l_2 l_1 W_u \\ &= 0,5 \cdot 5,7 \cdot 11,196 \\ &= 195,93 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya geser yang terjadi pada muka kolom

$$\begin{aligned} V_{mk} &= 195,93 - \frac{(M_{ex} - M_{in})}{l_n} \\ &= 195,93 - \frac{(206,95 - 76,867)}{6,5} \\ &= 175,917 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya geser yang terjadi sumbu kolom

$$\begin{aligned} V_u &= 175,917 + 5 \cdot 0,5 \cdot 11,196 \\ &= 203,907 \text{ kN} \end{aligned}$$

Momen pada sumbu kolom

$$\begin{aligned} M &= -76,867 - \left[ \frac{175,917 - 189,912}{2} \right] \cdot 0,25 \\ &= -122,296 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momen pada titik berat geser

$$\begin{aligned} M_u &= -0,093 \left[ \frac{(11,196 (0,500 - 0,188) + 2 \cdot 175,917)}{2} \right] - \\ &\quad 76,867 \\ &= -17,406 - 76,867 \\ &= -94,273 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kuat momen tak seimbang minimum yang diperlukan

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{94,273}{0,85} = 110,909 \text{ kNm}$$



Kuat momen nominal  $M_n$  yang dilimpahkan oleh geser

$$\tau_v = 1 - \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{b_1/b_2}} \quad \text{di mana } \begin{matrix} b_1 = C_1 + 1/2 d \\ b_2 = C_2 + d \end{matrix}$$

$$= 1 - \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{595/690}} = 0,382$$

$$M_{nv} = 0,382 \cdot 110,909 = 42,367 \text{ kNm}$$

Kombinasi geser akibat beban vertikal dan transfer momen

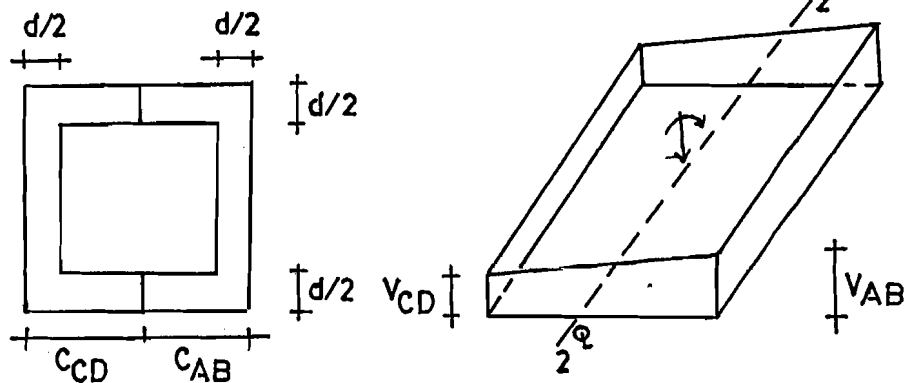
$$v_n = \frac{V_u}{\phi A_c} \pm \frac{\tau_v M_n C_{AB}}{J_c}$$

$$= \frac{181,425 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 357200} \pm \frac{0,382 \cdot 110,909 \cdot 188 \cdot 10^6}{14736991600}$$

$$v_{n1} = 1,138 \text{ MPa}$$

$$v_{n2} = 0,057 \text{ MPa}$$

Kolom interior



Gambar 4.3. Kolom interior yang mengalami geser

$$t = 210 \text{ mm}$$

$$a = C_1 + d \quad C_1 = C_2$$

$$d = 210 - 20 = 190 \text{ mm}$$

$$b = C_2 + d \quad a = b$$

$$b_o = 2 (C_1 + d) + (C_2 + d)$$

$$\begin{aligned}
 A_c &= [ 2 (C_1 + d) + (C_2 + d) ] d ; \text{ di mana } C_1 = C_2 \\
 &= 2 d (2C_1 + 2d) \\
 &= 2 \cdot 190 (2 \cdot 500 + 2 \cdot 190) \\
 &= 524400 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak titik berat penampang kritis

Karena simetris maka jatuh di tengah-tengah

$$\begin{aligned}
 C_{AB} &= 1/2 (C_1 + d) \\
 &= 1/2 (500 + 190) = 345 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Momen Inersi

$$\begin{aligned}
 J_c &= d (1/6 a^3 + 1/2 a^3) + 1/6 a d^3 \\
 &= 190 [ 1/6 (690)^3 + 1/2 (690)^3 ] + 1/6 \cdot 690 (190)^3 \\
 &= 190 [ 41611140000 + 788785000 \\
 &= 42399925000 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

Gaya geser netto terfaktor keliling

$$\begin{aligned}
 V_u &= l_1 l_2 W_u \\
 &= 5 \cdot 7 \cdot 11,196 \\
 &= 391,86 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Geser yang terjadi pada sumbu kolom

$$\begin{aligned}
 V &= 391,86 + \frac{(M_{\text{max}} - M_{\text{min}})}{l_n} \\
 &= 391,86 + \frac{(206,95 - 76,867)}{6,5} \\
 &= 411,873 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Momen akibat pembebanan plat

$$\begin{aligned}
 M &= 0,07 [ (W_d + 0,5 W_1) l_2 (l_n)^2 - W_d' l_2' (l_n')^2 ] \\
 \text{di mana } - W_d &= W_d' = 1,2 \cdot 5,33 \\
 &= 6,393 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

$$W_1 = 1,63$$

$$= 4,8 \text{ kPa}$$

$$l_2 = 7 \text{ m} ; l_n = 6,5 \text{ m}$$

$$l_2' = 5 \text{ m} ; l_n' = 4,5 \text{ m}$$

$$M = 0,07 [(6,393 + 0,5 \cdot 4,8) \cdot 7 \cdot (6,5)^2 - 6,393 \cdot 5 \cdot (4,5)^2]$$

$$= 0,07 [2601,417 - 647,595]$$

$$= 136,768 \text{ kNm}$$

Kuat momen nominal  $M_n$  yang dilimpahkan oleh geser

$$\tau_v = 1 - \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{b_1/b_2}} \quad \text{di mana } \begin{matrix} b_1 = C_1 + d \\ b_2 = C_2 + d \end{matrix}$$

$$= 1 - \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{690/690}} = 0,4$$

$$M_{nv} = 0,4 \cdot 136,768$$

$$= 54,707 \text{ kNm}$$

Kombinasi geser dan akibat transfer momen

$$v_n = \frac{V}{\theta A_c} + \frac{\tau_v M_n x}{\theta J_c}$$

$$= \frac{411,873 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 524400} \pm \frac{0,4 \cdot 136,768 \cdot 395 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 42399925000}$$

$$v_{n1} = 1,524 \text{ MPa}$$

$$v_{n2} = 0,324 \text{ MPa}$$

Pelat sepanjang 7m, luas bidang geser sejarak  $d$  dari muka kolom

$$A_d = 7 \cdot 0,19 = 1,33 \text{ m}^2$$

$$V_d = (0,5 \cdot 11,196 \cdot 5 \cdot 6,5 + 20,013 - (11,196 \cdot 5 \cdot 0,19))$$

$$= 201,945 - 10,636 = 191,312 \text{ kN}$$



Momen pada sumbu kolom

$$M = -206,95 - \left[ \frac{201,945 + 201,945 + 5 \cdot 0,25 \cdot 11,196}{2} \right] \cdot 0,25$$

$$= 215,945 \text{ kNm}$$

Gaya geser pada sumbu kolom ( akibat bentang akhir )

$$= 201,945 + 5 \cdot 0,25 \cdot 11,196$$

$$V = 215,945 \text{ kN}$$

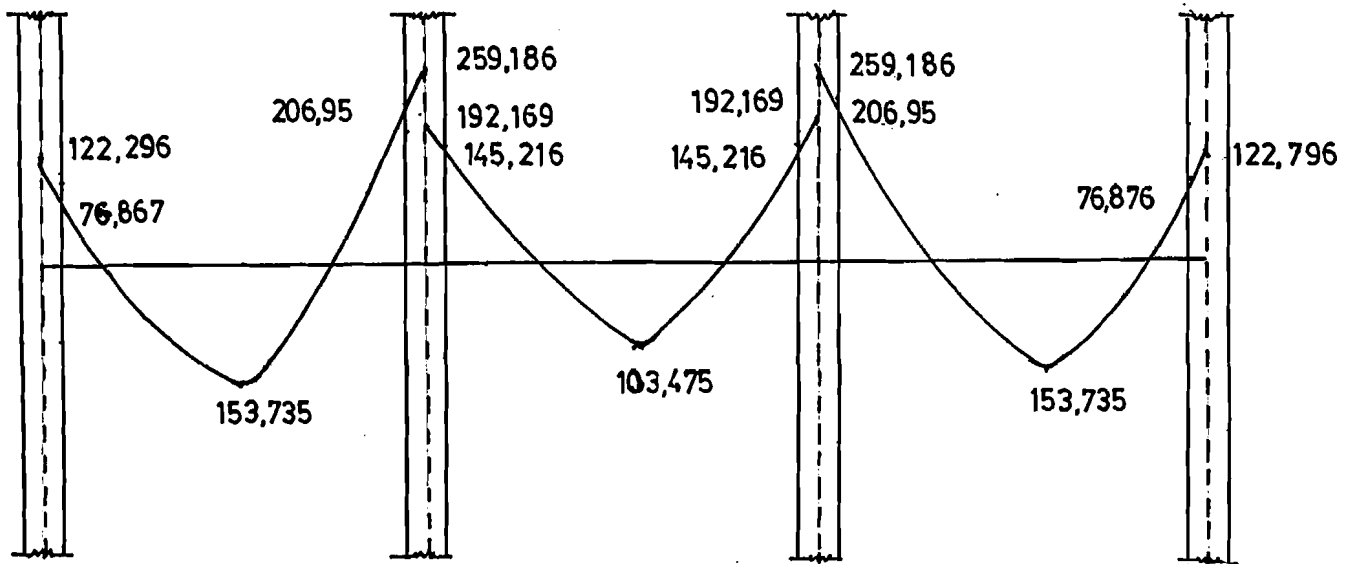
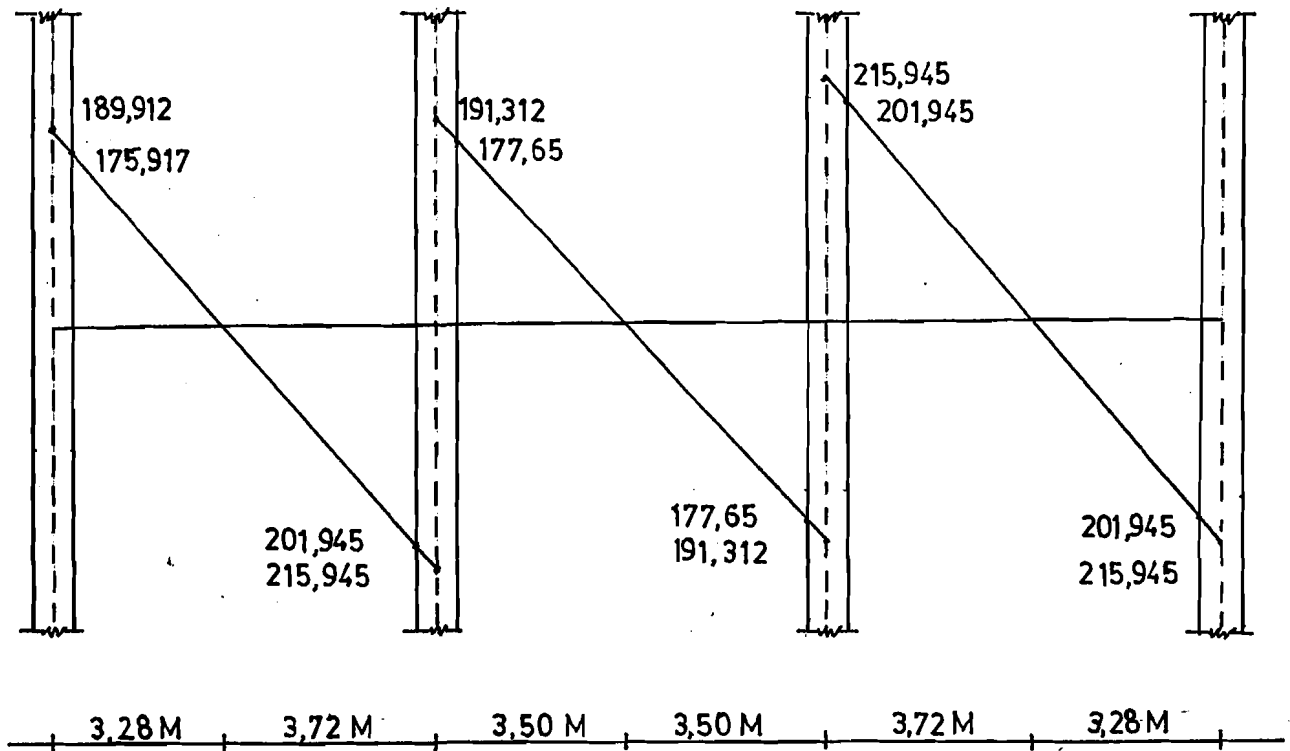
Gaya geser total pada sumbu kolom

$$V = 215,945 + 11,196 \cdot 0,5 \cdot 7,5$$

$$= 411,875 \text{ kN}$$

Daftar 4.1 Distribusi Momen

Lokasi	Momen arah memanjang kNm		
	momen negatif interior	momen positif lapangan	momen negatif eksterior
bentang akhir	206,95	153,735	76,867
jalur kolom	75% 206,95 155,213	60% 153,735 92,241	100% 76,867 76,867
jalur tengah	25% 206,95 51,738	40% 153,735 61,494	-



Gambar 4.4. Gaya lintang dan momen bentang panjang

**Arah memendek Bangunan**

$$M_O = 1/8 W_u l_1 (l_n/2)^2$$

$$= 1/8 11,196 7 (4,5)^2 = 198,379 \text{ kNm}$$

**Pembagian momen pada bentang akhir**

momen rencana negatif interior

$$M_u = 0,7 M_O$$

$$= 0,7 198,379 = 138,865 \text{ kNm}$$

momen rencana positif

$$M_u = 0,52 M_O$$

$$= 0,52 198,379 = 103,157 \text{ kNm}$$

momen rencana negatif eksterior

$$M_u = 0,26 M_O$$

$$= 0,26 198,379 = 51,579 \text{ kNm}$$

**Pembagian momen rencana pada bentang dalam**

momen rencana negatif

$$M_u = 0,65 M_O$$

$$= 0,65 198,379 = 128,946 \text{ kNm}$$

momen rencana positif

$$M_u = 0,35 M_O$$

$$= 0,35 198,379 = 69,433 \text{ kNm}$$

**Pembagian momen rencana pada jalur kolom**

Karena tidak ada balok sehingga  $\beta_c=0$  dan  $\alpha_1=0$ ,

momen rencana negatif interior ( dari tabel 3.2 )

$$M_u = 75 \% 138,865$$

$$= 104,149 \text{ kNm}$$

momen rencana negatif eksterior ( dari tabel 3.3 )

$$\begin{aligned} M_u &= 100 \% 51,579 \\ &= 51,579 \text{ kNm} \end{aligned}$$

momen rencana positif ( dari tabel 3.4 )

$$\begin{aligned} M_u &= 60 \% 103,157 \\ &= 61,894 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Pembagian momen rencana pada jalur tengah

momen rencana negatif interior

$$\begin{aligned} M_u &= 138,865 - 104,149 \\ &= 34,716 \text{ kNm} \end{aligned}$$

momen rencana positif

$$\begin{aligned} M_u &= 103,157 - 61,894 \\ &= 41,263 \text{ kNm} \end{aligned}$$

momen rencana negatif eksterior

$$M_u = 51,579 - 51,579 = 0$$

### Perhitungan gaya geser

#### Kolom Eksterior

$$\begin{aligned} t &= 210 \text{ mm} & a &= C_1 + d/2 \\ d &= 210 - 20 = 190 \text{ mm} & b &= C_2 + d \\ b_o &= 2 (C_1 + d/2) + (C_2 + d) \\ &= 2 (500 + 190/2) + (500 + 190) \\ &= 1880 \text{ mm} \end{aligned}$$

#### Luas permukaan bidang geser

$$\begin{aligned} A_c &= b_o d \\ &= 1880 \cdot 190 \\ &= 357200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$



Jarak titik berat penampang kritis

$$C_{AB} = \frac{2 (C_1 + d/2) d 1/2 (C_1 + d/2)}{Ac}$$

$$\begin{aligned} C_{AB} &= \frac{d (C_1 + d/2)^2}{Ac} \\ &= \frac{190 (500 + 190)^2}{357200} = 188 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak muka kolom ke titik berat penampang kritis

$$\begin{aligned} S &= C_{AB} - 1/2 d \\ &= 188 - 1/2 190 = 93 \text{ mm} \end{aligned}$$

Momen Inersi

$$\begin{aligned} J_c &= d [2/3 a^3 - (2a + b) (C_{AB})^2] + 1/6 a d^3 \\ &= 190 [2/3 (595)^3 - (2 \cdot 595 + 690) (188)^2] + 1/6 \cdot 595 \\ &\quad (190)^3 \\ &= 190 [14042916,7 - 66446720] + 680184167 \\ &= 14736991600 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Gaya geser netto terfaktor keliling

$$\begin{aligned} V &= 1/2 l_2 l_1 W_u \\ &= 0,5 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 11,196 \\ &= 195,93 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya geser yang terjadi pada muka kolom

$$\begin{aligned} V_{mk} &= 195,93 - \frac{(M_{ex} - M_{in})}{l_n} \\ &= 195,93 - \frac{(138,865 - 51,579)}{4,5} \\ &= 176,533 \text{ kN} \end{aligned}$$



Gaya geser yang terjadi pada sumbu kolom

$$\begin{aligned} V_u &= 176,533 + 7 \cdot 0,5 \cdot 11,196 \\ &= 215,719 \text{ kN} \end{aligned}$$

Momen pada sumbu kolom

$$\begin{aligned} M &= -51,579 - \left[ \frac{176,533 - 196,126}{2} \right] \cdot 0,25 \\ &= -98,161 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momen pada titik berat geser

$$\begin{aligned} M_u &= -51,579 - \left[ \frac{(11,196 (0,500 - 0,188) + 2 \cdot 176,533)}{2} \right] \\ &\quad \cdot 0,093 \\ &= -51,579 - 17,825 \\ &= -69,404 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Kuat momen tak seimbang minimum yang diperlukan

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{69,404}{0,85} = 81,652 \text{ kNm}$$

Kuat momen nominal  $M_n$  yang dilimpahkan oleh geser

$$\begin{aligned} \tau_v &= 1 - \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{b_1/b_2}} \quad \text{di mana } \begin{aligned} b_1 &= C_1 + 1/2 d \\ b_2 &= C_2 + d \end{aligned} \\ &= 1 - \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{595/690}} = 0,382 \end{aligned}$$

$$M_{nv} = 0,382 \cdot 81,652 = 31,191 \text{ kNm}$$

Kombinasi geser akibat beban vertikal dan transfer momen

$$v_n = \frac{V_u}{\phi A_c} \pm \frac{\tau_v M_n C_{AB}}{J_c}$$

$$= \frac{215,719 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 357200} \pm \frac{0,382 \cdot 69,404 \cdot 188 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 14736991600}$$

$$v_{n1} = 1,108 \text{ MPa}$$

$$v_{n2} = 0,313 \text{ MPa}$$

### Kolom interior

$$t = 210 \text{ mm} \quad ; \quad a = C_1 + d \quad C_1 = C_2$$

$$d = 210 - 20 = 190 \text{ mm} \quad b = C_2 + d \quad a = b$$

$$b_o = 2 (C_1 + d) + (C_2 + d)$$

$$A_c = [ 2 (C_1 + d) + (C_2 + d) ] d \quad \text{di mana } C_1 = C_2$$

$$= 2 d (2C_1 + 2d)$$

$$= 2 \cdot 190 (2 \cdot 500 + 2 \cdot 190)$$

$$= 524400 \text{ mm}^2$$

Jarak titik berat penampang kritis

Karena simetris maka jatuh di tengah-tengah

$$C_{AB} = 1/2 (C_1 + d)$$

$$= 1/2 (500 + 190)$$

$$= 345 \text{ mm}$$

Momen Inersi

$$J_c = d (1/6 a^3 + 1/2 a^3) + 1/6 a d^3$$

$$= 190 [ 1/6 (690)^3 + 1/2 (690)^3 ] + 1/6 \cdot 690 (190)^3$$

$$= 190 [ 41611140000 + 788785000 ]$$

$$= 42399925000 \text{ mm}^4$$

Gaya geser netto terfaktor keliling

$$V_u = l_1 l_2 W_u$$

$$= 5 \cdot 7 \cdot 11,196 = 391,86 \text{ kN}$$



Geser yang terjadi pada sumbu kolom

$$\begin{aligned}
 V &= 391,86 + \frac{(M_{\text{ex}} - M_{\text{in}})}{l_n} \\
 &= 391,86 + \frac{(51,579 - 138,865)}{4,5} \\
 &= 411,257 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Momen akibat pembebanan plat

$$M = 0,07 [(W_d + 0,5 W_1) l_2 (l_n)^2 - W_d' l_2' (l_n')^2]$$

$$\begin{aligned}
 \text{di mana } - W_d &= W_d' = 1,2 \cdot 5,33 \\
 &= 6,393 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_1 &= 1,6 \cdot 3 \\
 &= 4,8 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

$$l_2 = 5 \text{ m} ; l_n = 4,5 \text{ m}$$

$$l_2' = 7 \text{ m} ; l_n' = 6,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 M &= 0,07 [(6,393 + 0,5 \cdot 4,8) \cdot 5 \cdot (4,5)^2 - 6,393 \cdot 7 \cdot (6,5)^2] \\
 &= 0,07 [890,595 - 1891,617] \\
 &= 70,071 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Kuat momen nominal  $M_n$  yang dilimpahkan oleh geser

$$\begin{aligned}
 \tau_v &= 1 - \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{b_1/b_2}} \quad \text{di mana } \begin{matrix} b_1 = C_1 + d \\ b_2 = C_2 + d \end{matrix} \\
 &= 1 - \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{690/690}} = 0,4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{nv} &= 0,4 \cdot 70,071 \\
 &= 28,029 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Kombinasi geser dan akibat transfer momen

$$v_n = \frac{V}{\theta A_c} + \frac{\tau_v M_n x}{\theta J_c}$$

$$= \frac{411,257 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 524400} \pm \frac{0,4 \cdot 70,071 \cdot 395 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 42399925000}$$

$$v_{n1} = 1,23 \text{ MPa}$$

$$v_{n2} = 0,615 \text{ MPa}$$

Pelat sepanjang 5 m, luas bidang geser sejarak d dari muka kolom

$$A_d = 5 \cdot 0,19 = 0,95 \text{ m}^2$$

$$V_d = (0,5 \cdot 11,196 \cdot 4,5 \cdot 7 + 19,397 - (11,196 \cdot 7 \cdot 0,19))$$

$$= 195,734 - 14,891 = 180,843 \text{ kN}$$

Momen pada sumbu kolom

$$M = -138,95 - \left[ \frac{195,734 + 195,734 + 7 \cdot 0,25 \cdot 11,196}{2} \right] \cdot 0,25$$

$$= -190,248 \text{ kNm}$$

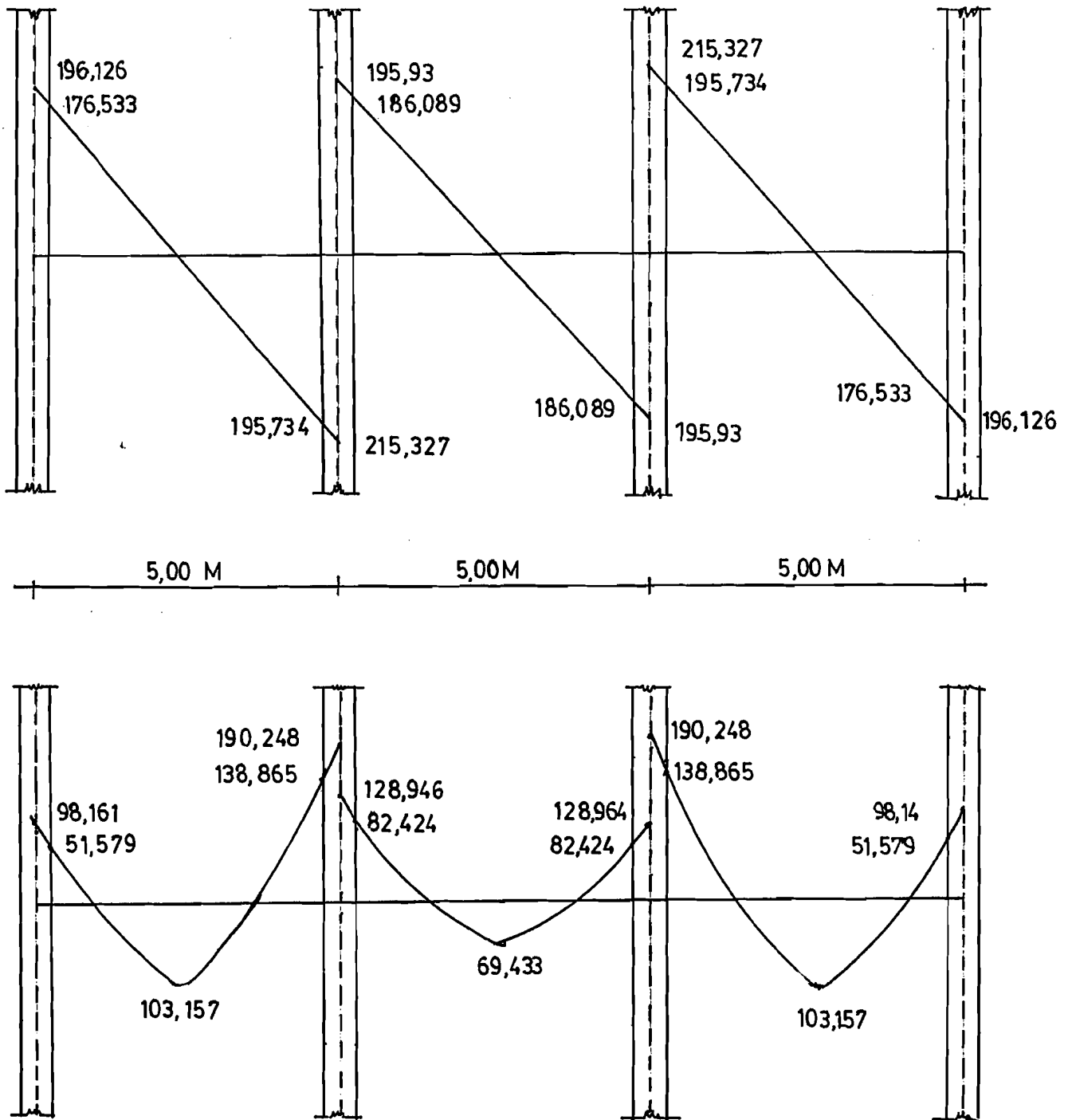
Gaya geser pada sumbu kolom ( akibat bentang akhir )

$$V = 195,734 + 7 \cdot 0,25 \cdot 11,196 \text{ N}$$

$$V = 215,327 \text{ kN}$$

Daftar 4.2. Distribusi Momen

Lokasi	Momen arah memendek kNm		
	momen negatif interior	momen positif lapangan	momen negatif eksterior
bentang akhir	138,865	103,157	51,867
jalur kolom	75% 138,865 155,213	60% 103,157 92,241	100% 51,867 51,867
jalur tengah	25% 138,865 34,716	40% 103,157 41,263	-



Gambar 4.5 Gaya lintang dan momen bentang pendek.

### 4.3. Perhitungan Cara Portal Ekuivalen

Penyelesaian

a. Penentuan tebal pelat ( sama dengan cara di atas )

b. Perhitungan kekakuan ( bentang memanjang )

Kekakuan kolom ( cara kolom analog )

$$\begin{aligned} \frac{K_c}{E} &= \frac{I_c}{(h-t)} \left[ 1 + \frac{3h^2}{(h-t)} \right] \\ &= \frac{1/12 \cdot 500 \cdot 500^3}{(3750 - 210)} \left[ 1 + \frac{3 \cdot 3750^2}{(3750 - 210)} \right] \\ &= 6424331 \end{aligned}$$

Kekakuan pelat ( cara kolom analog )

$$\frac{K_s}{E} = \frac{1}{A_{ca}} + \frac{(1)(l_1/2)(l_1/2)}{I_{ca}}$$

$$\begin{aligned} I_s &= 1/12 \cdot l_2 \cdot t^3 \\ &= 1/12 \cdot 5000 \cdot 210^3 \\ &= 3,85875 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{sc} &= \frac{I_s}{(1 - C_2/l_2)^2} \\ &= \frac{3,85875 \cdot 10^9}{(1 - 500/5000)^2} \\ &= 4,763888889 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{ca} &= \frac{l_{n1}}{I_s} + 2 \left[ \frac{C_1/2}{I_{sc}} \right] \\ &= \frac{6500}{3,85875 \cdot 10^9} + 2 \left[ \frac{250}{4,763888889 \cdot 10^9} \right] \\ &= 1,789 \cdot 10^{-6} \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{ca} &= \frac{l_1^3}{12I_{sc}} + \frac{l_{n1}^3}{12} \left[ \frac{1}{I_s} - \frac{1}{I_{sc}} \right] \\
 &= \left[ \frac{1}{3,85875 \cdot 10^9} - \frac{1}{4,763888889 \cdot 10^9} \right] \frac{6500^3}{12} + \\
 &\quad \frac{7000^3}{12 \cdot 4,763888889 \cdot 10^9} \\
 &= 7,127 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{K_s}{E} &= \frac{1}{A_{ca}} + \frac{(l_1/2)^2}{I_{ca}} \\
 &= \frac{1}{1,789 \cdot 10^{-6}} + \frac{(7000/2)^2}{7,127} \\
 &= 2277787
 \end{aligned}$$

Menentukan kekakuan kolom ekuivalen

$$\begin{aligned}
 \frac{E}{K_{ce}} &= \frac{E}{\sum K_c} + \frac{E}{K_t} \\
 K_t &= \frac{\sum 9 E_{bs} C}{l_2 (1 - C_2/l_2)^3}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{di mana } C &= \sum (1 - 0,63 X/Y) X^3 Y/3 \\
 &= \sum (1 - 0,63 \cdot 210/500) \cdot 210^3 \cdot 500/3 \\
 &= 1135089900
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{K_t}{E} &= \frac{2,9 \cdot 1135089900}{5000 (1 - 500/5000)^3} \\
 &= 5605382
 \end{aligned}$$

$$\frac{K_{ce}}{E} = \frac{2K_c}{1 + 2K_c/K_t}$$



$$= \frac{2 \ 6424331}{1 + 2 \ 6424331/5605382} = 3902758$$

c. Menentukan koefisien distribusi

$$\text{Kolom akhir} = \frac{K_S}{K_S + K_{ce}} = \frac{2277787}{2277787 + 3902758} = 0,369$$

$$\text{Kolom tengah} = \frac{K_S}{2K_S + K_{ce}} = \frac{2277787}{2.2277787 + 3902758} = 0,269$$

d. Menentukan koefisien induksi (Carry-over faktor)

$$\text{COF} = \frac{\frac{1}{A_{ca}} - \frac{(l_1/2)(l_1/2)}{I_{ca}}}{\frac{1}{A_{ca}} + \frac{(l_1/2)(l_1/2)}{I_{ca}}}$$

$$= \frac{\frac{1}{1,789 \cdot 10^{-6}} - \frac{(3500)^2}{7,127}}{\frac{1}{1,789 \cdot 10^{-6}} + \frac{(3500)^2}{7,127}} = \frac{-1159844,274}{2277787,263} = -0,509$$

e. Menentukan momen-momen ( cara kolom analog )

$$\text{beban hidup} = 3,1,6 = 4,8 \text{ kPa}$$

$$\text{beban mati} = 5,33,1,2 = 6,396 \text{ kPa}$$

$$\underline{11,196 \text{ kPa}}$$

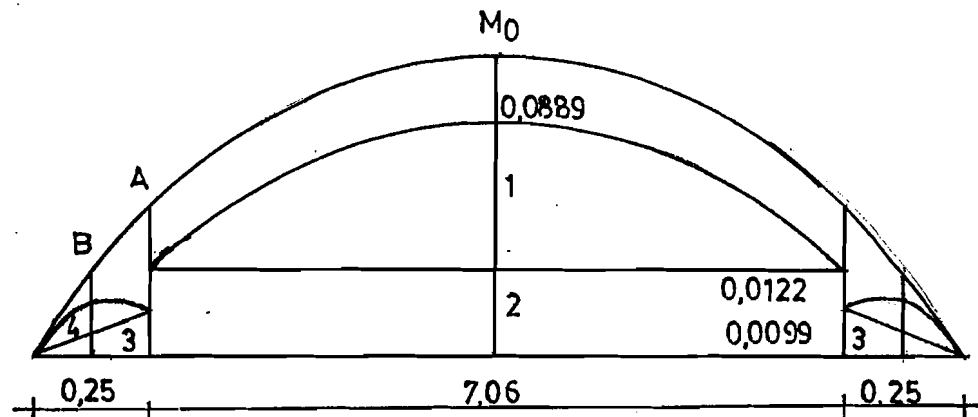
Untuk bentang sepanjang 5 m

$$q = 11,196 \cdot 5 = 55,98 \text{ kN/m}$$

$$M_{ou} = 1/8 \cdot q \cdot l^2$$

$$= 1/8 \cdot 55,98 \cdot 7^2 = 342,8775 \text{ kNm}$$

$$= 342877500 \text{ Nmm}$$



Gambar 4.5 Pembagian momen

$$\text{Didapat : } \frac{M_{uo}}{I_s} = \frac{342877500}{3,85875 \cdot 10^9} = 0,0889$$

$$\begin{aligned} \text{Titik A : } M_A &= 0,5 q x ( 1 - x ) \\ &= 0,5 \cdot 55,96 \cdot 0,25 ( 7 - 0,25 ) \\ &= 47,233125 \text{ kNm} = 47233125 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\frac{M_A}{I_s} = \frac{47233125}{3,85875 \cdot 10^9} = 0,0122$$

$$\frac{M_A}{I_{sc}} = \frac{47233125}{4763888889} = 0,0099$$

$$\begin{aligned} \text{Titik B : } M_B &= 0,5 q \cdot 0,5 x ( 1 - 0,5 x ) \\ &= 0,5 \cdot 55,96 \cdot 0,5 \cdot 0,25 ( 7 - 0,5 \cdot 0,25 ) \\ &= 24,053906 \text{ kNm} = 24053906 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

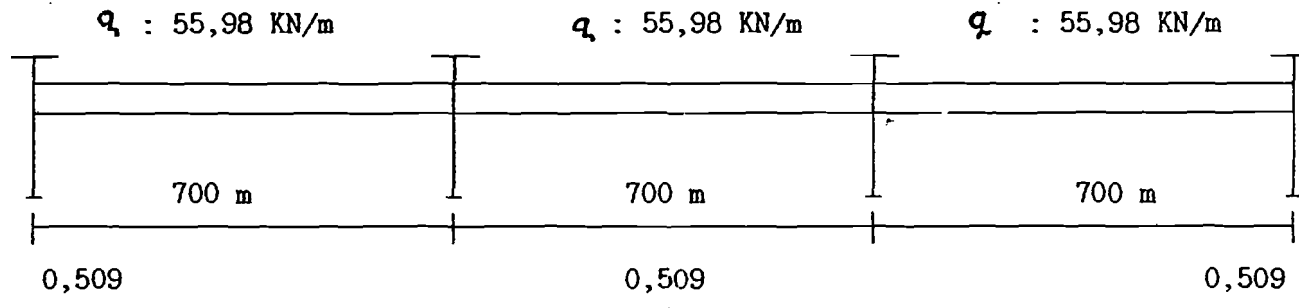
$$\frac{M_B}{I_{sc}} = \frac{24053906}{4763888889} = 0,005$$

Hitung luas diagram

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Luas 1} & : & 2/3 \cdot 6500 ( 0,0889 - 0,0122 ) = 322,367 \text{ mm}^2 \\
 \text{2} & : & 6500 \cdot 0,0122 = 79,3 \text{ mm}^2 \\
 \text{3} & : & 2 \cdot 0,5 \cdot 250 \cdot 0,0099 = 2,475 \text{ mm}^2 \\
 \text{4} & : & 2 \cdot 2/3 \cdot 250 \cdot 0,005 = 1,667 \text{ mm}^2 \\
 & & \hline
 & & 405,809 \text{ mm}^2
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen primer} &= \frac{\text{Luas total}}{A_{ca}} \\
 &= \frac{405,809}{1,789 \cdot 10^{-6}} = 226835662 \text{ Nmm} = 226,836 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$





KOLOM	PELAT
0,631	0,369
-	226,836
-143,134	-83,702
-	-
-	-
-	5,833
-3,681	-2,152
-	0,799
-0,504	-0,295
-	0,259
-0,163	-0,096
-	0,056
-0,035	-0,021
-	0,014
-0,009	-0,005
147,519	147,519

PELAT	KOLOM	PELAT
0,269	0,462	0,269
-226,836	-	226,836
-	-	-
-42,604	-	-
11,460	19,684	11,460
-	-	-5,833
1,569	2,695	1,569
-1,095	-	-0,799
0,509	0,876	0,509
-0,150	-	-0,259
0,11	0,189	0,11
-0,049	-	-0,049
0,028	0,049	0,028
-0,011	-	-0,011
0,007	0,011	0,007
-257,061	23,496	233,565

PELAT	KOLOM	PELAT
0,269	0,462	0,269
-226,836	-	226,836
-	-	-
-	-	42,604
-11,460	-19,684	-11,460
5,833	-	-
-1,569	-2,695	-1,569
0,799	-	1,095
-0,509	-0,876	-0,509
0,259	-	0,150
-0,11	-0,189	-0,11
0,049	-	0,049
-0,028	-0,049	-0,028
0,011	-	0,011
-0,007	-0,011	-0,007
-233,565	23,496	257,061

PELAT	KOLOM
0,369	0,631
-226,836	-
83,702	143,134
-	-
-	-
-5,833	-
2,152	3,681
-0,799	-
0,295	0,504
-0,259	-
0,096	0,163
-0,056	-
0,021	0,035
-0,014	-
0,005	0,009
-147,519	147,519

$$\begin{array}{cccc}
 \left( \begin{array}{c} 55,98 \text{ kN/m} \\ \downarrow \quad \uparrow \end{array} \right) & & \left( \begin{array}{c} 55,98 \text{ kN/m} \\ \downarrow \quad \uparrow \end{array} \right) & \\
 147,519 & 257,061 & 233,565 & 233,565 \\
 \uparrow 195,93 & \uparrow 195,93 & \uparrow 195,93 & \uparrow 195,93 \\
 \downarrow 15,649 & \downarrow 15,649 & & \\
 \hline
 180,281 & 211,579 & 195,93 & 195,93 \\
 \\ 
 \frac{55,98 \cdot 7}{2} = 195,93 & ; & \frac{(257,061 - 147,519)}{7} = 15,649 \text{ kN} & 
 \end{array}$$

Menentukan momen-momen

Momen positif pada bentang akhir

$$\frac{x}{7-x} = \frac{180,281}{211,579}$$

$$211,579x = 1261,967 - 180,281x$$

$$391,86x = 1261,967$$

$$x = 3,22 \text{ m}$$

$$M_x = R_a x - 0,5 q x^2$$

$$= 180,281 \cdot 3,22 - 0,5 \cdot 55,98 \cdot 3,22^2$$

$$= 290,293 \text{ kNm}$$

$$M_u = M_x - 147,519$$

$$= 290,293 - 147,519$$

$$= 142,744 \text{ kNm}$$

Momen negatif eksterior pada bentang akhir

$$x = 0,25$$

$$M_x = R_a x - 0,5 q x^2$$

$$= 180,281 \cdot 0,25 - 0,5 \cdot 55,98 \cdot 0,25^2$$

$$= 43,321 \text{ kNm}$$

$$M_u = M_x - 147,519$$

$$= 43,321 - 147,519$$

$$= -104,198 \text{ kNm}$$

Momen negatif interior pada bentang akhir

$$x = 0,25$$

$$\begin{aligned} M_x &= R_a x - 0,5 q x^2 \\ &= 211,579 \cdot 0,25 - 0,5 \cdot 55,98 \cdot 0,25^2 \\ &= 51,145 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= M_x - 257,061 \\ &= 205,916 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momen rencana pada bentang dalam

Momen rencana positif

$$x = 3,5$$

$$\begin{aligned} M_x &= R_a x - 0,5 q x^2 \\ &= 195,93 \cdot 3,5 - 0,5 \cdot 55,98 \cdot 3,5^2 \\ &= 342,878 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= M_x - 233,565 \\ &= 109,313 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momen rencana Negatif

$$x = 0,25$$

$$\begin{aligned} M_x &= R_a x - 0,5 q x^2 \\ &= 195,93 \cdot 0,25 - 0,5 \cdot 55,98 \cdot 0,25^2 \\ &= 47,233 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= M_x - 233,565 \\ &= 186,332 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Pembagian momen rencana pada jalur kolom

Momen rencana negatif interior

$$\begin{aligned} M_u &= 75\% \cdot 205,916 \\ &= 154,437 \text{ kNm} \end{aligned}$$



Momen rencana positif

$$\begin{aligned} M_u &= 60\% 142,774 \\ &= 85,664 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momen rencana negatif eksterior

$$\begin{aligned} M_u &= 100\% 104,198 \\ &= 104,198 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Pembagian momen rencana jalur tengah

Momen rencana negatif interior

$$\begin{aligned} M_u &= 205,916 - 154,437 \\ &= 51,479 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momen rencana positif

$$\begin{aligned} M_u &= 142,774 - 85,664 \\ &= 57,479 \text{ kNm} \end{aligned}$$

#### f. Perhitungan Gaya Geser

##### Kolom Eksterior

$$\begin{aligned} t &= 210 \text{ mm} & ; a &= C_1 + d/2 \\ d &= 210 - 20 = 190 \text{ mm} & b &= C_2 + d \\ b_o &= 2 (C_1 + d/2) + (C_2 + d) \\ &= 2 (500 + 190/2) + (500 + 190) \\ &= 1880 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas permukaan bidang geser

$$\begin{aligned} A_c &= b_o d \\ &= 1880 \cdot 190 = 357200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak titik berat penampang kritis

$$C_{AB} = \frac{2 (C_1 + d/2) d + 1/2 (C_2 + d) d}{A_c}$$

$$C_{AB} = \frac{d (C_1 + d/2)^2}{A_c}$$

$$= \frac{190 (500 + 95)^2}{357200} = 188 \text{ mm}$$

Sehingga :

$$C_{CD} = 595 - C_{AB}$$

$$= 595 - 188 = 407 \text{ mm}$$

$$e = 407 - 210 = 197 \text{ mm}$$

Momen Inersi

$$J_c = d [2/3 a^3 - (2a + b) (C_{AB})^2] + 1/6 a d^3$$

$$= 190 [2/3 (595)^3 - (2 \cdot 595 + 690) (188)^2] + 1/6 \cdot 595$$

$$(190)^3$$

$$= 190 [140429917 - 66446720] + 680184167$$

$$= 14736991600 \text{ mm}^4$$

Gaya geser yang terjadi pada sumbu kolom

$$V_u = 180,281 + 5 \cdot 0,25 \cdot 11,196$$

$$= 194,276 \text{ kN}$$

Momen pada sumbu kolom

$$M_u = - (147,519 - 0,5 \cdot 5 \cdot 0,25 \cdot 11,196) + 194,276 \cdot 0,197$$

$$= - 102,249 \text{ kNm}$$

$$\tau_v = 1 - \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{b_1/b_2}}$$

di mana  $b_1 = C_1 + 1/2 d$   
 $b_2 = C_2 + d$

$$= 1 - \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{595/690}}$$

$$= 0,382$$



Kombinasi geser akibat beban vertikal dan transfer momen

$$v_n = \frac{V_u}{\theta A_c} \pm \frac{\tau_v M_u C_{AB}}{\theta J_c}$$

$$= \frac{194,276 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 357200} \pm \frac{0,382 \cdot 102,249 \cdot 188 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 14736991600}$$

$$v_{n1} = 0,698 \text{ MPa}$$

$$v_{n2} = 0,581 \text{ MPa}$$

### Kolom interior

$$t = 210 \text{ mm} \quad ; \quad a = C_1 + d \quad C_1 = C_2$$

$$d = 210 - 20 = 190 \text{ mm} \quad b = C_2 + d \quad a = b$$

$$b_o = 2 (C_1 + d) + (C_2 + d)$$

$$A_c = [ 2 (C_1 + d) + (C_2 + d) ] d \quad \text{di mana } C_1 = C_2$$

$$= 2 d (2C_1 + 2d)$$

$$= 2 \cdot 190 (2 \cdot 500 + 2 \cdot 190)$$

$$= 524400 \text{ mm}^2$$

Jarak titik berat penampang kritis

Karena simetris maka jatuh di tengah-tengah

$$C_{AB} = 1/2 (C_1 + d)$$

$$= 1/2 (500 + 190)$$

$$= 345 \text{ mm}$$

Momen Inersi

$$J_c = d (1/6 a^3 + 1/2 a^3) + 1/6 a d^3$$

$$= 190 [ 1/6 (690)^3 + 1/2 (690)^3 ] + 1/6 \cdot 690 (190)^3$$

$$= 190 [ 41611140000 + 788785000 ]$$

$$= 42399925000 \text{ mm}^4$$

Geser yang terjadi pada sumbu kolom

$$\begin{aligned} V_u &= 211,59 + 195,93 \\ &= 407,509 \text{ kN} \end{aligned}$$

Momen pada sumbu kolom

$$\begin{aligned} M_u &= 257,061 - 233,565 \\ &= 23,496 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_v &= 1 - \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{b_1/b_2}} \quad \text{di mana } \begin{aligned} b_1 &= C_1 + d \\ b_2 &= C_2 + d \end{aligned} \\ &= 1 - \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{690/690}} = 0,4 \end{aligned}$$

Kombinasi geser dan akibat transfer momen

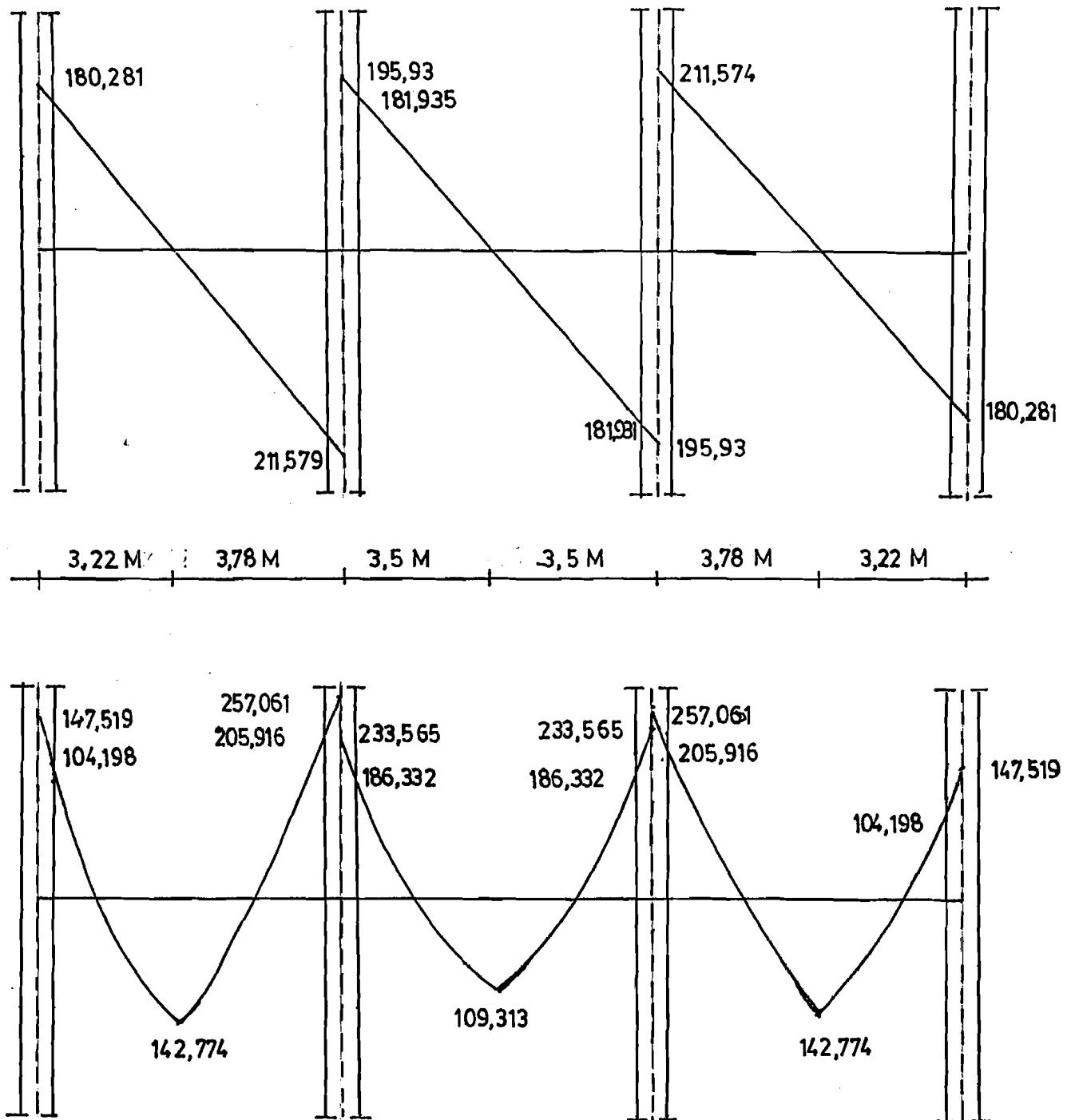
$$\begin{aligned} v_n &= \frac{V_u}{\theta A_c} + \frac{\tau_v M_u x}{\theta J_c} \\ &= \frac{407,509 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 524400} \pm \frac{0,4 \cdot 23,496 \cdot 395 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 42399925000} \end{aligned}$$

$$v_{n1} = 1,944 \text{ MPa}$$

$$v_{n2} = 0,116 \text{ MPa}$$

Daftar 4.3. Distribusi Momen

Lokasi	Momen arah memendek kNm		
	momen negatif interior	momen positif lapangan	momen negatif eksterior
bentang akhir	205,916	142,774	104,198
jalur kolom	75% 205,916 154,437	60% 142,774 85,664	100% 104,198 104,198
jalur tengah	25% 205,916 51,479	40% 142,774 57,11	-



Gambar 4.7 Gaya lintang dan momen bentang panjang

g. Perhitungan kekakuan ( bentang memendek )

Kekakuan kolom ( cara kolom analog )

$$\begin{aligned} \frac{K_c}{E} &= \frac{I_c}{(h-t)} \left[ 1 + \frac{3 \cdot h^2}{(h-t)} \right] \\ &= \frac{1/12 \cdot 500 \cdot 500^3}{(3750 - 210)} \left[ 1 + \frac{3 \cdot 3750^2}{(3750 - 210)} \right] \\ &= 6424331 \end{aligned}$$

Kekakuan pelat ( cara kolom analog )

$$\begin{aligned} \frac{K_s}{E} &= \frac{1}{A_{ca}} + \frac{(1) (l_2/2)(l_2/2)}{I_{ca}} \\ I_s' &= 1/12 \cdot l_1 \cdot t^3 \\ &= 1/12 \cdot 7000 \cdot 210^3 = 5,40225 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \\ I_{sc} &= \frac{I_s}{(1 - C_1/l_1)^2} \\ &= \frac{5,40225 \cdot 10^9}{(1 - 500/7000)^2} = 6,26533136 \cdot 10^9 \text{ mm}^4 \\ A_{ca} &= \frac{l_n^2}{I_s} + 2 \left[ \frac{C_2/2}{I_{sc}} \right] \\ &= \frac{4500}{5,40225 \cdot 10^9} + 2 \left[ \frac{250}{6,26533136 \cdot 10^9} \right] \\ &= 9,12 \cdot 10^{-7} \text{ mm}^2 \\ I_{ca} &= \frac{l_2^3}{12 I_{sc}} + \frac{l_n^2}{12} \left[ \frac{1}{I_s} - \frac{1}{I_{sc}} \right] \\ &= \frac{4500^3}{12} \left[ \frac{1}{5,40225 \cdot 10^9} - \frac{1}{6,26533136 \cdot 10^9} \right] \end{aligned}$$

$$+ \frac{5000^3}{12 \cdot 6,26533136 \cdot 10^9} = 1,857 \text{ mm}^4$$

$$\begin{aligned} \frac{K_s}{E} &= \frac{1}{A_{ca}} + \frac{(l_2/2)^2}{I_{ca}} \\ &= \frac{1}{9,12 \cdot 10^{-7}} + \frac{(5000/2)^2}{1,857} \\ &= 4462135 \end{aligned}$$

Menentukan kekakuan kolom ekuivalen

$$\begin{aligned} \frac{E}{K_{ce}} &= \frac{E}{\sum K_c} + \frac{E}{K_t} \\ K_t &= \frac{\sum 9 E_{cs} C}{l_1 (1 - C_1/l_1)^3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{di mana } C &= \sum (1 - 0,63 X/Y) X^3 Y/3 \\ &= \sum (1 - 0,63 \cdot 210/500) \cdot 210^3 \cdot 500/3 \\ &= 1135089900 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{K_t}{E} &= \frac{2,9 \cdot 1135089900}{7000 (1 - 500/7000)^3} \\ &= 3645514 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{K_{ce}}{E} &= \frac{2K_c}{1 + 2K_c/K_t} \\ &= \frac{2 \cdot 6424331}{1 + 2 \cdot 6424331/3645514} = 2839789 \end{aligned}$$

h. Menentukan koefisien distribusi

$$\text{Kolom akhir} = \frac{K_s}{K_s + K_{ce}} = \frac{4462135}{4462135 + 2839789} = 0,611$$

$$\text{Kolom tengah} = \frac{K_S}{2K_S + K_{ce}} = \frac{4462135}{2 \cdot 4462135 + 2839789} = 0,379$$

i. Menentukan koefisien induksi (Carry-over factor)

$$\begin{aligned} \text{COF} &= \frac{\frac{1}{A_{ca}} - \frac{(l_2/2)(l_2/2)}{I_{ca}}}{\frac{1}{A_{ca}} + \frac{(l_2/2)(l_2/2)}{I_{ca}}} \\ &= \frac{\frac{1}{9,12 \cdot 10^{-7}} - \frac{(2500)^2}{1,857}}{\frac{1}{9,12 \cdot 10^{-7}} + \frac{(2500)^2}{1,857}} = \frac{-2269152,274}{4462135,263} = -0,509 \end{aligned}$$

j. Menentukan momen-momen ( cara kolom analog )

$$\text{beban hidup} = 3,1,6 = 4,8 \text{ kPa}$$

$$\text{beban mati} = 5,33 \cdot 1,2 = 6,396 \text{ kPa}$$

$$\underline{11,196 \text{ kPa}}$$

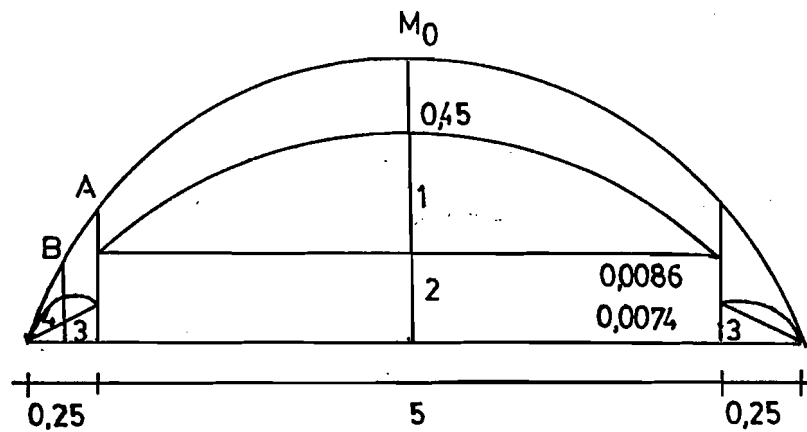
Untuk bentang sepanjang 7 m

$$q = 11,196 \cdot 7 = 78,372 \text{ kN/m}$$

$$M_{ou} = 1/8 \cdot q \cdot l^2$$

$$= 1/8 \cdot 78,372 \cdot 5^2 = 244,9125 \text{ kNm}$$

$$= 244912500 \text{ Nmm}$$



Gambar 4.8 Pembagian momen

$$\text{Didapat : } \frac{M_{uo}}{I_s} = \frac{244912500}{5,40225 \cdot 10^9} = 0,045$$

$$\begin{aligned} \text{Titik A : } M_A &= 0,5 q x (1 - x) \\ &= 0,5 \cdot 78,372 \cdot 0,25 (5 - 0,25) \\ &= 46,533375 \text{ kNm} = 46533375 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\frac{M_A}{I_s} = \frac{46533375}{5,40225 \cdot 10^9} = 0,0086$$

$$\frac{M_A}{I_{sc}} = \frac{46533375}{6265331360} = 0,0074$$

$$\begin{aligned} \text{Titik B : } M_B &= 0,5 q \cdot 0,5 x (1 - 0,5 x) \\ &= 0,5 \cdot 78,372 \cdot 0,5 \cdot 0,25 (5 - 0,5 \cdot 0,25) \\ &= 23,878969 \text{ kNm} = 23878969 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$\frac{M_B}{I_{sc}} = \frac{23878969}{6265331360} = 0,0038$$

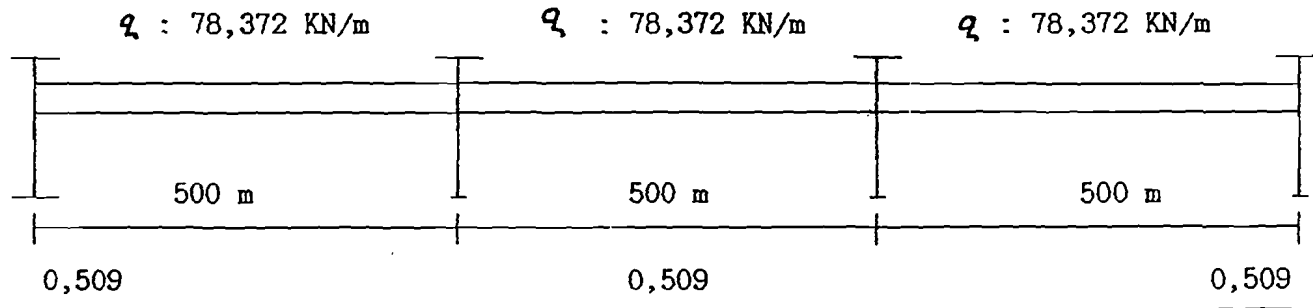


Hitung luas diagram

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Luas 1} & : & 2/3 \cdot 4500 ( 0,045 - 0,0086 ) = 109,2 \text{ mm}^2 \\
 \text{2} & : & 4500 \cdot 0,0086 = 38,7 \text{ mm}^2 \\
 \text{3} & : & 2 \cdot 0,5 \cdot 250 \cdot 0,0074 = 1,85 \text{ mm}^2 \\
 \text{4} & : & 2 \cdot 2/3 \cdot 250 \cdot 0,0038 = 1,27 \text{ mm}^2 \\
 & & \hline
 & & 151,02 \text{ mm}^2
 \end{array}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen primer} &= \frac{\text{Luas total}}{A_{ca}} \\
 &= \frac{151,02}{9,12 \cdot 10^{-7}} \\
 &= 165592105 \text{ Nmm} = 165,592 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$





KOLOM	PELAT
0,389	0,611
-	165,592
-64,415	-101,177
-	-
-	-
-	9,935
-3,865	-6,070
-	1,916
-0,745	-1,171
-	0,966
-0,376	-0,590
-	0,301
-0,117	-0,184
-	0,116
-0,045	-0,071
-69,563	-69,563

PELAT	KOLOM	PELAT
0,379	0,242	0,379
-165,592	-	165,592
-	-	-
-15,499	-	-
19,518	12,463	19,518
-	-	-9,935
3,765	2,405	3,765
-3,090	-	-1,916
1,897	1,212	1,897
-0,596	-	-0,966
0,592	0,378	0,592
-0,300	-	-0,301
0,228	0,145	0,228
-0,094	-	-0,116
0,08	0,05	0,08
-195,091	16,653	178,438

PELAT	KOLOM	PELAT
0,379	0,242	0,379
-165,592	-	165,592
-	-	-
-	-	51,499
-19,518	-12,463	-19,518
9,935	-	-
-3,765	-2,405	-3,765
1,916	-	3,090
-1,897	-1,212	-1,897
0,966	-	0,596
-0,592	-0,378	-0,592
0,301	-	0,300
-0,228	-0,145	-0,228
0,116	-	0,094
-0,08	-0,05	-0,08
-178,438	-16,653	-195,091

PELAT	KOLOM
0,611	0,389
-165,592	-
101,177	64,415
-	-
-	-
-9,935	-
6,070	3,865
-1,916	-
1,171	0,745
-0,966	-
0,590	0,376
-0,301	-
0,184	0,117
-0,116	-
0,071	0,045
-69,563	69,563

$$\begin{array}{r}
 \left( \frac{78,372 \text{ kN/m}}{68,563} \right) \quad \left( \frac{78,372 \text{ kN/m}}{178,438} \right) \\
 \begin{array}{r}
 \uparrow 195,93 \\
 \downarrow 25,106 \\
 \hline
 170,824
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 195,93 \uparrow \\
 25,106 \downarrow \\
 \hline
 221,036
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 \uparrow 195,93 \\
 \hline
 195,93
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{r}
 195,93 \uparrow \\
 \hline
 195,93
 \end{array}
 \end{array}$$

$$\frac{78,372 \cdot 5}{2} = 195,93 \quad ; \quad \frac{(195,091 - 68,563)}{5} = 25,106 \text{ kN}$$

Menentukan momen-momen

Momen positif pada bentang akhir

$$\frac{x}{5 - x} = \frac{170,824}{221,036}$$

$$221,036x = 854,12 - 170,824x$$

$$391,86x = 854,12$$

$$x = 2,18 \text{ m}$$

$$M_x = R_a x - 0,5 q x^2$$

$$= 170,824 \cdot 2,18 - 0,5 \cdot 78,372 \cdot 2,18^2$$

$$= 186,169 \text{ kNm}$$

$$M_u = M_x - 69,563$$

$$= 116,606 \text{ kNm}$$

Momen negatif eksterior pada bentang akhir

$$x = 0,25$$

$$M_x = R_a x - 0,5 q x^2$$

$$= 170,824 \cdot 0,25 - 0,5 \cdot 78,372 \cdot 0,25^2$$

$$= 40,257 \text{ kNm}$$

$$M_u = M_x - 69,563$$

$$= -29,306 \text{ kNm}$$

Momen negatif interior pada bentang akhir

$$x = 0,25$$

$$\begin{aligned} M_x &= R_a x - 0,5 q x^2 \\ &= 221,036 \cdot 0,25 - 0,5 \cdot 78,372 \cdot 0,25^2 \\ &= 52,807 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= M_x - 195,091 \\ &= 142,284 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momen rencana pada bentang dalam

Momen rencana positif

$$x = 2,5$$

$$\begin{aligned} M_x &= R_a x - 0,5 q x^2 \\ &= 195,93 \cdot 2,5 - 0,5 \cdot 78,372 \cdot 2,5^2 \\ &= 249,913 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= M_x - 178,438 \\ &= 66,475 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momen rencana Negatif

$$x = 0,25$$

$$\begin{aligned} M_x &= R_a x - 0,5 q x^2 \\ &= 195,93 \cdot 0,25 - 0,25 \cdot 78,372 \cdot 0,25^2 \\ &= 46,533 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= M_x - 178,438 \\ &= 131,905 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Pembagian momen rencana pada jalur kolom

Momen rencana negatif interior

$$\begin{aligned} M_u &= 75\% \cdot 142,284 \\ &= 106,713 \text{ kNm} \end{aligned}$$



Momen rencana positif

$$\begin{aligned} M_u &= 60\% 116,606 \\ &= 69,964 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momen rencana negatif eksterior

$$\begin{aligned} M_u &= 100\% 29,306 \\ &= 29,306 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Pembagian momen rencana jalur tengah

Momen rencana negatif interior

$$\begin{aligned} M_u &= 142,284 - 106,713 \\ &= 35,571 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Momen rencana positif

$$\begin{aligned} M_u &= 116,606 - 69,964 \\ &= 46,642 \text{ kNm} \end{aligned}$$

#### k. Perhitungan Gaya Geser

##### Kolom Eksterior

$$\begin{aligned} t &= 210 \text{ mm} & ; a &= C_1 + d/2 \\ d &= 210 - 20 = 190 \text{ mm} & b &= C_2 + d \\ b_o &= 2 (C_1 + d/2) + (C_2 + d) \\ &= 2 (500 + 190/2) + (500 + 190) \\ &= 1880 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas permukaan bidang geser

$$\begin{aligned} A_c &= b_o d \\ &= 1880 \cdot 190 = 357200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak titik berat penampang kritis

$$C_{AB} = \frac{2 (C_1 + d/2) d \cdot 1/2 (C_1 + d/2)}{A_c}$$

$$C_{AB} = \frac{d (C_1 + d/2)^2}{A_c}$$

$$= \frac{190 (500 + 95)^2}{357200} = 188 \text{ mm}$$

Sehingga :

$$C_{CD} = 595 - C_{AB}$$

$$= 595 - 188 = 407 \text{ mm}$$

$$e = 407 - 210 = 197 \text{ mm}$$

Momen Inersi

$$J_c = d [2/3 a^3 - (2a + b) (C_{AB})^2] + 1/6 a d^3$$

$$= 190 [2/3 (595)^3 - (2 \cdot 595 + 690) (188)^2] + 1/6 \cdot 595$$

$$(190)^3$$

$$= 190 [140429917 - 66446720] + 680184167$$

$$= 14736991600 \text{ mm}^4$$

Gaya geser yang terjadi pada sumbu kolom

$$V_u = 170,824 + 7 \cdot 0,25 \cdot 11,196$$

$$= 190,417 \text{ kN}$$

Momen pada sumbu kolom

$$M_u = - (69,563 - 0,5 \cdot 7 \cdot 0,25 \cdot 11,196) + 190,417 \cdot 0,197$$

$$= - 22,254 \text{ kNm}$$

$$\tau_v = 1 - \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{b_1/b_2}} \quad \text{di mana } \begin{matrix} b_1 = C_1 + 1/2 d \\ b_2 = C_2 + d \end{matrix}$$

$$= 1 - \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{595/690}} = 0,382$$

Kombinasi geser akibat beban vertikal dan transfer momen

$$v_n = \frac{V_u}{\theta A_c} \pm \frac{\tau_v M_u C_{AB}}{\theta J_c}$$

$$= \frac{190,417 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 357200} \pm \frac{0,382 \cdot 22,254 \cdot 188 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 14736991600}$$

$$v_{n1} = 0,755 \text{ MPa}$$

$$v_{n2} = 0,499 \text{ MPa}$$

### Kolom interior

$$t = 210 \text{ mm} \quad ; \quad a = C_1 + d \quad C_1 = C_2$$

$$d = 210 - 20 = 190 \text{ mm} \quad b = C_2 + d \quad a = b$$

$$b_o = 2 (C_1 + d) + (C_2 + d)$$

$$A_c = [ 2 (C_1 + d) + (C_2 + d) ] d \quad \text{di mana } C_1 = C_2$$

$$= 2 d (2C_1 + 2d)$$

$$= 2 \cdot 190 (2 \cdot 500 + 2 \cdot 190)$$

$$= 524400 \text{ mm}^2$$

Jarak titik berat penampang kritis

Karena simetris maka jatuh di tengah-tengah

$$C_{AB} = 1/2 (C_1 + d)$$

$$= 1/2 (500 + 190)$$

$$= 345 \text{ mm}$$

Momen Inersi

$$J_c = d (1/6 a^3 + 1/2 a^3) + 1/6 a d^3$$

$$= 190 [ 1/6 (690)^3 + 1/2 (690)^3 ] + 1/6 \cdot 690 \cdot (190)^3$$

$$= 190 [ 41611140000 + 788785000 ]$$

$$= 42399925000 \text{ mm}^4$$

Geser yang terjadi pada sumbu kolom

$$V_u = 221,036 + 195,93$$

$$= 416,966 \text{ kN}$$

Momen pada sumbu kolom

$$M_u = 195,091 - 178,438$$

$$= 16,653 \text{ kNm}$$

$$\tau_v = 1 - \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{b_1/b_2}} \quad \text{di mana } \begin{matrix} b_1 = C_1 + d \\ b_2 = C_2 + d \end{matrix}$$

$$= 1 - \frac{1}{1 + 2/3 \sqrt{690/690}} = 0,4$$

Kombinasi geser dan akibat transfer momen

$$v_n = \frac{V_u}{\theta A_c} + \frac{\tau_v M_u x}{\theta J_c}$$

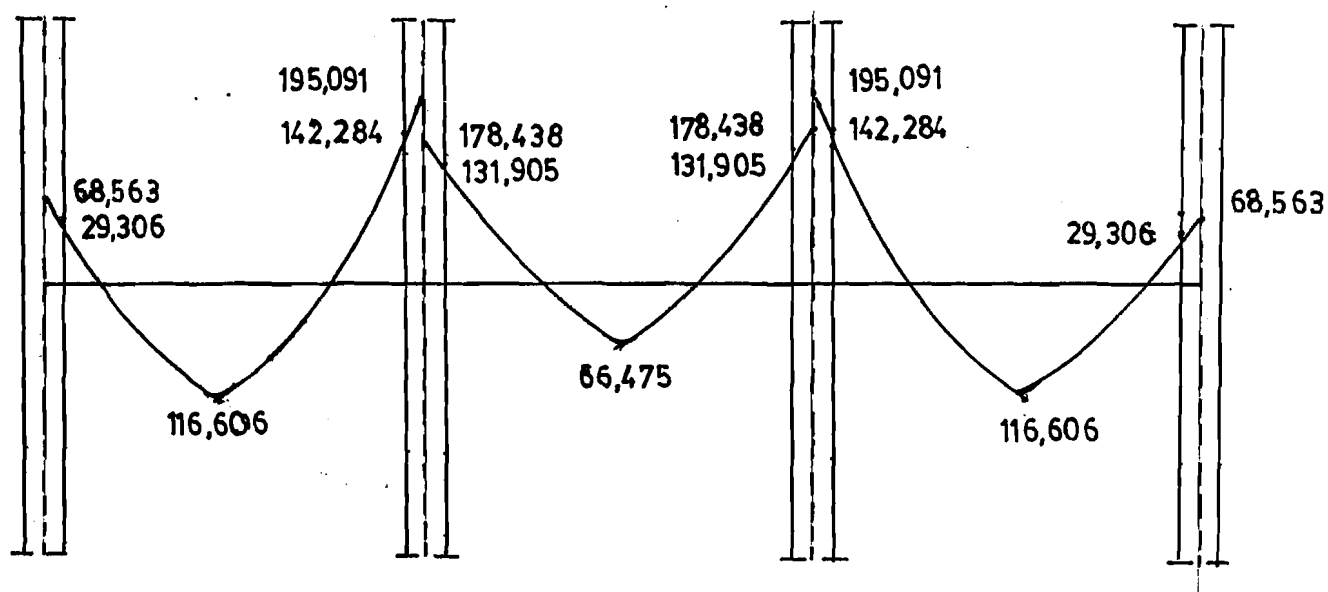
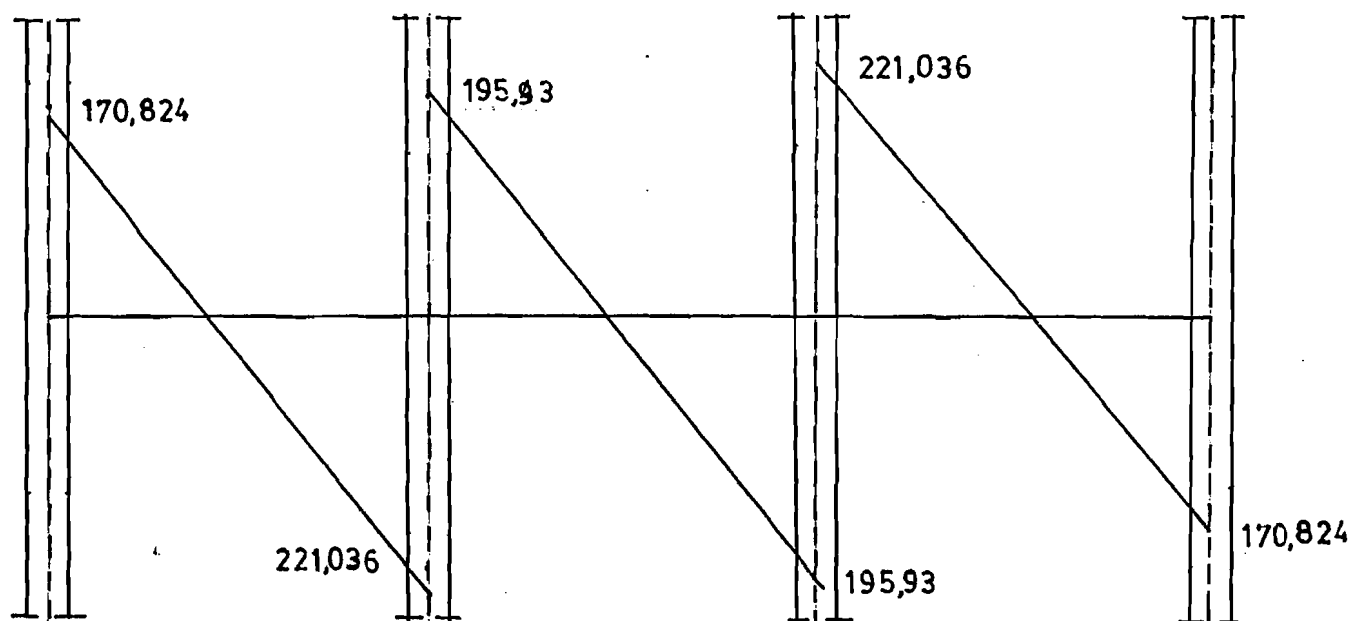
$$= \frac{416,966 \cdot 10^3}{0,85 \cdot 524400} \pm \frac{0,4 \cdot 16,653 \cdot 395 \cdot 10^6}{0,85 \cdot 42399925000}$$

$$v_{n1} = 1,666 \text{ MPa}$$

$$v_{n2} = 0,205 \text{ MPa}$$

Daftar 4.4 Distribusi Momen

Lokasi	Momen arah memendek kNm		
	momen negatif eksterior	momen positif lapangan	momen negatif interior
bentang akhir	205,916	142,774	104,198
jalur kolom	75% 205,916 154,437	60% 142,774 85,664	100% 104,198 104,198
jalur tengah	25% 205,916 51,479	40% 142,774 57,11	-



Gambar 4.9 Gaya lintang dan momen bentang panjang



Tabel 4.5 Hasil perbandingan pada bentang panjang

Lokasi	Cara perhitungan	
	Koefisien Momen	Portal Ekuivalen
- Momen batas rencana total	295,644	342,878
- Momen bentang akhir		
momen negatif interior	206,950	205,916
momen positif	153,735	142,774
momen negatif eksterior	76,867	104,198
- Momen bentang dalam		
momen negatif	192,169	186,332
momen positif	103,475	109,313
- Momen jalur kolom		
momen negatif interior	155,213	154,437
momen positif	92,241	85,664
momen negatif eksterior	76,867	104,198
- Momen jalur tengah		
momen negatif interior	51,738	51,479
momen positif	61,494	57,110
- Reaksi kolom akhir	203,907	180,281
- Reaksi kolom tengah	411,873	407,509

## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan di atas maka dapat di berikan kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan analisis perhitungan, perbedaan yang ada dari kedua cara tersebut terdapat pada cara menentukan nilai momen, sedangkan prosedur pembagian dan langkah-langkah selanjutnya sama.
2. Berdasarkan hasil perhitungan dari kedua cara tersebut di atas, perhitungan dengan cara portal ekivalen akan memberikan hasil yang lebih teliti dan rasional.

### 6.2 Saran - saran

1. Dalam merencanakan struktur lantai menerus yang didukung langsung oleh kolom, sebaiknya digunakan perhitungan dengan cara Portal Ekivalen karena memberikan hasil perhitungan yang lebih teliti.
2. Hendaknya di dalam mata kuliah Analisa Struktur perlu diberikam materi tambahan untuk struktur lantai yang menerus yang didukung langsung oleh kolom - kolom .
3. Agar mendapatkan hasil kesimpulan yang lebih memuaskan, maka sebaiknya diberikan beberapa kasus perhitungan dengan berbagai kombinasi, seperti pelat lantai dengan penambahan drop panel, column capital.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Chu-Kia Wang, Charles G. Salmon, Desain Beton Bertulang, Binsar Hariangga, Erlangga, Jakarta, 1989
2. Departemen Pekerjaan Umum, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SK SNI T-15-1991-03, Yayasan LPMB, 1991
3. Istimawan Dipohusodo, Struktur Beton Bertulang, Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 DPU RI, Gramedia Jakarta, 1994
4. Paul F. Rice, Edward S. Hoffman, Structural Design Guide to the ACI Building Code, Van Nostrand Reinhold Company
5. Phil M. Ferguson, Dasar-dasar Beton Bertulang, Budianto Sutanto, Erlangga, Jakarta, 1986
6. Rudolp Szilard, Teori dan Analisis Pelat, Metode Klasik Dan Nemerik, Erlangga, Jakarta, 1989
7. W. H Mosley, J. H. Bungey, Perencanaan Beton Bertulang, Elly Madyayanti, Erlangga, Jakarta, 1984.

LAMP IRAN

## NOTASI

- $A_c$  = luas penampang beton yang menahan penyaluran geser
- $b_o$  = keliling penampang kritis pada plat dan pondasi, mm
- $c_1$  = ukuran kolom persegi atau persegi ekuivalen, diukur dalam arah bentang di mana momen dihitung, mm.
- $c_2$  = ukuran kolom persegi atau persegi ekuivalen, diukur dalam arah melintang terhadap bentang di mana momen dihitung, mm.
- $C$  = konstanta penampang untuk untuk menentukan kekakuan puntir.
- $d$  = jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan tarik, mm.
- $E_{cb}$  = modulus elastis balok beton
- $E_{cc}$  = modulus elastisitas kolom beton
- $E_{cs}$  = modulus elastisitas pelat beton
- $f'_c$  = kuat tekan beton, Mpa
- $f_y$  = tegangan baja luluh yang disyaratkan
- $h$  = tinggi total komponen struktur, mm
- $I_c$  = momen inersia penampang bruto kolom
- $I_s$  = momen inersia terhadap sumbu titik pusat bruto pelat
- $K_c$  = kekakuan lentur kolom; momen per unit rotasi
- $K_s$  = kekakuan lentur pelat; momen per unit rotasi
- $K_t$  = kekakuan puntir komponen torsi struktur; momen per unit rotasi
- $l_n$  = panjang bentang bersih dalam arah momen yang

dihitung, diukur dari pusat kepusat tumpuan

$l_1$  = panjang bentang dalam arah momen yang dihitung,  
diukur dari pusat kepusat tumpuan

$l_2$  = panjang bentang dalam arah transversal terhadap  $l_1$ ,  
diukur dari pusat kepusat tumpuan

$M_n$  = kuat momen nominal suatu penampang, Nm

$M_o$  = momen statis total terfaktor

$M_u$  = momeen terfaktor pada penampang

$V_n$  = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

$V_u$  = gaya geser terfaktor pada penampang

$W_d$  = beban mati terfaktor per unit luas

$W_l$  = beban hidup terfaktor per unit luas

$W_u$  = beban terfaktor per unit luas

$x$  = dimensi keseluruhan yang lebih pendek dari bagian  
persegi suatu penampang

$y$  = dimensi keseluruhan yang lebih panjang dari bagian  
persegi suatu penampang

$\alpha$  = rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap  
kekakuan lentur suatu plat dengan lebar yang dibatasi  
dalam arah lateral oleh sumbu dari panel yang  
bersebelahan (bila ada) pada tiap sisi dari balok

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

$\alpha_c$  = rasio dari kekakuan lentur kolom di atas dan di bawah  
pelat terhadap gabungan pelat dan balok pada suatu  
join, dalam arah bentang di mana momen dihitung

$$= \frac{\Sigma K_c}{\Sigma (K_s + K_b)}$$

$\alpha_{min}$  = nilai rata-rata  $\alpha$  untuk semua balok pada tepi suatu plat

$\alpha_1$  =  $\alpha$  dalam arah  $l_1$

$\alpha_2$  =  $\alpha$  dalam arah  $l_2$

$\beta_0$  = rasio beban mati perunit luas terhadap beban hidup per unit luas (masing-masing tanpa faktor beban)

$\beta_t$  = rasio kekakuan puntir penampang balok tepi terhadap kekakuan lentur dari suatu pelat dengan lebar yang sama dengan bentang balok, diukur dari sumbu ke sumbu tumpuan

$$= \frac{E_{cb}C}{2E_{cs}I_s}$$

$\delta_s$  = faktor pembesar momen untuk rangka yang tidak ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan penyimpangan lateral akibat beban lateral dan grafitasi

$\tau_f$  = bagian dari momen yang tidak seimbang yang disalurkan oleh lentur pada pertemuan pelat-kolom