

## BAB II

# STUDI PUSTAKA

### 2.1. Tinjauan umum

Konstruksi suatu struktur bangunan terdiri dari 2 komponen utama yaitu bangunan atas dan bangunan bawah. Bangunan atas terdiri dari *Balok, Kolom, Plat Lantai* dan *Atap*. Sedangkan bangunan bawah berupa *Pilecap, Sloof*, dan *Pondasi*.

Dalam pembahasan analisis efisiensi antara *drop panel* dengan balok pada struktur bangunan *Italian Walk Kelapa Gading Square* Jakarta dimana pada hal ini aspek-aspek yang mempengaruhi dalam Analisis permasalahan tersebut antara lain :

- Aspek Beban
- Spesifikasi Bahan
- Jarak Antar Kolom dan Luas Bangunan
- Dimensi Plat
- Dimensi Balok
- Dimensi Drop Panel

Konsep analisa perbandingan antara *drop panel* dengan *balok* pada bangunan *Italian Walk Kelapa Gading Square* Jakarta tersebut adalah berdasarkan perhitungan yang mengacu pada beberapa studi, diantaranya :

#### 1. Literatur

- Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 N.I – 2
- Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983
- Perancangan Struktur Pelat Beton (*Ir. Sudarmoko, M.Sc. dan Ir. Agus Triyono*)
- Buku Struktur (*Daniel L. Schodek*)
- Struktur Beton Bertulang standar baru SNI-T-15-1991-03 (*Wahyudi Syahril a.Rahim*)

- Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang (*Ir. W.C. Vis dan Ir. Gideon H. Kusuma M.eng*)
- Struktural Design Guide to the ACI Building Code
- Tata Cara Penghitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung SK SNI T – 15-1991-03

## 2. Programing

- Struktur Analisis Program ( SAP) 2000
  - ➔ Untuk menghitung gaya-gaya dalam pada perhitungan balok
  - ➔ Untuk menghitung tingkat keamanan balok pada struktur
- SAFE Version 8
  - ➔ Untuk menghitung gaya-gaya dalam pada perhitungan drop panel
  - ➔ Untuk menghitung tingkat keamanan drop panel pada struktur

## 2.2 Aspek Beban

Aspek Beban berupa perhitungan pembebanan yang terjadi pada struktur Bangunan.

### 2.2.1. Beban Gravitasi

Beban gravitasi yaitu beban yang terjadi akibat gravitasi, beban tembok diambil  $250 \text{ kg/m}^2$  ( dinding  $\frac{1}{2}$  bata ) untuk struktur yang berhubungan dengan luar serta  $140 \text{ Kg/m}^2$  untuk dinding pembatas antar ruangan.

### 2.2.2. Beban Hidup

Beban hidup di dasarkan pada pedoman Perencanaan Pembebanan untuk rumah dan gedung, SNI-1727-1989.

## 2.3 Spesifikasi Bahan

Bahan yang di pergunakan pada perhitungan struktur mayoritas adalah struktur beton bertulang yang mempunyai spesifikasi yang berbeda-beda untuk setiap bagian struktur, diantaranya menggunakan :

- Mutu beton :  $f'c = 30 \text{ Mpa}$  ( Balok dan Lantai )  
 $f'c = 35 \text{ Mpa}$  ( Kolom dan Drop Panel )
- Mutu baja tulangan : D < 10 BJTP  $f_y = 240 \text{ Mpa}$   
D > 10 BJTD  $f_y = 400 \text{ Mpa}$

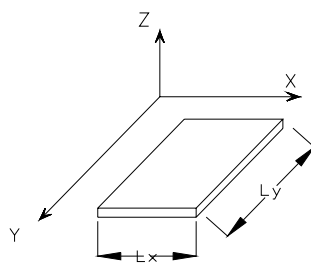
## 2.4 Perencanaan Struktur

### 2.4.1 Perencanaan Pelat

Pelat adalah struktur planar kaku yang terbuat dari material monolit dengan tinggi yang kecil dibandingkan dengan dimensi-dimensi lainnya. Untuk merencanakan pelat beton bertulang perlu mempertimbangkan faktor pembebanan dan ukuran serta syarat-syarat dari peraturan yang ada. Pada perencanaan ini digunakan tumpuan jepit penuh untuk mencegah pelat berotasi dan relatif sangat kaku terhadap momen puntir dan juga di dalam pelaksanaan, pelat akan di cor bersamaan dengan balok.

Pelat merupakan panel-panel beton bertulang yang mungkin bertulangan dua atau satu arah saja tergantung sistem strukturnya. Apabila pada struktur pelat perbandingan bentang panjang terhadap lebar kurang dari 3, maka akan mengalami lendutan pada kedua arah sumbu. Beban pelat dipikul pada kedua arah oleh balok pendukung sekeliling panel pelat, dengan demikian pelat akan melentur pada kedua arah. Dengan sendirinya pula penulangan untuk pelat tersebut harus menyesuaikan. Apabila panjang pelat sama dengan lebarnya, perilaku keempat balok keliling dalam menopang pelat akan sama. Sedangkan bila panjang tidak sama dengan lebar, balok yang lebih panjang akan memikul beban lebih besar dari balok yang pendek (penulangan satu arah).

Dimensi bidang pelat dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



**Gambar 2.1 Dimensi bidang pelat**

Langkah-langkah perencanaan penulangan pelat adalah sebagai berikut :

1. Menentukan syarat-syarat batas, tumpuan dan panjang bentang.
2. Menentukan tebal pelat.

Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 maka tebal pelat ditentukan berdasarkan ketentuan sebagai berikut :

$$h_{\min} = \frac{\ln(0.8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta} \quad (2.1)$$

$$h_{\max} = \frac{\ln(0.8 + \frac{f_y}{1500})}{36} \quad (2.2)$$

$h_{\min}$  pada pelat lantai ditetapkan sebesar 12 cm, sedang  $h_{\min}$  pada pelat atap ditetapkan sebesar 9 cm.

3. Menghitung beban yang bekerja pada pelat, berupa beban mati dan beban hidup terfaktor.
4. Menghitung momen-momen yang menentukan.

Berdasarkan Buku *Dasar – dasar Perencanaan Beton Bertulang* Oleh Ir. W.C. Vis dan Ir Gideon H. Kusuma M.eng, pada pelat yang menahan dua arah dengan terjepit pada keempat sisinya bekerja empat macam momen yaitu :

- a. Momen lapangan arah x ( $M_{lx}$ ) = koef x  $W_u$  x  $l_x^2$  (2.3)

- b. Momen lapangan arah y ( $M_{ly}$ ) = koef x  $W_u$  x  $l_x^2$  (2.4)

- c. Momen tumpuan arah x ( $M_{tx}$ ) = koef x  $W_u$  x  $l_x^2$  (2.5)

- d. Momen tumpuan arah y ( $M_{ty}$ ) = koef x  $W_u$  x  $l_x^2$  (2.6)

5. Mencari tulangan pelat

Berdasarkan Buku *Dasar – dasar Perencanaan Beton Bertulang* Oleh Ir. W.C. Vis dan Ir Gideon H. Kusuma M.eng, langkah-langkah perhitungan tulangan pada pelat adalah sebagai berikut :

- a. Menetapkan tebal penutup beton menurut Buku Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang.

- b. Menetapkan diameter tulangan utama yang direncanakan dalam arah x dan arah y.
- c. Mencari tinggi efektif dalam arah x dan arah y.

d. Membagi Mu dengan  $b \times d^2 \left( \frac{Mu}{b \times d^2} \right)$  (2.7)

dimana b = lebar pelat per meter panjang

d = tinggi efektif

- e. Mencari rasio penulangan ( $\rho$ ) dengan persamaan :

$$\left( \frac{Mu}{b \times d^2} \right) = \rho \times \phi \times fy \left( 1 - 0,588 \times \rho \times \frac{fy}{f'c} \right) \quad (2.8)$$

- f. Memeriksa syarat rasio penulangan ( $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ )

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{fy} \quad (2.9)$$

$$\rho_{\max} = \frac{\beta \times 450}{600 + fy} \times \frac{0,85 \times f'c}{fy} \quad (2.10)$$

- g. Mencari luas tulangan yang dibutuhkan

$$(As = \rho \times b \times d \times 10^6) \quad (2.11)$$

Perhitungan Momen Pelat di analisa dengan menggunakan program SAP 2000 dan mengacu pada buku *Dasar – dasar Perencanaan Beton Bertulang ( Ir. W.C. Vis dan Ir. Gideon H. Kusuma M.eng)*

### 2.4.2 Perencanaan Struktur Balok

Pendimensian Balok didesign berdasarkan Syarat jarak atau bentang antar kolom atau tumpuan yaitu :

$$h = \frac{1}{10}l \text{ sampai } \frac{1}{15}l \quad (\text{Vis dan Kusuma,1997}) \quad (2.12)$$

$$b = \frac{2}{3}h \quad (\text{Vis dan Kusuma,1997}) \quad (2.13)$$

Keterangan :

$l$  = jarak antar Kolom atau tumpuan

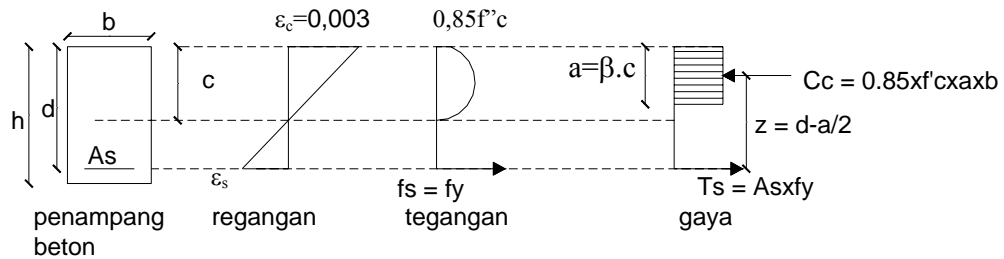
$h$  = Tinggi balok minimum

$b$  = Lebar balok minimum

Perhitungan Momen Balok di analisa dengan menggunakan program SAP 2000 dan mengacu pada buku *Dasar – dasar Perencanaan Beton Bertulang ( Ir. W.C. Vis dan Ir. Gideon H. Kusuma M.eng)*

Balok adalah komponen struktur yang menerima beban dari pelat, yang di salurkan ke kolom. Pada perencanaan ini terdiri dari balok anak dan balok induk.

➤ **Perencanaan Lentur Murni Beton Bertulang**



**Gambar 2.2 Tegangan, regangan dan gaya yang terjadi pada perencanaan lentur murni beton bertulang**

Dari gambar didapat:

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b \quad (\text{Vis dan Kusuma, 1997}) \quad (2.14)$$

$$T_s = A_s \cdot f_y \quad (\text{Vis dan Kusuma, 1997}) \quad (2.15)$$

Sehingga:

$$0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b = A_s \cdot f_y \quad (2.16)$$

dimana

$$a = \beta \cdot c \quad (\text{Vis dan Kusuma, 1997}) \quad (2.17)$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \quad (\text{Vis dan Kusuma, 1997}) \quad (2.18)$$

dan menurut Ir. Udiyanto (2000) untuk:

$$f'_c \leq 30 \text{ Mpa}, \beta = 0,85$$

$$f'_c > 30 \text{ Mpa}, \beta = 0,85 - 0,008 (f'_c - 30) \quad (2.19)$$

Pada Tugas Akhir ini digunakan  $f'_c = 25 \text{ Mpa}$ , sehingga didapat:

$$0,85 \cdot f'_c \cdot \beta \cdot c \cdot b = A_s \cdot f_y$$

$$0,85 \cdot f'_c \cdot 0,85c \cdot b = \rho \cdot b \cdot d \cdot f_y$$

$$0,7225 \cdot b \cdot c \cdot f'_c = \rho \cdot b \cdot d \cdot f_y$$

$$c = \frac{\rho \cdot b \cdot d \cdot f_y}{0,7225 \cdot b \cdot c \cdot f'_c}$$

$$c = 1,384 \rho \cdot \frac{f_y}{f'_c} \cdot d \quad (2.20)$$

Besarnya momen yang mampu dipikul oleh penampang adalah:

$$M_u = C_c (d - 0,5a) \text{ atau } T_s (d - 0,5a)$$

$$= A_s \cdot f_y (d - 0,5 \cdot 0,85c)$$

$$= A_s \cdot f_y (d - 0,425c)$$

Berdasarkan Rancangan Standar Nasional Indonesia (RSNI) Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung 2002 pasal 11.3, dalam

suatu perencanaan diambil faktor reduksi kekuatan  $\phi$  dimana besarnya  $\phi$  untuk lentur tanpa beban aksial adalah sebesar 0,8; sehingga didapat:

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= \phi \cdot A_s \cdot f_y (d - 0,425c) \\ &= 0,8 \cdot \rho \cdot b \cdot d \cdot f_y (d - 0,425c) \end{aligned} \quad (2.21)$$

Substitusi harga c,

$$\text{Mu} = 0,8 \cdot \rho \cdot b \cdot d \cdot f_y (d - 0,425 \cdot 1,384 \rho \cdot \frac{f_y}{f_c'} \cdot d)$$

Bentuk di atas dapat pula dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{\text{Mu}}{b \cdot d^2} = 0,8 \cdot \rho \cdot f_y \left( 1 - 0,588 \cdot \rho \cdot \frac{f_y}{f_c'} \right) \quad (2.22)$$

dimana:

Mu = momen yang dapat ditahan penampang (Nmm)

b = lebar penampang beton (mm)

d = tinggi efektif beton (mm)

$\rho$  = rasio luas tulangan terhadap luas efektif penampang beton

$f_y$  = mutu tulangan (Mpa)

$f_c'$  = mutu beton (Mpa)

Dari rumus di atas, apabila momen yang bekerja dan luas penampang beton telah diketahui, maka besarnya rasio tulangan  $\rho$  dapat diketahui untuk mencari besarnya kebutuhan luas tulangan.

#### 2.4.2.1 Persentase Tulangan Minimum, Balance dan Maksimum

a. Rasio tulangan minimum ( $\rho_{\min}$ )

Rasio tulangan minimum ditetapkan sebesar  $\frac{f_y}{1.4}$  (Vis dan Kusuma, 1993)

b. Rasio tulangan balance ( $\rho_b$ )

Dari gambar regangan penampang balok (Gambar 2.4) didapat:

Pada kondisi balanced  $\epsilon_{cu} = 0,003$

$$\epsilon_c \geq \epsilon_y \longrightarrow f_s = f_y$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$



$$cb = \frac{\varepsilon_{cu} x d}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_y} = \frac{0,003 x d}{0,003 + f_y / E_s} \quad (2.23)$$

Berdasarkan Rancangan Standar Nasional Indonesia (RSNI) Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung 2002 pasal 10.5(2) ditetapkan  $E_s$  sebesar  $2 \times 10^5$  Mpa, sehingga didapat

$$\frac{cb}{d} = \frac{600}{600 + f_y} \quad (2.24)$$

Keadaan balance:

$$C_c = T_s$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \cdot cb \cdot b = \rho_b \cdot b \cdot d \cdot f_y$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \cdot cb}{b \cdot d \cdot f_y}$$

$$\rho_b = \frac{600}{600 + f_y} \beta \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \quad (2.25)$$

Syarat memeriksa Kondisi penampang :

$$\rho < \rho_b = \text{Under Reinforced}$$

$$\rho = \rho_b = \text{Balanced}$$

$$\rho > \rho_b = \text{Over Reinforced}$$

- Kondisi Under Reinforced yaitu Kondisi tulangan tarik mencapai tegangan  $f_y$  lebih awal ( penulangan cukup )
- Kondisi Balanced yaitu regangan batas beto  $\varepsilon_c = 0,003$  tercapai bersamaan dengan tegangan batas tulangan  $\varepsilon_s = \varepsilon_y = f_y / E_s$ .
- Kondisi Over Reinforced yaitu Regangan beton sebesar  $\varepsilon_c = 0,003$  tercapai lebih dahulu dari pada regangan tulangan yang masih sebesar  $\varepsilon_s < \varepsilon_y$ . ( penulangan terlalu banyak ).

c. Rasio tulangan minimum ( $\rho_{\max}$ )

Berdasarkan SKSNI T15-1991-03 pasal 3.3.3-3 besarnya  $\rho_{\max}$  ditetapkan sebesar  $0,75\rho_b$ .

### 2.4.2.2 Perhitungan Tulangan Ganda

Apabila  $\rho > \rho_{\max}$  maka terdapat dua alternatif (Vis dan Kusuma, 1997):

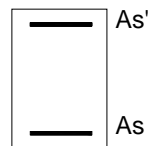
- Sesuaikanlah ukuran penampang balok
- Bila tidak memungkinkan, maka dipasang tulangan rangkap

Dalam menghitung tulangan rangkap, total momen lentur yang dilawan akan dipisahkan dalam dua bagian:  $Mu_1 + Mu_2$

Dengan:

$Mu_1$  = momen lentur yang dapat dilawan oleh  $\rho_{\max}$  dan berkaitan dengan lengan momen dalam  $z$ . Jumlah tulangan tarik yang sesuai adalah  $As_1 = \rho_{\max} \cdot b \cdot d$

$Mu_2$  = momen sisa yang pada dasarnya harus ditahan baik oleh tulangan tarik maupun tekan yang sama banyaknya. Lengan momen dalam yang berhubungan dengan ini sama dengan  $(d - d')$ .



Jumlah tulangan tarik tambahan  $As_2$  sama dengan jumlah tulangan tekan  $As'$ , yaitu:

$$As_2 = As' = \frac{Mu - Mu_1}{\phi \cdot f_y \cdot (d - d')} \quad (2.26)$$

### 2.4.2.3 Perhitungan Geser dan Torsi

Berdasarkan Rancangan Standar Nasional Indonesia Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung Tahun 2002 pasal 13.3 ditentukan besarnya kekuatan gaya nominal sumbu beton adalah:

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w \cdot d \quad (2.27)$$

atau besarnya tegangan yang dipikul beton adalah:

$$vc = \frac{V_c}{bd} = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \quad (2.28)$$

Untuk penampang yang menerima beban aksial, besarnya tegangan yang mampu dipikul beton dapat dituliskan sebagai berikut:

$$v_c = \left( 1 + \frac{P_u}{14A_g} \right) \left( \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) \quad (2.29)$$

Sedangkan besarnya tegangan geser yang harus dilawan sengkang adalah:

$$\phi v_s = v_u - \phi v_c \quad (2.30)$$

Besarnya tegangan geser yang harus dipikul sengkang dibatasi sebesar:

$$\phi v_s \max = \frac{2}{3} \sqrt{f'_c} \quad (2.31)$$

Untuk besarnya gaya lintang yang bekerja pada penampang yang ditinjau harus direncanakan :

$$V_u \leq \phi V_n \quad (2.32)$$

dimana:

$V_u$  = gaya lintang pada penampang yang ditinjau.

$V_n$  = kekuatan geser nominal yang dihitung secara  $V_n = V_c + V_s$

$V_c$  = kekuatan geser nominal sumbangan beton

$V_s$  = kekuatan geser nominal sumbangan tulangan geser

$v_u$  = tegangan geser yang terjadi pada penampang

$v_c$  = tegangan geser nominal sumbangan beton

$v_s$  = tegangan geser nominal sumbangan tulangan geser

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan = 0,6

$b$  = lebar balok (mm)

$d$  = tinggi efektif balok (mm)

$f'_c$  = kuat mutu beton (Mpa)

Berdasarkan persamaan 2.30, tulangan geser dibutuhkan apabila  $v_u > \phi v_c$ . Besarnya tulangan geser yang dibutuhkan ditentukan dengan rumus berikut:

$$A_v = \frac{(v_u - \phi v_c) b \cdot s}{\phi f_y} \quad (\text{Vis dan Kusuma, 1997}) \quad (2.33)$$

dimana:

$A_v$  = luas tulangan geser yang berpenampang ganda dalam  $\text{mm}^2$

$s$  = jarak sengkang dalam mm

Rumus di atas juga dapat ditulis sebagai berikut:

$$A_v = \frac{(v_u - \phi v_c) b \cdot 1000}{\phi f_y} \quad (\text{Vis dan Kusuma, 1997}) \quad (2.34)$$

dimana  $A_v$  adalah luas tulangan geser yang berpenampang ganda untuk tiap meter panjang yang dinyatakan dalam  $\text{mm}^2$ .

Namun apabila  $v_u > \frac{1}{2} \phi v_c$  harus ditentukan besarnya tulangan geser minimum sebesar (RSNI Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung Tahun 2002):

$$A_v = \frac{b_w s}{3 f_y} \quad (2.35)$$

dimana:

$A_v$  = luas tulangan geser yang berpenampang ganda dalam  $\text{mm}^2$

$s$  = jarak sengkang dalam mm

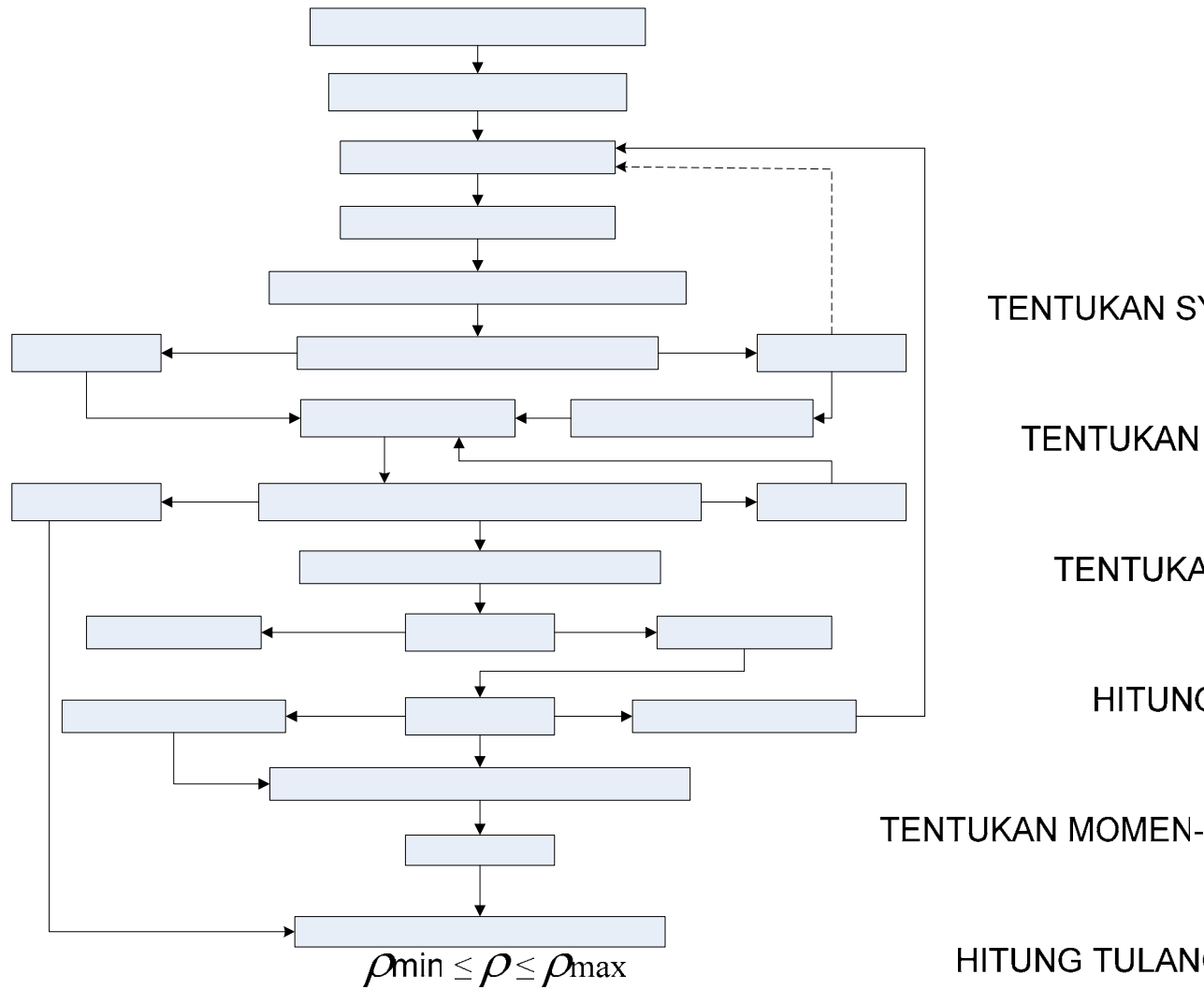
Rumus ini juga dapat ditulis sebagai berikut:

$$A_v = \frac{b_w 1000}{3 f_y} \quad (\text{Vis dan Kusuma, 1997}) \quad (2.36)$$

dimana  $A_v$  adalah luas tulangan geser yang berpenampang ganda untuk tiap meter panjang yang dinyatakan dalam  $\text{mm}^2$ .

Jarak sengkang dibatasi sebesar  $d/2$ , namun apabila  $\phi v_s > \frac{1}{3} \sqrt{f_c'}$  jarak sengkang maksimum harus dikurangi setengahnya.

Berikut disajikan *flow chart* perhitungan tulangan lentur dan geser balok:



Perhitungan tulangan torsi dapat diabaikan apabila memenuhi syarat berikut:

$$T_u < \frac{\phi \sqrt{f_c'}}{15} \left( \frac{A_{cp}^2}{p_{cp}} \right) \tag{2.37}$$

Suatu penampang mampu menerima momen torsi apabila memenuhi syarat:

$$\sqrt{\left( \frac{V_u}{b_w \cdot d} \right)^2 + \left( \frac{T_u p_h}{1,7 A_{oh}^2} \right)^2} < \phi v_c + \phi \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} \tag{2.38}$$

Besarnya tulangan sengkang untuk menahan puntir ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

Tugas Akhir  
 Analisis Efisiensi Penggunaan Drop Panel Sebagai Penghenti Gempa Pada Struktur Bangunan Italian Walk Kelapa Gading Square Jakarta

$$\phi v_s (V_s) \leq \phi v_s \max (V_s \max)$$

$$A_t = \frac{T_n s}{2A_o f_{yv} \cot \theta} \quad (2.39)$$

dengan  $T_n = \frac{T_u}{\phi}$ .

Sedangkan besarnya tulangan longitudinal yang harus dipasang untuk menahan puntir dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$A_l = \frac{A_t}{s} p_h \left( \frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \cot^2 \theta \quad (2.40)$$

dimana:

- $A_{cp}$  = luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton, mm<sup>2</sup>
- $A_o$  = luas bruto yang dibatasi oleh lintasan aliran geser, mm<sup>2</sup>
- $A_{oh}$  = luas yang dibatasi oleh garis pusat tulangan sengkang torsi terluar, mm<sup>2</sup>
- $A_t$  = luas satu kaki sengkang tertutup yang menahan puntir dalam daerah sejarak  $s$ , mm<sup>2</sup>
- $A_l$  = luas tulangan longitudinal yang memikul puntir, mm<sup>2</sup>
- $f_{yh}$  = kuat leleh yang disyaratkan untuk tulangan geser, MPa
- $f_{yt}$  = kuat leleh tulangan torsi longitudinal, MPa
- $f_{yv}$  = kuat leleh tulangan sengkang torsi, MPa
- $p_{cp}$  = keliling luar penampang beton, mm
- $p_h$  = keliling dari garis pusat tulangan sengkang torsi terluar, mm
- $s$  = spasi tulangan geser atau puntir dalam arah paralel dengan tulangan longitudinal, mm

### 2.4.3 Perencanaan Struktur Drop Panel

Perhitungan struktur Drop Panel di analisa dengan menggunakan program SAFE 8 dan mengacu pada buku *Structural Design Guide to the ACI Building Code* ( RICE and HOFFMAN ) dan *Perancangan Struktur Pelat Beton* ( Ir. Sudarmoko, M.Sc. dan Ir. Agus Triyono )

#### ➤ Tebal Pelat

Berdasarkan peraturan SK SNI-T-15-1991-03 pasal 3.2.5.3 memberikan persyaratan tebal minimum yang dapat di gunakan dalam perencanaan system lantai dua arah dalam pengendalian lendutan sebagai berikut :

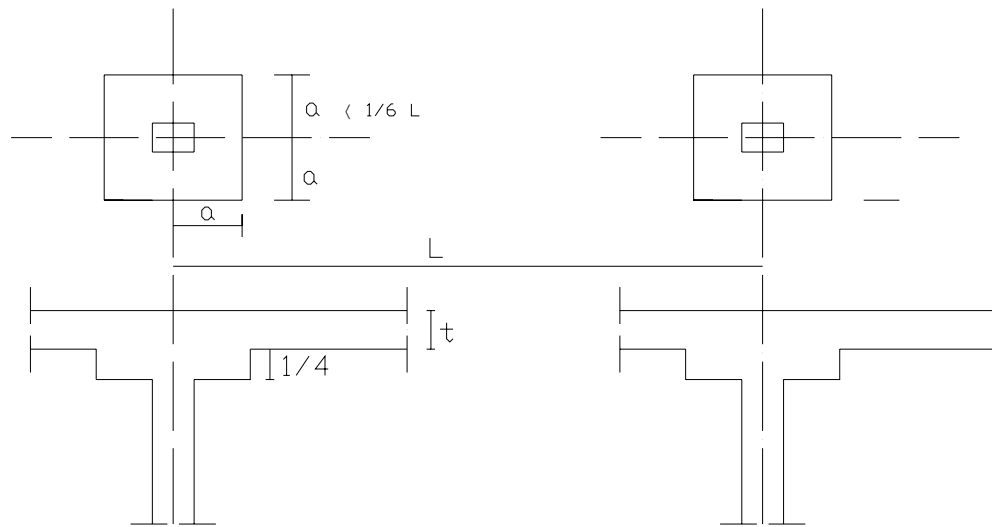
1. Tebal minimum pelat tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya tergantung pada jarak antar kolom dan harus memenuhi ketentuan dari table 2.1. dan tidak boleh kurang dari :
  - a. Pelat tanpa penebalan = 120 mm
  - b. Pelat dengan penebalan ( Drop Panel )= 100 mm

Tegangan Leleh Fy' (Mpa)	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel exterior		Panel interior	Panel exterior		Panel interior
	Balok pinggir			Balok pinggir		
	ya	Tidak		Ya	Tidak	
300	Ln/33	Ln/36	Ln/36	Ln/36	Ln/40	Ln/40
400	Ln/30	Ln/33	Ln/33	Ln/33	Ln/36	Ln/36

**Tabel 2.1. Tebal Minimum dari pelat tanpa Balok Interior (SK SNI-T-15-1993-03)**

#### ➤ Dimensi Drop Panel

- a. Tebal Drop Panel Diambil minimal  $\frac{1}{4} t$  ( t = tebal plat )
- b. Lebar (b) = Tinggi (h) Drop Panel diambil minimal  $\frac{1}{6} L_n$  dari sumbu kolom kearah luar. (  $L_n$  = jarak antar kolom dari sumbu )

Gambar 2.3 Persyaratan pertebalan pelat ( *drop panel* )

➤ Analisa Perhitungan

- a. Memeriksa tebal pelat persyaratan nominal balok tepi dan pertebalan pelat dikepala kolom.

1. Berdasarkan persyaratan lendutan

- Check Tebal Plat tanpa balok Interior berdasarkan tabel 2.1

$$h_{\min} = \frac{l_n}{36} < t \dots\dots \text{OK}$$

$$h_{\min} = \frac{l_n + \left( 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36} < t \quad (2.41)$$

$l_n$  = panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah berhubungan dengan bentang pendek diukur dari muka kemuka tumpuan.

2. Berdasarkan Persyaratan geser

- Menghitung beban yang terjadi

$$W = (1,2 \times W_d) + (1,6 \times W_l) \quad (2.42)$$



- Menghitung gaya geser yang terjadi

$$V_u = W_u \cdot x_{l_1} \cdot x_{l_2} \quad (2.43)$$

$$\phi V_n = \phi V_c = \phi \times \left( \sqrt{\frac{f'_c}{6}} \right) \times b_w \times d \quad (2.44)$$

- Chek

Jika  $\phi V_n > V_u$  .....ok! maka tebal pelat memenuhi syarat

Dimana  $W$  = Beban yang terjadi

$V_u$  = gaya geser terfaktor pada penampang

$V_c$  = Kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton

$\delta_s$  = faktor pengali pembesaran momen positif akibat efek pola pembebanan.momen

:  $W_d$  = beban mati

$W_l$  = beban hidup

$l_2$  = panjang bentang dalam arah transversal terhadap  $l_1$  berhubungan dengan bentang pendek diukur dari pusat kepusat tumpuan

$l_n$  = panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah diukur dari muka ke muka tumpuan

b. Menghitung tulangan pelat berdasarkan momen-momen yang terjadi.

- Diameter tulangan direncanakan untuk arah x dan arah y
- Cari momen yang terjadi berdasarkan program Safe 8
- Perhitungan Momen di analisa dengan menggunakan program Safe 8 dan mengacu pada buku *PERANCANGAN STRUKTUR PELAT BETON ( Ir. Sudarmoko, M.Sc dan Ir. Agus Triyono)*

- Membagi  $M_u$  dengan  $b \times d^2 \left( \frac{M_u}{b \times d^2} \right)$  (2.45)

dimana  $b$  = lebar pelat per meter panjang

$d$  = tinggi efektif

- Mencari nilai  $\rho$

$$\left( \frac{M_o}{b \times d^2} \right) = \rho \times \phi \times f_y \left( 1 - 0,588 \times \rho \times \frac{f_y}{f'_c} \right) \quad (2.46)$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (2.47)$$

$$\rho_{\max} = \frac{\beta \times 450}{600 + f_y} \times \frac{0,85 \times f'_c}{f_y} \quad (2.48)$$

Cari nilai  $\rho$  dengan syarat  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

- Menghitung Luas tulangan

$$(A_s = \rho \times b \times d \times 10^6) \quad (2.49)$$

Dimana  $\rho$  = rasio luas tulangan terhadap luas efektif penampang  
beton

$M_o$  = Momen

- Berikut disajikan *flow chart* perancangan pelat cendawan ( drop panel )

