

## 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>.

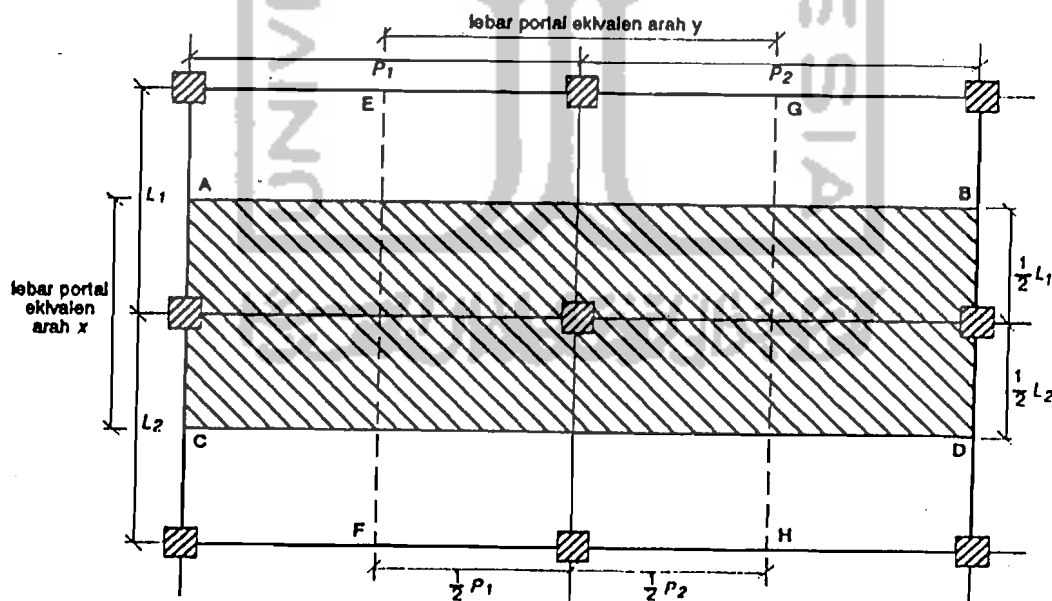
Menurut Chu-Kia Wang dan Charles G. Salmon perbedaan yang nampak antara plat slab (lantai cendawan) dengan lantai datar adalah pada daerah sekitar kolom. Pada flat slab biasanya beban yang didukung lebih besar sehingga mempunyai kekuatan geser yang cukup, sehingga pada flat slab mempunyai ciri-ciri adanya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

yaitu Metode Perencanaan Langsung (Direct Design Method) dan Metode Rangka Ekuivalen (Equivalent Frame Method). Kedua metode tersebut dapat digolongkan sebagai metode semi elastik yaitu pendekatan dengan penerapan faktor keamanan terhadap kapasitas kekuatannya.

Dasar metode untuk analisis dan perencanaan pelat dua arah ialah dengan menggunakan rangka portal idealisasi yang didapat dengan melakukan pemotongan fiktif vertikal pada seluruh bangunan di sepanjang garis tengah antara kolom, sehingga menghasilkan beberapa portal yang melalui diantara garis-garis tengah dari dua panil yang berdekatan seperti terlihat pada gambar 2.1.



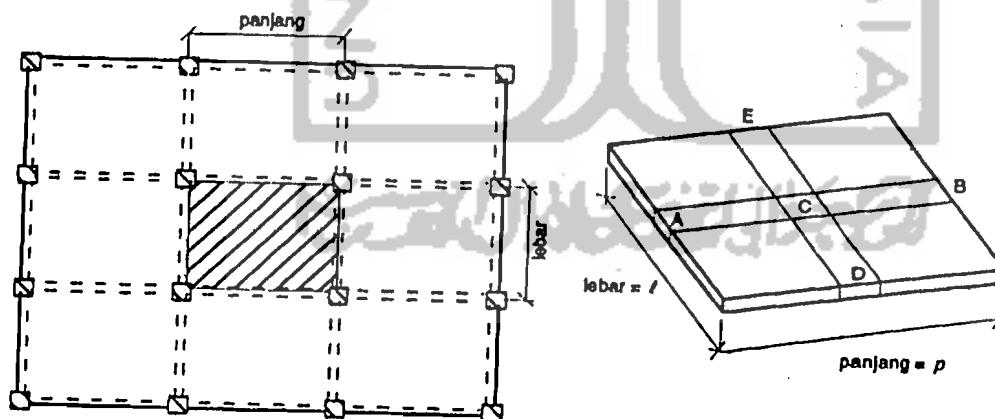
Gambar 2.1 Pemotongan Vertikal Denah Bangunan

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  $\frac{1}{8} W_u l_2 (1)^2$ . 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:

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

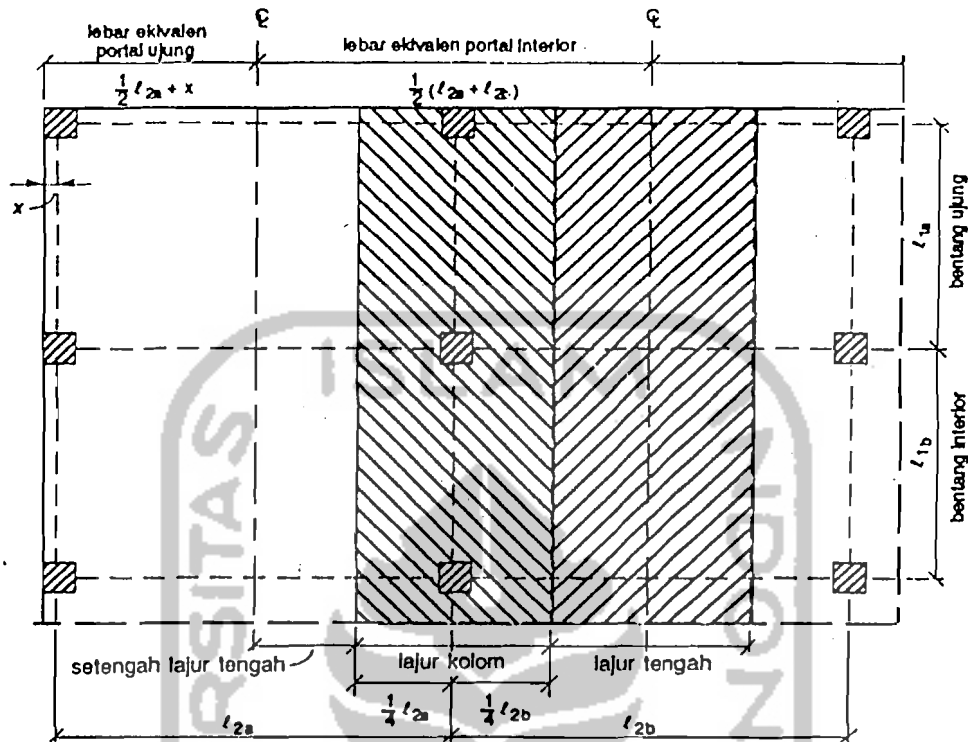
$$DE = k W_{DE}(l)^4$$

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

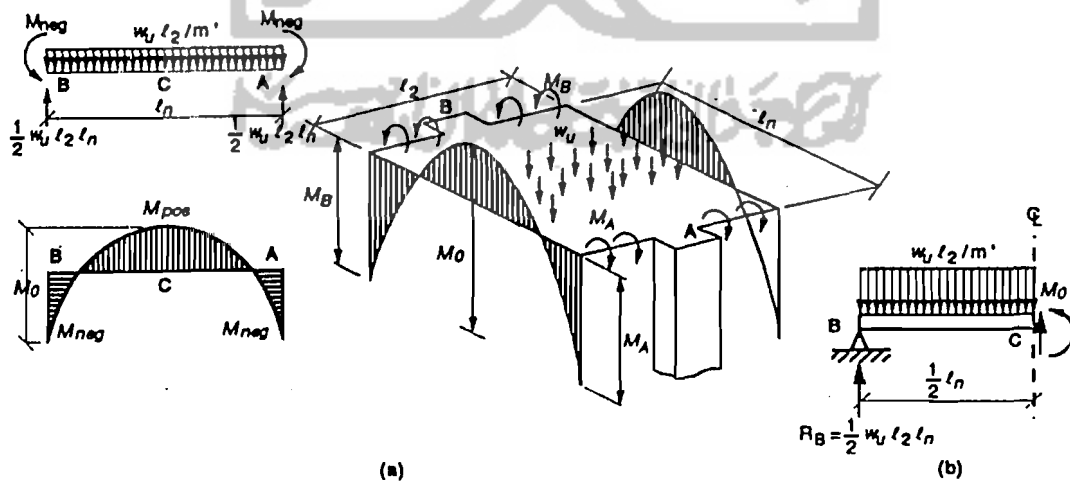
$$W_{AB} = \frac{W(l)^4}{p^4 + l^4} \quad \text{dan} \quad W_{DE} = \frac{W(p)^4}{p^4 + l^4}$$

## 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.



Gambar 2.3 Lajur Kolom dan Lajur Tengah Portal Ideal



Gambar 2.4 Sketsa Hitungan Momen Sederhana  $M_0$

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.

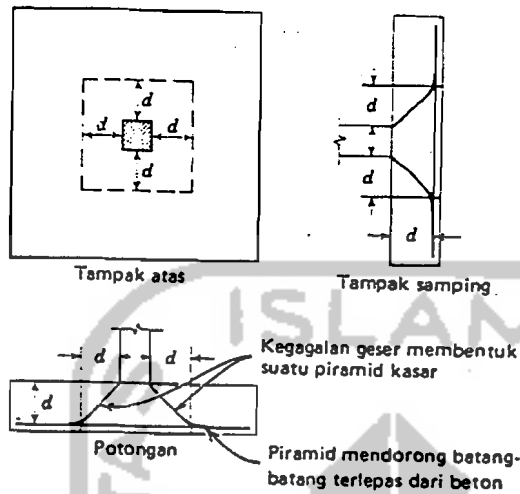
### 2.3 Geser Pada Pelat Dua Arah

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.

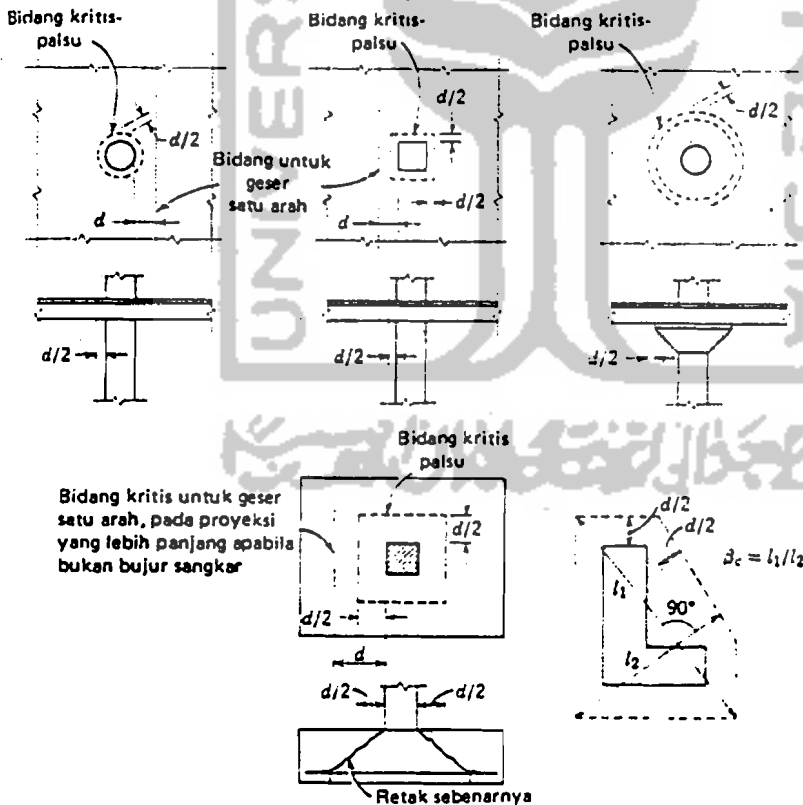
Dalam penentuan daerah retak-retak yang timbul dan daerah tekan geser (geser pons), maka ditetapkan sebuah daerah kritis (jarak kritis) yang besarnya  $d/2$  dari permukaan kolom yang dapat dilihat pada gambar 2.6.







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 di sebabkan 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

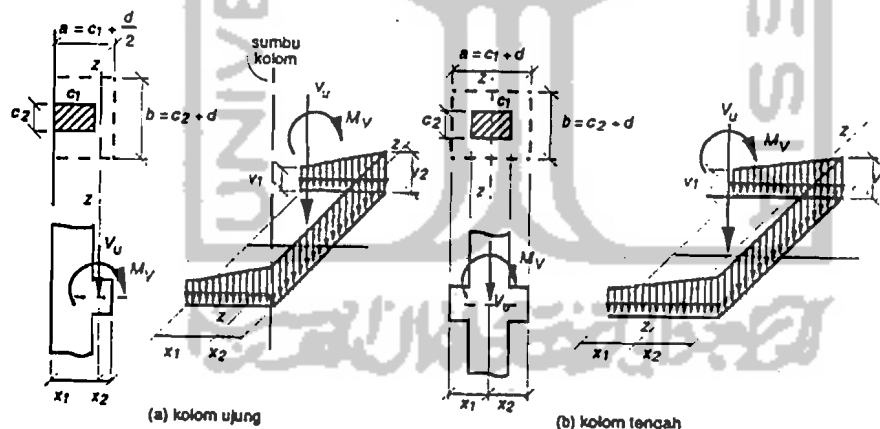
$v_1, v_2$  = tegangan geser

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.

