

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Uraian Umum

Perencanaan merupakan bagian penting dari pembangunan suatu gedung. Dalam setiap pelaksanaan suatu proyek bangunan, diperlukan perencanaan yang baik terhadap bangunan yang akan dibuat dengan tujuan agar bangunan tersebut dapat digunakan sesuai dengan fungsinya. Suatu struktur bangunan gedung juga harus dirancang untuk mampu memenuhi nilai kekuatan dan kekokohan suatu bangunan terhadap beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut seperti yang tercantum di dalam SNI 2847-2013 tentang Perencanaan Beton Struktur untuk Bangunan Gedung, bahwa beban-beban tersebut dapat diklarifikasikan ke dalam beberapa kelompok, diantaranya :

#### 1. Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu. Dapat dilihat pada **Tabel 2.1** yang memuat nilai berat sendiri bahan dan komponen bangunan menurut PPIUG tahun 1983.

**Tabel 2.1** Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

Bahan Bangunan	Berat (kg/m <sup>3</sup> )	Keterangan
Baja	7850 kg/m <sup>3</sup>	
Beton	2200 kg/m <sup>3</sup>	
Beton bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>	
Kayu	1000 kg/m <sup>3</sup>	Kelas 1
Pasir (kering udara)	1600 kg/m <sup>3</sup>	
Spesi dari semen, per cm tebal	21 kg/m <sup>3</sup>	
Spesi dari kapur, semen merah	17 kg/m <sup>3</sup>	
Dinding bata merah 1 batu	450 kg/m <sup>3</sup>	
Dinding bata merah ½ batu	250 kg/m <sup>3</sup>	
Semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis) dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m <sup>3</sup>	Termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku

Kaca, dengan tebal 3-4 mm	10 kg/m <sup>3</sup>	Termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku Ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan
Penutup lantai ubin per cm tebal	24 kg/m <sup>3</sup>	

(Sumber : Perancangan srtuktur *BETON BERTULANG* Berdasarkan SNI 2847 : 2013, 6)

## 2. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut.

Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air.

## 3. Beban Angin

Beban angin didistribusikan merata pada kolom yang berada di dinding terluar bangunan. Beban angin bangunan gedung yang termasuk sebagai Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) direncanakan sesuai dengan aturan pada SNI 1727-2013 Hal 51 s/d 68 sebagai berikut :

### a. Menentukan kecepatan angin dasar

Data kecepatan angin dasar diperoleh dari perkiraan cuaca yang bersumber dari BMKG kota Palembang. Data tersebut diambil dari data kecepatan angin tertinggi :  $V = \dots \text{km/jam} = \dots \text{m/s}$

b. Menentukan parameter beban angin

- Faktor arah angin,  $k_d$
- kategori eksposur :  $B$
- faktor topografi.  $K_{zt}$
- faktor efek tiupan angin,  $G$
- Klasifikasi tekanan internal,  $G_{CPI}$
- Menentukan arah angin

c. Beban angin maksimum

- Menentukan tekanan eksposur, tekanan velositas,  $K_z$  atau  $K_h$

1. Menghitung  $K_z$

$Z$  = tinggi bangunan dari permukaan tanah

Untuk eksposur B,  $\alpha = 7$  dan  $z_g = 365,76$

Karena  $15 \text{ ft} < z < Z_g$ .....(15 ft = 4,6 meter)

$$\text{Maka, } K_z = 2,01 \left( \frac{z}{z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}}$$

2. Menghitung  $k_h$ , jika diketahui  $z$

Dihitung menggunakan interpolasi linier

- Menentukan tekanan velositas  $q_z$  dan  $q_h$

1. Menghitung  $q_z$

$$q_z = 0,613 \cdot k_z \cdot k_{zt} \cdot k_d \cdot V^2$$

2. Menghitung  $q_h$

$$q_h = 0,613 \cdot k_h \cdot k_{zt} \cdot k_d \cdot V^2$$

d. Menghitung Koefisien eksternal,  $C_p$

Maka, nilai  $C_p$  untuk : (SNI 1727-2013 hal. 68)

$$W \text{ Datang} = q_z \cdot G \cdot C_p \text{ (kn/m}^2\text{)}$$

$$W \text{ pergi} = q_z \cdot G \cdot C_p \text{ (kn/m}^2\text{)}$$

e. Beban angin minimum

Menentukan tekanan eksposur, tekanan velositas,  $K_z$  atau  $K_h$

- Menghitung  $K_z$

$z$  = tinggi bangunan dari permukaan tanah 4 m

untuk eksposur B,  $\alpha = 7$  dan  $Z_g = 365,76$

- Menghitung  $K_h$ , jika diketahui  $z = 4$  meter

f. Menentukan tekanan velositas  $q_z$  dan  $q_h$

- Menghitung  $q_z$

$$q_z = 0,613 \cdot k_z \cdot k_{zt} \cdot k_d \cdot V^2 \text{ (kn/m}^2\text{)}$$

- Menghitung  $q_h$

$$q_h = 0,613 \cdot k_h \cdot k_{zt} \cdot k_d \cdot V^2 \text{ (kn/m}^2\text{)}$$

g. Menghitung koefisien eksternal,  $C_p$

Maka, nilai  $C_p$  untuk : (SNI 1727-2013 hal. 68)

$$W \text{ Datang} = q_z \cdot G \cdot C_p \text{ (kn/m}^2\text{)}$$

$$W \text{ pergi} = q_z \cdot G \cdot C_p \text{ (kn/m}^2\text{)}$$

Karena beban angin maksimum  $< 77 \text{ kg/m}^2$  dan beban minimum pada angin datangnya melampaui 77 maka dipakai beban angin minimum, yaitu  $77 \text{ kg/m}^2 = 0,77 \text{ kN/m}$

h. Beban angin portal arah memanjang

Lebar tangkapan kolom =  $\frac{1}{2}$  lebar kanan +  $\frac{1}{2}$  lebar kiri

Sehingga beban angin yang dipikul =  $0,77 \text{ N/m}^2 \times$  lebar tangkapan

i. Beban angin portal arah memanjang

Lebar tangkapan kolom =  $\frac{1}{2}$  lebar kanan +  $\frac{1}{2}$  lebar kiri

Sehingga beban angin yang dipikul =  $0,77 \text{ N/m}^2 \times$  lebar tangkapan

Peninjauan beban angin pada gedung bertingkat dengan atap datar, ditinjau dari kedua sisi, yakni :

- a. Datang dan pergi dari kanan ke kiri sisi bangunan
- b. Datang dan pergi dari kiri ke kanan sisi bangunan

#### 4. Beban Kombinasi

Berdasarkan metode perancangan berbasis kekuatan (*streight design method*), elemen struktur dirancang untuk mampu memikul beban terfaktor yang didapatkan dengan mengalikan nilai faktor beban dengan nilai beban layan (*service load*) nominal, dengan catatan bahwa beban hidup memiliki derajat ketidakpastian yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan beban mati.

Mengacu pada SNI 2847-2013, adapun nilai faktor beban untuk beban hidup *live load (L)* ialah 1,6 dan beban mati *dead load (D)* sebesar 1,2. Berikut standar (*U*) yang harus dipertimbangkan sebagai kondisi paling kritis yang harus dipikul suatu elemen struktur, yakni :

- a.  $U = 1,4D$
- b.  $U = 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
- c.  $U = 1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$
- d.  $U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$
- e.  $U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$
- f.  $U = 0,9D + 1,0W$
- g.  $U = 0,9D + 1,0E$

## 2.2 Dasar-dasar perhitungan

Pada penyelesaian perhitungan bangunan perencanaan berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia, diantaranya adalah :

- a. SNI 03-2847-2002 tentang Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.
- b. SNI 1727 : 2013 Peraturam Pembebanan Indonesia untuk Gedung dan Bangunan Lain.

- c. Perencanaan Struktur BETON BERTULANG Berdasarkan Peraturan SNI 2847 : 2013.
- d. SNI 1729-2002 tentang spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural.
- e. Dasar-dasar perencanaan beton bertulang oleh W.C Vis dan Gideon Kusuma
- f. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPURG) 1987. Tentang pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung.

## 2.3 Metode Perhitungan

### 2.3.1 Atap

Rangka atap adalah suatu bagian dari struktur gedung yang berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan penutup atap, sehingga dalam perencanaan pembebanan tergantung dari jenis penutup atap yang digunakan.

#### 1. Pembebanan

##### a. Beban Mati

Beban mati adalah beban dari semua bagian atap yang tidak bergerak, beban tersebut meliputi :

- Beban sendiri kuda-kuda
- Beban penutup atap
- Beban gording

##### b. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang terjadi akibat pengerjaan akibat penggunaan gedung itu sendiri, termasuk di dalamnya adalah :

- Beban pekerja
- Beban air hujan

Koefisien beban hujan =  $(40 - 0,8\alpha)$  kg/m<sup>2</sup>

$\alpha$  = sudut kemiringan atap dalam derajat

(PPURG 1987:7)

c. Beban angin

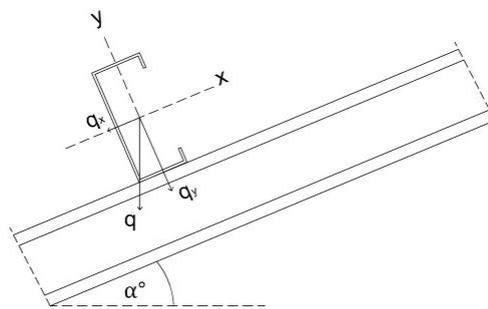
Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan) yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif dinyatakan dalam  $\text{kg/m}^2$ , ditentukan dengan mengalihkan tekanan tiup yang ditentukan dengan koefisien-koefisien angin yang ditentukan.

- Koefisien di pihak angin
  - $\alpha < 65^\circ$                        $= (0,02\alpha - 0,4)$
  - $65^\circ < \alpha < 90^\circ$              $= 0,9$
- Koefisien di belakang angin untuk semua  $\alpha = (-0,4)$
- Tekanan tiup minimum =  $25 \text{ kg/m}^2$   
(PPURG 1987:18)

2. Gording

Gording adalah batang memanjang yang diletakkan di atas kaki kuda-kuda untuk menumpu kasau dan sambungannya. Struktur gording direncanakan kekuatannya berdasarkan pembebanan beban mati dan beban hidup.

a. Pembebanan Akibat Beban Mati (D)



**Gambar 2.1** Uraian Beban Gording

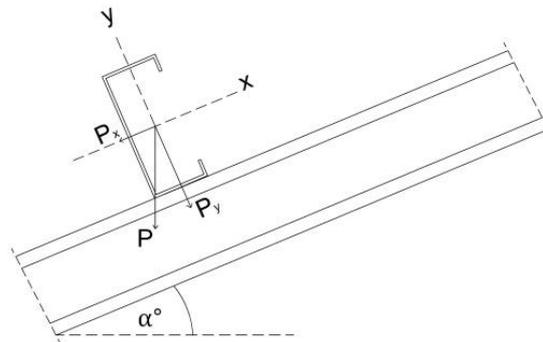
Beban pada sumbu x,  $q_x = q \cos \alpha$

Beban pada sumbu y,  $q_y = q \sin \alpha$

Momen pada sumbu x,  $M_x = \frac{1}{8} \times q_x \times l^2$

Momen pada sumbu y,  $M_y = \frac{1}{8} \times q_y \times l^2$

b. Pembebanan Akibat Beban Hidup (L)



**Gambar 2.2** Uraian Beban Gording

Beban pada sumbu x,  $P_x = P \cos \alpha$

Beban pada sumbu y,  $P_y = P \sin \alpha$

Momen pada sumbu x,  $M_x = \frac{1}{4} \times P_x \times l^2$

Momen pada sumbu y,  $M_y = \frac{1}{4} \times P_y \times l^2$

Kombinasi momen arah x dan arah y :

$$M_{ux} = 1,2 \cdot M_x D + 1,6 \cdot M_x L$$

$$M_{uy} = 1,2 \cdot M_y D + 1,6 \cdot M_y L$$

c. Kekuatan Penampang

- Profil berpenampang kompak jika,  $\lambda_p$
- Profil berpenampang tidak kompak jika,  $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$
- Profil berpenampang langsing jika,  $\lambda > \lambda_r$

Cek kekompakan pelat sayap :

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f}; \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{F_y}}; \lambda_r = \frac{170}{\sqrt{F_y - f_r}}$$

(SNI 1729-2002:30)

Cek kekompakan pelat badan :

$$\lambda_f = \frac{h}{t_w}; \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{F_y}}; \lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{F_y}}$$

(SNI 1729-2002:31)

d. Momen Nominal

- Momen nominal untuk penampang kompak  $L_b \leq L_p$

$$M_n = M_p = Z \times f_y$$

- Momen nominal untuk  $\lambda = \lambda_r$  :

$$M_n = M_p = (f_y - f_s) S_x$$

- Momen nominal untuk  $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$  :

$$M_n = \frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} M_p + \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} M_r$$

Keterangan :

$f_y$  = tegangan leleh, MPa

$f_r$  = tegangan sisa, MPa

$S_x$  = Modulus penampang elastis di sumbu x ( $\text{mm}^3$ )

### 3. Kuda-Kuda Baja

Kuda-kuda baja diperhitungkan terhadap pembebanan :

- a. Beban mati, meliputi : beban kuda-kuda, beban gording, dan beban penutup atap. Beban-beban ini dikombinasikan menjadi beban mati.
- b. Beban hidup, meliputi : beban air hujan, beban angin, dan beban pekerja.
- c. Beban kombinasi.

#### 4. Kontrol Dimensi Batang Kuda-Kuda Baja

Batang kuda-kuda, baik batang tarik maupun batang tekan harus dikontrol terhadap kombinasi gaya-gaya yang terjadi.

a. Komponen struktur yang mengalami gaya tekan :

$$N_u \leq \phi N_n$$

$$\Phi = 0,90$$

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega}$$

$$f_{cr} = \frac{f_y}{\omega}$$

$$\text{Untuk } \lambda_c \leq 0,25 \quad \text{maka } \omega = 1$$

$$\text{Untuk } 0,25 < \lambda_c \leq 1,2 \quad \text{maka } \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$$

$$\text{Untuk } \lambda_c \geq 1,2 \quad \text{maka } \omega = 1,25 \lambda_c^2$$

Keterangan :

$A_g$  = luas penampang bruto, mm<sup>2</sup>

$f_{cr}$  = tegangan kritis penampang, MPa

$f_y$  = tegangan leleh material, MPa

$\phi$  = faktor reduksi

b. Kekuatan tarik rencana

Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor  $N_u$ , harus memenuhi :

$$N_u \leq \phi N_n$$

$$\Phi = 0,90$$

$$N_n = A_e \cdot f_u$$

Keterangan :

$A_g$  = luas penampang bruto, mm<sup>2</sup>

$A_e$  = luas penampang efektif, mm<sup>2</sup>

$f_y$  = tegangan leleh, MPa

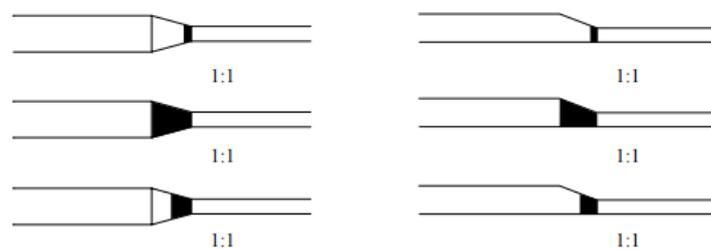
$f_u$  = tegangan tarik putus, MPa

(SNI 1729–2015:70)

## 5. Sambungan

Sambungan terdiri dari komponen bangunan sambungan (pelat pengisi, pelat buhul, pelat pendukung, dan pelat penyambung) dan alat pengencang (baut atau las). Dalam perencanaan sambungan ini, dipilih sambungan jenis las. Adapun jenis-jenis las yang digunakan diantaranya :

### a. Las Tumpul



**Gambar 2.3** Las Tumpul

Kuat las tumpul penetrasi penuh ditetapkan sebagai berikut:

- Bila sambungan dibebani dengan gaya tarik atau gaya tekan aksial terhadap luas efektif maka,

$$\phi_y R_{nw} = 0,9 t_t f_y \quad (\text{bahan dasar})$$

$$\phi_y R_{nw} = 0,9 t_t f_{yw} \quad (\text{las})$$

- Bila sambungan dibebani dengan gaya geser terhadap luas efektif maka,

$$\phi_y R_{nw} = 0,9 t_t (0,6 f_y) \quad (\text{bahan dasar})$$

$$\phi_y R_{nw} = 0,9 t_t (0,6 f_{yw}) \quad (\text{las})$$

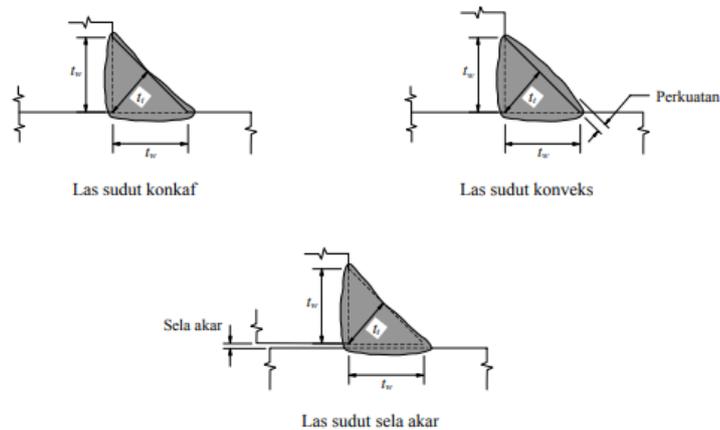
Keterangan :

$$\phi_y = 0,9 \text{ adalah faktor reduksi kekuatan saat leleh}$$

$$f_y = \text{tegangan leleh}$$

$$f_u = \text{tegangan tarik putus}$$

## b. Las Sudut



Gambar 2.4 Las Sudut

Tabel 2.2 Ukuran Minimum Las Sudut

Tebal bagian paling tebal, $t$ (mm)	Tebal minimum las sudut $t_w$ (mm)
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$15 < t$	6

(Sumber : SNI 1729-2002:108)

Las sudut memikul gaya terfaktor per satuan panjang las,  $R_u$  harus memenuhi :

$$R_u \leq \phi R_{nw}$$

$$\phi_f R_{nw} = 0,75 t_t (0,6 f_{uw}) \quad (\text{las})$$

$$\phi_f R_{nw} = 0,75 t_t (0,6 f_u) \quad (\text{bahan dasar})$$

Dengan  $\phi_f = 0,75$  faktor reduksi kekuatan saat fraktur

Keterangan :

$f_{uw}$  = tegangan tarik putus logam las, MPa

$f_u$  = tegangan tarik putus bahan dasar, MPa

$t_t$  = tebal rencana las (mm)

### 2.3.2 Pelat

Pelat beton bertulang dalam suatu struktur dipakai pada lantai dan dak atau pelat atap. Adapun beberapa perbedaan pada pelat atap dan pelat lantai, beberapa diantaranya ialah pelat atap yang merupakan struktur yang tidak terlindungi dan memiliki ketebalan selimut beton yang lebih besar dibandingkan dengan struktur pelat lantai. Perbedaan anatar pelat lantai dan pelat atap juga terletak pada beban yang dipikul, dimana beban yang bekerja pada pelat atap lebih kecil bila dibandingkan dengan pelat lantai.

Beban pada pelat atap hanya terdiri dari beban mati sendirinya pelat atap dan beban hujan, serta beban kemiringan untuk aliran air yang diambil sebesar (1%), sementara pada pelat lantai selain beban mati sendirinya, pelat lantai juga diberi beban dinding dan beban hidup yang sesuai dengan penggunaan ruang yang ada di atasnya.

Adapun pembebanan yang perlu diperhitungkan dalam merencanakan struktuktur pelat atap dan pelat lantai, sebagai berikut :

#### 1. Penentuan pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada pelat atap dan pelat lantai , diantaranya :

##### a. Beban mati ( $W_D$ )

Beban mati terdiri dari :

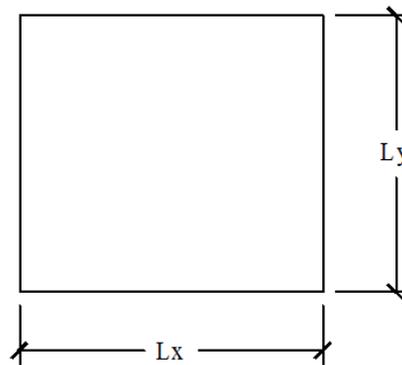
- Berat sendiri pelata atap dan lantai
- Berat adukan semen

##### b. Beban hidup ( $W_L$ )

Beban hidup untuk pelat atap diambil sebesar  $0,96 \text{ kN/m}^2$  dan pelat lantai sebesar  $4,79 \text{ kN/m}^2$  (berdasarkan SNI 1727 tahun 2013 Beban Hidup untuk Gedung Sekolah).

Pelat dibagi ke dalam dua klafikasi, yaitu pelat satu arah (*One-Way Slab*) dan pelat dua arah (*Two-Way Slab*). Adapun pelat yang akan ditinjau dalam perencanaan gedung ini ialah pelat dua arah (*Two-Way Slab*). Pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh balok pada keempat sisinya, dan beban-beban ditahan oleh pelat dalam arah yang tegak lurus terhadap balok-balok panjang (Dipohusodo, 1996).

Syarat-syarat dalam perencanaan pelat beton Pelat dua arah (*Two Way Slab*). Suatu pelat dikatakan pelat dua arah apabila  $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$ , dimana  $L_y$  dan  $L_x$  adalah panjang plat dari sisi-sisinya.



**Gambar 2.5** Pelat Dua Arah

Langkah-langkah perencanaan pelat dua arah (motode koefisien momen) adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi jenis pelat dengan syarat batasnya pelat dua arah, yakni :  $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$ , dengan  $L_y$  sebagai sisi pelat terpanjang dan  $L_x$  adalah sisi terpendek pada pelat yang ditinjau.

## 2. Menentukan tebal pelat

Beberapa ketentuannya menurut SNI 2847 : 2013, sebagai berikut :

- a. Untuk  $\alpha_{fm} \leq 0,2$  harus menggunakan **Tabel 2.3** berikut.

**Tabel 2.3** Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Dalam

Fy (MPa)	Tanpa Penebalan Panel			Dengan Penebalan Panel		
	Panel Luar		Panel Dalam	Panel Luar		Panel Dalam
	Tanpa Balok Tepi	Dengan Balok Tepi		Tanpa Balok Tepi	Dengan Balok Tepi	
280	$L_n/33$	$L_n/36$	$L_n/36$	$L_n/36$	$L_n/40$	$L_n/40$
420	$L_n/30$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/36$	$L_n/36$
520	$L_n/28$	$L_n/31$	$L_n/31$	$L_n/31$	$L_n/34$	$L_n/34$

(Sumber : SNI 03-2847-2002 Pasal 9.15, 66)

- b. Untuk  $\alpha_{fm} > 0,2$ , tetapi tidak lebih dari 2,0, maka h tidak boleh kurang dari :

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

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

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

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

dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

## 3. Menghitung $\alpha_{fm}$ masing-masing panel

$$\alpha_{fm} = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}}$$

$$\alpha_{fm} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{n}$$

Keterangan :

$L_n$  = Jarak bentang bersih dalam arah panjang diukur dari muka ke muka balok.

$h$  = Tebal balok

$\beta$  = Rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap pendek pelat

4. Menghitung beban yang bekerja pada pelat (beban mati dan beban hidup). Kemudian hasil perhitungan akibat beban mati dan beban hidup dikalidengan faktor beban untuk mendapatkan nilai beban terfaktor.

$$W_u = 1,2 DL + 1,6 LL$$

Keterangan :

$W_D$  = Jumlah beban mati pelat (kN/m)

$W_L$  = Jumlah beban hidup pelat (kN/m)

$W_U$  = Jumlah beban terfaktor (Mu)

5. Menghitung momen rencana (Mu)

Menghitung momen yang bekerja pada arah x dan y

6. Memperkirakan tinggi efektif ( $d_{eff}$ )

- a. Tinggi efektif dalam arah-x ( $d_{eff x}$ )

$$d_{eff x} = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan arah } x$$

- b. Tinggi efektif dalam arah-y ( $d_{eff y}$ )

$$d_{eff y} = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \phi \text{ tul. arah } x -$$

$$\frac{1}{2} \phi \text{ tul. arah } y$$

Selimut beton untuk struktur pelat tidak boleh kurang dari 20 mm untuk pelat yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca dan tanah. Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- a. Beton yang dicor di atas dan selalu berhubungan dengan tanah tidak boleh  $\leq 75$  mm;
- b. Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca :
  - Tulangan D-19 hingga D-57 tidak boleh  $\leq 50$  mm;
  - Tulangan D-16, kawat M-16 ulir/polos, dan yang lebih kecil tidak boleh  $\leq 40$  mm;
- c. Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah :
  - Slab, dinding, balok, usuk dengan tulangan D-44 dan D-58 tidak boleh  $\leq 40$  mm, sedangkan tulangan D-36 dan yang lebih kecil tidak boleh  $\leq 20$  mm;
  - Balok dan kolom dengan tulangan utama, pengikat, dan spiral tidak boleh  $\leq 40$  mm;
  - Komponen struktur cangkang dan pelat lipat untuk tulangan D-19 dan lebih besar tidak boleh  $\leq 20$  mm, sedangkan tulangan D16, kawat M-16 ulir/polos, dan yang lebih kecil tidak boleh  $\leq 13$  mm.

7. Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ )

$$\rho = \frac{F_c}{F_y} (0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q})$$

$$Q = \left( \frac{1,7}{\Phi f_c'} \right) \frac{Mu}{b.d^2}$$

Keterangan :

$M_u$  = Momen rencana/terfaktor pada penampang (kN.m)

$b$  = Lebar penampang (mm), diambil tiap 1 meter

$d$  = Tinggi efektif (mm)

$\Phi$  = faktor reduksi rencana

Dalam penggunaan  $\rho$  terdapat ketentuan, yakni  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

a. Jika  $\rho < \rho_{\min}$ , maka menggunakan  $\rho_{\min}$  dan  $A_s$  yang digunakan  $A_{s \min}$ .

$\rho_{\min}$  untuk pelat lantai adalah 0,0018 (SNI 2847 : 2013-57).

b. Jika  $\rho > \rho_{\max}$ , maka pelat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang.

8. Hitung  $A_s$  (Luas Penampang Tulangan) yang diperlukan

a.  $A_s \text{ Pakai} = \rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d$

b.  $A_s \text{ Minimum} = 0,0018 \times b \times h$  (Digunakan 0,0018 karena tulangan yang digunakan merupakan jenis ulir)

9. Mencari jumlah tulangan ( $n$ )

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \pi \cdot \phi^2}$$

10. Mencari jarak antar tulangan ( $s$ )

$$s = \frac{1000 \times A_b}{A_s}$$

11. Memasang tulangan

Untuk arah  $y$  sama dengan langkah-langkah pada arah  $x$ , hanya perlu diingat bahwa tinggi efektif arah  $y$  ( $d_y$ ) tidak sama dengan yang digunakan dalam arah  $x \rightarrow d_y = h - \rho - \phi_{\text{arah } x} - \phi_{\text{arah } y}$ .

Menurut SNI 2847 : 2013 pasal 7.12.2.1 luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014 :

- a. Slab yang menggunakan batang tulangan ulir Mutu 280 atau 350, ( $A_s = 0,0020$ ).
- b. Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420, ( $A_s = 0,0018$ ).
- c. Slab yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 Mpa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 persen, ( $A_s = \frac{0,0018 \times 420}{f_y}$ ).

Keterangan :

$A_s$  = Luas tulangan yang diperlukan oleh pelat untuk memikul momen lentur yang terjadi ( $\text{mm}^2$ )

$\rho$  = Rasio penulangan

$d$  = Tinggi efektif pelat (mm)

### 2.3.3 Tangga

Tangga adalah suatu konstruksi yang menghubungkan antara tempat yang satu dan tempat lainnya yang mempunyai ketinggian berbeda, dan dapat dibuat dari kayu, pasangan batu bata, baja, dan beton. Tangga terdiri dari anak tangga dan pelat tangga. Anak tangga terbagi menjadi 2 bagian, yaitu :

1. *Antrade*, yaitu bagian dari anak tangga pada bidang horizontal yang merupakan bidang tempat pijakan kaki.
2. *Optrade*, yaitu bagian dari anak tangga pada bidang vertikal yang merupakan selisih tinggi antara 2 buah anak tangga yang berurutan.

Tingkatan lantai bangunan yang perlu dihubungkan, antara lain :

- a. Dari tanah ke lantai dasar (*Ground-floor*).

- b. Dari lantai dasar ke lantai pertama (*first-floor*) dan dari lantai pertama ke lantai kedua (*second-floor*) dari lantai kedua ke lantai ketiga (*third-floor*) dan seterusnya ke atas.
- c. Juga dari tanah/lantai dasar ke lantai di bawah tanah (*basement*).

Pada prinsipnya, suatu tangga harus memenuhi dua persyaratan diantaranya :

1. Mudah dilihat.
2. Mudah dipergunakan. Menurut Djojowirono (1984), penentuan sudut kemiringan tangga ini bergantung pada fungsi/keperluan tangga yang akan dibangun. Sebagai pedoman diambil ketentuan berikut :
  - a. Untuk tangga mobil masuk garasi, diambil sudut maksimal  $12,5^\circ$  atau dengan kemiringan 1:4,5
  - b. Untuk tangga di luar bangunan, diambil sudut  $20^\circ$  atau kemiringan 1:2,75
  - c. Untuk tangga perumahan dan bangunan gedung pada umumnya, diambil sudut kemiringan  $30^\circ$  sampai dengan  $35^\circ$  atau dengan kemiringan 1:1,7 sampai 1:1,4
  - d. Untuk tangga dengan sudut kemiringan sama atau lebih besar dari  $41^\circ$ , disebut tangga curam

Adapun syarat-syarat umum tangga :

1. Tangga harus mudah dijalani atau dinaiki;
2. Tangga harus cukup kuat dan kaku;
3. Ukuran tangga harus sesuai dengan sifat dan fungsinya;
4. Material yang digunakan untuk pembuatan tangga terutama pada gedung-gedung umum harus berkualitas baik, tahan dan bebas dari bahaya kebakaran;
5. Letak tangga harus strategis;
6. Sudut kemiringan tidak boleh dari  $45^\circ$ .

Komponen atau bagian-bagian utama dari tangga beton bertulang beserta fungsinya meliputi 4 macam, yaitu :

1. Badan/ pelat tangga, digunakan sebagai sarana lalu lintas naik-turun antar lantai.
2. Bordes, digunakan sebagai tempat berhenti sementara bagi pejalan yang merasa lelah pada saat melewati tangga. Bordes adalah bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila merasa lelah. Untuk menentukan panjang bordes (L). Untuk menentukan panjang bordes (L) dapat dihitung sebagai berikut:

$$L = I_n + a \text{ s.d } 2a$$

Keterangan :

L = panjang tangga

$I_n$  = ukuran satu langkah normal datar (57 cm – 65 cm)

a = antrede (17,5 cm – 20 cm)

3. Anak tangga, digunakan sebagai tempat kaki berpijak ketika melalui tangga. Syarat-syarat khusus tangga :
  - a. Untuk bangunan rumah tinggal
    - Antrede = 25 cm (minimum)
    - Optrede = 20 cm (maksimum)
    - Lebar tangga = 180-100 cm
  - b. Untuk perkantoran dan lain-lain
    - Antrede = 25 cm (minimum)
    - Optrede = 17 cm (maksimum)
    - Lebar tangga = 120-200 cm
  - c. Syarat langkah
    - $2 \text{ optrade} + 1 \text{ anrade} = 57 - 65 \text{ cm}$

## d. Sudut kemiringan

- Maksimum =  $45^\circ$
- Minimum =  $25^\circ$

**Tabel 2.4** Daftar Ukuran Lebar Tangga Ideal

No	Digunakan untuk	Lebar efektif (cm)	Lebar total (cm)
1	1 orang	$\pm 65$	$\pm 85$
2	1 orang + anak	$\pm 65$	$\pm 120$
3	1 orang + bagasi	$\pm 65$	$\pm 105$
4	2 orang	120-130	140-150
5	3 orang	180-190	200-210
6	Lebih dari 3 orang	$>65$	$>210$

(Sumber : Ilmu Bangunan Gedung B : 1993)

4. Sandaran, digunakan sebagai pegangan agar lebih aman dapat melewati tangga. Agar tangga dapat digunakan/dilalui dengan mudah, nyaman, dan tidak melelahkan, maka ukuran anak tangga perlu diperhitungkan dengan mengingat beberapa pertimbangan berikut :
  - a. Jarak satu langkah orang berjalan, berkisar antara 57 cm s.d 65 cm.
  - b. Pada saat orang berjalan, tenaga untuk mengangkat kaki diperlukan dua kali lipat daripada tenaga untuk memajukan kaki.
  - c. Semakin kecil sudut kemiringan, semakin untuk dilalui/didaki.

Adapun langkah-langkah dalam merancang tangga diantaranya sebagai berikut :

## 1. Menentukan ukuran atau dimensi anak tangga

a. Menentukan ukuran *optrade* dan *antrade*

- Tinggi *optrade* sebenarnya =  $\frac{h}{\text{Jumlah optrade}}$
- $\text{Antrade} = \text{Ln} - 2 \text{Optrade}$

b. Menentukan jumlah *optrade* dan *antrade*

$$= \frac{h}{\text{Tinggi Optrade}}$$

c. Menghitung panjang tangga

- Panjang tangga = jumlah *optrade* x lebar *antrade*

d. Menghitung sudut kemiringan tangga

$$\text{Sudut kemiringan tangga} = \text{arc tan} \left( \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{panjang tangga}} \right)$$

e. Menentukan tebal pelat tangga

Perhitungan tebal pelat tangga identik dengan metode perhitungan pelat satu arah.

2. Menentukan beban dan momen tangga

a. Beban mati (*Wd*)

- Berat sendiri bordes
- Berat pelat tangga
- Berat spesi dan ubin

b. Beban hidup (*Wl*) sebesar 3 kN/m

c. Menghitung gaya-gaya bekerja dengan menggunakan program SAP 2000 V.14 program SAP 2000.14 adapun langkah-langkah sebagai berikut :

- Pemodelan tangga pada SAP 2000.14
- Memasang tumpuan pada pemodelan tangga
- Masukkan beban yang bekerja pada anak tangga dan bordes yang telah di kombinasikan antara beban mati dan beban hidup
- Setelah pembebanan sudah selesai dimasukkan pada pemodelan maka kita dapat melakukan “*Run Analysis*” namun “*self-weight*” dijadikan 0 karena beban sendiri dihitung secara manual.

Perhitungan tulangan tangga :

- Perhitungan momen yang bekerja
  - Penentuan tulangan yang diperlukan
  - Menentukan jarak ruangan
  - Kontrol tulangan
- d. Perhitungan penulangan tangga dan bordes
- g. Menghitung tinggi efektif ( $d_{\text{eff}}$ )
- $$d = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan pokok}$$
- h. Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ )
- $$\text{Syarat} = \rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$$
- i. Menghitung luas penampang tulangan ( $A_s$ ) menggunakan rumus :
- $$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{\text{eff}}$$

Keterangan :

$A_s$  = Luas penampang tulangan ( $\text{mm}^2$ )

$\rho$  = Rasio penulangan

$d_{\text{eff}}$  = Tinggi efektif (mm)

Menurut SNI 2847 : 2013 Pasal 7.12.2.1 luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014 :

1. Slab yang menggunakan batang tulangan ulir Mutu 280 atau 350, ( $A_s = 0,0020$ ).
2. Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las Mutu 420. ( $A_s = 0,0018$ ).
3. Slab yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 Mpa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 persen ( $A_s = \frac{0,0018 \times 420}{f_y}$ ).

#### 2.3.4 Portal (Balok dan Kolom)

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang paling berhubungan dan berfungsi menahan beban sebagai satu kesatuan lengkap. Ada beberapa portal yang juga bisa berdiri sendiri, baik didukung oleh sistem struktur lantai ataupun dengan tanpa bantuan dari struktur yang lain. Perhitungan pembebanan di portal akan menghasilkan gaya geser, aksial dan momen yang akan menjadi landasan berhitung untuk perancangan balok induk dan kolom struktur bangunan. Sederhananya menurut Muto (1990:22), portal terbagi menjadi 3 sistem ditinjau dari struktur utama yang dipakai untuk meningkatkan daya tahan suatu bangunan terhadap gaya lateral dari gedung yang bertingkat banyak, diantaranya :

1. Portal Terbuka (*Open Frame*)

Portal terbuka ialah portal terbuka segi-empat yang terdiri dari kolom dan balok dengan hubungan monolit membentuk ruangan yang besar dan memberikan daya tahan horizontal pada kerangka keseluruhan. Oleh karena itu, sistem seperti ini diperlukan pada konstruksi gedung yang bertingkat banyak. Pada struktur beton bertulang dan yang sejenis, kekuatan batang yang tidak begitu besar sehingga daya tahannya terbatas serta pada gedung bertingkat banyak pemakaian gabungan portal terbuka dan dinding geser umumnya lebih menguntungkan. Namun, kekuatan dapat ditingkatkan dengan menggunakan portal terbuka konstruksi baja struktural murni yang kuat.

2. Portal Dinding (*Walled Frames*)

Pada portal dinding, balok tinggi (biasanya bagian di bawah jendela dianggap sebagai balok) dan kolom yang lebar (dinding pojok dianggap sebagai kolom) dipakai untuk memperoleh kekuatan yang besar dengan memanfaatkan sifat bawaan beton bertulang dan ketegaran yang beberapa kali lebih tinggi dari pada portal terbuka

biasa, dan merupakan sistem penahan gempa yang rasional dan ekonomis. Namun, beberapa arsitek tidak menyukai jenis struktur ini karena bidang kolom dan balok yang besar membatasi tampak gedung, sehingga segi artistiknya kurang baik. Sebelum merencanakan portal terlebih dahulu kita harus membuat dimensi portal.

3. Portal dengan penyokong Diagonal dan Dinding Geser (*Diagonally Braced Frames*)

Dinding geser dengan lebar yang besar akan menghasilkan daya tahan lentur dan geser yang sangat tinggi dan merupakan sistem struktur yang paling rasional dengan memanfaatkan sifat-sifat beton bertulang. Pada konstruksi baja struktural, portal-portal dengan penyokong (*Bracing*) merupakan sistem struktur yang efektif dan kuat.

Perhitungan portal, penulis menggunakan aplikasi program SAP V.14. Portal yang akan dihitung ialah portal yang disebabkan oleh beban mati (*dead load*) dan beban hidup (*live load*) dengan tinjauan arah memanjang dan melintang. Berikut jenis-jenis pembebanan yang perlu diperhitungkan di dalam perancangan portal, sebagai berikut :

1. Portal akibat beban mati (*Dead load*)

Portal akibat beban mati yang akan ditinjau dari arah melintang dan memanjang berikut beban-beban tersebut :

- a. Berat sendiri pelat
- b. Berat penutup lantai
- c. Berat adukan (spesi)
- d. Berat pasangan dinding bata
- e. Berat plafond dan penggantung

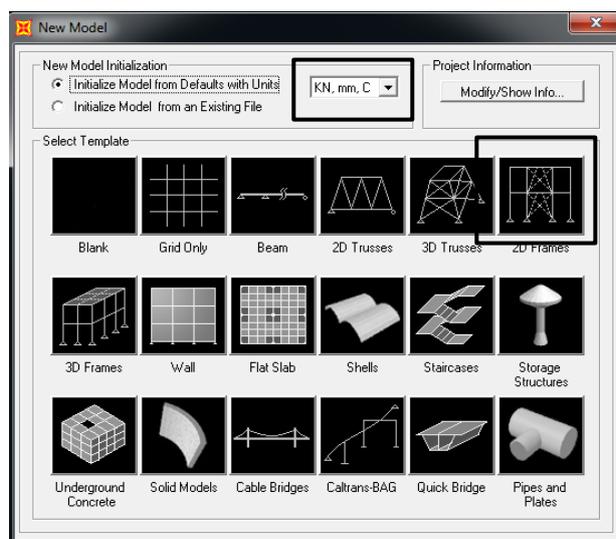
## 2. Portal akibat beban hidup (*Live load*)

Portal akibat beban hidup ditinjau dari arah melintang dan memanjang. Adapun langkah-langkah perhitungan portal akibat beban hidup sama dengan perhitungan portal akibat beban mati, yakni dilakukan dengan media berupa aplikasi program SAP, V.14. berikut beban yang dikategorikan di dalamnya, yakni :

- a. Beban hidup dari rangka atap.
- b. Beban hidup yang bersumber dari pelat lantai.

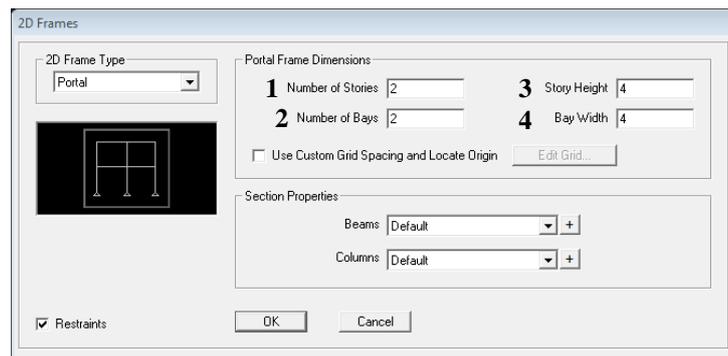
Langkah-langkah menghitung portal dengan menggunakan *software* SAP 2000.V.14. sebagai berikut :

1. Merancang model struktur yang akan dihitung
  - a. Buka aplikasi SAP2000 V.14. yang telah terinstall pada *personal computer*;
  - b. Klik new model;
  - c. Pilih satuan yang diinginkan;
  - d. Pilih modify/show information guna mengisi informasi proyek yang akan dikerjakan. Pilih OK;
  - e. Pilih sistem model 2D frame, lalu klik OK.

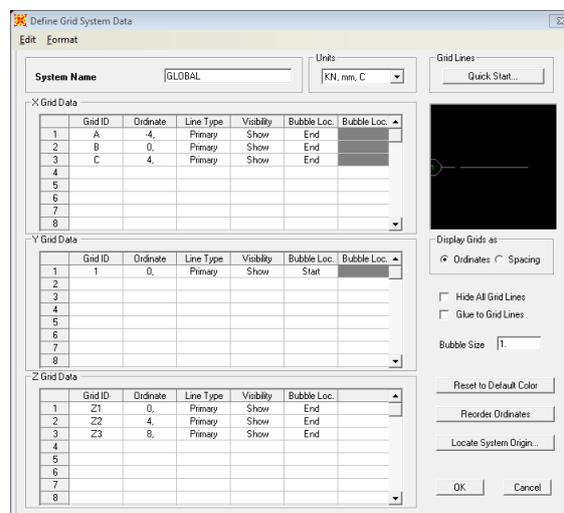


**Gambar 2.6** Model struktur konstruksi

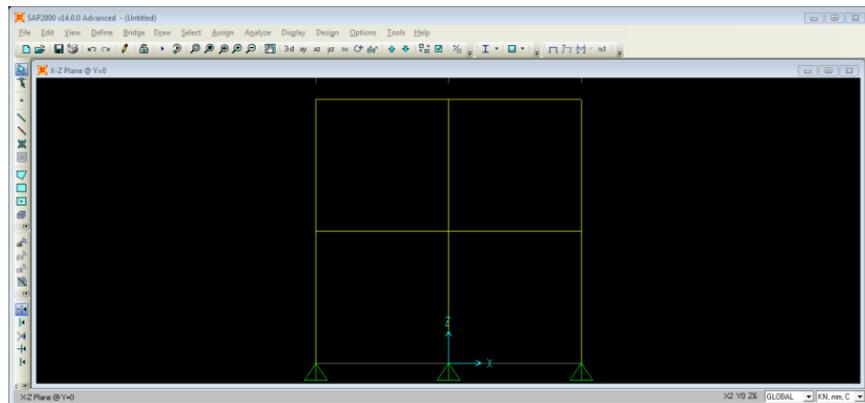
2. Langkah selanjutnya setelah melakukan permodelan 2D Frame
  - a. Memilih 2D Frame, lalu pilih portal;
  - b. Pada kontak dialog di *Portal frame dimension*, masukan jumlah dari : (1) *number of stories* (jumlah lantai pada bangunan yang akan dirancang), (2) *Number of bays* (jumlah bentang), (3) *Story height* (nilai ketinggian antar lantai), dan (4) *Bay width* (nilai lebar antar bentang);
  - c. Beri tanda centang pada *use costum grid spacing and locate origin* and *locate origin* lalu *edit grid*. Ini berguna untuk mengubah data pada jumlah dan besaran nilai lebar bentang dan tinggi lantai bangunan pada model struktur yang dibuat.



**Gambar 2.7** Dimensi frame portal 2D

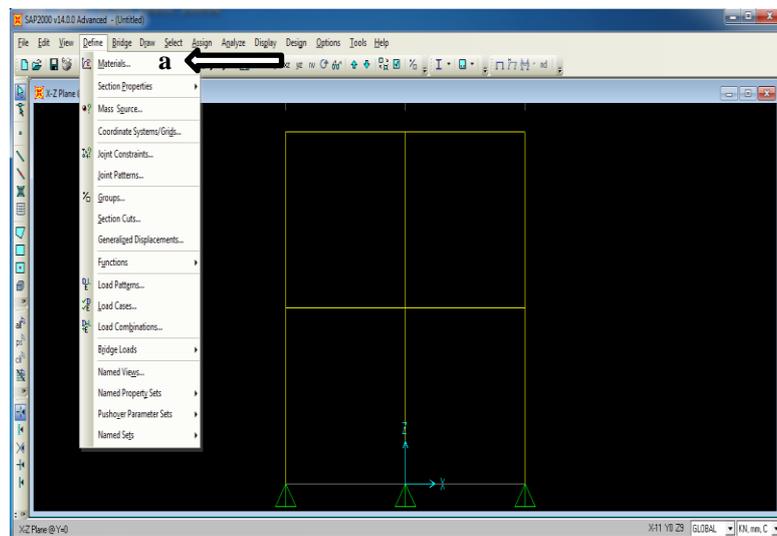


**Gambar 2.8** Define grid system data



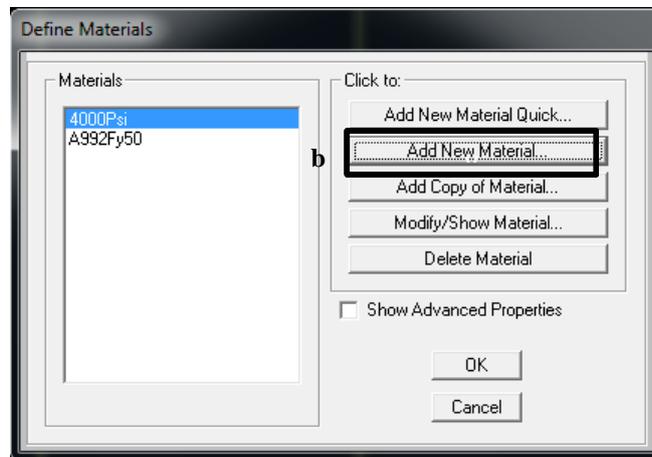
**Gambar 2.9** *Grid Portal* yang terbentuk

3. Masukan data material yang akan digunakan di dalam perancangan gedung.
  - a. Pilih *define materials*;



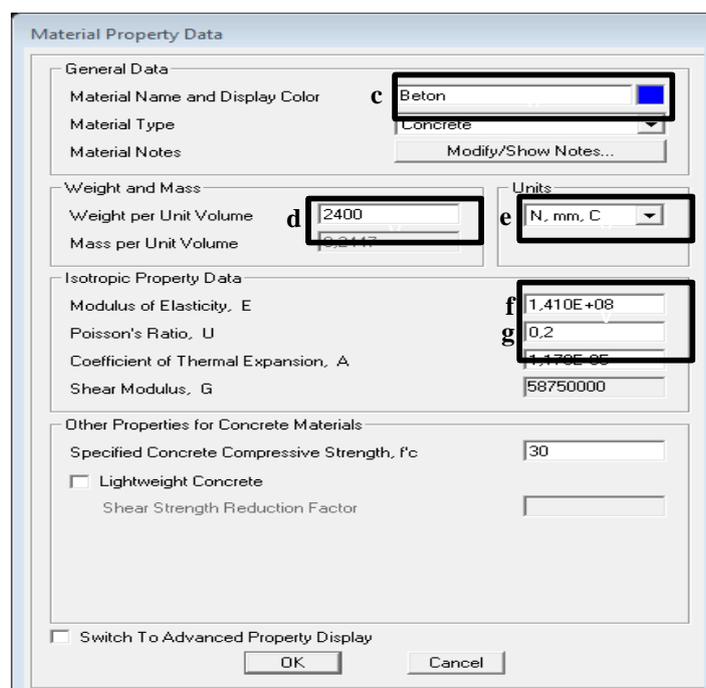
**Gambar 2.10** Define material

- b. Klik *add new material*;

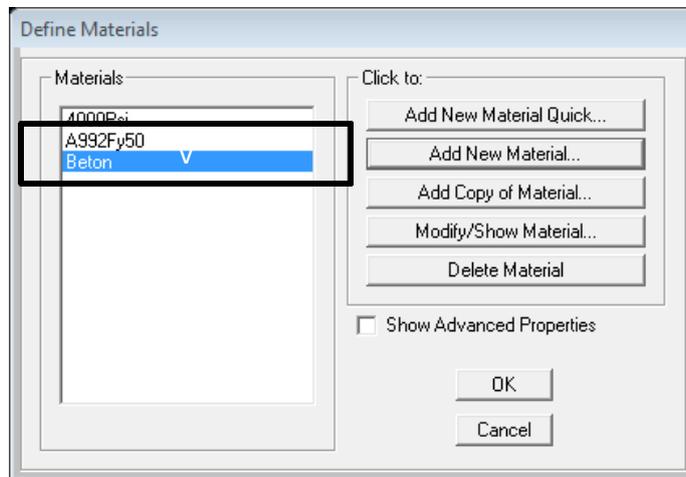


**Gambar 2.11** Menambahkan jenis material yang baru sesuai dengan perancangan

- c. Ubah *material name*;
- d. Pilih satuan yang akan digunakan;
- e. Masukkan *weight per unit volume*;
- f. Masukkan *Modulus of elasticit*;
- g. Masukkan *Poisson's ratio*, lalu klik ok.

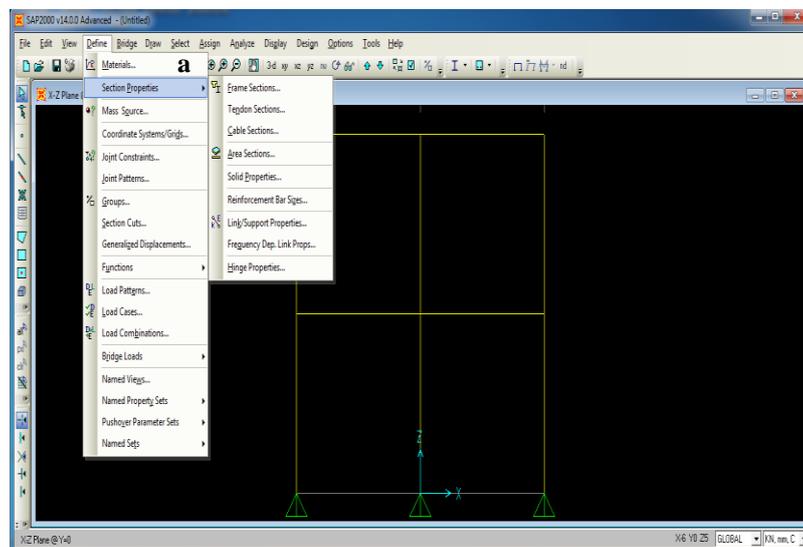


**Gambar 2.12** *Material property data*



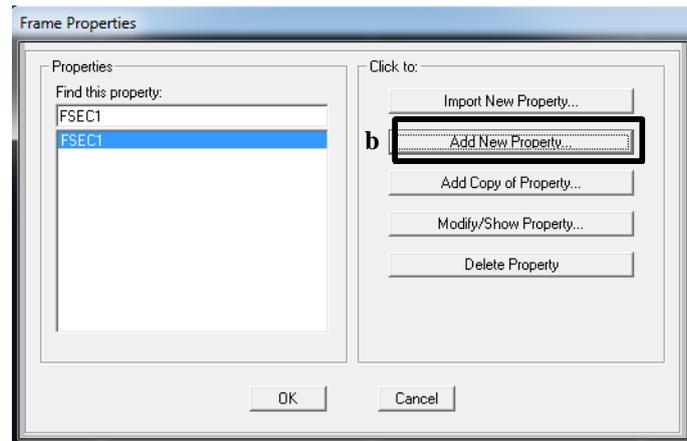
**Gambar 2.13** Material yang telah terinput

4. Isi data pada dimensi struktur, yakni balok dan kolom.
  - a. Pilih menu *Define*;



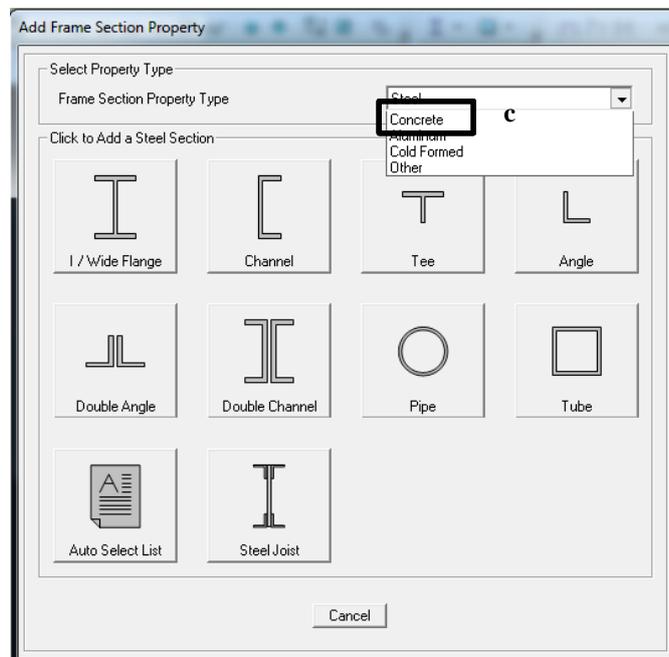
**Gambar 2.14** Insert frame section

- b. Pilih *section properties* dan *frame section*, pilih *Add new properties* dan beri nama pada *section name*. Beri perbedaan nama pada apa yang sedang dimodelkan, yakni balok dan kolom yang dibuat terpisah;



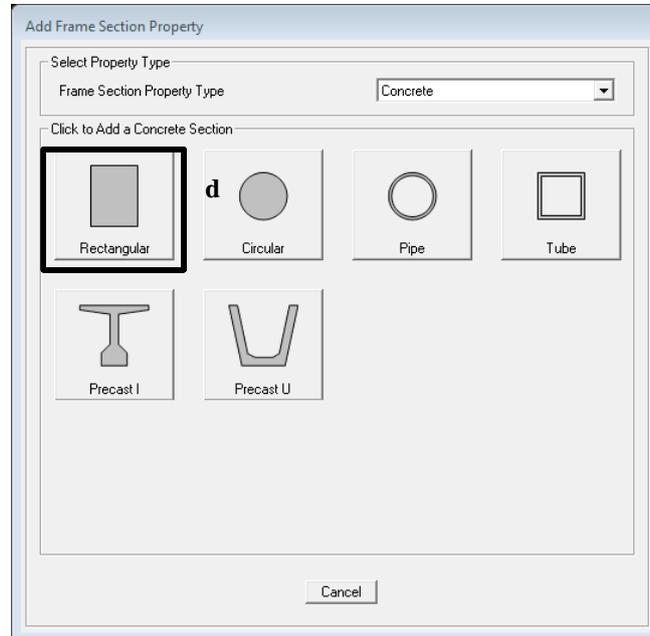
**Gambar 2.15** *Add new property*

- c. Pilih *concrete* yang merupakan jenis material;



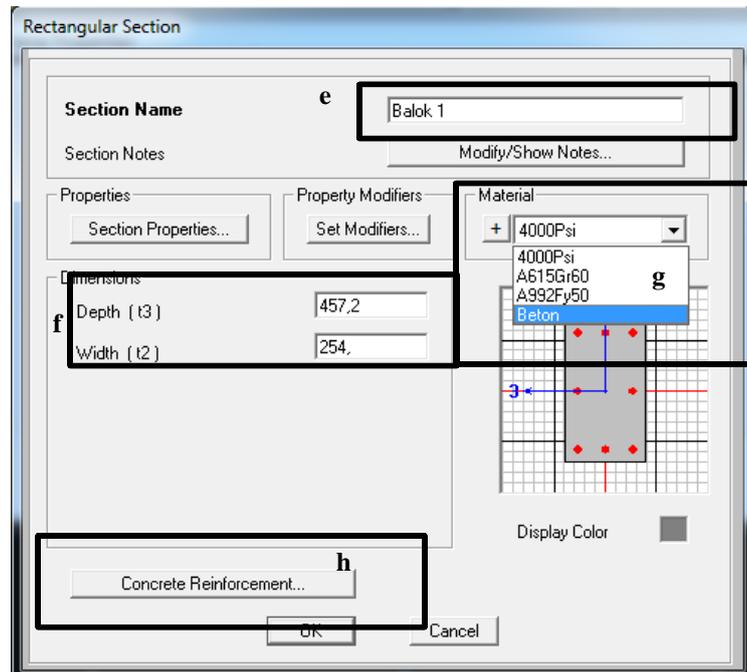
**Gambar 2.16** *Frame section property type*

- d. Pilih bentuk permodelan;

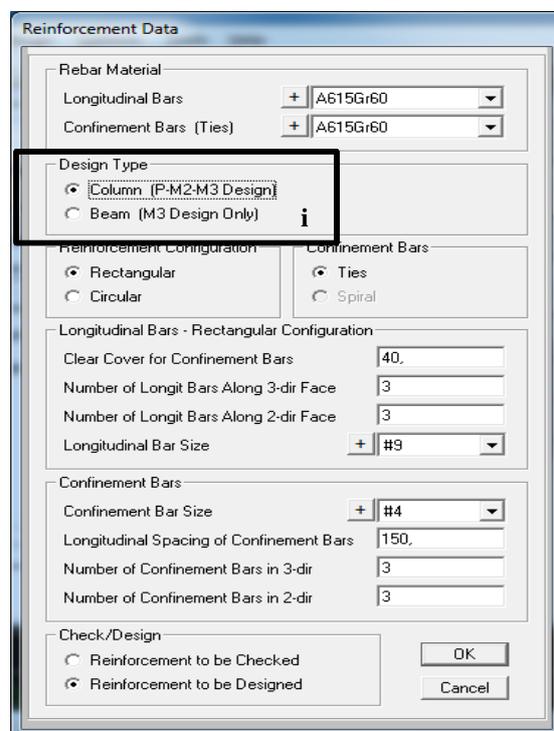


**Gambar 2.17** Penampang persegi

- e. Isi *section name*;
- f. Isi *Depth* yang merupakan tinggi permodelan dan *width* yang merupakan lebar permodelan;
- g. Lalu pilih material yang telah diinput pada nomor (3);
- h. Klik *concrete reinforcement* untuk mengubah data permodelan;
- i. Pilih *column* untuk permodelan kolom, dan pilih *beam* untuk permodelan balok.

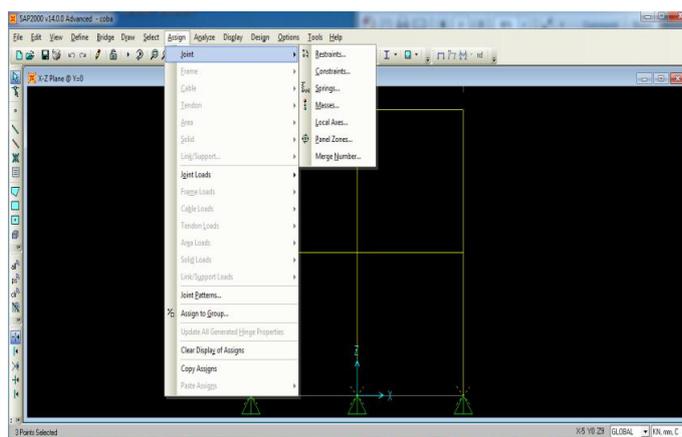


Gambar 2.18 Section name

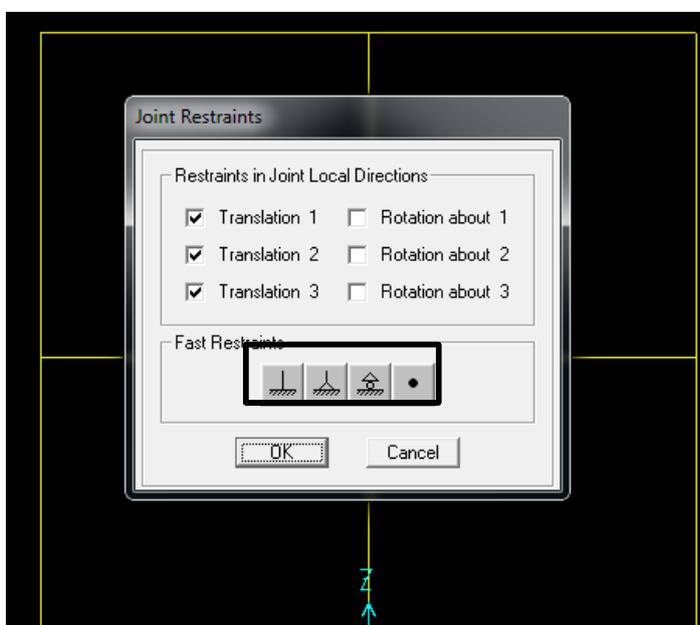


Gambar 2.19 Reinforcement data penampang dan baja tulangan yang digunakan pada kolom dan balok

5. Mengubah tumpuan model
  - a. Blok tumpuan yang akan diubah tumpuannya. Lalu masuk ke menu *assign*;
  - b. Setelah itu, pilih *joint* dan *restraints*;
  - c. Pilih dari pilihan yang tersedia, mulai dari rol, sendi dan jepit.

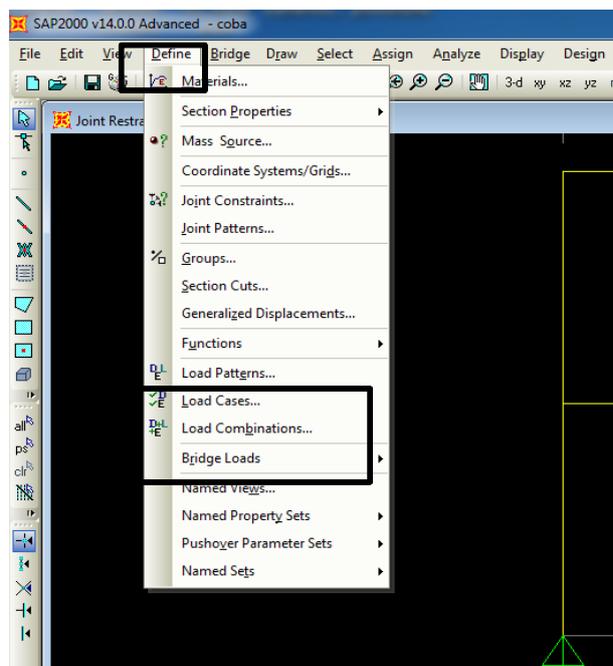


**Gambar 2.20** Memasuki menu *assign* ke *joint*

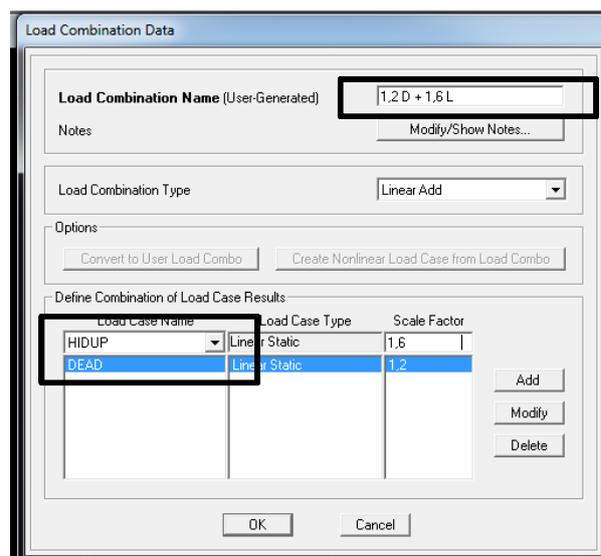


**Gambar 2.21** Memilih perletakan

6. Masukkan data akibat beban mati dan beban hidup
  - a. Pastikan jika *define* nama pembebanan hidup, mati, dan kombinasi telah terinput;

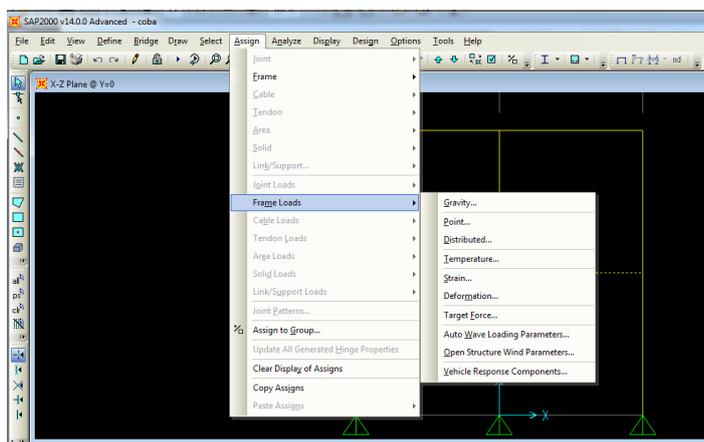


Gambar 2.22 Define Load Pattern

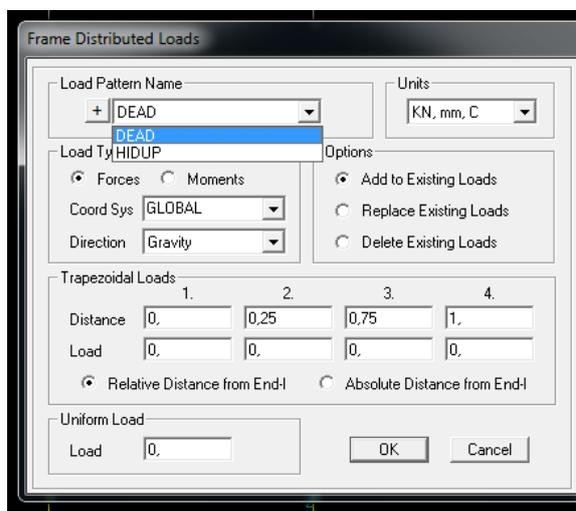


Gambar 2.23 Menginput beban kombinasi 1,2 D + 1,6 L

- b. Klik atau blok batang pada pemodelan portal di SAP2000.v14 lalu pilih menu *assign*;
- c. Pilih *frame load* dan *distributed* (merata).



**Gambar 2.24** Memasukan beban ke model

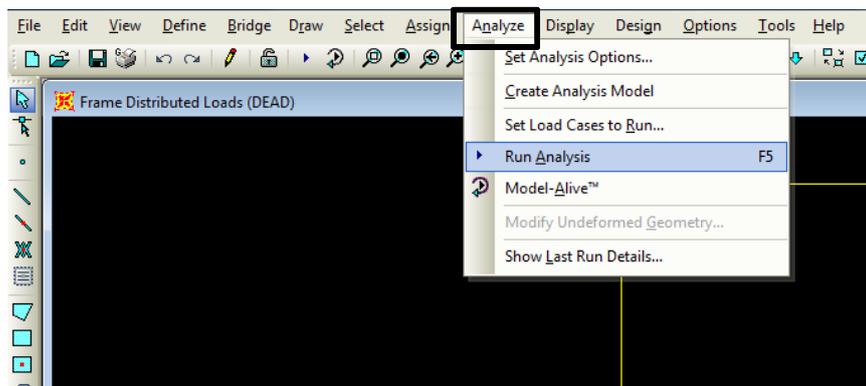


**Gambar 2.25** Menambahkan nilai beban dengan *add existing load*

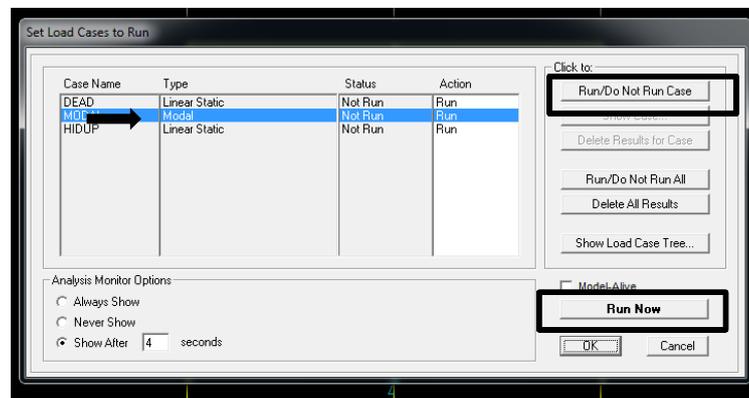
## 7. Pilih *Run Analysis*

Setelah proses input pembebanan, untuk mengetahui gaya-gaya dan momen yang terjadi di gedung perencanaan, maka terlebih dahulu dianalisis.

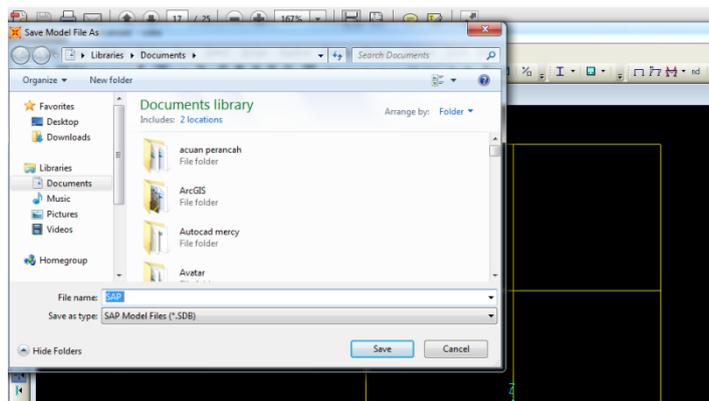
- a. Pilih menu *Analyze* dan pilih *Run analysis*;
- b. Klik *Run Now*.



**Gambar 2.26** *Run Analysis*



**Gambar 2.27** *Run Now* pada gedung yang direncanakan



**Gambar 2.28** Lokasi penyimpanan hasil *Run Analysis*

8. Hasil *Run Analysis* dapat dilihat pada lembar **Lampiran**.

### 2.3.5 Balok

Balok adalah batang horizontal dari rangka struktural yang memikul beban tegak lurus sepanjang beban tersebut (biasanya berasal dari dinding, pelat, atau atap bangunan) dan meneruskan beban menuju elemen-elemen kolom dan kemudian diteruskan lagi ke pondasi. Selain itu ring balok juga berfungsi sebagai pengikat kolom-kolom agar apabila terjadi pergerakan, kolom-kolom tersebut tetap bersatu mempertahankan bentuk dan posisinya semula. Dalam perancangannya, suatu balok dapat mempunyai bermacam-macam ukuran atau dimensi, sesuai jenis dan besar beban yang akan dipikul oleh balok itu sendiri.

Namun, dimensi tersebut harus memiliki efisiensi tinggi agar dapat memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sebagai standar perhitungan struktur beton di Indonesia (SNI 2847-2013 tentang Perencanaan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung). Lebih dari itu, balok bukan hanya memikul beban gravitasi berupa beban mati dan beban hidup saja, akan tetapi balok juga memikul beban lateral yang berupa beban angin dan gempa.

Di dalam tinjauan ini, penulis merancang 2 kategori balok, yakni balok anak dan balok induk.

1. Balok Anak

Balok anak adalah balok yang berfungsi sebagai pembagi luasan pelat lantai guna menghindari terjadinya lendutan dan meminimalisasi getaran pada pelat lantai pada saat adanya aktivitas di atasnya. Balok anak umumnya menempel pada balok-balok induk.

2. Balok Induk

Balok induk adalah bagian struktur yang berfungsi sebagai rangka penguat horisontal atas beban-beban yang ada. Balok induk juga merupakan pengikat antar kolom-kolom struktur.

Adapun langkah-langkah perencanaan balok diantaranya adalah :

1. Menentukan mutu beton yang digunakan
2. Menghitung pembebanan yang terjadi, yakni
  - a. Beban mati (*Dead load*)
  - b. Beban hidup (*live dead*)
  - c. Berat sendiri balok
  - d. Beban dari sumbangan pelat
3. Menghitung beban dan momen pada balok
  - a. Beban pada balok
  - b. Beban mati ( $W_D$ )
  - c. Beban hidup ( $W_I$ )
  - d. Beban rencana ( $W_u$ ) =  $1,2 W_D + 1,6 W_I$
  - e. Momen pada balok
  - f. Momen akibat beban mati ( $M_D$ )
  - g. Momen akibat beban hidup ( $M_I$ )
  - h. Momen rencana ( $M_n$ ) =  $1,2 MD + 1,6 ML$

## 4. Periksa dimensi penampang balok

a. Menentukan  $d_{\text{eff}} = h - \rho - \frac{1}{2} \Phi$  sengkang -  $\frac{1}{2} \Phi$  tulangan utamab. Mencari nilai  $\rho$ c.  $\rho_{\text{Minimum}} = \frac{1,4}{f_y}$  (Digunakan untuk mutu beton  $\leq 30$  MPa)

atau

$$\rho_{\text{Minimum}} = \sqrt{\frac{f_c}{4f_y}} \text{ (Digunakan untuk mutu beton } > 30 \text{ Mpa)}$$

$$\begin{aligned} \text{d. } \rho_{\text{pakai}} &= \frac{Mu}{\Phi b d^2} = f_y \cdot \rho - \frac{f_y^2}{1,7 f'_c} \rho^2 \\ &= \frac{f_y^2}{1,7 f'_c} \rho^2 - f_y \cdot \rho + \frac{Mu}{\Phi b d^2} = 0 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$\text{e. } \rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_c}{f_y} \cdot \left( \frac{600}{600 f_y} \right)$$

$$\text{f. } \rho_{\text{Maksimum}} = 0,75 \rho_b$$

Keterangan :

Mu = Momen rencana pada penampang (kN.m)

b = Lebar penampang (mm), diambil tiap 1 meter

d = Tinggi efektif (mm)

 $\Phi = 0,9$  faktor reduksi rencana

## 5. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Menentukan  $d_{\text{eff}} = h - \rho - \frac{1}{2} \Phi$  sengkang -  $\frac{1}{2} \Phi$  tulangan utamab. Mencari nilai  $\rho$ 

$$\begin{aligned} \text{c. } \frac{Mu}{\Phi b d^2} &= f_y \cdot \rho - \frac{f_y^2}{1,7 f'_c} \rho^2 \\ \frac{f_y^2}{1,7 f'_c} \rho^2 - f_y \cdot \rho + \frac{Mu}{\Phi b d^2} &= 0 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot bw$$

$$A_{V \text{ minimum}} = 0,062 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \left( \frac{bw \cdot s}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot bw \cdot s}{f_{yt}}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{Av \cdot f_y t}{0,062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw}$$

$$S = \frac{Av \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

Keterangan :

Mu = Momen rencana pada penampang (kN.m)

b = Lebar penampang (mm), diambil tiap 1 meter

d = Tinggi efektif (mm)

$\Phi$  = 0,9 faktor reduksi rencana

d. Menghitung luas tulangan yang diperlukan ( $A_s$ )

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

Keterangan :

$A_s$  = Luas tulangan yang diperlukan balok untuk memikul momen lentur yang terjadi ( $\text{mm}^2$ ).

P = Rasio penulangan

d = Tinggi efektif pelat (mm)

6. Tulangan geser rencana

$$- V = \left( \frac{\sqrt{f'c}}{6} \right) \cdot b_w \cdot d$$

(Sumber : SNI03-2847-2013:891)

-  $V_u \leq \Phi V_c$  ( tidak perlu tulangan geser)

$$S_{\text{maks}} = \frac{1}{2} \cdot d \text{ atau } h$$

$$AV_{\text{min}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{b \cdot s}{f_y}$$

$$AV_1 = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$S = \frac{Av_1}{Av_{\text{min}}}$$

S dan  $S_{\text{maks}}$  Diambil S terkecil diantara keduanya.

-  $V_u \geq \Phi V_c$  (Perlu Tulangan Geser)

$$V_{S_{\text{perlu}}} = \frac{V_{\text{rencana}} - \Phi V_c}{\Phi}$$

$$V_{S_{\text{perlu}}} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'c'}$$

$$V_{S_{\text{perlu}}} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'c'}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{1}{2} \cdot d \text{ atau } h$$

$$S = \frac{Av_1}{Av_{\text{min}}}$$

S dan  $S_{\text{maks}}$  Diambil S terkecil diantara keduanya.

$$- V_u \leq \phi V_n$$

$$- V_n = V_c + V_s$$

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

(SNI 03-2847-2013 : 96)

$$- S_{\text{perlu}} = \frac{Av \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

(SNI 03-2847-2013 : 99)

Keterangan :

$V_c$  = Kuat geser nominal yang disumbang oleh beton

$V_u$  = Kuat geser terfaktor pada penampang

$V_n$  = Kuat geser nominal

$V_s$  = Kuat geser nominal yang disumbang oleh tulangan geser

$Av$  = Luas tulangan geser pada daerah sejarak S

$Av = 2 \cdot As$

$As$  = Luas tulangan penampang sengkang

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

$f_y$  = Mutu baja

### 2.3.6 Kolom

Kolom adalah salah satu komponen struktur vertikal yang secara khusus difungsikan untuk memikul beban aksial tekan (dengan atau tanpa adanya momen lentur) dan memiliki rasio tinggi/panjang terhadap dimensi terkecilnya sebesar 3 atau lebih. Kolom memikul beban vertikal yang berasal dari pelat lantai atau atap dan menyalurkannya kepondasi. Pada struktur bangunan gedung beton bertulang, balok, pelat dan kolom pada umumnya dicor secara monolit sehingga akan menimbulkan momen lentur

pada kolom akibat kondisi tumpuan ujung. Secara umum, kolom dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori sebagai berikut:

1. Berdasarkan beban yang bekerja
  - a. Kolom dengan beban aksial
  - b. Kolom dengan beban eksentris
  - c. Kolom dengan beban biaksial
2. Berdasarkan panjangnya
  - a. Kolom pendek
  - b. Kolom panjang
3. Berdasarkan bentuk penampang
  - a. Bujur sangkar
  - b. Persegi panjang
  - c. Lingkaran
  - d. Bentuk L
  - e. Segi depan, dll.
4. Berdasarkan jenis tulangan sengkang yang digunakan;
  - a. Sengkang persegi
  - b. Sengkang spiral
5. Berdasarkan kekangan dalam arah lateral
  - a. Dapat menjadi bagian dari suatu portal yang dikekang terhadap goyangan
  - b. Dapat menjadi bagian dari suatu portal bergoyang
6. Berdasarkan material
  - a. Kolom beton bertulang biasa
  - b. Kolom beton prategang
  - c. Kolom komposit (terdiri dari beton dan profil baja)

Adapun urutan-urutan dalam menganalisis kolom :

1. Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris berdasarkan kombinasi  $P_u$  dan  $M_u$ . Untuk satu batang kolom dan dua kombinasi pembebanan yaitu pada ujung atas dan ujung bawah pada setiap

*freebody*, masing-masing dihitung tulangnya dan diambil yang terbesar.

2. Gaya Axial design kolom

$$P_u = 1,4 A_x D$$

$$P_u = 1,2 A_x D + 1,6 A_x L$$

$$P_u = 1,2 A_x D + 1,0 A_x L + 1,0 A_x w \text{ (Diambil)}$$

3. Gaya Lintang design kolom maksimum

$$V_u = 1,4 V_D$$

$$V_u = 1,2 V_D + 1,6 V_L$$

$$V_u = 1,2 V_D + 1,0 V_L + 1,0 V_W$$

(SNI 03-2847-2013)

4. Momen design kolom maksimum untuk ujung atas dan ujung bawah.

$$M_u = 1,4 M_D$$

$$M_u = 1,2 M_{DL} + 1,6 M_{LL}$$

$$M_u = 1,2 M_{DL} + 1,0 M_{LL} + 1,0 M_W$$

(SNI 03-2847-2013)

5. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi

$$\beta_{dns} = \frac{1,2 D}{(1,2 D + 1,6 L)}$$

(SNI 03-2847-2013 : 202)

6. Modulus Elastisitas

$$E_c = 4700 f_c'$$

$$EI = \frac{0,4 E_c \cdot I_g}{1 + \beta_{dns}}$$

$F_c'$  = Kuat tekan beton

7. Nilai kekakuan kolom dan balok

$$I_g = \frac{1}{12} b \cdot h^3$$

$$I_c = 0,70 I_g \rightarrow \text{Kolom}$$

$$I_b = 0,35 I_g \rightarrow \text{Balok}$$

$$\frac{EI}{L_c} = \frac{E_c \cdot I_g}{2,5 (1 + \beta \cdot d)} \rightarrow \text{untuk kolom}$$

$$\frac{EI}{L} = \frac{E_c \cdot I_g}{5(1 + \beta \cdot d)} \rightarrow \text{untuk balok}$$

(SNI 03-2847-2013)

8. Nilai eksentrisitas

$$e = \frac{Mu}{Pu}$$

9. Menentukan nilai Kn dan Rn

$$Kn = \frac{Pn}{\phi \cdot F'c \cdot Ag}$$

$$Rn = \frac{Pn}{F'c \cdot Ag \cdot h}$$

10. Menentukan  $\Psi_a$  dan  $\Psi_b$

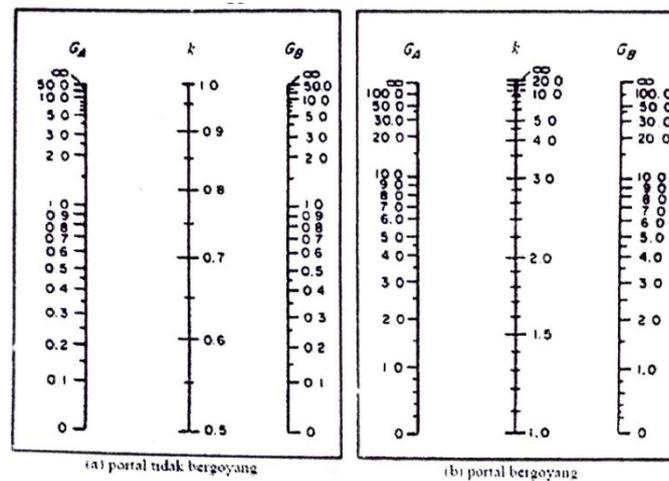
$$\Psi = \frac{\sum \frac{E \cdot Ik}{Lk}}{\sum \frac{E \cdot Ib}{Lb}}$$

(SNI 03-2847-2013 : 199)

11. Menentukan faktor panjang kolom (k)

Nilai k didapat dari nomogram faktor panjang efektif kolom.

12. Angka Kelangsingan kolom langsing dengan ketentuan



**Gambar 2.29** Diagram Monogram untuk Menentukan Tekuk dari Kolom

- Angka tanpa pengaku lateral =  $\frac{Klu}{r} < 22$
- Angka dengan pengaku lateral =  $\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left( \frac{M1-b}{M2-b} \right)$   
(SNI 03-2847-2013 : 201)
- Untuk semua komponen struktur tekan dengan  $\frac{Klu}{r} > 100$  digunakan  
(SNI 03-2847-2013 : 78)
- Apabila  $\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left( \frac{M1-b}{M2-b} \right)$  atau  $\frac{Klu}{r} < 22$  maka perencanaan harus menggunakan metode pembesaran momen.

### 13. Faktor Perbesaran momen

$$M_c = M_{2ns} + \delta_s \times M_{2s}$$

$\delta_s$  = faktor pembesaran ekstra pada struktur rangka tanpa pengaku

$M_{2ns}$  = momen kolom terbesarpada struktur rangka dengan pengaku

$M_{2s}$  = momen kolom terbesarpada struktur rangka tanpa pengaku

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu}{\phi \sum Pc}} \geq 1,0$$

(SNI03-2847-2013 : 205)

### 14. Desain penulangan

- a. Menghitung besar beban yang bekerja pada kolom ( $P_u$ ), Nilai  $\rho$  taksiran 1% - 3%
- b. Menghitung  $A_{s_{tot}}$

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

- c. Memeriksa  $P_u$  terhadap

- Keruntuhan Seimbang

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

$$a_b = \beta_1 \cdot C_b$$

$$f'_c > 28 \text{ Mpa dan } f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'_c - 28}{7}$$

$$\frac{\epsilon_s}{0,003} = \frac{C_b - d'}{C_b}$$

$$f_s' = \left( \frac{Cb-d}{Cb} \right) \cdot 0,003 \leq f_y \text{ (tulangan tekan sudah luluh)}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot a_b \cdot b$$

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$C_s = A_s' (f_s' - 0,85 \cdot f_c)$$

$$\rho_b = C_c + C_s - T$$

Nilai Eksentrisitas pada kondisi seimbang dari

$$e_b = \frac{M_b}{P_b} \text{ atau } e = \frac{2}{3} d$$

(SNI 03-2847-201 : 161)

- Untuk  $e_y < d$  diasumsikan terjadi keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{1}{e'} \left[ C_c \left( d - \frac{1}{2} \right) + C_s (d - d') \right]$$

(SNI 03-2847-2013 : 205)

### 2.3.7 Sloof

Sloof adalah struktur bangunan yang terletak di atas pondasi bangunan. Sloof berfungsi mendistribusikan beban dari bangunan atas ke pondasi, sehingga beban yang tersalurkan setiap titik di pondasi tersebar merata.

Langkah-langkah perhitungan dalam merencanakan sloof diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Tentukan dimensi sloof
2. Tentukan pembebanan pada sloof
  - Berat sendiri sloof
  - Berat dinding dan plesteran kemudian semua beban dijumlahkan untuk mendapatkan beban total, lalu dikalikan faktor untuk beban terfaktor.

$$M_u = 1,4 MD$$

$$M_u = 1,2 MD + 1,6 ML$$

(SNI03-2847-2013 : 7)

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan
4. Penulangan lentur lapangan

$$- d_{\text{eff}} = h - p - \phi_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan utama}}$$

- Menghitung nilai  $\rho$

$$\rho_{\text{pakai}} = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d} = f_y \cdot \rho - \frac{f_y^2}{1,7 f'_c} \cdot \rho^2$$

$$\frac{f_y^2}{1,7 f'_c} \rho^2 - f_y \cdot \rho + \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d} = 0$$

$$\rho = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Keterangan :

Mu = momen terfaktor pada penampang (kN.m)

b = lebar penampang (mm) diambil 1 m

d = tinggi efektif pelat (mm)

$\phi$  = faktor reduksi rencana

$$- A_s = \rho \cdot b \cdot d_{\text{eff}}$$

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

#### 5. Tulangan geser rencana

$$V = \left( \frac{\sqrt{f'_c}}{6} \right) \cdot b_w \cdot d$$

(SNI 03-2847-2013 : 891)

-  $V_u \leq \phi V_c$  ( tidak perlu tulangan geser)

$$S_{\text{maks}} = \frac{1}{2} \cdot d \text{ atau } h$$

$$AV_{\text{min}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{b \cdot s}{f_y}$$

$$AV_1 = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$S = \frac{Av_1}{Av_{\text{min}}}$$

S dan  $S_{\text{maks}}$  Diambil S terkecil diantara keduanya.

-  $V_u \geq \phi V_c$  (Perlu Tulangan Geser)

$$V_{S\text{perlu}} = \frac{V_{\text{rencana}} - \phi V_c}{\phi}$$

$$V_{S\text{perlu}} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f'_c}$$

$$V_{S\text{perlu}} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f'_c}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{1}{2} \cdot d \text{ atau } h$$

$$S = \frac{Av^1}{Avmin}$$

S dan  $S_{maks}$  Diambil S terkecil diantara keduanya.

- $V_u \leq \phi V_n$
- $V_n = V_c + V_s$
- $V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$

(SNI 03-2847-2013 : 96)

- $S_{perlu} = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{V_s}$

(SNI 03-2847-2013 : 99)

Keterangan :

$V_c$  = Kuat geser nominal yang disumbangkan beton

$V_u$  = Gaya geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

$V_n$  = Kuat geser nominal

$V_s$  = Kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

$A_v$  = Luas penampang tulangan geser total pada daerah sejarak  $s$ , 2  $A_s$  dimana  $A_s$  = luas penampang batang tulangan sengkang

$d$  = Jarak dari seret tekan terluar ke pusat tulangan tarik

### 2.3.8 Pondasi Tiang Pancang dan *Pilecap*

Pondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah terkuat terletak sangat dalam. Pondasi tiang juga digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan gaya angkat ke atas, terutama pada bangunan-bangunan tingkat tinggi yang dipengaruhi oleh gaya-gaya penggulingan akibat beban angin.

Pondasi tiang digunakan untuk beberapa maksud :

1. Untuk meneruskan beban bangunan yang terletak di atas air atau tanah lunak ke tanah pendukung yang kuat;

2. Untuk meneruskan beban ke tanah yang relatif lunak sampai kedalaman tertentu sehingga pondasi bangunan mampu memberikan dukungan yang cukup untuk mendukung beban tersebut oleh gesekan sisi tiang dengan tanah disekitarnya;
3. Untuk mengangker bangunan yang dipengaruhi oleh gaya angkat ke atas akibat tekanan hidrostatik atau momen penggulingan;
4. Untuk menahan gaya-gaya horizontal dan gaya yang arahnya miring;
5. Untuk memadatkan tanah pasir, sehingga kapasitas dukung tanah tersebut bertambah;
6. Untuk mendukung pondasi bangunan yang permukaan tanahnya mudah tergerus air.

Berdasarkan data hasil pengujian bor tanah, maka jenis pondasi yang dipilih adalah pondasi tiang pancang. Adapun Langkah-langkah perencanaan pondasi tiang pancang adalah sebagai berikut.

1. Perhitungan pondasi
  - a. Daya dukung izin berdasarkan:
    - Kekuatan bahan tiang pancang
    - Kekuatan tanah

$$Q_{\text{bahan}} = 0,3 \times f'c \times A_{\text{tiang}}$$

$$Q_{\text{izin}} = \frac{A_{\text{tiang}} \cdot P}{fb} + \frac{O.l.c}{fs}$$

2. Menentukan jumlah tiang
 
$$Q = (P \cdot 10\%) + P + \text{berat poer}$$

$$n = \frac{Q}{Q_{\text{min}}}$$

3. Menghitung jarak antar tiang

$$S = 1,5D - 3D$$

Keterangan :

S = jarak antar tiang

d = ukuran pile (tiang)

4. Menentukan efisiensi dan daya dukung kelompok tiang

$$- E_g = 1 - \frac{\theta}{90} \left\{ \frac{(n-1)m + (m-1)}{m.n} \right\}$$

$$- Q_{izin \text{ Grup}} = E_g \cdot Q_{izin} \cdot n \text{ (Daya dukung kelompok tiang)}$$

5. Menentukan kemampuan tiang terhadap sumbu X dan sumbu Y

$$P_{max} = \frac{\Sigma V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{max}}{n_y \cdot \Sigma X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{max}}{n_x \cdot \Sigma Y^2}$$

6. Pengangkatan Tiang pancang dengan 2 pola pengangkatan

7. Menentukan Pile Cap

- Kontrol kekuatan geser dua arah disekitar kolom dan tiang pancang

- Kontrol kekuatan geser satu arah

- Menentukan tulangan pokok pile Cap

$$\frac{M_u}{\phi b d^2} = f_{yp} - \frac{f_y^2 \rho^2}{1,7 f_c'}$$

$$A_{S_{total}} = \rho \cdot b \cdot h$$

$$A_{S'} = A_{S_{total}}/4$$

Jarak Tulangan

$$S = \frac{A_{s \text{ tulangan}}}{A_{s \text{ pakai}}}$$

- Menentukan tulangan sengkang

$$\phi V_c = \phi 0,17 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

$$V_u > \phi V_c \text{ (perlu tulangan sengkang)}$$

$$V_s = \phi \cdot \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$S = \frac{A_{v1}}{A_v} \cdot 1000 \text{ mm}$$

(SNI 03-2847-2013 : 307, 327)

8. Menentukan tulangan pasak

$$- \phi P_n = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A_g$$

$$- \phi P_n > P_u$$

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

$$- L_{db} = \frac{0,25 \cdot f_y \cdot d_b}{\sqrt{f_c'}}$$

$$- L1 = h - p - (2 \cdot \emptyset \text{ pondasi}) - \emptyset \text{ pasak}$$

$$L1 > Ldb, \text{ maka OK}$$

## 2.4 Pengelolaan Proyek

### 2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)

Sebagai kelengkapan dari dokumen tender, Rencana Kerja dan Syarat (RKS) ditempatkan sebagai dokumen penting selain gambar rencana. Keberadaannya sangat menentukan kepentingan dari berbagai pihak yang akan terlibat dalam realisasi pekerjaan, dimulai sejak tahap awal dari proses realisasi ide dari pemilik proyek (*owner*).

RKS ini diperlukan tidak hanya dalam proyek baru saja, namun juga diperlukan untuk pekerjaan perbaikan dan renovasi bangunan, pekerjaan pemeliharaan dan pekerjaan-pekerjaan lain yang spesifik seperti listrik, gas dan mesin. Umumnya isi dari RKS terdiri dari lima bagian, yaitu :

#### 1. Keterangan

Dalam bagian ini dipaparkan mengenai pihak-pihak yang terlibat didalamnya, yaitu pemberi tugas, konsultan, perencana, konsultan pengawas, kontraktor. Termasuk juga hak dan kewajiban dari setiap pihak yang terlibat. Hal yang kedua dituliskan lampiran-lampiran yang disertakan, dengan menyebutkan macam-macam gambar dan jumlah selengkapnyanya. Hal ini harus disampaikan sebagai tindakan antisipasi apabila dalam dokument tidak terdapat ketidak lengkapan gambar.

#### 2. Penjelasan Umum

Hal-hal yang dipaparkan dalam bagian ini antara lain adalah : (a) jenis pekerjaan, informasi tentang pekerjaan yang akan dikerjakan apakah itu bangunan gedung, bangunan jalan, jembatan dan lain sebagainya. (b) peraturan-peraturan yang akan digunakan baik yang bersifat nasional ataupun lokal, penjelasan mengenai berita acara penjelasan

pekerjaan dan keputusan akhir yang akan digunakan. (c) status dan batas-batas lokasi pekerjaan beserta patok duga yang digunakan. Hal ini adalah bagian terpenting pada saat kontraktor akan memulai pekerjaannya dikarenakan implikasi-nya sangat besar terhadap pelaksanaan pelaksanaan.

### 3. Peraturan Teknis

Peraturan teknis adalah rincian dari setiap bagian pekerjaan yang akan dilaksanakan dimulai pekerjaan persiapan sampai dengan finishing. Bisa juga disebut Metode Kerja Pelaksanaan Pekerjaan, bahan-bahan yang akan digunakan beserta persyaratannya.

### 4. Syarat Pelaksanaan

Syarat pelaksanaan adalah penjelasan lengkap mengenai : (a) Rencana Pelaksanaan Pekerjaan , misalnya pembuatan *Time Schedule*, Perlengkapan kantor, ketersediaan obat-obatan, peralatan pemadam kebakaran, Perlengkapan di lapangan sesuai dengan Peraturan Kesehatan dan Keselamatan Kerja. (b) Persyaratan dan Pemeriksaan bahan yang akan digunakan, baik secara visual maupun laboratorium beserta jumlah sample yg harus di uji. (c) Rencana Pengaturan Pelaksanaan ditempat pekerjaan, misalnya letak dan besar kantor proyek dan direksi, system aliran material di lokasi pekerjaan, letak peralatan konstruksi, lokasi barak pekerja, bengkel kerja, dan tempat-tempat penyimpanan material beserta sistemnya.

### 5. Peraturan Administrasi.

Peraturan administrasi adalah penjelasan tentang teknik dan tata cara administrasi yang harus dilakukan selama pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan instansi pemilik proyek. Ketentuan administrasi antara proyek swasta dan proyek pemerintah tentunya akan berbeda, esensinya adalah bagaimana cara mempertanggungjawabkan kepada

pihak lain. Dalam peraturan administrasi dibedakan pula antara peraturan administrasi keuangan dan teknis. Administrasi keuangan mencakup hal-hal sebagai berikut : Harga penawaran termasuk didalamnya biaya pelelangan, ketentuan apabila terjadi Pekerjaan tambah kurang, persyaratan yang harus dipenuhi dari setiap jenis jaminan yang digunakan (Tender bond, performance bond), ketentuan denda yang disebabkan karena keterlambatan, kelalaian pekerjaan, pemutusan kontrak dan pengaturan pembayaran kepada Kontraktor, resiko akibat kenaikan harga upah dan bahan. Administrasi Teknis memuat hal-hal sebagai berikut: ketentuan apabila terjadi perselisihan beserta cara-cara penyelesaiannya, syarat-syarat penawaran dan pelulusan pekerjaan, tata cara pelelangan, kelengkapan surat penawaran, ketentuan penyampaian dokumen penawaran dan sampul penawaran, syarat peserta lelang dan sangsi yang harus diberikan apabila terjadi pelanggaran, hak sanggah dan kegagalan pelelangan, serta persyaratan pengadaan Subkontraktor dan kualifikasinya. Hal lain yang dijelaskan adalah peraturan penyelenggaraan, misalnya pembuatan laporan kemajuan pekerjaan (progress), cara penyelenggaraan penyerahan pekerjaan dan cara pembuatan time schedule.

#### **2.4.2 Rencana Anggaran Biaya**

Rencana Anggaran Biaya ( RAB) merupakan estimasi biaya dalam proyek konstruksi yang ditunjukkan untuk memperkirakan nilai pembiayaan pada suatu proyek. Dalam proses konstruksi, RAB sendiri dibuat oleh berbagai pihak sesuai dengan kepentingan masing-masing, mulai dari pemilik (*owner*), Konsultan teknik (perencana), hingga kontraktor (pelaksana).

Dalam pembuatan RAB khususnya untuk proyek bangunan gedung, diperlukan metode sistematis, sehingga selain mendapatkan cara

kerja yang efisien juga memperoleh tingkat ketelitian yang baik. Berikut ini hal-hal yang perlu dipersiapkan untuk penyusunan RAB :

- Gambar rencana beserta detail gambar;
- Informasi harga bahan dan upah pekerjaan di lapangan untuk merencanakan kekeliruan dalam perhitungan;
- Akumulasi perhitungan volume pekerjaan;
- Harga satuan;
- *Safety Factor*;
- Biaya operasi dan perawatan;
- Peraturan pemerintah;
- Biaya tidak terduga;
- Letak bangunan.

a. Daftar Harga Satuan Upah dan Bahan

Harga satuan upah dan bahan yang digunakan adalah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum Palembang.

b. Perhitungan Volume

Perhitungan volume ialah menghitung jumlah banyaknya kuantitas pekerjaan dalam satu satuan. Volume juga disebut sebagai kubikasi pekerjaan. Jadi, volume suatu pekerjaan bukanlah merupakan volume (isi sesungguhnya), melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam satu kesatuan. (Bachtiar Ibrahim, 2001:23)

c. Analisa Harga Satuan

Pada analisa harga satuan, perhitungan yang digunakan adalah perhitungan berdasarkan analisa SNI. Di dalam perhitungan analisa harga satuan terdapat 3 harga satuan, yaitu harga satuan bahan, harga satuan upah, dan harga satuan pekerjaan. Harga satuan pekerjaan didapat dari analisa bahan dan upah.

d. Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya berisikan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan, upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut, seperti keuntungan, biaya perencanaan, biaya pengawasan, serta biaya izin mendirikan bangunan (IMB).

e. Rekapitulasi RAB

Rekapitulasi RAB adalah penjumlahan dari rencana anggaran biaya dari semua pekerjaan dari proyek pembangunan.

### 2.4.3 Rencana Kerja (*Time Schedule*)

Jadwal pelaksanaan (*Time Schedule*) adalah suatu alat pengendalian prestasi pelaksanaan proyek secara menyeluruh agar pelaksanaan proyek tersebut berjalan dengan lancar. Secara umum setiap proyek pasti membutuhkan suatu penjadwalan atau *schedule* dalam tahapan phase perencanaan, secara singkat penjadwalan atau *schedule* konstruksi merupakan suatu cara untuk menentukan dan menetapkan waktu pelaksanaan item pekerjaan serta alokasi sumber daya yang akan digunakan, dikenal dengan istilah “*man power, material, equipment*” atau dalam Bahasa Indonesia disebut “tenaga manusia, material, dan peralatan” selama proses konstruksi.

1. Fungsi Rencana Kerja

- a. Sebagai pedoman kontraktor untuk melaksanakan suatu pekerjaan dan sebagai pedoman direksi untuk mengontrol apakah suatu pekerjaan berlangsung sesuai jadwal atau tidak.
- b. Sebagai pedoman untuk mengevaluasi suatu pekerjaan yang telah diselesaikan.
- c. Sebagai pedoman untuk mengatur kecepatan suatu pekerjaan.
- d. Untuk menentukan tahap-tahap pekerjaan sesuai dengan urutan waktu pelaksanaan.

- e. Untuk memperkirakan biaya yang harus disediakan dalam jangka waktu tertentu, serta untuk memperkirakan jumlah tenaga kerja, jumlah dan macam peralatan, serta material yang digunakan.

## 2. Jenis Rencana Kerja

Dalam proyek konstruksi terdapat beberapa jenis model instrumen penjadwalan yang biasa digunakan baik untuk proyek yang berskala kecil sampai yang besar baik yang bersifat formal maupun non formal. Secara umum dalam proyek konstruksi sering kita temukan jenis penjadwalan atau schedule berupa penjadwalan diagram batang/*Gantt Chart* dan kurva S yang berfungsi memproyeksikan kemajuan progres bobot pekerjaan dan waktu pelaksanaan. Namun jika dikaji secara luas model penjadwalan memiliki beberapa jenis dan fungsi yang dapat digunakan dalam proses perencanaan maupun selama proses konstruksi berlangsung, Ada beberapa bentuk time schedule dalam proyek konstruksi, diantaranya :

### a. Network Planning (Jaringan Kerja)

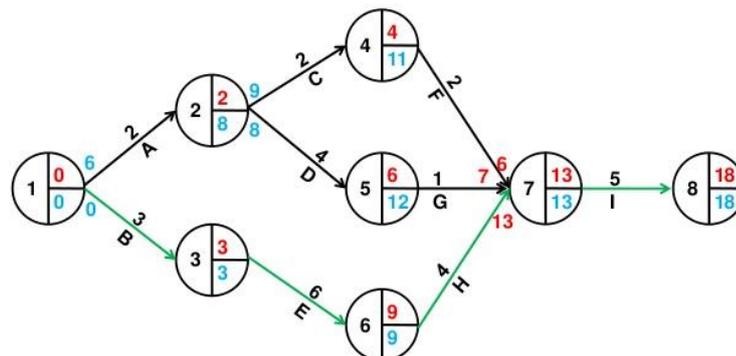
Network Planning (NWP) adalah suatu pengendalian pekerjaan di lapangan yang ditandai dengan simbol tertentu berupa urutan kegiatan dalam suatu proyek yang berfungsi untuk memperlancar pekerjaan.

Adanya network ini menjadikan sistem manajemen dapat menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan yang harus didahulukan, bila perlu dilembur (tambah biaya), pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesanya sehingga alat dan orang dapat digeser ke tempat lain demi efisiensi waktu dan biaya yang paling efisien. Di samping itu network juga dapat dipergunakan sebagai alat pengawasan yang cukup baik untuk menyelesaikan proyek tersebut.

Ada beberapa hal yang harus dilakukan terlebih dahulu dalam membuat metode jaringan kerja (Callahan 1992), yaitu :

- Menentukan aktivitas/kegiatan;
- Menentukan durasi aktivitas/kegiatan;
- Mendeskripsikan aktivitas kegiatan;
- Menentukan hubungan yang logis.

Model jaringan kerja bisa berupa *Critical Path Method* (CPM), *Precedence Diagram Method* (PDM) dan *Program Evaluation Review Technique* (PERT). Ketiga model jaringan kerja tersebut disesuaikan dengan jenis proyek yang akan dikerjakan misalnya untuk metode PERT lebih ideal gunakan jika proyek masih tergolong baru dimana waktu estimasi penjadwalannya masih belum pasti dimana perobabilitas waktu pelaksanaannya dapat lebih cepat ataupun lama.



**Gambar 2.30** *Critical Path Method*

Penggunaan simbol-simbol pada *network planning* :

- $\longrightarrow$  : Arrow yang berfungsi untuk menunjukkan suatu kegiatan yang membutuhkan waktu
- $\Longrightarrow$  : Double Arrow yang berfungsi untuk menunjukkan suatu kegiatan di lintasan kritis (*Critical Path*)

- ○ : Node yang berfungsi untuk menunjukkan kejadian. Kejadian merupakan penghubung antar kegiatan.
- - - - - ➔ : Dummy yang berfungsi untuk menunjukkan kegiatan semu. Kegiatan semu adalah kegiatan yang tidak memerlukan atau memiliki durasi dan tidak mempunyai nama kegiatan serta menunjukkan kegiatan yang mempunyai hubungan ketergantungan antar kegiatan.

b. *Barchart*

*Barchart* ditemukan oleh Gantt dan Fredrick W. Taylor dalam bentuk bagan balok, dengan panjang balok sebagai representasi dari durasi setiap kegiatan. Format bagan balok informatif, mudah dibaca dan efektif untuk komunikasi serta dapat dibuat dengan mudah dan sederhana. Bagan balok terdiri atas sumbu y yang menyatakan kegiatan atau paket kerja dari lingkup proyek, sedangkan sumbu x menyatakan satuan dalam hari, minggu, atau bulan sebagai durasinya.

WAKTU PELAKSANAAN (TIME SCHEDULE)  
PROYEK PEMBANGUNAN .....

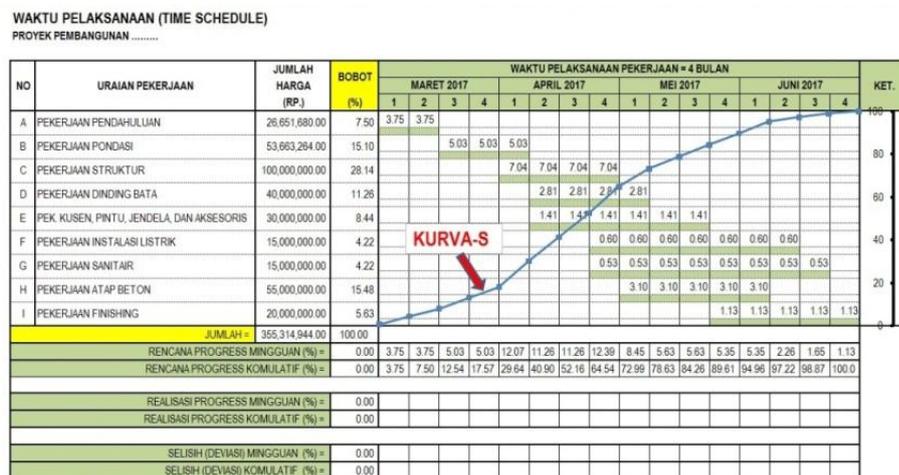
NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA (RP.)	BOBOT (%)	WAKTU PELAKSANAAN PEKERJAAN = 4 BULAN																KET.					
				MARET 2017				APRIL 2017				MEI 2017				JUNI 2017									
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4						
A	PEKERJAAN PENDAHULUAN	26,651,680.00	7.50	3.75	3.75																				
B	PEKERJAAN PONDASI	53,663,264.00	15.10			5.03	5.03	5.03																	
C	PEKERJAAN STRUKTUR	100,000,000.00	28.14					7.04	7.04	7.04	7.04														
D	PEKERJAAN DINDING BATA	40,000,000.00	11.26							2.81	2.81	2.81	2.81												
E	PEK. KUSEN, PINTU, JENDELA DAN AKSESORIS	30,000,000.00	8.44							1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41										
F	PEKERJAAN INSTALASI LISTRIK	15,000,000.00	4.22									0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60							
G	PEKERJAAN SANITAIR	15,000,000.00	4.22									0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53							
H	PEKERJAAN ATAP BETON	55,000,000.00	15.48											3.10	3.10	3.10	3.10								
I	PEKERJAAN FINISHING	20,000,000.00	5.63													1.13	1.13	1.13	1.13						
JUMLAH =		355,314,944.00	100.00																						
RENCANA PROGRESS MINGGUAN (%) =				0.00	3.75	7.50	12.54	17.57	29.64	40.90	52.16	64.54	72.99	78.63	84.26	89.61	94.96	97.22	98.87	100.00					
RENCANA PROGRESS KOMULATIF (%) =				0.00	3.75	7.50	12.54	17.57	29.64	40.90	52.16	64.54	72.99	78.63	84.26	89.61	94.96	97.22	98.87	100.00					

Gambar 2.31 *Barchart*

### c. Kurva S

Kurva S adalah sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanumm atas dasar pengamatan terhadap sejumlah besar proyek sejak awal hingga akhir proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang dipresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek.

Kurva S umumnya berguna dalam memonitoring kemajuan pekerjaan dalam pelaksanaan konstruksi guna bermanfaat dalam memberikan bukti laporan atas proses administrasi pembayaran kepada pihak pemilik/owner berdasarkan kemajuan proyek yang telah dikerjakan serta dapat mengetahui kemajuan kinerja waktu pelaksanaan proyek apakah proyek mengalami kemajuan waktu pekerjaan atau keterlambatan/varian kurva S.



Gambar 2.32 Kurva S

Adapun langkah-langkah pembuatan Kurva S di Ms. Excel diantaranya sebagai berikut:

1. Buka lembar Ms. Excel yang berdampingan dengan RAB (Rencana Anggaran Biaya) untuk memudahkan dalam melakukan *link* volume, harga satuan, dan jenis satuan pekerjaan yang tercantum pada RAB.
2. Menentukan jadwal (waktu penyelesaian) dari masing-masing item pekerjaan.
3. Menghitung bobot (persentase) dari masing-masing pekerjaan, yaitu perbandingan antara biaya masing-masing item pekerjaan tersebut terhadap biaya total.
4. Mendistribusikan bobot kegiatan secara merata, yaitu dengan membagi bobot dengan durasi masing-masing item pekerjaan tersebut, sehingga diperoleh bobot per satuan waktu.
5. Menjumlahkan bobot kegiatan yang terdistribusi tersebut secara kumulatif untuk setiap satuan waktu, yaitu dari waktu permulaan proyek sampai dengan waktu penyelesaian proyek.
6. Menuliskan nilai hasil penjumlahan tersebut pada bagian bawah diagram batang.
7. Plot titik-titik pada diagram batang sesuai dengan nilai hasil penjumlahan untuk masing-masing waktunya.
8. Hubungkan titik-titik yang telah diplot, maka kurva S akan terbentuk.