

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Uraian Umum**

Perencanaan suatu gedung (bangunan) merupakan suatu usaha untuk menyusun dan mengorganisasikan suatu proyek konstruksi baik berupa perhitungan-perhitungan ataupun tulisan-tulisan, sehingga bangunan yang dihasilkan sesuai dengan keinginan dengan tetap memperhatikan standar ekonomi, aman, kuat, estetika, dan nyaman.

Perencanaan dari suatu konstruksi bangunan harus memenuhi berbagai syarat konstruksi yang telah ditentukan yaitu kuat, kaku, bentuk yang serasi dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang ekonomis namun tanpa mengurangi mutu bahannya, sehingga dapat digunakan sesuai dengan fungsinya.

#### **2.2 Ruang Lingkup Perencanaan**

Ruang lingkup dari perencanaan bangunan gedung 3 (tiga) lantai Kantor PT. Perta-Samtan Gas Sungai Gerong Kabupaten Banyuasin ini meliputi beberapa tahapan yaitu persiapan, mendesain bangunan (perencanaan), dilanjutkan dengan perhitungan struktur, perhitungan biaya, dan progres kerja yaitu NWP dan kurva S

##### **2.2.1 Perencanaan Konstruksi**

Pada penyelesaian perhitungan untuk perencanaan bangunan gedung 3 (tiga) lantai Kantor PT Perta-Samtan Gas Sungai Gerong Kabupaten Banyuasin ini, penulis mengambil acuan yang berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia, diantaranya :

- a. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI-2847-2013)

Tata cara ini meliputi persyaratan-persyaratan umum serta ketentuan teknis perencanaan dan pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung atau struktur bangunan lain yang mempunyai kesamaan karakter dengan struktur bangunan gedung.

- b. Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013)

Standar ini memuat ketentuan beban minimum untuk merancang bangunan gedung dan struktur lain. Beban dan kombinasi pembebanan yang sesuai, telah dikembangkan dan harus digunakan bersama, baik untuk perancangan dengan metode kekuatan ataupun perencanaan dengan tegangan izin.

- c. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPPURG 1987)

Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung ini digunakan untuk menentukan beban yang diizinkan dalam merencanakan bangunan gedung dan rumah.

### **2.2.2 Klasifikasi Pembebanan**

Suatu struktur bangunan gedung juga harus direncanakan kekuatannya terhadap suatu pembebanan. Adapun jenis pembebanannya antara lain :

- a. Beban Mati

Beban mati adalah berat semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala beban tambahan, *finishing*, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut.

- b. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan termasuk kedalamnya beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah dan mesin-mesin yang tidak menetap.

- c. Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung yang disebabkan oleh selisih tekanan udara.

- d. Beban Air Hujan

Beban air hujan adalah beban yang diakibatkan terkumpulnya air hujan pada atap.

## 2.3 Metode Perhitungan

Berikut adalah metode perhitungan yang akan digunakan dalam perhitungan konstruksi. Metode-metode tersebut diambil berdasarkan acuan yang digunakan.

### 2.3.1 Perencanaan Pelat Beton Bertulang

Di dalam konstruksi beton, pelat digunakan untuk mendapatkan bidang/permukaan yang rata. Pada umumnya bidang/permukaan atas dan bawah suatu pelat adalah sejajar atau hampir sejajar.

Tumpuan pelat pada umumnya dapat berupa balok-balok beton bertulang, struktur baja, kolom-kolom, dan dapat juga berupa tumpuan langsung diatas tanah. Pelat dapat ditumpu pada tumpuan garis yang menerus, seperti halnya dinding atau balok, tetapi dapat juga ditumpu secara lokal (di atas sebuah kolom atau beberapa kolom).

Adapun perencanaan pelat lantai yang direncanakan pada laporan akhir ini adalah perencanaan pelat atap dan pelat lantai. Berikut adalah langkah-langkah perencanaan pelat lantai menurut jenisnya :

#### A. Pelat Satu Arah (*One Way Slab*)

Pelat satu arah yaitu pelat yang ditumpu pada kedua belah sisinya yang berupa tumpuan garis. Untuk kasus ini, gaya-gaya dalam struktur pelat adalah searah, dan beban-beban diterima pelat dalam arah tegak lurus tumpuan garis. Pelat satu arah mempunyai nilai perbandingan bentang panjang pelat ( $L_y$ ) dan bentang pendek pelat ( $L_x$ ) lebih besar dari 2 yaitu  $\frac{L_y}{L_x} \geq 2$ . Langkah-langkah dalam perencanaan struktur pelat satu arah yaitu :

##### 1. Menentukan tebal pelat

Tebal pelat lantai tergantung persyaratan lendutan, lentur, dan geser. Dari ketiga persyaratan tersebut, pada umumnya persyaratan lendutan yang lebih menentukan, dan ini tergantung pada batas lendutan yang diijinkan. Persyaratan lendutan dimaksudkan untuk mencegah deformasi yang berlebihan, yang dapat menurunkan tingkat kelayakan struktur. (Ir. Sudarmanto, 1996)

Komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi defleksi

atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja. (SNI-2847-2013 butir 9.5.2.1)

Tebal minimum yang ditentukan dalam tabel berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan. (SNI-2847-2013 butir 9.5.2.2)

**Tabel 2.1** Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak terhitung

Komponen struktur	Tebal minimum, $h$			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang rusak			
Pelat masif satu-arah	$\geq 20$	$\geq 24$	$\geq 28$	$\geq 10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$\geq 16$	$\geq 18,5$	$\geq 21$	$\geq 8$

**CATATAN :**  
 Panjang bentang dalam mm.  
 Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan mutu 420 Mpa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasi sebagai berikut :  
 a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*)  $W_{cr}$  di antara 1440 sampai 1840  $kg/m^3$ , nilai tadi harus dikalikan dengan  $(1,65 - 0,0003W_c)$  tetapi tidak kurang dari 1,09.  
 b) Untuk  $f_y$  selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_y/700)$ .

\*Sumber : SNI-2847-2013 butir 9.5.2.2

## 2. Menghitung beban-beban yang bekerja

Menghitung beban mati termasuk berat sendiri pelat dan beban hidup dengan menggunakan metode beban terfaktor.

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

Keterangan :

$W_D$  = Total beban mati pelat (KN/m)

$W_L$  = Total beban hidup pelat (KN/m)

$W_u$  = Total seluruh beban atau beban *ultimate* (KN/m)

3. Menghitung momen rencana ( $M_u$ ) menggunakan cara tabel dan analisa

Sebagai alternatif, metode pendekatan berikut ini dapat digunakan untuk menentukan momen lentur dan gaya geser dalam perencanaan balok menerus dan pelat satu arah, yaitu pelat beton bertulang di mana tulangnya hanya direncanakan untuk memikul gaya-gaya dalam satu arah, selama :

- Struktur bentang menerus (minimum ada dua bentang) dengan panjang bentang kurang lebih sama di mana untuk setiap dua bentang bersebelahan, bentang yang lebih panjang tidak melampaui 20% terhadap bentang pendek.
- Pemebebanan berupa beban merata
- Berdasarkan pada beban kerja, nilai maksimum perbandingan beban hidup terhadap beban mati yang diijinkan adalah 3:1
- Penampang komponen struktur prismatis

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo, hal 208)

4. Tinggi efektif ( $d_{eff}$ )

Pada beton bertulang tebal selimut beton untuk tulangan tidak boleh kurang dari ketentuan yang ada pada tabel 2.2 Berikut ini :

**Tabel 2.2** Tebal selimut beton minimum untuk tulangan

	<b>Tabel selimut minimum (mm)</b>
a) Beton yang dicor di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Batang tulangan D-19 hingga D-57 .....</li> <li>• Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil .....</li> </ul>	50 40
c) Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah : <u>Pelat, dinding, pelat berusuk</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Batang tulangan D-44 dan D-57 .....</li> <li>• Batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil .....</li> </ul>	40 20

<u>Balok dan kolom</u>	
• Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral .....	40
<u>Komponen struktur cangkang, pelat lipat</u>	
• Batang tulangan D-19 dan yang lebih besar .....	20
• Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil .....	15

\*Sumber : SNI-2847-2013 butir 7.7.1

5. Menghitung  $K_{perlu}$

$$k = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d_{eff}^2}$$

Keterangan :

$k$  = Koefisien tahanan

$M_u$  = Momen terfaktor pada penampang (KN/m)

$b$  = lebar penampang (mm) diambil 1 m (1000 mm)

$d_{eff}$  = Tinggi efektif pelat (mm)

$\phi$  = Faktor kuat rencana

6. Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ )

7. Menghitung  $A_s$  yang diperlukan

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

Keterangan :

$A_s$  = Luas tulangan (mm<sup>2</sup>)

$\rho$  = Rasio penulangan

$b$  = Lebar penampang pelat

$d$  = Tinggi efektif pelat

8. Menentukan tulangan pokok yang akan digunakan serta tulangan susut dan suhu dengan menggunakan tabel.

- a. Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014 :

- Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 280 MPa atau 350 MPa adalah 0,0020

- Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 420 Mpa adalah 0.0018
- Pelat menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 Mpa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35% adalah  $0.0018 \times 420/f_y$  (SNI-2847-2013 butir 7.12.2.1)

b. Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari lima kali tebal pelat atau 450 mm.

#### B. Pelat Dua Arah (*Two Way Slab*)

Pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh balok-balok yang diletakkan pada keempat sisi pelat dan berperilaku dalam dua arah dalam memikul beban luar. (Ir. Sudarmanto, 1996).

Langkah-langkah perencanaan pelat dua arah sebagai berikut :

##### 1. Menentukan tebal pelat

Untuk pelat tanpa balok interior yang membentang di antara tumpuan dan mempunyai rasio bentang panjang ( $L_y$ ) terhadap bentang pendek ( $L_x$ ) yang tidak lebih dari 2 atau  $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$ , maka tebal minimumnya harus memenuhi ketentuan tabel 2.3 dan tidak boleh kurang dari nilai berikut : (SNI-2847-2013 butir 9.5.3.2)

**Tabel 2.3** Tebal minimum pelat tanpa balok interior

Tegangan leleh, $f_y$ , MPa <sup>†</sup>	Tanpa penebalan <sup>‡</sup>			Dengan penebalan <sup>‡</sup>		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir <sup>§</sup>		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir <sup>§</sup>	
280	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 40$	$\ell_n / 40$
420	$\ell_n / 30$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$
520	$\ell_n / 28$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 34$	$\ell_n / 34$

<sup>†</sup>Untuk konstruksi dua arah,  $\ell_n$  adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.  
<sup>‡</sup>Untuk  $f_y$  antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.  
<sup>§</sup>Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5.  
<sup>§</sup>Pelat dengan balok di antara kolom-kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai  $\alpha$  untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

\*Sumber : SNI-2847-2013 butir 9.5.3.2

##### 2. Persyaratan tebal pelat

Untuk pelat dua arah, tebal minimumnya,  $h$ , harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- a. Untuk  $\alpha_{fm}$  yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan ketentuan tabel 2.3
- b. Untuk  $\alpha_{fm}$  lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0 ( $\alpha_{fm} > 0,2 > 2,0$ ),  $h$ , tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

- c. Untuk  $\alpha_{fm}$  lebih besar dari 2,0 ( $\alpha_{fm} > 2,0$ ), ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

3. Mencari nilai  $\alpha m$  pada masing-masing panel

Mencari nilai  $\alpha m$  pada masing-masing panel, apakah perkiraan tebal pelat,

$h$ , telah memenuhi persyaratan  $h_{min}$ .

Untuk  $\alpha m < 2,0$  tebal minimum adalah 120 mm

Untuk  $\alpha m \geq 2,0$  tebal minimum adalah 90 mm

$$\alpha_1 = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}}$$

$$\alpha m = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}{n}$$

4. Pembebanan pelat

Perhitungan pembebanan pelat dua arah sama dengan perhitungan pelat satu arah.

5. Menghitung momen yang bekerja pada arah x dan y

$M_x = 0,001 Q_u L_2$  . koefisien momen

$M_y = 0,001 Q_u L_2$  . koefisien momen

$$M_{tix} = \frac{1}{2} m_l x$$

$$M_{tiy} = \frac{1}{2} m_l y$$

Keterangan :

$M_x$  = momen sejauh X meter

$M_y$  = momen sejauh Y meter

6. Menentukan tebal pelat efektif ( $d_{eff}$ )

$$d_{eff} = h - \text{tebal selimut beton} - 1/2 \emptyset \text{ tulangan pokok}$$

7. Menentukan nilai koefisien tahanan ( $k$ )

$$k = \frac{M_u}{\emptyset \cdot b \cdot d_{eff}^2}$$

Keterangan :

$k$  = Koefisien tahanan

$M_u$  = Momen terfaktor pada penampang

$\emptyset$  = Faktor reduksi kekuatan (0,9)

$b$  = Lebar daerah tekan komponen struktur

$d_{eff}$  = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan Tarik

8. Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ )

Menentukan rasio penulangan dengan menggunakan tabel dengan syarat

$$\rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta}{f_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

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

Keterangan :

$\rho$  = Rasio penulangan tarik non-prategang

$A_s$  = Luas tulangan tarik non-prategang

$f_y$  = mutu baja

$f_c'$  = mutu beton

### 2.3.2 Perencanaanan Tangga

Tangga merupakan salah satu sarana penghubung dari dua tempat yang berbeda elevasi/ketinggiannya.

Anak tangga (*trede*) adalah bagian dari tangga yang berfungsi untuk memijakkan/melangkahakan kaki ke arah vertikal maupun horizontal.

Bidang trede yang datar yang merupakan tempat berpijaknya telapak kaki dinamakan *antrede* (langkah datar), sedangkan bidang tegak yang merupakan selisih tinggi antara dua *trede* yang berurutan dinamakan *optrede* (langkah tegak/naik)

Bordes adalah bagian dari tangga yang merupakan bidang datar dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila terasa lelah. Bordes dibuat apabila jarak tempuh tangga jauh/panjang yang mempunyai jumlah *trede* lebih dari 20 buah dengan ukuran lebarnya sama dengan lebar tangga.

Ketentuan-ketentuan konstruksi *antrede* dan *optrede*, yaitu :

- a. Untuk bangunan rumah tinggal
  - *Antrede* = 25 cm (minimum)
  - *Optrede* = 20 cm (minimum)
  - Lebar tangga = 80-100 cm
- b. Untuk perkantoran dan lain-lain
  - *Antrede* = 25 cm (minimum)
  - *Optrede* = 17 cm (minimum)
  - Lebar tangga = 120-200 cm
- c. Syarat langkah
 
$$2 \text{ Optrede} + 1 \text{ Antrede} = 57 - 65 \text{ cm}$$
- d. Sudut kemiringan
 
$$\text{Maksimum} = 45^\circ$$

$$\text{Minimum} = 25^\circ$$

Syarat-syarat konstruksi tangga secara umum sebagai berikut :

- a. Mudah untuk melangkah
- b. Tangga harus cukup kuat dan kaku
- c. Ukuran tangga harus sesuai dengan sifat dan fungsinya
- d. Material yang digunakan untuk pembuatan tangga terutama pada gedung-gedung umum harus berkualitas baik, tahan, dan bebas dari bahaya kebakaran
- e. Letak tangga harus strategis
- f. Sudut kemiringan tidak lebih dari  $45^\circ$  dan tidak boleh kurang dari  $25^\circ$

Langkah-langkah dalam perencanaan tangga sebagai berikut :

1. Perencanaan tangga
  - a. Menentukan jumlah anak tangga
  - b. Menentukan ukuran *optrede* dan *antrede*
  - c. Sudut kemiringan tangga
  - d. Menentukan ukuran lebar tangga
  - e. Menentukan ukuran bordes
  - d. Menentukan tebal pelat tangga dan pelat bordes
2. Perhitungan pembebanan
  - a. Beban mati (Qd)
    - Berat sendiri tangga dan bordes
    - Berat penutup lantai
    - Berat adukan (spesi)
    - Berat sandaran tangga dan bordes
  - b. Beban hidup (Ql)

Beban terfaktor :

$$Q_u = 1,2Q_d + 1,6Q_l$$
3. Perhitungan tangga dengan metode *cross* untuk mencari gaya-gaya yang bekerja.
  - a. Menghitung momen inersia (I)
 
$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$
  - b. Mengitung faktor kekakuan (k)
 
$$k = \frac{4.EI}{L} \longrightarrow \text{Tumpuan jepit - jepit}$$

$$k = \frac{3.EI}{L} \longrightarrow \text{Tumpuan jepit - sendi}$$
  - c. Menghitung faktor distribusi ( $\mu$ )
 
$$\mu = \frac{k}{\sum k}$$

$$\sum \mu = 1$$

- d. Menghitung momen primer (M)
  - e. Perataan momen
  - f. Menghitung momen desain
  - g. Penggambaran *freebody* dan diagram bidang gaya dalam
4. Merencanakan penulangan
- a. Menentukan momen yang bekerja
  - b. Menentukan nilai koefisien tahanan (k)
 
$$k = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \longrightarrow \text{didapat nilai } \rho \text{ dari tabel istimewa}$$
  - c. Menghitung luas tulangan yang diperlukan ( $A_s$ )
 
$$A_s = \rho \cdot b \cdot d$$
  - d. Mencari tulangan yang diperlukan
  - e. Mengontrol tulangan
  - d. Menentukan jarak spasi

### 2.3.3 Perencanaan Balok Anak

Balok anak adalah balok yang pada kedua ujungnya bertumpu pada balok yang berfungsi sebagai pembagi luasan pelat lantai agar ukuran pelat lantai tidak terlalu besar sehingga tidak menimbulkan lendutan yang terlalu besar. Beban yang bekerja pada balok anak adalah beban lentur, beban geser maupun torsi. Sehingga dalam perencanaan balok anak diperlukan tulangan yang berhubungan dengan beban yang bekerja. Tulangan pada balok anak berupa tulangan arah memanjang atau tulangan longitudinal (yang menahan beban lentur) serta tulangan geser (yang menahan beban geser dan torsi).

Berikut adalah langkah-langkah dalam perencanaan balok anak :

1. Menentukan mutu beton dan mutu baja serta dimensi balok anak
2. Memasukkan nilai momen maksimum yang diperoleh dari perhitungan menggunakan SAP2000
3. Penulangan lentur tumpuan dan lapangan
  - a. Penulangan lentur tumpuan
    - Menentukan nilai  $def_f$

$$def_f = h - \rho - \phi \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan}$$

- $k = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$
- Menentukan nilai  $\rho$  dari tabel dan menggunakan cara interpolasi
- Menentukan luas tulangan tarik non-prategang  
 $A_s = \rho \cdot b \cdot d$
- Pilih tulangan dengan dasar  $A_s$  terpasang  $\geq A_s$  diperlukan

b. Penulangan lentur lapangan

- Menentukan nilai  $deff$   
 $deff = h - \rho - \phi \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan}$
- $k = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$
- Menentukan nilai  $\rho$  dari tabel dan menggunakan cara interpolasi
- Menentukan luas tulangan tarik non-prategang  
 $A_s = \rho \cdot b \cdot d$
- Pilih tulangan dengan dasar  $A_s$  terpasang  $\geq A_s$  diperlukan

Keterangan :

$A_s$  = Luas tulangan tarik non-prategang

$\rho$  = Rasio penulangan tarik non-prategang

$b$  = Lebar efektif balok

$d$  = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik.

5. Merencanakan tulangan geser

$$V_c = \phi \cdot \left( \frac{1}{6} \sqrt{f'c'} \right) \cdot b_w \cdot d \longrightarrow \text{(SNI 2847-2013, butir 11.2.1.1)}$$

- $V_u \leq \phi V_c$  (tidak diperlukan tulangan geser)
- $V_u \leq V_n$
- $V_s \text{ perlu} = \frac{V_u}{\phi} - V_c$
- $V_n = V_c + V_s$
- $V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$s \text{ perlu} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \longrightarrow \text{(Struktur Beton Bertulang, Istimawan}$$

Dipohusodo, hal 227)

Keterangan :

- $V_c$  = Kuat geser nominal disumbangkan beton  
 $V_u$  = Kuat geser terfaktor pada penampang  
 $V_n$  = Kuat geser nominal  
 $V_s$  = Kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser  
 $A_v$  = Luas tulangan geser pada daerah sejarak  $s$   
 $d$  = tinggi efektif balok  
 $f_y$  = Mutu baja  
 $f_c'$  = Mutu beton  
 $b_w$  = Lebar balok  
 $s$  = Jarak pusat ke pusat tulangan batang tulangan geser ke arah sejajar tulangan pokok  
 $\phi$  = Faktor reduksi (untuk geser = 0,75) SNI 2847-2013

#### 2.3.4 Perhitungan Portal

Portal merupakan kerangka utama dari struktur bangunan, khususnya bangunan gedung. Arah horizontal disebut balok, dan vertikal disebut kolom yang saling bertemu/berpotongan pada titik buhul (*joint*). Ujung bawah kolom portal bertumpu/tertahan kuat pada pondasi dan dapat dianggap/direncanakan sebagai perletakan jepit atau sendi.

Berikut langkah-langkah dalam pendimensian portal :

1. Pendimensian balok

Tebal minimum balok dapat dilihat pada tabel 2.1 dengan acuan SNI-2847-2013 butir 9.5.2.2.

2. Pendimensian kolom

3. Analisa pembebanan

4. Menentukan gaya-gaya dalam

Dalam menghitung dan menentukan besarnya momen yang bekerja pada suatu struktur bangunan dapat dilakukan dengan metode *cross*, *takabeya*, ataupun dengan metode elemen hingga yang menggunakan bantuan *software* yaitu SAP2000.

Dalam perencanaan ini menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan *software* SAP2000. Berikut langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan program SAP :

- a. Buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup
- b. Input perencanaan
  - Dimensi kolom
  - Dimensi balok induk
  - Mutu beton ( $f_c'$ )
  - Mutu baja ( $f_y$ )
- c. Input nilai beban mati dan beban hidup
  - Akibat beban merata
  - Akibat beban terpusat
- d. Input *load combination* yaitu :  
1,2 . beban mati + 1,6 . beban hidup
- e. *Run analysis*

### 2.3.5 Perencanaan Balok

Balok didefinisikan sebagai salah satu elemen struktur portal dari struktur bangunan dengan arah bentang mendatar / horizontal. Beban yang bekerja pada balok adalah beban lentur, beban geser maupun torsi. Sehingga dalam perencanaan balok diperlukan tulangan yang berhubungan dengan beban yang bekerja. Tulangan pada balok berupa tulangan arah memanjang atau tulangan longitudinal (yang menahan beban lentur) serta tulangan geser (yang menahan beban geser dan torsi).

Berikut adalah langkah-langkah dalam perencanaan balok :

1. Menentukan mutu beton dan mutu baja serta dimensi balok
2. Memasukkan nilai momen maksimum pada setiap tingkat yang diperoleh dari perhitungan portal.
4. Penulangan lentur tumpuan dan lapangan

a. Penulangan lentur tumpuan

- Menentukan nilai  $deff$

$$deff = h - \rho - \emptyset \text{ sengkang} - 1/2 \emptyset \text{ tulangan}$$

- $k = \frac{M_u}{\emptyset \cdot b \cdot d^2}$

- Menentukan nilai  $\rho$  dari tabel dan menggunakan cara interpolasi

- Menentukan luas tulangan tarik non-prategang

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

- Pilih tulangan dengan dasar  $A_s$  terpasang  $\geq A_s$  diperlukan

b. Penulangan lentur lapangan

- Menentukan nilai  $deff$

$$deff = h - \rho - \emptyset \text{ sengkang} - 1/2 \emptyset \text{ tulangan}$$

- $k = \frac{M_u}{\emptyset \cdot b \cdot d^2}$

- Menentukan nilai  $\rho$  dari tabel dan menggunakan cara interpolasi

- Menentukan luas tulangan tarik non-prategang

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

- Pilih tulangan dengan dasar  $A_s$  terpasang  $\geq A_s$  diperlukan

Keterangan :

$A_s$  = Luas tulangan tarik non-prategang

$\rho$  = Rasio penulangan tarik non-prategang

$b$  = Lebar efektif balok

$d$  = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik.

5. Merencanakan tulangan geser

$$V_c = \emptyset \cdot \left( \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \right) \cdot b w \cdot d \longrightarrow \text{(SNI 2847-2013, butir 11.2.1.1)}$$

- $V_u \leq \emptyset V_c$  (tidak diperlukan tulangan geser)

- $V_u \leq V_n$

- $V_s \text{ perlu} = \frac{V_u}{\emptyset} - V_c$

- $V_n = V_c + V_s$

- $V_u \leq \emptyset V_c + \emptyset V_s$

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$s \text{ perlu} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \longrightarrow \text{(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo, hal 227)}$$

Keterangan :

- $V_c$  = Kuat geser nominal disumbangkan beton
- $V_u$  = Kuat geser terfaktor pada penampang
- $V_n$  = Kuat geser nominal
- $V_s$  = Kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser
- $A_v$  = Luas tulangan geser pada daerah sejarak  $s$
- $d$  = tinggi efektif balok
- $f_y$  = Mutu baja
- $f_c'$  = Mutu beton
- $b_w$  = Lebar balok
- $s$  = Jarak pusat ke pusat tulangan batang tulangan geser ke arah sejajar tulangan pokok
- $\emptyset$  = Faktor reduksi (untuk geser = 0,75) SNI 2847-2013

### 2.3.6 Perencanaan Kolom

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil kurang dari tiga dinamakan pedestal.

Berikut adalah langkah-langkah dalam perencanaan kolom :

1. Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris berdasarkan kombinasi  $P_u$  dan  $M_u$
2. Beban desain kolom maksimum  
 $U = 1,2 D + 1,6 L$
3. Momen desain kolom maksimum untuk ujung atas dan ujung bawah  
 $M_u = 1,2 M_D + 1,6 M_L$
4. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi

$$\beta \times d = \frac{1,2 D}{(1,2 D + 1,6 L)}$$

Keterangan

$\beta$  = Rasio bentang bersih arah memanjang

$d$  = tinggi efektif

5. Modulus Elastisitas

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'}$$

$f_c'$  = Kuat tekan beton

6. Nilai kekakuan kolom dan balok

Inersia :

- $I_k = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \rightarrow$  Kolom

- $I_b = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \rightarrow$  Balok

Kekakuan : (Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo, hal 337)

- $E I_k = \frac{E_c \cdot I_g}{2,5 \cdot (1 + \beta d)} \rightarrow$  Kolom

- $E I_b = \frac{E_c \cdot I_g}{5 \cdot (1 + \beta d)} \rightarrow$  Balok

7. Nilai eksentrisitas

$$e = \frac{M_u}{P_u} \rightarrow (\text{Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo, hal 302})$$

Keterangan :

$e$  = Eksentrisitas

$M_u$  = Momen terfaktor pada penampang

$P_u$  = Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan

8. Menentukan kekakuan relatif ( $\Psi$ )

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo, hal 333)

$$\Psi = \frac{\sum \left( \frac{EI}{l_k} \right)_{\text{kolom}}}{\sum \left( \frac{EI}{l_b} \right)_{\text{balok}}}$$

Keterangan :

$EI$  = Nilai kekakuan

$l_k$  = Panjang kolom

$l_b$  = Panjang balok

9. Menentukan faktor panjang efektif kolom ( $k$ )

Nilai  $k$  didapat dari nomogram faktor panjang efektif kolom

## 10. Kelangsingan kolom

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo, hal 331)

Kelangsingan kolom dengan ketentuan :

- Rangka tanpa pangaku lateral =  $\frac{Klu}{r} < 22$
- Rangka dengan pangaku lateral =  $\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left( \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \right)$

Keterangan :

k = Faktor panjang efektif komponen struktur beton

lu = Panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang

r = Jari-jari putaran potongan lintang komponen struktur tekan

$M_{1b}$  dan  $M_{2b}$  = Momen-momen ujung terfaktor pada kolom yang posisinya berlawanan

Apabila  $\frac{Klu}{r} > 34 - 12 \left( \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \right)$  atau  $\frac{Klu}{r} > 22$ , maka perencanaan harus menggunakan metode pembesaran momen

## 11. Pembesaran momen

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo, hal 335-336)

$$M_c = \delta_b \cdot M_{2b} + \delta_s \cdot M_{2s}$$

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi \cdot P_c}} \geq 1,0$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{\phi \cdot \sum P_c}} \geq 1,0$$

$$P_c = \frac{\mu^2 EI}{(klu)^2}$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 \cdot \frac{M_{1B}}{M_{2B}} \geq 0,4 \longrightarrow \text{Kolom dengan pengaku}$$

$$C_m = 1,0 \longrightarrow \text{Kolom tanpa pengaku}$$

Keterangan :

 $M_c$  = Momen rencana yang diperbesar $\delta$  = Faktor pembesaran momen $\delta_b$  = Faktor pembesaran untuk portal dengan pengaku $\delta_s$  = Faktor pembesaran momen untuk portal tanpa pengaku

$M_{2b}$  = Momen terfaktor terbesar pada ujung komponen tekan akibat dari beban yang tidak menyebabkan goyangan besar, momen akibat dari gaya vertikal atau gravitasi

$M_{2s}$  = Momen terfaktor terbesar yang terjadi di manapun di sepanjang komponen struktur tekan akibat dari beban yang menyebabkan goyangan lateral besar

$C_m$  = Faktor koreksi

$P_u$  = Beban rencana aksial terfaktor

$P_c$  = Beban tekuk Euler

11. Desain penulangan

Menghitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 2% luas kolom

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

12. Menentukan tulangan yang dipakai

$$\rho = \rho' = \frac{A_{s\text{pakai}}}{b \cdot d}$$

13. Memeriksa  $P_u$  terhadap beban seimbang

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo, hal 310-311)

$$d = h - d'$$

$$C_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y}$$

$$a_b = \beta_1 \cdot C_b$$

$$f_s' = \left( \frac{cb-d}{cb} \right) \cdot 0,003$$

$$f_s' = f_y$$

$$\phi P_n = 0,80 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f_c' \cdot a_b \cdot b + A_s' \cdot f_s' - A_s \cdot f_y)$$

$$\phi P_n = P_u \longrightarrow \text{Beton belum hancur pada daerah Tarik}$$

$$\phi P_n < P_u \longrightarrow \text{Beton hancur pada daerah Tarik}$$

$C_b$  adalah jarak dari serat tepi terdesak ke garis netral keadaan seimbang

$\beta_1$  adalah konstanta yang tergantung dari kuat tekan beton :

- Untuk  $f_c' \leq 30 \text{ Mpa} \longrightarrow \beta_1 = 0,85$
- Untuk  $f_c' > 30 \text{ Mpa} \longrightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,008 \cdot (f_c' - 30) \geq 0,65$

## 14. Memeriksa kekuatan penampang

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo, hal 322-323)

a. Akibat keruntuhan tarik

$$P_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \left( \left( \frac{h}{2} - e \right) + \sqrt{\left( \frac{h}{2} - 2 \right)^2 + \frac{2 \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - d'')}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}} \right)$$

b. Akibat keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\left( \frac{e}{d - d'} \right) + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\left( \frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} \right) + 1,18}$$

**2.3.7 Perencanaan Sloof**

Balok Sloof merupakan bagian dari struktur bangunan yang diletakan secara horizontal di atas pondasi bangunan. Balok sloof berfungsi sebagai perata beban yang diterima oleh pondasi. Selain itu balok sloof juga berfungsi memikul beban dan sebagai pengunci dinding agar tidak roboh apabila terjadi pergerakan tanah seperti gempa dan penyebab lainnya.

Langkah-langkah dalam perencanaan sloof yaitu :

1. Menentukan dimensi sloof
2. Menghitung pembebanan pada sloof dengan menggunakan beban terfaktor
  - Beban sendiri sloof
  - Beban dinding dan plesteran
3. Menghitung nilai momen dengan menggunakan program *software* SAP2000
4. Merencanakan penulangan

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

$$V_u \leq \phi V_c \longrightarrow \text{tidak diperlukan tulangan geser}$$

**2.3.8 Perencanaan Pondasi**

Istilah pondasi digunakan dalam teknik sipil didefinisikan sebagai bagian dari bangunan yang berada di bawah permukaan tanah (*sub structure*) yang berfungsi untuk menopang bangunan atas (*upper structure*) dan mendistribusikan beban tersebut ke lapisan tanah pendukung, sehingga bangunan dalam keadaan stabil. Agar mampu menopang beban bangunan, maka pondasi harus diletakkan pada lapisan tanah yang cukup keras dan padat, untuk menghindari terjadinya penurunan bangunan yang berlebihan. (Effendy, 2014)

Pondasi dapat didefinisikan sebagai bagian bangunan bawah tanah dan daerah tanah dan/atau batuan yang berdekatan yang akan dipengaruhi oleh kedua elemen bagian bangunan bawah tanah dan beban-bebannya. (Bowles, 1883)

Berdasarkan data hasil sondir tanah pada lokasi pembangunan bangunan gedung kantor PT. Samtan-Gas Sungai Gerong, jenis pondasi yang di rencanakan adalah pondasi tiang pancang dengan material beton bertulang.

Berikut langkah-langkah dalam perencanaan pondasi tiang pancang :

1. Menghitung pembebanan

Pondasi tiang harus diproporsikan untuk menahan beban terfaktor dan reaksi yang diakibatkannya. Adapun beban-beban yang bekerja pada pondasi tiang, yaitu:

- a. Beban mati (Wd)
- b. Beban hidup (Wl)
- c. Beban lateral akibat tekanan tanah (*earth pressure*)
- d. Beban akibat tekanan air (*hydrostatic pressure*)

2. Menghitung daya dukung tiang

- Kekuatan bahan tiang pancang

$$Q_{tiang} = 0,3 \times f_c' \times A_{tiang}$$

- Kekuatan tanah

$$Q_{izin} = \frac{Nk \cdot Ab}{Fb} + \frac{JHP \cdot O}{Fs}$$

Keterangan :

3. Menentukan jumlah tiang pancang

$$Q = (P \times 10\%) + P + \text{Berat poer}$$

$$n = \frac{Q}{Q_{izin}}$$

Keterangan :

P = Beban yang bekerja pada tiang (kg)

n = Jumlah tiang

Q = daya dukung tiang (kg)

4. Menentukan jarak antar tiang pancang  
(Rekayasa Pondasi 2, Effendy Susilo)

$$S_{maks} = 6D$$

$$S_{min} = 2D$$

$$\text{Dipakai } S \geq 3,5D$$

$$S_{min} < S < S_{maks}$$

Keterangan :

$S_{maks}$  = Jarak maksimum tiang (m)

$S_{min}$  = Jarak minimum tiang (m)

D = Diameter tiang (m)

5. Efisiensi kelompok tiang pancang (Eq)

$$\theta = \text{Arc tan } \frac{d}{s}$$

$$Eq = 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \left( \frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \cdot n} \right)$$

Keterangan :

6. Daya dukung tiang kelompok

$$Q_{ult \text{ group}} = Eq \times n \times Q_{tiang}$$

$$Q_{ult \text{ group}} > Q$$

Keterangan :

7. Cek beban yang bekerja pada masing-masing tiang

$$\sum(x^2) = x1^2 + x2^2 + x3^2 + \dots$$

$$\sum(y^2) = y1^2 + y2^2 + y3^2 + \dots$$

$$Q_s = \frac{Q}{n} \pm \frac{M_x \cdot Y_1}{\sum Y^2} \pm \frac{M_y \cdot X_1}{\sum X^2}$$

8. Pengecekan tebal poer

$$\bar{P}_{rata-rata} = \frac{Q1+Q2+Q3+\dots}{n}$$

9. Menghitung gaya geser

- Untuk aksi dua arah

Gaya geser terfaktor :

$$V_u = n \times P_u$$

Gaya geser nominal :

$$\beta = \frac{a_k}{b_k}$$

$$b_o = n \cdot B'$$

$$\phi V_c = \phi \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \times b_o \times d \times \sqrt{f_c'}$$

- Untuk aksi satu arah

Gaya geser terfaktor :

$$V_u = 1P_u$$

Gaya geser nominal :

$$\phi V_c = \phi \times \frac{1}{6} \times b_w \times d \times \sqrt{f_c'}$$

Jika  $\phi V_c > V_u$ , maka tidak diperlukan tulangan geser

Keterangan :

$V_c$  = Kuat geser nominal disumbangkan beton

$V_u$  = Kuat geser terfaktor pada penampang

$\phi$  = Faktor reduksi (untuk geser = 0,75) SNI 2847-2013

$P_u$  = Beban yang bekerja pada pondasi

#### 10. Perhitungan penulangan pasak

- Penulangan Pasak

Kuat tekan rencana balok :

$$\phi P_n = \phi \times 0,85 \times f_c' \times A_g$$

Jika  $\phi P_n > P_u$ , maka beban pada kolom dapat dipindahkan dengan dukungan saja.

Tulangan pasak minimum :

$$A_{s_{min}} = 0,005 \times A_g$$

- Kontrol panjang penyaluran pasak

Panjang penyaluran pasak :

$$L_{db} = \frac{0,25 \times f_y \times d_b}{\sqrt{f_c'}} \geq 0,04 \times f_y \times d_b$$

Diambil nilai yang terbesar.

## 11. Pengecekan pengangkatan tiang pancang

Pengangkatan dibagi menjadi 2 pola :

1. Pengangkatan pola 1 (pada waktu pengangkatan)
2. Pengangkatan pola 2 (pada waktu mendirikan)

## 12. Penulangan tiang pancang

- Menentukan nilai  $deff$

$$deff = h - \rho - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan}$$

- $k = \frac{M_u}{\emptyset \cdot b \cdot d^2}$

- Menentukan nilai  $\rho$  dari tabel dan menggunakan cara interpolasi

- Menentukan luas tulangan tarik non-prategang

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

- Pilih tulangan dengan dasar  $A_s$  terpasang  $\geq A_s$  diperlukan

Keterangan :

$A_s$  = Luas tulangan tarik non-prategang

$\rho$  = Rasio penulangan tarik non-prategang

$b$  = Lebar efektif balok

$d$  = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik.