

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Kegiatan perancangan adalah suatu kegiatan yang sangat pokok dan penting sebelum melaksanakan sebuah proyek. Terjadinya kesalahan pelaksanaan ataupun metode kerja yang tidak berurutan akan memberikan kerugian pada proyek. Perancangan yang tepat dan matang akan memudahkan dalam mencapai tujuan utama sebuah pekerjaan konstruksi, yaitu tepat waktu, tepat mutu, serta tepat biaya. Pada umumnya perancangan yang dilaksanakan dalam sebuah proyek konstruksi terdiri dari tiga macam :

- a. Perancangan Arsitektur
- b. Perancangan Struktur
- c. Perancangan Mekanikal, Elektrikal, dan Plumbing

Suatu konstruksi yang dibangun harus memenuhi berbagai syarat konstruksi yang telah ditentukan yaitu, kuat (kokoh), bentuk yang serasi dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang ekonomis tetapi tidak mengurangi mutu dari konstruksi tersebut, sehingga dapat digunakan sesuai dengan fungsi yang diinginkan. Perancangan adalah suatu kegiatan yang sangat penting sebelum dilakukannya pelaksanaan proyek. Kesalahan dalam perancangan akan mengakibatkan terjadinya kegiatan dalam suatu proyek. Perancangan yang baik dan sangat matang tidak hanya dapat mengurangi kerugian tetapi juga dalam menghasilkan konstruksi yang baik dan aman serta dapat menghemat waktu dan tenaga dalam pengerjaannya. Ada tiga aspek yang harus diperhatikan perencana dalam melakukan analisis struktur yakni beban, kekuatan bahan dan keamanan. Pada perancangan struktur gedung perlu dilakukan studi pustaka untuk mengetahui susunan fungsional, sistem struktur yang akan digunakan dan bagaimana strategi yang digunakan agar tahap pengerjaan struktur lebih efektif dan efisien.

## **2.2 Ruang Lingkup Perancangan**

Ruang lingkup perancangan meliputi beberapa tahapan yaitu tahap persiapan, tahap studi kelayakan, tahap desain bangunan tahap perhitungan struktur, dan tahap perhitungan biaya.

### **2.2.1 Perancangan Konstruksi**

Struktur adalah suatu kesatuan dan rangkaian dari beberapa elemen yang direncanakan agar mampu menerima beban luar maupun berat sendiri tanpa mengalami perubahan bentuk yang melampaui batas persyaratan. Struktur berfungsi sebagai kerangka bangunan yang menopang semua beban yang diterima oleh bangunan tersebut. Ada dua struktur pendukung selain struktur utamanya beton bertulang, yang biasanya terdapat pada sebuah bangunan, antara lain sebagai berikut :

1. Struktur bangunan atas (*upper structure*)

Struktur bangunan atas harus mampu mewujudkan perencanaan estetika dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi struktur yaitu keamanan maupun kenyamanan bagi penggunaannya. Adapun struktur atas dari suatu bangunan antara lain : struktur atap, struktur pelat lantai, struktur tangga, struktur portal, serta struktur kolom.

2. Struktur bangunan bawah (*sub structure*)

Struktur bangunan bawah merupakan sistem pendukung bangunan yang menerima beban dari struktur atas, untuk diteruskan ke tanah yang berada dibawahnya. Adapun struktur bawah pada suatu bangunan yaitu : struktur sloof dan struktur pondasi.

### **2.2.2 Dasar-Dasar Perancangan Konstruksi**

Penyelesaian perhitungan dan Perancangan Gedung Rawat Inap Rumah Sakit Umum Daerah Dr. H. Ibnu Sutowo Baturaja Sumatera Selatan ini berpedoman pada peraturan - peraturan yang telah ditetapkan dan berlaku di Indonesia, diantaranya :

1. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013). Pedoman ini digunakan sebagai acuan dalam syarat perancangan dan pelaksanaan struktur beton pada bangunan gedung.
2. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013). Pedoman ini digunakan untuk menentukan beban minimum suatu konstruksi bangunan terhadap perencanaan konstruksi yang akan dilakukan.
3. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (SNI 03-1727-1989).
4. Pedoman Perancangan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung, (SKBI 1.3.53.1987). Pedoman ini digunakan untuk menentukan beban yang diizinkan untuk merencanakan bangunan gedung, yang memuat beban-beban yang harus diperhitungkan dalam perancangan bangunan.

### **2.3 Metode Perhitungan Struktur**

Dalam pekerjaan suatu konstruksi bangunan, diperlukan beberapa metode perhitungan struktur agar hasil perhitungan dapat menjadi acuan dan konstruksi dapat menahan beban dengan sempurna, baik berupa beban sendiri maupun beban-beban lainnya. Berikut ini adalah struktur bangunan yang memerlukan perhitungan struktur:

#### **2.3.1 Perancangan Pelat**

Menurut Ali Asroni dalam buku Balok dan Plat Beton Bertulang, (2010) yang di maksud dengan plat beton bertulang yaitu struktur tipis yang di buat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Ketebalan bidang plat ini relatif kecil apabila di dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya plat beton bertulang ini sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bangunan gedung, plat ini berfungsi sebagai diafragma/unsur pengaku dalam suatu struktur.

Pelat lantai adalah struktur yang pertama kali menerima beban, baik itu beban mati maupun beban hidup yang kemudian di salurkan ke sistem struktur rangka yang lain. Adapun beban-beban yang bekerja pada pelat, antara lain:

a. Beban Mati ( $W_d$ )

- Beban sendiri pelat atap
- Beban yang diterima oleh pelat akibat adanya adukan mortar, plafond dan penggantung plafond

b. Beban Hidup ( $W_l$ )

- Beban hidup untuk pelat atap diambil  $0,96 \text{ kN/m}^2$  dan pelat lantai sebesar  $2,87 \text{ kN/m}^2$  (Berdasarkan SNI 1727 tahun 2013 beban hidup untuk rumah sakit)

Struktur pelat pada suatu gedung terdapat dua jenis yaitu pelat atap dan pelat lantai. Berikut adalah pembahasan mengenai plat :

1. Pelat Atap Dak

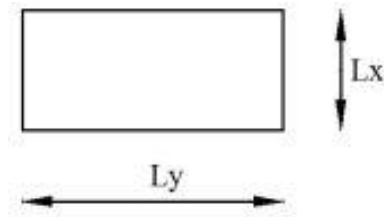
Struktur pelat atap dak sama dengan struktur pelat lantai, hanya saja berbeda dalam hal pembebanannya. Beban yang bekerja pada pelat atap lebih kecil bila dibanding dengan pelat lantai. Strukturnya adalah struktur pelat dua arah, sama dengan pelat lantai.

2. Pelat Lantai

Pelat beton bertulang dalam suatu struktur dipakai pada lantai, pada pelat ruang ditumpu balok pada keempat sisinya terbagi dua berdasarkan geometrinya, yaitu :

a. Pelat satu arah (One Way Slab)

Pelat satu arah adalah pelat yang ditumpu hanya pada kedua sisinya yang berlawanan saja dan beban-beban ditahan oleh pelat dalam arah yang tegak lurus terhadap balok-balok penunjang (Dipohusodo, 1996).



**Gambar 2.1** Pelat Satu Arah

Langkah-langkah perancangan pelat satu arah adalah sebagai berikut:

1. Penentuan Tebal Pelat

Penentuan tebal pelat satu arah tergantung pada beban atau momen lentur yang bekerja, defleksi yang terjadi dan kebutuhan kuat geser yang dituntut (Dipohusodo, 1996).

**Tabel 2.1** Tabel Minimum Balok Non-Prategang atau Pelat Satu Arah bila Lendutan tidak dihitung

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menrus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$\ell/20$	$\ell/24$	$\ell/28$	$\ell/10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$\ell/16$	$\ell/18,5$	$\ell/21$	$\ell/8$
<b>CATATAN:</b>				
Panjang bentang dalam mm.				
Nilai yang diberikan harus digunakan untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasikan sebagai berikut :				
(a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis ( <i>equilibrium density</i> ), $W_c$ , diantara 1440 sampai 1840 kg/m <sup>3</sup> , 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 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung hal 51)

2. Menghitung beban mati pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung momen rencana ( $W_u$ ).

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

Dimana :

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

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

3. Menghitung momen rencana ( $M_u$ )

Baik dengan cara tabel atau analisis, metode berikut ini digunakan untuk menentukan momen lentur dan gaya geser dalam perancangan balok menerus dan pelat satu arah, yaitu pelat beton bertulang dimana tulangnya hanya direncanakan untuk memikul gaya-gaya dalam satu arah, selama :

- a) Jumlah minimum bentang yang ada haruslah minimum dua (2)
  - b) Memiliki panjang bentang yang tidak terlalu berbeda, dengan rasio panjang bentang terbesar terhadap panjang bentang terpendek dari dua bentang yang bersebelahan tidak lebih dari 1,2
  - c) Beban yang bekerja merupakan beban terbagi rata
  - d) Beban hidup per satuan panjang tidak melebihi tiga kali beban mati per satuan panjang
4. Memperkirakan tinggi efektif ( $d_{eff}$ )

Untuk beton bertulang, tebal selimut minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

**Tabel 2.2** Tebal Selimut Beton Minimum

Kriteria		Tebal selimut minimum (mm)
a)	Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b)	Batang D-19 hingga D56.....	50
	Batang D-16, jarang kawat polos P16 atau kawat ulir D-16 dan yang lebih kecil .....	40
c)	Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton tidak langsung berhubungan dengan tanah :	
	Pelat, dinding, pelat berusuk :	40
	Batang D-44 dan D-56 .....	20
	Batang D-36 dan yang lebih kecil .....	
	<u>Balok, kolom :</u>	40
	Tulangan umum, pengikat, sengkang, lilitan spiral...	
	<u>Komponen struktur cangkang pelat lipat :</u>	20
Batang D-19 dan yang lebih besar .....		
Batang D-16, jarang kawat polos P-16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil .....	15	

(Sumber : SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Gedung, Butir 7.7.1 hal 51)

#### 5. Menghitung $K_{perlu}$

Cara menghitung  $K_{perlu}$  dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$K_{perlu} = \frac{M_u}{\phi \times b \times D_{eff}^2}$$

Dimana:

$K_{perlu}$  = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan (MPa)

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

$b$  = Lebar penampang (mm)

$D_{eef}$  = Tinggi efektif pelat (mm)

$\emptyset$  = Faktor kuat rencana

6. Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ )

$$\rho = \frac{f'c}{f_y} \left( 0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot M_u}{\phi \cdot f'c \cdot b \cdot d^2}} \right)$$

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 ( Sumber SNI 2847:2013,66)

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

- 1) Jika  $\rho < \rho_{min}$ , maka menggunakan  $\rho_{min}$  dan  $A_s$  yang digunakan  $A_{Smin}$   
 $\rho_{min}$  untuk pelat lantai adalah 0,0018 berdasarkan SNI 2847:2013,57.
- 2) Jika  $\rho > \rho_{max}$ , maka pelat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang

7. Hitung  $A_s$  yang diperlukan

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

8. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan suhu dan susut dengan menggunakan tabel. Struktur pelat satu arah, harus disediakan tulangan susut dan suhu yang memiliki arah tegak lurus terhadap tulangan lentur. Persyaratan ini diatur dalam SNI 2847:2013 pasal 7.12. Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton seperti ditunjukkan dalam tabel 2.3, namun tidak kurang dari 0,0014 :



**Tabel 2.3** Persyaratan Tulangan Susut dan Suhu untuk Pelat

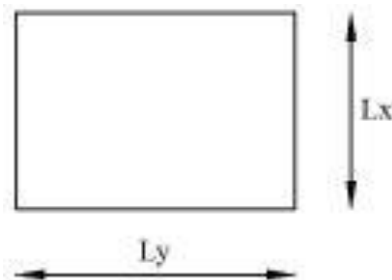
Pelat yang menggunakan tulangan ulir dengan mutu $f_y = 280$ atau $350$ MPa	0,0020
Pelat yang menggunakan tulangan ulir atau jarring kawat las dengan mutu $f_y = 420$ MPa	0,0018
Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan luluh melebihi $420$ MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar $0,35\%$	$0,0018 \times \frac{420}{f_y}$

(Sumber : SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Gedung, hal 57)

Kecuali untuk pelat rusuk, maka jarak antar tulangan utama pada pelat tidak tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab, atau tidak lebih jauh dari  $450$  mm.

b. 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 penintang (Dipohusodo,1996). Suatu pelat dikatakan pelat dua arah apabila  $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$ , dimana  $L_y$  merupakan sisi terpanjang dan  $L_x$  adalah sisi terpendek pelat yang ditinjau.

**Gambar 2.2** Pelat Dua Arah

Langkah-langkah perancangan pelat dua arah (metode koefisien momen) :

1. Menentukan tebal pelat

**Tabel 2.4** Tabel Minimum Pelat Dua Arah

Tegangan lelah, $f_y$ MPa	Tanpa penebalan					
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
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	$\ell_n/28$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/34$	$\ell_n/34$

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.

Untuk  $f_y$  antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier .

Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5

Pelat dengan balok diantara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior.

Nilai  $\alpha_f$  untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

(Sumber : SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Gedung Tabel 9.5 (c) hal 72)

2. Untuk  $\alpha_{fm}$  lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, maka  $h$  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

3. Untuk  $\alpha_{fm}$  lebih besar dari 0,2, 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 125 mm

4. 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 :

$Ln$  = 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

3. Menghitung beban yang bekerja pada pelat (beban mati dan beban hidup). Pada tahap ini, menghitung beban mati yang dipikul pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung momen rencana. Kemudian hasil perhitungan akibat beban mati dan beban hidup dikali dengan faktor beban untuk mendapatkan nilai beban terfaktor.

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

Dimana :

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

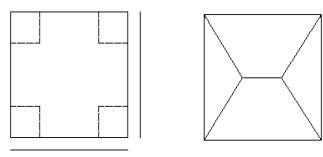
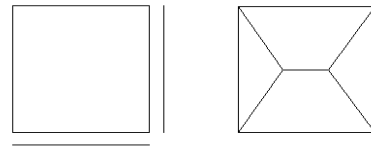
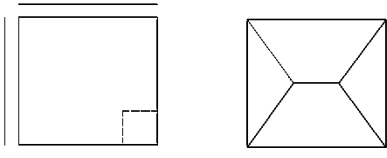
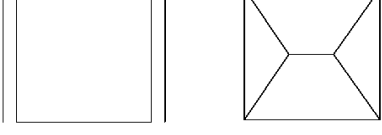
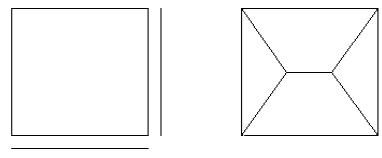
$W_L$  = Jumlah beban hidup pelat (kN/m)

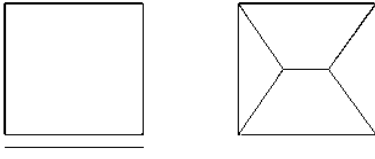
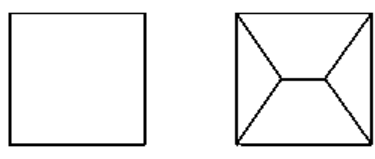
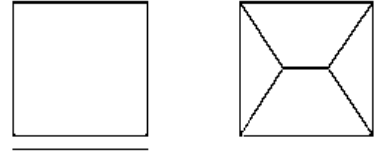
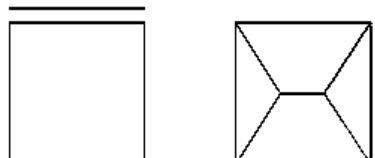
$W_U$  = Jumlah beban terfaktor (kN/m)

4. Menghitung momen rencana ( $M_u$ )

Menghitung momen yang bekerja pada arah x dan y, dengan menggunakan metode koefisien momen pelat.

**Tabel 2.5** Momen yang menentukan per meter lebar dalam jalur tengah pada Pelat Dua Arah Akibat Beban Terbagi Rata

Skema	Momen Per Meter Lantai
	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$
	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$
	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$
	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$

	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$
	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{ty} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$
	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{ty} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$
	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$

d

(Sumber : Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma 1993, hal 26 )

Pada tabel 2.5 ini menunjukkan momen lentur yang bekerja pada jalur yang ditinjau selebar 1 meter, masing-masing pada arah x dan pada arah y:

$M_{lx}$  = Momen lapangan maksimum per meter lebar di arah x

$M_{ly}$  = Momen lapangan maksimum per meter lebar di arah y

$M_{tx}$  = Momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah x

$M_{ty}$  = Momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah y

$M_{tix}$  = Momen jepit tak terduga (insedentil) per meter lebar di arah x

$M_{tiy}$  = Momen jepit tak terduga (insedentil) per meter lebar di arah y

Seperti pada pelat satu arah yang menerus, pemakaian table ini dibatasi beberapa syarat :

- 1) Beban terbagi rata
- 2) Perbedaan yang terbatas antara besarnya beban maksimum dan minimum pada panel (atau lekukan) di pelat :

$$W_{u \text{ min}} \geq 0,4 W_{u \text{ maks}}$$

- 3) Perbedaan yang terbatas antara beban maksimal pada panel yang berbeda-beda

$$W_{u \text{ maks terkecil}} \geq 0,8 \text{ kali } W_{u \text{ maks terbesar}}$$

- 4) Perbedaan yang terbatas pada panjang bentang : yaitu bentang terpendek  $\geq 0,8$  x beban terpanjang

6. Mencari tebal efektif pelat ( $d_{\text{eff}}$ )

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

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

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 :

**Tabel 2.6** Tebal Selimut Beton Minimum

a) Beton yang dicor langsung diatas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca : Batang tulangan D-19 hingga D-57	50
Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos dan yang lebih kecil	40
c) Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah : Slab, dinding, balok usuk :	40
Batang tulangan D-44 dan D-57	20

Batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil	
Balok, kolom	40
Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral	
Komponen struktur cangkang, pelat lipat:	20
Batang tulangan D-19 dan yang lebih besar	13
Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos dan yang lebih kecil	

(Sumber : SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Gedung, hal 51)

7. Mencari nilai koefisien tahanan ( $k$ )

$$K_{\text{perlu}} = \frac{Mu}{\phi \times b \times Deff^2}$$

Dimana :

$K_{\text{perlu}}$  = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan (MPa)

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

$B$  = Lebar penampang (mm)

$Deff$  = Tinggi efektif pelat (mm)

$\phi$  = Faktor kuat rencana

8. Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ )

$$\rho = \frac{f'c}{fy} \left( 0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot Mu}{\phi \cdot f'c \cdot b \cdot d^2}} \right)$$

Keterangan :

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

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

$d$  = tinggi efektif (mm)

$\phi$  = Faktor reduksi rencana ( Sumber SNI 2847:2013,66)

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

- 1) Jika  $\rho < \rho_{\text{min}}$ , maka menggunakan  $\rho_{\text{min}}$  dan  $A_s$  yang digunakan  $A_{s\text{min}}$   
 $\rho_{\text{min}}$  untuk pelat lantai adalah 0,0018 berdasarkan SNI 2847:2013,57.

- 2) Jika  $\rho < \rho_{max}$ , maka pelat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang
9. Hitung As (Luas Penampang Tulangan) yang diperlukan
- 1) As Pakai  $= \rho_{pakai} \cdot b \cdot d$
  - 2) As Minimum  $= 0,0018 \cdot b \cdot h$   
(Digunakan 0,0018 karena tulangan yang digunakan merupakan jenis ulir)
10. Memilih tulangan baja pokok yang akan dipasang dengan menggunakan tabel. Untuk tulangan pokok harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari 3 kali tebal pelat atau 450 mm.

### 2.3.2 Perancangan Tangga

Tangga adalah salah satu bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat penghubung lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan yang bertingkat dalam kegiatan tertentu. Tangga dapat terbuat dari kayu, pasangan batu, baja, besi, maupun beton. Bagian – bagian tangga antara lain sebagai berikut:

#### 1. Pondasi Tangga

Sebagai dasar tumpuan (landasan) agar tangga tidak mengalami penurunan pergeseran. Pondasi tangga bisa dari pasangan batu kali, beton bertulang atau kombinasi dari kedua bahan dan pada dibawah pangkal tangga harus diberi balok anak sebagai pengaku pelat lantai, agar lantai tidak menahan beban terpusat yang besar.

#### 2. Ibu Tangga

Merupakan bagian dari tangga sebagai konstruksi pokok yang berfungsi untuk mendukung anak tangga.

#### 3. Anak Tangga

Anak tangga berfungsi sebagai bertumpunya telapak kaki, dibuat dengan jarak yang sama dan selisih tinggi (trap) dibuat, supaya kaki yang melangkah



menjadi nyaman, enak untuk melangkah, bentuk anak tangga dapat divariasikan sesuai selera pemilik atau arsiteknya.

#### 4. Pagar Tangga

Pagar tangga atau reilling tangga adalah bagian dari struktur tangga sebagai pelindung yang diletakkan disamping sisi tangga dan di pasang pada/ diatas ibu tangga untuk melindungi agar orang tidak terpelosok jatuh. Pagar tangga dapat dibuat dengan macam - macam variasi agar lebih artistik dan pada lantai tingkat disekitar lubang tangga harus dipasang juga pagar pengaman agar penghuni tidak terjerumus jatuh.

#### 5. Penggunaan Tangga

Merupakan batang yang di pasang sepanjang anak tangga untuk bertumpunya tangan agar orang turun naik tangga merasa lebih aman, pegangan tangga bertumpu pada tiang - tiang tangga yang tertanam kuat pada ibu tangga.

#### 6. Bordes

Adalah pelat datar diantara anak - anak tangga sebagai tempat beristirahat sejenak, bordes di pasang pada bagian sudut tempat peralihan arah tangga yang berbelok. Untuk rumah tinggal, lebar bordes antara 80 - 100 cm dan untuk bangunan umum, lebar bordesnya dibuat antara 120 - 200 cm. Dapat dibuat dengan 3 model, yaitu Bordes tangga lurus, bordes tangga L dan bordes tangga U.

Macam - macam bentuk tangga adalah sebagai berikut:

1. Bentuk tangga dapat disesuaikan dengan beda tinggi lantai dan ruangan yang tersedia. Untuk menambah suasana yang harmonis dalam ruangan, bentuk tangga juga sebaiknya dibuat indah dan serasi dengan interior ruangan.
2. Dengan makin majunya tingkat kebudayaan manusia, perkembangan teknologi yang memproduksi bahan dan alat bangunan, ide para seniman, maka bentuk tangga makin lama makin berkembang bervariasi, bahkan dewasa ini bentuk sudah merupakan seni tersendiri.
3. Bentuk tangga yang umum banyak dipakai, yaitu:
  - 1) Tangga lurus

- 2) Tangga miring
- 3) Tangga lengkung
- 4) Tangga siku
- 5) Tangga lingkaran

Secara umum, konstruksi tangga harus memenuhi syarat-syarat seperti berikut :

1. Syarat umum tangga

Syarat-syarat umum tangga di antaranya dapat ditinjau dari segi, seperti berikut :

a. Penempatan

- 1) Penempatan tangga diusahakan sehemat mungkin menggunakan ruangan.
- 2) Mudah ditemukan oleh banyak orang dan mendapatkan sinar matahari pada waktu siang hari.
- 3) Diusahakan penempatan tidak mengganggu atau menghalangi lalu lintas orang banyak (untuk tangga di tempat-tempat yang ramai).

b. Kekuatannya

- 1) Bila menggunakan bahan kayu, hendaknya menggunakan kayu kelas I atau II agar nantinya tidak terjadi pelenturan atau goyang.
- 2) Tangga harus kokoh dan stabil (kuat) bila dilalui oleh sejumlah orang dan/atau barang sesuai dengan perencanaan.

c. Bentuknya

- 1) Sudut kemiringan untuk konstruksi tangga tidak boleh lebih dari  $45^\circ$ .
- 2) Bentuk konstruksi tangga diusahakan sederhana, layak, sehingga dapat dikerjakan dengan cepat dan mudah serta hemat biaya.
- 3) Bentuk konstruksi tangga diusahakan rapi dan indah.

2. Syarat-syarat khusus tangga :

Syarat-syarat khusus konstruksi tangga diantaranya sebagai berikut :

a. Untuk bangunan rumah tinggal

- |         |                    |
|---------|--------------------|
| Antride | = 25 cm (minimum)  |
| Optride | = 20 cm (maksimum) |

- Lebar tangga = 80 – 100 cm
- b. Untuk perkantoran dan lain-lain
- Antride = 25 cm (minimum)
- Optride = 17 cm (maksimum)
- Lebar tangga = 120 – 200 cm
- c. Syarat langkah
- 2 opride + 1 antride = 57 s/d 65 cm
- d. Sudut kemiringan tangga
- Maksimum = 45°
- Minimum = 20°

Adapun langkah – langkah perhitungan dalam perencanaan tangga adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan tangga
  - a. Menentukan panjang tangga, jumlah antride, dengan mengasumsikan tinggi opride

$$\text{Jumlah antride} = \frac{h}{\text{tinggi opride}}$$

- b. Menentukan antride dan tinggi opride yang sebenarnya

$$\text{Tinggi opride sebenarnya} = \frac{h}{\text{jumlah opride}}$$

$$\text{Antrede} = Ln - 2 \text{ opride}$$

- c. Menentukan sudut kemiringan tangga

$$\text{Arc tan } \theta = \frac{\text{optride}}{\text{antride}}$$

- d. Menentukan tebal pelat tangga

$$h_{\min} = \frac{1}{28} L$$

2. Menentukan pembebanan pada anak tangga

- a. Beban mati ( $W_D$ )

- 1) Berat anak tangga

Berat 1 anak tangga (Q) per m'

$$Q = \frac{1}{2} \times \text{antrede} \times \text{optrede} \times 1 \text{ m} \times \gamma_{\text{beton}} \times \frac{\text{Jumlah anak tangga}}{\text{meter}}$$

## 2) Berat sendiri bordes

Berat sendiri bordes = tebal pelat bordes  $\times \gamma_{\text{beton}}$   $\times$  1 meter

## 3) Berat penutup lantai (ubin + spesi), berat adukan

b. Beban hidup ( $W_L$ )

Beban hidup yang bekerja pada tangga yaitu 1,33 kN/m (SNI 1727:2013)

## 3. Menghitung gaya – gaya yang bekerja dengan menggunakan Program SAP2000.

## 4. Perhitungan tulangan tangga dan bordes

a. Menghitung tinggi efektif ( $d_{\text{eff}}$ )

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

b. Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ )

$$\rho = \frac{f'c}{f_y} \left( 0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot Mu}{\phi \cdot f'c \cdot b \cdot d_{\text{eff}}^2}} \right)$$

Keterangan :

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

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

$d$  = tinggi efektif (mm)

$\phi$  = Faktor reduksi rencana ( Sumber SNI 2847:2013,66)

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

1) Jika  $\rho < \rho_{\text{min}}$ , maka menggunakan  $\rho_{\text{min}}$  dan  $A_s$  yang digunakan  $A_{s\text{min}}$

$\rho_{\text{min}}$  untuk pelat lantai adalah 0,0018 berdasarkan SNI 2847:2013,57.

2) Jika  $\rho > \rho_{\text{max}}$ , maka pelat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang

c. Menghitung  $A_s$  yang diperlukan

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

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

$\rho$  = Rasio penulangan

$d$  = Tinggi efektif pelat (mm)

## d. Menentukan tulangan pembagi

Untuk tulangan susut suhu dihitung berdasarkan peraturan SNI 2847:2013, yang telah disebutkan pada tabel 2.3. Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan jarak tidak lebih jauh dari lima kali tebal slab, atau tidak lebih jauh dari 450 mm.

### 2.3.3 Perancangan Portal

Portal merupakan salah satu sistem konstruksi yang terdiri dari bagian-bagian struktur bangunan yang saling terhubung satu sama lain. Beberapa portal juga bisa berdiri sendiri baik dibantu struktur lantai maupun tanpa bantuan dari struktur apapun. Adapun fungsi utama portal adalah untuk menahan beban yang bekerja bangunan sebagai satu kesatuan yang lengkap. Perhitungan pembebanan di portal akan menghasilkan gaya geser, aksial dan momen yang akan menjadi landasan berhitung untuk perancangan balok induk dan kolom struktur bangunan.

Pada perhitungan portal penulis menggunakan program SAP2000. Portal yang akan dihitung ialah portal yang disebabkan oleh beban mati (*dead load*) dan beban hidup (*live load*) baik dalam arah memanjang dan melintang. Berikut ini jenis-jenis pembebanan yang perlu diperhitungkan di dalam perancangan portal, sebagai berikut :

#### 1. Portal akibat beban mati

Portal akibat beban mati yang akan ditinjau dari arah memanjang dan melintang. Adapun pembebanan yang dimaksud terdiri dari :

- a. Berat sendiri pelat
- b. Berat balok
- c. Berat penutup lantai dan adukan semen
- d. Berat plafond dan penggantung
- e. Berat pasangan dinding bata
- f. Berat plesteran dinding

#### 2. Portal akibat beban hidup

Portal akibat beban hidup ditinjau dari arah melintang dan memanjang. Adapun langkah – langkah perhitungan portal akibat beban hidup sama

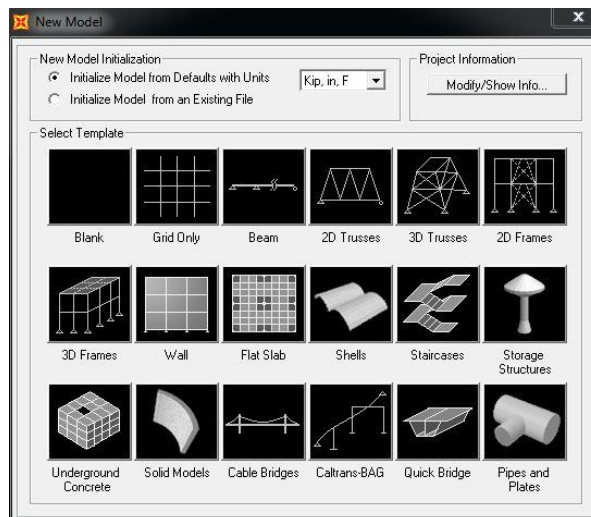
dengan perhitungan portal akibat beban mati, yakni dilakukan dengan media berupa aplikasi program SAP2000 berikut beban yang dikategorikan didalamnya, yakni :

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

Adapun langkah-langkah menghitung portal dengan menggunakan program SAP2000 adalah sebagai berikut :

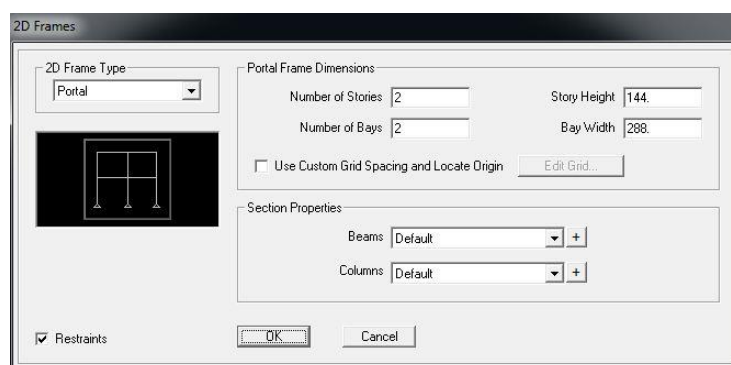
1. Membuat model struktur memanjang

Mengklik file pada program untuk memilih model portal.

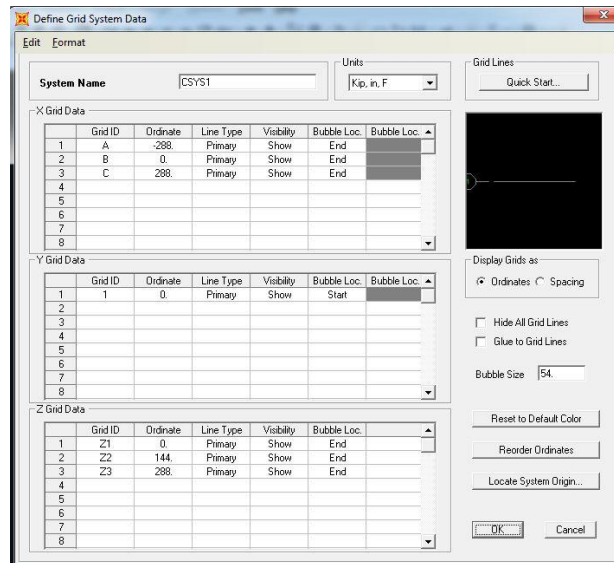


**Gambar 2.3** Template SAP2000

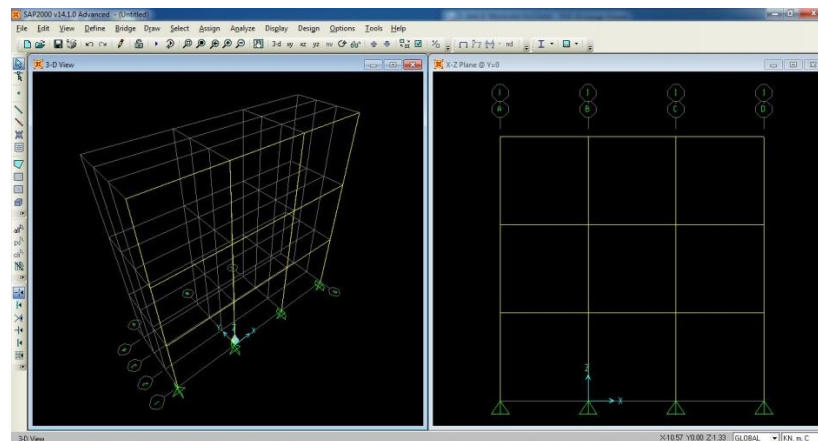
2. Pilih model grid 2D pada model diatas dan masukkan data-data sesuai perencanaan.



**Gambar 2.4** Tampilan 2D Frame

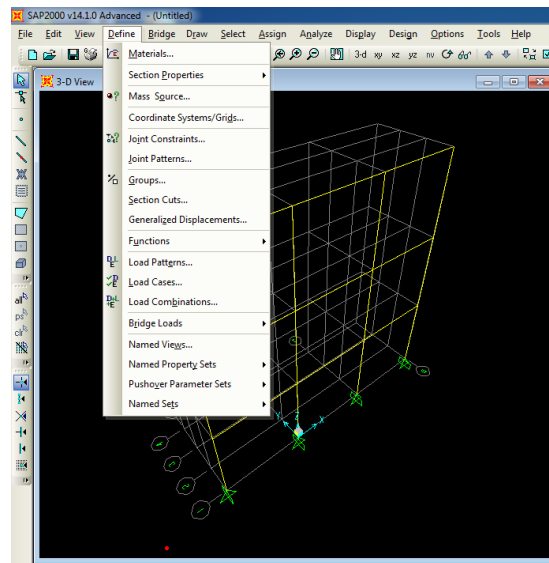


**Gambar 2.5** Define Grid System Data



**Gambar 2.6** Template Grid Only

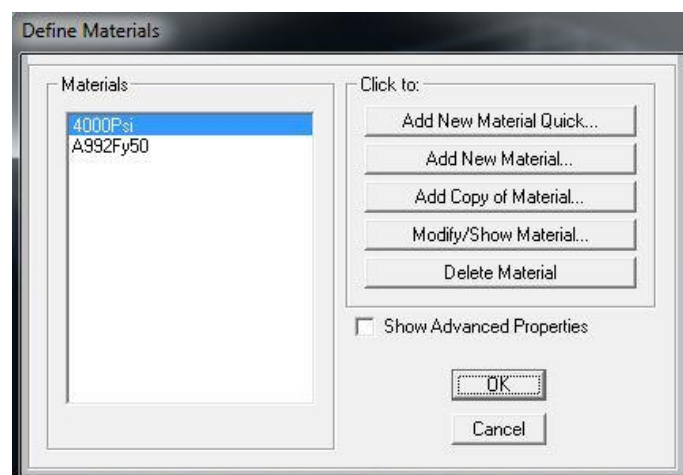
- Input data material yang digunakan (concrete) dan masukkan mutu beton ( $f_c'$ ) dan mutu baja ( $f_y$ ) yang digunakan dengan mengklik **Define – Material Add new material – Pilih Concrete** – Masukkan data sesuai dengan perencanaan.



**Gambar 2.7** Input Data Material

4. Input data dimensi struktur
  - Kolom = ( x ) cm
  - Balok = ( x ) cm

Masukkan data-data dengan mengklik **Define – Section Properties – Frame Section – Add New Property – Section Name (balok)** setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



**Gambar 2.8** Define Material

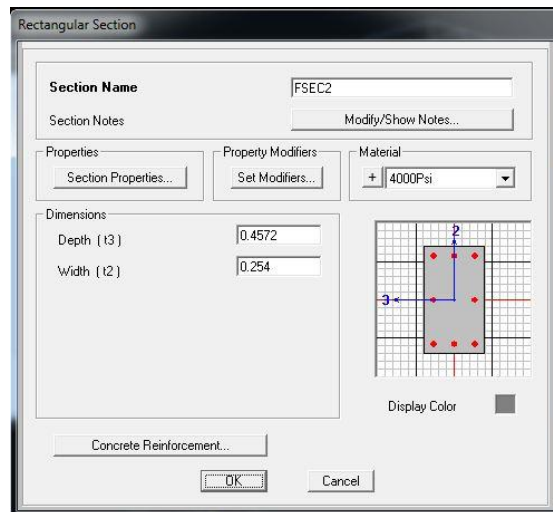


**Gambar 2.9** Material Property Data

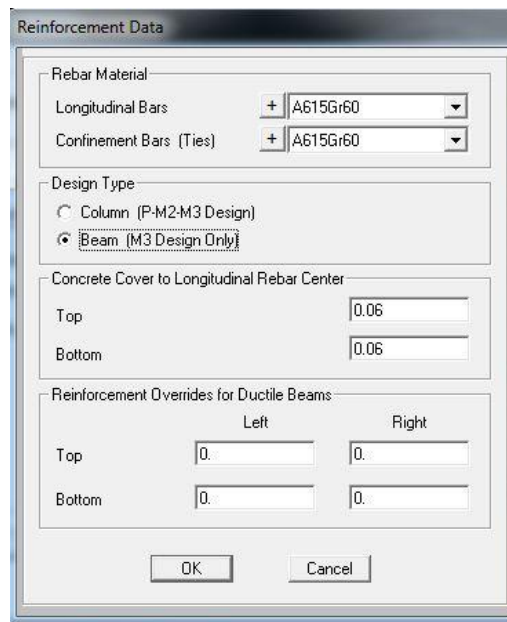
5. Input data akibat beban mati (Dead)

Untuk menginput data akibat beban mati klik batang portal pada model **Pilih Assign pada Toolbar – Frame Load – Distributed**, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.

**Gambar 2.10** Add Frame Section Properties



**Gambar 2.11** Rectangular Section



**Gambar 2.12** Reinforcement Data

6. Input data akibat beban hidup (Live)

Untuk menginput data akibat beban hidup klik batang portal pada model **Pilih Assign pada Toolbar – Frame Load – Distributed**, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.

7. Run analisis

Setelah beban akibat beban hidup dan mati di input portal tersebut siap untuk di analisis menggunakan **Run Analisis**.

### 2.3.4 Perancangan 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 menyalurkan beban pada kolom atau struktur yang ada dibawahnya, selain itu balok juga berfungsi sebagai pengekang dari struktur kolom yang satu dengan yang lainnya, dalam perencanaannya 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 (SK SNI T-15-1991-03).

Secara internal, balok mengalami tegangan Tekan, Tarik dan Geser sebagai akibat dari beban yang ditahan balok. Pada analisis struktur balok biasanya digunakan persamaan Euler-Bernoulli metode virtual lendutan. Metode tersebut digunakan untuk menentukan kekuatan balok beban berat sendiri dan beban-beban yang ditahannya.

Adapun langkah – langkah peancangan balok, yaitu :

1. Menentukan mutu beton yang digunakan
2. Menentukan dimensi balok yang akan direncanakan
3. Menghitung pembebanan yang terjadi, yakni:
  - a. Beban Mati (*Dead Load*)
  - b. Beban Hidup (*Live Load*)
  - c. Berat Sendiri Balok
  - d. Berat Sambungan Pelat
4. Menghitung beban ultimate
 
$$W_U = 1,2 W_D + 1,6 W_L$$
5. Menghitung momen rencana
 
$$M_U = 1,2 M_D + 1,6 M_L$$
6. Periksa dimensi penampang balok
  - a. Menentukan  $d_{eff}$ 

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

b. Mencari nilai  $\rho$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ (Digunakan untuk mutu beton } \leq 30 \text{ MPa ) atau;}$$

$$\rho_{min} = \sqrt{\frac{f_c}{4f_y}} \text{ (Digunakan untuk mutu beton } > 30 \text{ MPa ) atau;}$$

$$\rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b$$

$$\rho_{hitung} = \frac{f'_c}{f_y} \left( 0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot Mu}{\phi \cdot f'_c \cdot b \cdot d_{eff}^2}} \right)$$

Keterangan :

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

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

d = tinggi efektif (mm)

$\phi$  = Faktor reduksi rencana ( Sumber SNI 2847:2013,66)

Dengan beberapa syarat, seperti :

- Jika  $\rho_{min} < \rho_{hitung} < \rho_{max} = \text{OKE}$ .
- Jika  $\rho_{hitung} < \rho_{min}$ , maka penampang terlalu besar sehingga dimensi balok bisa dikurangi.
- Jika  $\rho_{hitung} > \rho_{max}$ , maka penampang terlalu kecil sehingga dimensi balok harus dibusarkan.

7. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Menentukan  $d_{eff}$

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

b. Mencari nilai  $\rho$

$$\rho_{hitung} = \frac{f'_c}{f_y} \left( 0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot Mu}{\phi \cdot f'_c \cdot b \cdot d_{eff}^2}} \right)$$

Keterangan :

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

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

$d_{eff}$  = tinggi efektif (mm)

$\phi$  = Faktor reduksi rencana ( Sumber SNI 2847:2013,66)

c. Hitung  $A_s$  yang diperlukan

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

Keterangan :

$A_s$  = Luas tulangan yang diperlukan oleh balok untuk memikul momen

Lentur yang terjadi ( $mm^2$ )

$\rho$  = Rasio penulangan

$d_{eff}$  = Tinggi efektif pelat

d. Menentukan diameter tulangan yang dipakai dengan syarat  $A_s$  terpasang  $\geq$   $A_s$  direncanakan

8. Perencanaan tulangan geser

a.  $V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d$

(SNI 2847-2013 hal.89 pasal 11.2.1.1)

Tulangan geser diperlukan apabila  $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$ . Tulangan geser minimum dipakai apabila nilai  $V_u$  melebihi  $\frac{1}{2} \phi V_c$  tapi kurang dari  $\phi V_c$ . Biasanya dapat digunakan tulangan berdiameter 10 mm yang diletakkan dengan jarak maksimum. Apabila nilai  $V_u > \phi V_c$  maka kebutuhan tulangan geser harus dihitung.

b. Gaya geser  $V_u$  yang dihasilkan oleh beban terfaktor harus kurang atau sama dengan kuat geser nominal dikalikan dengan faktor reduksi  $\phi$ , atau

$$V_u < \phi V_n$$

Dimana  $V_n = V_c + V_s$

Sehingga

$$V_u < \phi ( V_c + V_s )$$

Dengan besar faktor reduksi ( $\phi$ ) untuk geser adalah sebesar 0,75.

c. Luas minimum tulangan geser

$$A_{v_{\min}} = 0,062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \left( \frac{b_w \cdot S}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot b_w \cdot S}{f_{yt}}$$

(SNI 2847-2013 hal 92 pasal 11.4.6.1)

d. Jarak maksimum tulangan geser

Jika  $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d$ , maka :  $S = \frac{d}{2}$  atau 600 mm

Jika  $V_s \leq 0,66 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d$ , maka :  $S = \frac{d}{4}$  atau 300 mm

Dengan batasan kebutuhan luas tulangan geser :

$$S_{\max} = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,0062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w}, \text{ untuk } f'c > 30 \text{ MPa}$$

$$S_{\max} = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,35 \cdot b_w}, \text{ untuk } f'c \leq 30 \text{ MPa}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.4.5)

Sehingga, untuk sengkang vertikal dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

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

Keterangan :

$V_c$  = Kuat geser nominal yang 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

$A_v$  = 2  $A_s$ , dimana  $A_s$  = Luas penampang batang tulangan sengkang

d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

$f_y$  = mutu baja

### 2.3.5 Perancangan Kolom

Kolom adalah komponen struktur yang bertugas menyangga beban aksial vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi

lateral terkecil (SNI-03-2847-2002). Sebuah kolom adalah suatu komponen struktur yang diberi beban tekan sentris atau beban tekan eksentris (Gideon, 1993). Kolom merupakan elemen struktur vertikal yang menumpu balok yang memikul gaya-gaya pada lantai. Kolom juga dapat didefinisikan sebagai elemen struktur vertikal yang berfungsi menyalurkan gaya tekan aksial, dengan atau tanpa momen dari pelat lantai dan atap ke pondasi.

Pada stuktur bangunan atas, kolom merupakan komponen struktur yang paling penting untuk diperhatikan, karena apabila kolom ini mengalami kegagalan maka dapat berakibat keruntuhan struktur bangunan atas dari gedung secara keseluruhan.

Langkah-langkah perencanaan kolom adalah sebagai berikut:

1. Cek dimensi penampang

a. Menentukan  $d_{eff} = h - p - \emptyset$  sengkang  $- \frac{1}{2} \emptyset$  tulangan utama

b. Memeriksa  $P_u$  terhadap beban seimbang

$$d = h - d'$$

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

$$a_b = \beta_1 \times C_b$$

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

$$f_s' = f_y$$

$$\emptyset P_n = \emptyset (0,85 \times f'_c \times a_b \times b + A_s' \times f_s' - A_s \times f_y)$$

(Dipohusodo : 324)

$\emptyset P_n > P_u \rightarrow$  beton hancur pada daerah tarik

$\emptyset P_n < P_u \rightarrow$  beton hancur pada daerah tekan

c. Memeriksa kekuatan penampang

1) Akibat keruntuhan tarik

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

2) Akibat keruntuhan tekan

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

2. Perhitungan tulangan

a. Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris berdasarkan kombinasi  $P_u$  dan  $M_u$  dari hasil perhitungan SAP di portal

b. Menghitung nilai eksentrisitas terhadap arah x dan y

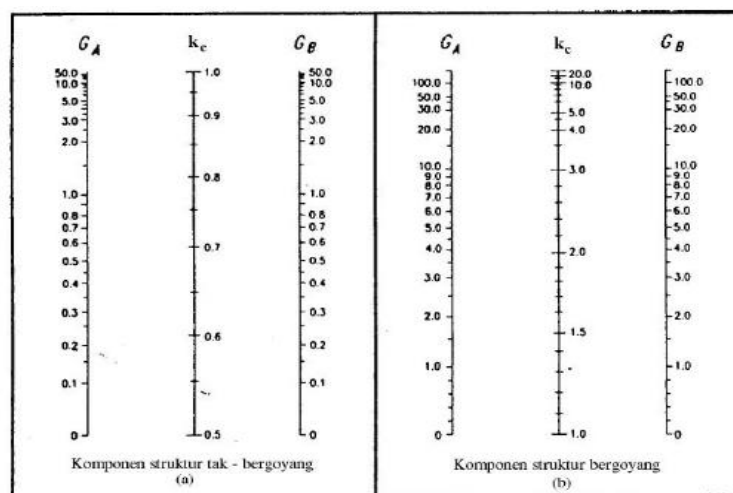
$$e_{ux} = \frac{M_{ux}}{\Sigma P_u} > e_{uy} = \frac{M_{uy}}{\Sigma P_u}, \text{ maka perhitungan kolom melihat arah x}$$

$$e_{ux} = \frac{M_{ux}}{\Sigma P_u} < e_{uy} = \frac{M_{uy}}{\Sigma P_u}, \text{ maka perhitungan kolom melihat arah y}$$

c. Tentukan apakah portal termasuk portal bergoyang atau tidak bergoyang, tentukan faktor panjang efektif ( $k$ ) dan panjang tak terkekang ( $l_u$ )

Nilai  $k$  ditentukan dengan menggunakan nomogram pada gambar 2.23 dengan terlebih dahulu menghitung faktor tahanan ujung  $\Psi_A$  dan  $\Psi_B$  pada sisi atas dan bawah dari kolom, yaitu :

$$\Psi = \frac{\Sigma EI/l_c \text{ kolom}}{\Sigma EI/l \text{ balok}}$$



**Gambar 2.13** Diagram Nomogram untuk Menentukan Tekuk dari Kolom

d. Batas rasio kelangsingan

Efek kelangsingan boleh diabaikan untuk :

1) Elemen struktur tekan bergoyang, apabila  $\frac{Kl_u}{r} > 22$



- 2) Elemen struktur tekan tak bergoyang, apabila  $\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40$

Keterangan :

k = Faktor panjang efektif

lu = Panjang tak terkekang

r = jari – jari girasi penampang yang dapat diambil sebesar 0,3h untuk

penampang persegi dan 0,25 kali diameter untuk lingkaran

- e. Menghitung kekakuan kolom (EI), beban tekuk euler (Pc), dan Cm

$$EI = \frac{0,2 E_c I_g + E_s I_{se}}{1 + \beta_{dns}}$$

Atau

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

Keterangan :

$$E_c = 4700 \sqrt{f'_c}$$

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

I<sub>g</sub> = Momen inersia bruto penampang terhadap sumbu yang ditinjau

I<sub>se</sub> = Momen inersia tulangan baja

Untuk portal bergoyang nilai  $\beta_{dns}$  dapat diambil sama dengan nol. Untuk portal tidak bergoyang menggunakan rumus :

$$\beta_{dns} = \frac{\text{beban tetap aksial terfaktor maksimum}}{\text{beban aksial terfaktor maksimum}} = \frac{1,2 D}{1,2 D + 1,6 L}$$

$$P_c = \frac{\pi^2 EI_k}{(k \cdot lu)^2}$$

$$C_m = 0,6 + \frac{0,4 M_1}{M_2} \geq 0,4$$

- f. Menghitung faktor perbesaran momen  $\delta_{ns}$

Faktor perbesaran momen untuk portal tidak bergoyang :

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 P_c}} \geq 10$$

Faktor perbesaran momen untuk portal bergoyang :

$$\delta_s = \frac{1}{\frac{1 - \Sigma P_u}{0,75 \Sigma P_c}} \geq 1,0$$

$$\Sigma P_u = n_{\text{Interior}} (P_{u\text{Lintang}} + P_{u\text{PanjangInterior}}) + \frac{2}{3} n_{\text{Eksterior}} (P_{u\text{Lintang}} + P_{u\text{PanjangEksterior}})$$

$$\frac{1}{3} n_{\text{Eksterior}} (P_{u\text{Lintang}} + P_{u\text{PanjangEksterior}})$$

$$\Sigma P_u = (n_{\text{Interior}} \cdot P_c) + \left(\frac{2}{3} n_{\text{Eksterior}} + (n_{\text{Eksterior}} \cdot P_c)\right)$$

g. Menghitung  $M_c$  ( Momen rencana yang diperbesar)

Portal tidak bergoyang

$$M_c = \delta_{ns} M_2 \text{ ( dengan } M_2 \text{ adalah momen ujung terfaktor yang terbesar )}$$

Portal bergoyang

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

Apabila momen ujung  $M_2$  lebih besar dari  $M_1$  yang dihasilkan dari analisis struktur, maka momen yang digunakan untuk desain kolom adalah :

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

h. Mendesain tulangan

Menghitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 1%-8% luas kolom.

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

$$A_s = A_s' = \rho \times b \times d_{\text{eff}}$$

Keterangan :

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

$\rho$  = Rasio penulangan

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

**Tabel 2.7** Ketentuan Jarak Maksimum Sengkang/Sengkang Ikat Kolom

Dimensi Terkecil Kolom (mm)	Jarak Sengkang (mm) untuk Tulangan Longitudinal Berdiameter						
	D16	D19	D22	D25	D29	D32	D36
300	250	300	300	300	300	300	300
350	250	300	350	350	350	350	350
400	250	300	350	400	400	400	400
450	250	300	350	400	450	450	450
500	250	300	350	400	450	450	500
550 s/d 1000	250	300	350	400	450	450	550
Diameter Sengkang (mm)	10	10	10	10	10	10	10

(Sumber : *Beton Bertulang : Agus Setiawan, hal 148*)

### 2.3.6 Perancangan Sloof

Sloof adalah suatu elemen struktural dari bangunan yang terletak diatas pondasi yang mampu menahan beban dari struktur lain yang berada di atasnya ke struktur pondasi dengan menolak membungkuk. Fungsi dari sloof itu sendiri adalah sebagai berikut:

1. Sloof bisa dikatakan sebagai tulangnya pondasi, yaitu sloof sebagai penahan dan yang membantu pondasi dari beban di atasnya.
2. Sloof menjadi tempat menempelnya pasangan batu merah atau batako.
3. Sloof dan pondasi berfungsi sebagai tempat berdirinya dinding atau tempat menempelnya pasangan batu merah agar batu merah tidak mudah retak atau patah. Apabila sloof patah maka ada pondasi yang menopang dinding.
4. Sloof berfungsi untuk menyalurkan beban dinding ke pondasi. Selain itu, sloof juga berfungsi sebagai pengunci dinding agar apabila terjadi pergerakan pada tanah, dinding tidak roboh.

Langkah-langkah perencanaan sloof adalah sebagai berikut:

1. Cek dimensi penampang sloof

a. Menghitung momen rencana

$$M_u = 1,4 \times M$$

Nilai M didapat dari momen akibat beban mati di perhitungan SAP Sloof

b. Cek dimensi

1) Menentukan  $d_{\text{eff}} = h - p - \emptyset$  sengkang  $- \frac{1}{2} \emptyset$  tulangan utama

2) Menghitung nilai  $\rho$

$$\rho_{\text{hitung}} = \frac{f'_c}{f_y} \left( 0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot M_u}{\phi \cdot f'_c \cdot b \cdot d_{\text{eff}}^2}} \right)$$

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 ( Sumber SNI 2847:2013,66)

Dengan syarat jika  $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{hitung}} < \rho_{\text{max}}$  (OKE)

Jika  $\rho_{\text{hitung}} < \rho_{\text{min}}$ , maka penampang terlalu besar sehingga dimensi balok bisa dikurangi. Sedangkan jika  $\rho_{\text{hitung}} > \rho_{\text{max}}$ , maka penampang terlalu kecil sehingga dimensi balok harus dibesarkan.

2. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Hitung  $A_s$  yang diperlukan

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

Dimana :

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

$\rho$  = Rasio Penulangan

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

b. Menentukan diameter tulangan yang dipakai dengan syarat  $A_s$  terpasang  $\geq$

$A_s$  direncanakan

### 3. Perencanaan tulangan geser

a.  $V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d$

(SNI 2847-2013 hal.89 pasal 11.2.1.1)

Tulangan geser diperlukan apabila  $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$ . Tulangan geser minimum dipakai apabila nilai  $V_u$  melebihi  $\frac{1}{2} \phi V_c$  tapi kurang dari  $\phi V_c$ . Biasanya dapat digunakan tulangan berdiameter 10 mm yang diletakkan dengan jarak maksimum. Apabila nilai  $V_u > \phi V_c$  maka kebutuhan tulangan geser harus dihitung.

- b. Gaya geser  $V_u$  yang dihasilkan oleh beban terfaktor harus kurang atau sama dengan kuat geser nominal dikalikan dengan faktor reduksi  $\phi$ , atau

$$V_u < \phi V_n$$

Dimana  $V_n = V_c + V_s$

Sehingga

$$V_u < \phi (V_c + V_s)$$

Dengan besar faktor reduksi ( $\phi$ ) untuk geser adalah sebesar 0,75.

- c. Luas minimum tulangan geser

$$A_{v_{\min}} = 0,062 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot \left( \frac{b_w \cdot S}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot b_w \cdot S}{f_{yt}}$$

(SNI 2847-2013 hal 92 pasal 11.4.6.1)

- d. Jarak maksimum tulangan geser

Jika  $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$ , maka :  $S = \frac{d}{2}$  atau 600 mm

Jika  $V_s \leq 0,66 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$ , maka :  $S = \frac{d}{4}$  atau 300 mm

Dengan batasan kebutuhan luas tulangan geser :

$$S_{\max} = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,0062 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w}, \text{ untuk } f'_c > 30 \text{ MPa}$$

$$S_{\max} = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,35 \cdot b_w}, \text{ untuk } f'_c \leq 30 \text{ MPa}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.4.5)

Sehingga, untuk sengkang vertikal dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

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

Keterangan :

$V_c$  = Kuat geser nominal yang 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  $s$

$A_v$  =  $2 A_s$ , dimana  $A_s$  = Luas penampang batang tulangan sengkang

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

$f_y$  = mutu baja

### 2.3.7 Perancangan Pondasi

Pondasi adalah suatu konstruksi pada bagian dasar struktur/bangunan (sub structure) yang berfungsi meneruskan beban secara merata dari bagian atas struktur/bangunan (upper structure) kelapisan tanah yang berada di bagian bawahnya tanpa mengakibatkan keruntuhan tanah, dan penurunan (settlement) tanah/pondasi yang berlebihan.

Pondasi umumnya dibuat menjadi satu kesatuan dasar struktur bangunan yang kuat, pada bagian bawah konstruksi. Dalam perencanaan pondasi untuk suatu struktur/bangunan dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan pondasi dapat ditentukan berdasarkan fungsi bangunan atau beban yang nantinya akan dipikul oleh pondasi tersebut. Selain besarnya beban, kondisi atau keadaan tanah dimana bangunan tersebut berdiri dan faktor ekonomi harus juga dipertimbangkan. Berikut ini merupakan beberapa jenis-jenis pondasi yang biasa diketahui, diantaranya:

#### 1. Pondasi Dangkal (Shallow Footing)

Bila letak lapisan tanah keras dekat dengan permukaan tanah, maka dasar pondasi dapat langsung diletakkan di atas lapisan tanah keras tersebut,

pondasi seperti ini disebut dengan pondasi dangkal. Pondasi dangkal mempunyai beberapa jenis, yaitu :

a) Pondasi Tapak Tunggal

Digunakan untuk memikul beban bangunan yang bersifat beban terpusat atau beban titik, misal beban tower kolom pada bangunan gedung bertingkat, beban pada menara (tower), beban pilat pada jembatan.

b) Pondasi Tapak Menerus

Digunakan untuk memikul beban bangunan yang memanjang, seperti bangunan dinding (tembok), konstruksi dinding penaha tanah.

c) Pondasi Tapak Gabungan

Digunakan untuk memikul beban bangunan yang relatif berat namun kondisi tanah dasarnya terdiri dari tanah lunak.

2. Pondasi Dalam (Deep Footing)

Bila letak lapisan tanah keras jauh dari permukaan tanah, maka diperlukan pondasi yang dapat menyalurkan beban bangunan ke lapisan tanah keras tersebut, pondasi seperti ini disebut dengan pondasi dalam, contohnya pondasi tiang dan pondasi sumuran.

a) Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang dipergunakan pada tanah-tanah lembek, tanah berawa dengan kondisi daya dukung tanah ( $\sigma$  tanah) kecil, kondisi air tanah tinggi dan tanah keras pada posisi sangat dalam.

Pondasi tiang pancang sendiri mempunyai beberapa jenis :

1) Pondasi Tiang Pancang Kayu

Pondasi tiang pancang kayu di Indonesia, dipergunakan pada rumah-rumah panggung di daerah Kalimantan, Sumatera, Nusa Tenggara, dan pada rumah-rumah nelayan di tepi pantai.

2) Pondasi Tiang Pancang Beton

Pondasi tiang beton dipergunakan untuk bangunan-bangunan tinggi (high rise building). Pondasi tiang pancang beton, proses pelaksanaannya dilakukan sebagai berikut :

- Melakukan test “boring” untuk melakukan kedalaman tanah keras dan klasifikasi panjang tiang pancang, sesuai pembebanan yang telah diperhitungan.
- Melakukan pengeboran tanah dengan mesin pengeboran tiang pancang.
- Melakukan pemancangan pondasi dengan mesin pondasi tiang pancang

Langkah-langkah dalam menganalisis pondasi adalah sebagai berikut:

1. Menentukan beban-beban yang bekerja pada pondasi
2. Menentukan diameter tiang yang digunakan
3. Menentukan jarak tiang yang digunakan  
 $1,5D < s < 3,5D$
4. Menentukan efisiensi kelompok tiang
5. Persamaan dari Uniform Building Code :

$$Eff \times \eta = 1 - \frac{\theta}{90} - \left\{ \frac{(n-1) \times m + (m-1) \times n}{m \times n} \right\} \quad (\text{Sardjono hal.61})$$

Keterangan :

- m = jumlah baris (bh)  
n = jumlah tiang dalam satu baris (bh)  $\theta = \tan d$   
s (derajat) d = diameter tiang (mm)  
s = jarak antara tiang (As ke as) (mm)

6. Menentukan daya dukung ijin 1 tiang pancang

$$Q_{tiang} = \frac{A_{tiang} \times P}{3} + \frac{O \times C}{5} \quad (\text{Sardjono hal.65})$$

Keterangan :

- Q tiang = daya dukung ijin tiang (kg)  
A tiang = luas penampang tiang (cm<sup>2</sup>)  
P = nilai konus dari hasil sondir (kg/cm<sup>2</sup>)  
O = keliling penampang tiang pancang (cm)  
C = harga cleef rata-rata (kg/cm<sup>2</sup>)



7. Menentukan kemampuan tiang terhadap sumbu X dan sumbu Y

$$P_{max} = \frac{\Sigma V}{n} \pm \frac{M_Y \times X_{max}}{n_y \times \Sigma X^2} \pm \frac{M_X \times Y_{max}}{n_x \times \Sigma Y^2} \quad (\text{Sardjono hal. 55})$$

Keterangan :

- P max = beban yang diterima oleh tiang pancang  
 ΣV = jumlah total beban  
 Mx = momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu x  
 My = momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu y  
 n = banyak tiang pancang dalam kelompok tiang pancang  
 Xmax = absis terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok  
 Ymax = ordinat terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok  
 Ny = banyaknya tiang pancang dalam satu baris sumbu Y  
 Nx = banyaknya tiang pancang dalam satu baris sumbu X  
 ΣX<sup>2</sup> = jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang  
 ΣY<sup>2</sup> = jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang

## 2.4 Manajemen Proyek

Manajemen proyek (pengelolaan proyek) merupakan suatu proses merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Lebih jauh, manajemen proyek menggunakan pendekatan sistem dan *hirarki* (arus kegiatan) vertical maupun horizontal. Fungsi dasar manajemen dikelompokkan menjadi 3 kelompok kegiatan, diantaranya :

1. Kegiatan perencanaan

- a. Penetapan tujuan (*goal setting*)

Penetapan tujuan ini yaitu tahap awal yang harus dilakukan dengan menentukan tujuan utama yang ditetapkan secara spesifik, realistis, terukur, dan mempunyai durasi pencapaian/target.

- b. Perencanaan (*planning*)

Perencanaan ini dibuat sebagai upaya peramalan masa yang akan datang dan perumusan kegiatan-kegiatan yang akan dilakukan untuk mencapai

tujuan yang ditetapkan berdasarkan perencanaan tersebut. Bentuk perencanaan dapat berupa perencanaan prosedur, perencanaan metode kerja, perencanaan standar pengukuran hasil, perencanaan anggaran biaya, maupun perencanaan program (rencana kegiatan beserta jadwal).

c. Pengorganisasian (*organizing*)

Kegiatan pengorganisasian ini bertujuan untuk melakukan pengaturan dan pengelompokan kegiatan proyek konstruksi agar kinerja yang dihasilkan dapat sesuai dengan harapan.

2. Kegiatan pelaksanaan

a. Pengisian staf (*staffing*)

Tahap ini adalah perencanaan personel yang akan ditunjuk sebagai pengelola pelaksanaan proyek. Kesuksesan proyek juga ditentukan oleh kecermatan dan ketetapan dalam memposisikan seseorang sesuai dengan keahliannya.

b. Pengarahan (*briefing*)

Pengarahan ini merupakan tahapan kelanjutan dari pengisian staf. Pada tahap ini dilakukan pengarahan berupa penjelasan tentang lingkup pekerjaan dan paparan waktu untuk memulai dan menyelesaikan pekerjaan tersebut.

3. Kegiatan pengendalian

a. Pengawasan (*supervising*)

Pengawasan ini merupakan interaksi antar individu-individu yang terlibat dalam organisasi proyek. Proses ini harus dilakukan secara berkelanjutan dari waktu ke waktu guna mendapatkan keyakinan bahwa pelaksanaan kegiatan berjalan dengan lancar sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan untuk mencapai hasil yang diinginkan

b. Pengendalian (*controlling*)

*Controlling* atau pengendalian merupakan proses penetapan atas apa yang telah dicapai, evaluasi kerja dan langkah perbaikan apabila diperlukan.

c. Koordinasi (*coordinating*)

Koordinasi yaitu pemantauan prestasi kegiatan dari pengendalian akan digunakan sebagai bahan untuk melakukan langkah perbaikan, baik proyek dalam keadaan terlambat maupun lebih cepat.

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

Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS) merupakan segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh kontraktor pada saat akan mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan nantinya. Umumnya isi dari RKS terdiri dari tiga bagian yaitu umum, administrasi dan teknis.

1. Syarat Umum
  - a. Mengenai pemberi tugas atau pemilik proyek
  - b. Bentuk surat penawaran dan cara penyampaiannya
  - c. Syarat- syarat peserta lelang
  - d. Keterangan mengenai perencanaan (Desain)
2. Syarat teknis
  - a. Jenis mutu dan bahan yang digunakan
  - b. Jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilaksanakan
  - c. Cara pelaksanaan pekerjaan
  - d. Merk material atau bahan
3. Syarat administrasi
  - a. Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan
  - b. Syarat pembayaran
  - c. Tanggal waktu penyerahan
  - d. Denda atas keterlambatan
  - e. Besar jaminan penawaran
  - f. Besar jaminan pelaksanaan

Untuk dapat menyusun rencana kerja untuk sebuah proyek, maka harus dibutuhkan :

1. Gambar kerja proyek
2. Rencana anggaran biaya pelaksanaan proyek
3. *Bill of quality* (BOQ) atau daftar volume pekerjaan
4. Data lokasi proyek berada
5. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub-kontraktor yang tersedia disekitar lokasi pekerjaan proyek berlangsung.
6. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub-kontraktor yang harus didatangkan ke lokasi proyek.
7. Data kebutuhan tenaga kerja dan ketersediaan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan.
8. Data cuaca atau musim dilokasi pekerjaan proyek
9. Data jenis transportasi yang dapat digunakan disekitar lokasi proyek
10. Metode kerja yang digunakan untuk melaksanakan masing-masing item pekerjaan.
11. Data kapasitas produksi meliputi peralatan, tenaga kerja, sub-kontraktor, material.
12. Data keuangan proyek meliputi arus kas cara pembayaran pekerjaan, tenggang waktu pembayaran *progress*, dan lainnya.

#### **2.4.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

Rancangan anggaran biaya (RAB) adalah suatu acuan atau metode penyajian rencana biaya yang harus dikeluarkan dari awal pekerjaan dimulai hingga pekerjaan tersebut selesai dikerjakan. Rencana biaya harus mencakup dari keseluruhan kebutuhan pekerjaan tersebut, baik itu biaya material atau bahan yang diperlukan. Secara garis besar RAB terdiri dari 2 komponen utama yaitu sebagai berikut :

1. Volume pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada pada suatu proyek pembangunan. Volume pekerjaan dihitung dalam setiap jenis pekerjaan. Volume pekerjaan ini berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat

harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan bisa dalam satuan panjang, luasan, maupun isi/volume terhadap bahan yang digunakan.

## 2. Analisa harga satuan

Analisa harga satuan pekerjaan merupakan perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang terdapat dalam suatu proyek pembangunan. Harga satuan ini berguna agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan setiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini nantinya akan diperoleh total biaya keseluruhan dari hasil perkalian dengan volume pekerjaan. Analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Analisa harga satuan terdiri dari harga bahan yang didapat di pasaran lalu dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan dan upah tenaga kerja yang didapatkan dilokasi, dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar dinamakan daftar harga satuan upah. Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda-beda. Jadi, dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu bangunan/proyek, harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di pasaran dan lokasi pekerjaan.

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

Rencana kerja merupakan serangkaian tujuan dan proses yang bisa membantu untuk mencapai tujuan pembangunan. Rencana kerja pada suatu proyek konstruksi dapat dibuat dalam bentuk berikut ini :

#### 1. *Network Planning* (NWP)

*Network planning* merupakan suatu hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (*variables*) yang digambarkan/divisualisasikan dalam diagram *network*. Adanya *network* ini menjadikan sistem manajemen dapat menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya yang paling efisien. Berikut ini merupakan manfaat NWP adalah sebagai berikut :

- a. Mengkoordinasikan antar kegiatan
- b. Mengetahui apakah suatu kegiatan tergantung atau tidak dengan kegiatan yang lainnya.
- c. Mengetahui pekerjaan apa yang harus lebih dahulu diselesaikan
- d. Mengetahui berapa hari suatu proyek dapat diselesaikan.

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah :


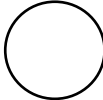


- a. Urutan pekerjaan yang logis  
Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan dimulai, dan pekerjaan apa saja yang kemudian mengikutinya.
- b. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan  
Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek tersebut baru biasanya diberi kelonggaran waktu.
- c. Biaya untuk mempercepat pekerjaan  
Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada pada jalur-jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai.

Sebelum menggambarkan diagram *network planning*, perlu diingat beberapa hal berikut :

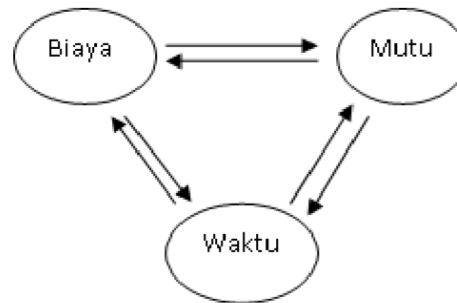
- a. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak memiliki arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya durasi dan *resources* yang dibutuhkan.
- b. Aktivitas-aktivitas apa yang mendahului dan aktivitas apa yang mengikutinya.
- c. Aktivitas-aktivitas apa yang dapat dikerjakan bersamaan.
- d. Aktivitas-aktivitas itu dibatasi saat mulai dan saat selesai.
- e. Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas tersebut.
- f. Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari setiap kegiatan.
- g. Besar kecilnya juga tidak memiliki arti, dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa. Anak panah selalu menghubungkan dua nodes, arah dari anak panah menunjukkan waktu.

Berikut ini beberapa symbol yang biasa digunakan dalam network planning :

**Tabel 2.8** Simbol-Simbol *Network Planning*

No.	Simbol	Keterangan
1		<i>Arrow</i> , bentuknya merupakan anak panah yang artinya aktivitas/kegiatan : adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan “ <i>duration</i> ” (jangka waktu tertentu) dan “ <i>resources</i> ” (tenaga, equipment, material dan biaya) tertentu.
2		<i>Node/event</i> , bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian : adalah permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan-kegiatan.
3		<i>Double arrow</i> , anak panah sejajar, merupakan kegiatan di lintasan kritis ( <i>critical path</i> )
4		<i>Dummy</i> , bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktivitas semu : adalah bukan kegiatan/aktivitas tetapi dianggap kegiatan/ aktivitas, hanya saja tidak membutuhkan <i>duration</i> dan <i>resource</i> tertentu.

Pada proyek konstruksi membutuhkan perencanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek. Tujuannya ialah untuk menyelaraskan antara biaya proyek yang dioptimalkan, mutu pekerjaan yang baik/berkualitas, dan waktu pelaksanaan yang tepat. Karena ketiganya adalah 3 elemen yang saling mempengaruhi. Adapun ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 2.6 dibawah ini.



**Gambar 2.14** Diagram Hubungan Biaya, Mutu dan Waktu

Ilustrasi dari 3 lingkaran diatas adalah jika biaya proyek berkurang (dikurangi) sementara waktu pelaksanaan direncanakan tetap, maka secara otomatis anggaran belanja material akan dikurangi dan mutu pekerjaan juga bisa jadi akan berkurang, dengan demikian secara umum proyek akan merugi. Jika waktu pelaksanaan mundur/terlambat sementara tidak ada rencana penambahan anggaran, maka mutu pekerjaan juga akan berkurang dan proyek tersebut akan merugi. Jika mutu ingin dijaga, sementara waktu pelaksanaan terlambat, maka akan terjadi peningkatan jumlah anggaran biaya dan proyek akan merugi. Proyek dapat dikatakan untung jika waktu pelaksanaan lebih cepat selesai dari rencana dengan mutu yang tetap terjaga dan secara otomatis akan ada keuntungan pada biaya anggaran belanja.

## 2. *Barchart*

*Barchart* adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertical sedangkan dalam kolom horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat dilihat secara jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- a. Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis pekerjaan yang ada di dalam rencana pembangunan
- b. Urutan pekerjaan, dari daftar item kegiatan tersebut diatas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan secara bersamaan.



- c. Waktu pelaksanaan pekerjaan, adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.

### 3. Kurva S

Kurva s adalah kurva yang menggambarkan kumulatif *progress* pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva tersebut dibuat berdasarkan rencana atau pelaksanaan *progress* kegiatan dari setiap pekerjaan atau berdasarkan bobot setiap pekerjaan dari awal sampai berakhirnya pekerjaan. Bobot pekerjaan merupakan presentase yang didapat dari perbandingan harga pekerjaan dan harga total keseluruhan dari jumlah penawaran (anggaran biaya).

Penyebab membentuk huruf S di dalam kurva S dikarenakan kegiatan proyek berlangsung sebagai berikut:

- a. Kemajuan pada awalnya bergerak lambat.
- b. Diikuti oleh kegiatan yang bergerak cepat dalam kurun waktu yang lebih lama.
- c. Akhirnya kecepatan kemajuan menurun dan berhenti pada titik akhir.

Manfaat dan kegunaan kurva S :

- a. Sebagai informasi untuk mengontrol pelaksanaan suatu proyek dengan cara membandingkan deviasi antara kurva rencana dengan kurva realisasi.
- b. Sebagai informasi untuk pengambilan keputusan berdasarkan perubahan kurva realisasi terhadap kurva rencana perubahan ini bisa dalam bentuk presentase pekerjaan lebih cepat atau lebih lambat dari waktu yang sudah ditentukan untuk menyelesaikan proyek.
- c. Sebagai informasi kapan waktu yang tepat untuk melakukan owner ataupun melakukan pembayaran kepada supplier.