

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Uraian Umum**

Pada perencanaan suatu konstruksi bangunan gedung diperlukan beberapa landasan teori berupa analisa struktur, ilmu tentang kekuatan bahan serta hal lain yang berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia. Ilmu teoritis di atas tidaklah cukup karena analisa secara teoritis tersebut hanya berlaku pada kondisi struktur ideal sedangkan gaya-gaya yang dihitung hanya merupakan pendekatan dari keadaan yang sebenarnya atau yang diharapkan terjadi.

Perencanaan dari konstruksi bangunan juga harus memenuhi berbagai syarat konstruksi yang telah ditentukan yaitu kuat, kaku, bentuk yang serasi dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang ekonomis tapi tidak mengurangi mutu bangunan tersebut, sehingga dapat digunakan sesuai dengan fungsi utama yang diinginkan oleh perencana.

Cara atau metode konstruksi tidak lepas dari penggunaan teknologi sebagai pendukung dan mempercepat proses pembuatan suatu bangunan, agar kegiatan pembangunan dapat berjalan sebagai mana mestinya sesuai dengan yang diharapkan dan lebih ekonomis dalam biaya pemakaian bahan. Dalam perencanaan suatu bangunan gedung diperlukan beberapa teori mengenai perhitungan analisa struktur yang berpedoman pada peraturan yang berlaku di Indonesia (SNI).

#### **2.2 Dasar-Dasar Perencanaan**

Dalam perhitungan dan perencanaan bangunan, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang telah ditetapkan dan berlaku di Indonesia. Peraturan yang digunakan adalah :

- a. Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung (PPPURG 1987)
- b. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung (SNI 2847:2013). Oleh badan standardisasi Nasional, sebagai acuan dalam melakukan perencanaan dan pelaksanaan struktur beton bertulang dengan ketentuan minimum agar hasil aman dan ekonomis

- c. Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727-2013). Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain ini dipersiapkan oleh panitia Teknik standardisasi bidang konstruksi dan bangunan, melalui gugus kerja bidang struktur dan konstruksi bangunan pada subpanitia Teknik standardisasi bidang permukiman.

Dan untuk menyelesaikan perhitungan struktur gedung ini penulis menambahkan sumber-sumber referensi dari buku dan beberapa cara lain yaitu:

- a. Untuk perhitungan portal akibat beban mati, beban hidup dan beban kombinasi menggunakan metode program SAP 2000 v14.
- b. Buku Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013, Pengarang Agus Setiawan Penerbit Erlangga.

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

1. Beban Mati (Beban Tetap)

Beban mati ialah beban dengan besar yang konstan dan berada pada posisi yang sama setiap saat. Beban mati ini terdiri dari berat sendiri struktur dan beban lain yang melekat pada struktur secara permanen. Yang termasuk dalam beban mati adalah berat rangka, dinding, lantai, atap, plumbing, dll. Dalam mendesain beban mati ini harus diperhitungkan untuk digunakan dalam analisa. Dimensi dan berat elemen struktur tidak diketahui sebelum analisa struktur selesai dilakukan. Berat yang ditentukan dari analisa struktur harus dibandingkan dengan berat perkiraan semula. Jika perbedaannya besar, perlu dilakukan analisa ulang dengan menggunakan perkiraan berat yang lebih baik. Berat sendiri dari bahan-bahan bangunan sangat penting untuk kita ketahui dan dari beberapa komponen gedung yang harus ditinjau di dalam menentukan beban mati dari suatu gedung, harus diambil menurut Tabel 2.1

Tabel 2.2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

<b>BAHAN BANGUNAN</b>	
Baja	7850 kg/m <sup>3</sup>
Batu alam	2600 kg/m <sup>3</sup>
Batu belah, batu bulat, batu gunung	1500 kg/m <sup>3</sup>
Batu karang	700 kg/m <sup>3</sup>
Batu pecah	1450 kg/m <sup>3</sup>
Batu bertulang	7250 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>
Kerikil, koral	1650 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu merah	1700 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu cetak	2200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan karang	1450 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (Kering udara sampai lembab)	1600 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (Jenuh air)	1800 kg/m <sup>3</sup>
Pasir kerikil, koral	1850 kg/m <sup>3</sup>
Tanah lempung dan lanau (Kering udara sampai lembab)	1700 kg/m <sup>3</sup>
Tanah lempung dan lanau (Basah)	2000 kg/m <sup>3</sup>

<b>KOMPONEN BANGUNAN</b>	
Adukan, per cm tebal	
- Dari semen	21 kg/m <sup>2</sup>
- Dari kapur, semen	17 kg/m <sup>2</sup>
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14 kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan batu merah:	
- Satu batu	450 kg/m <sup>2</sup>

- Setengah batu	250 kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan batako:	
- Berlubang:	
Tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m <sup>2</sup>
Tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/m <sup>2</sup>
- Tanpa lubang:	
Tebal dinding 15 cm	300 kg/m <sup>2</sup>
Tebal dinding 10 cm	200 kg/m <sup>2</sup>
Langit-langit dan dinding terdiri dari:	
- Semen asbes (etemit dan bahan lain sejenis), dengan tebal max 4mm	11 kg/m <sup>2</sup>
- Kaca, dengan tebal 3-5 mm	10 kg/m <sup>2</sup>
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu	40 kg/m <sup>2</sup>
Penggantung langit-langit (kayu)	7 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap genteng	50 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap sirap	40 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap seng gelombang (BJLS-25)	10 kg/m <sup>2</sup>
Penutup lantai ubin, teraso, beton, per cm tebal	24 kg/m <sup>2</sup>
Semen asbes gelombang (Tebal 5mm)	11 kg/m <sup>2</sup>

(Sumber : PPPURG 1987, Hal 5-6)

## 2. Beban Hidup (Beban sementara)

Beban hidup adalah beban yang termasuk dalam kategori beban gravitasi, yaitu timbul akibat penggunaan suatu gedung selama masa layak gedung tersebut. Termasuk beban manusia, peralatan yang dapat dipindahkan serta barang/benda yang letaknya tidak permanen. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energy kinetik) butiran air.

Tabel 2.2.2 Beban Hidup Pada Lantai Gedung

a. Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b	200 kg/m <sup>2</sup>
b. Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan Gudang Gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel	125 kg/m <sup>2</sup>
c. Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit	250 kg/m <sup>2</sup>
d. lantai ruang olah raga	400 kg/m <sup>2</sup>
e. Lantai ruang dansa	500 kg/m <sup>2</sup>
f. Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain daripada yang disebut dalam a s/d e, seperti masjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap	400 kg/m <sup>2</sup>
g. Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500 kg/m <sup>2</sup>
h. Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam c	300 kg/m <sup>2</sup>
i. Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam d, e, f dan g	500 kg/m <sup>2</sup>
j. Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam c, d, e, f dan g	250 kg/m <sup>2</sup>
k. Lantai untuk pabrik, bengkel, Gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri, dengan minimum	400 kg/m <sup>2</sup>
l. Lantai Gedung parker bertingkat: - Untuk lantai bawah - Untuk lantai tingkat lainnya	800 kg/m <sup>2</sup> 400 kg/m <sup>2</sup>
m. Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus di-rencanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300 kg/m <sup>2</sup>

Tabel 2.2.3 Beban Hidup Pada Atap Gedung

Atap /bagiannya dapat dicapai orang, termasuk kanopi (atap dak)	100 kg/m <sup>2</sup>
Atap /bagiannya tidak dapat dicapai oleh orang (diambil min)	(40-0,8) kg/m <sup>2</sup>
- Beban hujan	
- Beban terpusat	100 kg
$\alpha$ = sudut atap, min 20 kg/m <sup>3</sup> tidak perlu ditinjau bila $\alpha > 50^0$	
Balok / Gording tepi kantilaver	200 kg

### 3. Beban Angin

Beban angin adalah beban yang timbul sebagai akibat adanya tekanan dari gerakan angin. Beban angin sangat ditentukan oleh lokasi dan ketinggian dari struktur bangunan. Intensitas tekanan tiup angina yang direncanakan dapat diambil minimum sebesar 25 kg/m<sup>2</sup>, kecuali untuk kondisi berikut :

- Tekanan tiup ditepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai harus diambil minimum 40 kg/m<sup>2</sup>.
- Untuk bangunan didaerah lain yang kemungkinan tekanan tiupnya lebih dari 40 kg/m<sup>2</sup>, harus diambil sebesar  $P = \frac{V^2}{16}$  (kg/m<sup>2</sup>) dengan V adalah kecepatan angina dalam m/s
- Pada cerobong, tekanan tiup dalam kg/m<sup>2</sup> harus ditentukan dengan rumus (42,5 + 0,6 h), dimana h adalah tinggi cerobong seluruhnya dalam meter, diukur dari lapangan yang berbatasan.

### 4. Beban Tekanan air dan tanah

Struktur dibawah permukaan tanah cenderung mendapat beban yang berbeda dengan beban diatas tanah. Substruktur sebuah bangunan harus memikul tekanan lateral yang disebabkan oleh tanah dan air tanah. Gaya-gaya ini bekerja tegak lurus pada dinding dan lantai substruktur

## 5. Kombinasi Beban

Beban tinggi dari Gedung akan menghadapi beban sepanjang usia bangunan tersebut, dan banyak diantaranya yang bekerjabersamaan. Efek beban harus digabung apabila bekerja pada garis kerja yang sama dan harus dijumlahkan. Keadaan ini membuat kita harus memasang struktur yang mempertimbangkan semua kemungkinan kombinasi pembebanan.

## 2.3 Metode Perhitungan Struktur

### 2.3.1 Perancangan Pelat Lantai

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

1. Pelat satu arah (*One Way Slab*)
2. Pelat dua arah (*Two Way Slab*)

Syarat-syarat dalam perencanaan pelat beton sebagai berikut :

- a. Tebal minimum untuk pelat satu arah (SNI-03-2847-2013)

Tebal minimum untuk pelat satu arah ditentukan (lihat dalam Tabel 2.3.1)

Tabel 2.3.1 Tebal minimum balok non pra tekan atau pelat satu arah lendutan tidak dihitung.

Komponen struktur	Tebal Minimum ( h )			
	Dua tumpuan sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar			
Plat masif satu arah	$l_n/20$	$l_n/24$	$l_n/28$	$l_n/10$

Balok atau plat rusuk satu arah	1n/16	1n/18,5	1n/21	1n/8
---------------------------------	-------	---------	-------	------

(Sumber: SNI-03-2847-2002)

Catatan :

- 1) Panjang bentang dalam mm
  - 2) Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal ( $w_c = 2400 \text{ kg/m}^3$ ) dan tulangan BJTD 40. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasi sebagai berikut:
    - a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis diantara  $1500 \text{ kg/m}^3$  sampai  $2000 \text{ kg/m}^3$ , nilai tadi harus dikalikan dengan  $(1,65 - 0,0003 w_c)$  tetapi tidak kurang dari 1,09 dimana  $w_c$  adalah berat jenis dalam  $\text{kg/m}^3$ .
    - b) Untuk  $f_y$  selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_y/700)$ . (SNI-03-2847-2013 pasal 9.5)
- b. Untuk pelat dua arah yaitu dalam segala hal tebal minimum pelat tidak boleh kurang dari harga berikut :
- 1) Untuk  $\alpha m < 2,0$  yaitu 120mm
  - 2) Untuk  $\alpha m > 2,0$  yaitu 90mm
- c. Spasi tulangan (SK SNI-03-2847-2013)
- 1) Jarak bersih antara tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari  $db$  ataupun 25 mm.
  - 2) Bila tulangan sejajar tersebut diletakkan dalam dua lapis atau lebih, tulangan pada lapis atas harus diletakkan tepat di atas tulangan di bawahnya dengan spasi bersih antar lapisan tidak boleh kurang dari 25 mm.
  - 3) Pada komponen struktur tekan yang diberi tulangan spiral atau sengkang pengikat, jarak bersih antar tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari  $1,5db$  ataupun 40 mm 40 dari 278.

- 4) Pembatasan jarak bersih antar batang tulangan ini juga berlaku untuk jarak bersih antara suatu sambungan lewatan dengan sambungan lewatan lainnya atau dengan batang tulangan yang berdekatan.
- 5) Pada dinding dan pelat lantai yang bukan berupa konstruksi pelat rusuk, tulangan lentur utama harus berjarak tidak lebih dari tiga kali tebal dinding atau pelat lantai, ataupun 500 mm.
- 6) Bundel tulangan:
  - a) Kumpulan dari tulangan sejajar yang diikat dalam satu bundel sehingga bekerja dalam satu kesatuan tidak boleh terdiri lebih dari empat tulangan per bundel.
  - b) Bundel tulangan harus dilingkupi oleh sengkang atau sengkang pengikat.
  - c) Pada balok, tulangan yang lebih besar dari D-36 tidak boleh dibundel.
  - d) Masing-masing batang tulangan yang terdapat dalam satu bundel tulangan yang berakhir dalam bentang komponen struktur lentur harus diakhiri pada titik-titik yang berlainan, paling sedikit dengan jarak 40 *db* secara berselang.
  - e) Jika pembatasan jarak dan selimut beton minimum didasarkan pada diameter tulangan *db*, maka satu unit bundel tulangan harus diperhitungkan sebagai tulangan tunggal dengan diameter yang didapat dari luas ekuivalen penampang gabungan.

- d. Selimut beton pada tulangan harus memenuhi ketentuan dan standar (SNI-03-2847-2013)

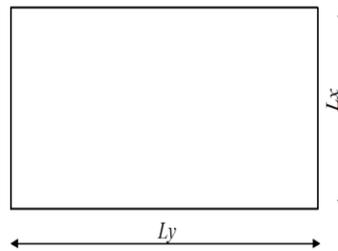
Tabel 2.3.2 Tebal selimut beton minimum untuk beton bertulang

	Tebal selimut beton minimum (mm)
a) Beton yang dicor langsung diatas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca : 1) Batang D-19 atau D-56	50
2) Batang D-16 atau jaring kawat polos P16 atau kawat ulir D16 yang lebih kecil	40
c) Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton yang tidak langsung berhubungan dengan tanah : 3) Pelat, Dinding, Pelat rusuk	40
• Batang D-44 dan D-56	20
• Batang D-36 dan batang yang lebih kecil	
4) Balok, Kolom	
• Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral	40
5) Komponen struktur cangkang, pelat lipat :	
• Batang D-19 yang lebih besar	20
• Batang D-16, jarring kawat polos P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil	13

(Sumber: SNI-03-2847-2013, )

1. Pelat satu arah (*One way slab*)

Pelat satu arah yaitu suatu pelat yang memiliki panjang lebih besar atau lebih lebar yang bertumpu menerus melalui balok-balok. Maka hampir semua beban lantai dipikul oleh balok-balok yang sejajar. Suatu pelat dikatakan pelat satu arah apabila  $\frac{L_y}{L_x} \geq 2$ , dimana  $L_y$  dan  $L_x$  adalah panjang dari sisi-sisinya.



Gambar 2.3.1 Tinjauan arah  $L_y$  dan  $L_x$

Dalam perancangan struktur pelat satu arah, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

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

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

$$W_D = \text{Jumlah beban mati (kg/m)}$$

$$W_L = \text{Jumlah beban hidup (kg/m)}$$

- Menghitung momen rencana ( $M_u$ ) baik dengan cara tabel atau analisis.
- Perkiraan tinggi efektif ( $d_{eff}$ )

$$d_{eff} = h - p - \emptyset s - \frac{1}{2} D \dots \dots \dots (1 \text{ Lapis})$$

$$d_{eff} = h - p - \emptyset s - \frac{1}{2} D - \text{jarak tulangan minimum} - \frac{1}{2} D \dots (2 \text{ Lapis})$$

- Menghitung  $K_{perlu}$

$$R_{nx} = \frac{m_u}{\phi \cdot b \cdot d_x^2}$$

Dimana :

$Rn$  = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

$Mu$  = Momen terfaktor pada penampang (N/mm)

$b$  = lebar penampang (mm)

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

$\phi$  = faktor kuat rencana (0,9)

- f. Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ ) dari tabel. (*Istimawan* : 462 dst.)
- g. Jika  $\rho > \rho_{max}$ , maka ditambahkan balok anak untuk memperkecil momen.
- h. Hitung  $A_s$  yang diperlukan

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

Dimana :

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

$\rho$  = Rasio penulangan

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

- i. Tulangan susut/pembagi

$$A_s = 0,0020 \cdot b \cdot h \quad (\text{untuk } f_y = 400 \text{ MPa})$$

$$A_s = 0,0018 \cdot b \cdot h \quad (\text{untuk } f_y = 240 \text{ MPa})$$

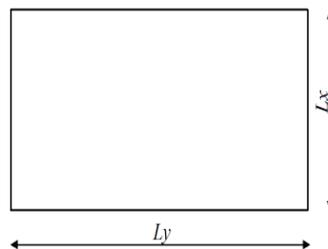
Dimana :

$b$  = Lebar satuan pelat

$h$  = Tebal pelat

## 2. Pelat dua arah (*Two way slab*)

Pelat dua arah adalah pelat yang bertumpu digelagar pada keempat sisinya dan suatu pelat dikatakan pelat dua arah apabila  $\frac{L_y}{L_x} \geq 2$  dimana  $L_y$  dan  $L_x$  adalah panjang dari sisinya.



Gambar 2.3.2 Tinjauan arah  $L_y$  dan  $L_x$

Berikut adalah langkah-langkah dalam perhitungan pelat dua arah :

a. Dimensi balok

Tebal minimum tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya, harus memenuhi ketentuan dari tabel 2.5

Tabel 2.3.3 Tebal Minimum dari Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan Leleh $f_y^a$ (Mpa)	Tanpa penebalan <sup>b</sup>			Dengan penebalan <sup>b</sup>		
	Panel Luar		Panel dalam	Panel Luar		Panel dalam
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir <sup>b</sup>		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir <sup>b</sup>	
280	Ln/33	Ln/36	Ln/36	Ln/36	Ln/40	Ln/40
420	Ln/30	Ln/33	Ln/33	Ln/33	Ln/36	Ln/36
520	Ln/30	Ln/33	Ln/33	Ln/33	Ln/36	Ln/36

(Sumber : SNI-03-2847-2013)

b. Menentukan tebal pelat

1) Untuk  $\alpha m \leq 0,2$

Pelat tanpa penebalan, tebal pelat minimum 120 mm.

Pelat dengan penebalan, tebal pelat minimum 100 mm.

2) Untuk  $0,2 < \alpha m \leq 2,0$

Tebal pelat minimum harus memenuhi :

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

dan tidak boleh  $< 125$  mm (SNI 03-2847-2013;66)

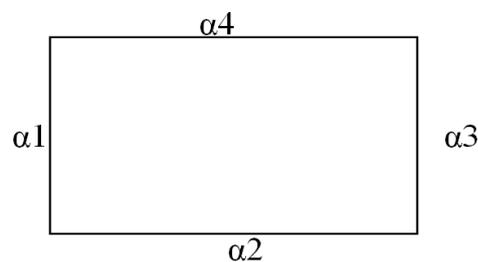
3) Untuk  $\alpha m > 2,0$

Tebal pelat minimum harus memenuhi :

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

dan tidak boleh < 90 mm(SNI 03-2847-2013;66)

- c. Mencari nilai  $\alpha_m$  dari masing-masing panel untuk mengecek apakah pemakaian hcoba telah memenuhi persyaratan.



Gambar 2.3.3 Panel pelat yang ditinjau

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \frac{I_{x-x} \text{ balok}}{I_{x-x} \text{ pelat}}$$

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

Untuk  $\alpha_m < 2,0$  tebal pelat minimum adalah 125 mm

Untuk  $\alpha_m > 2,0$  tebal pelat minimum adalah 90 mm

- d. Cek nilai haktual dari hasil nilai  $\alpha_m$  yang telah didapat

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

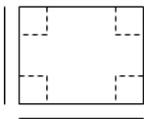
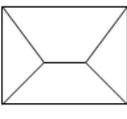
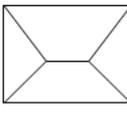
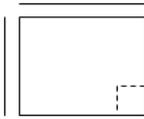
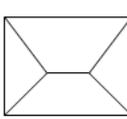
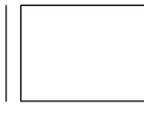
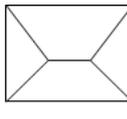
Nilai h boleh dipakai apabila lebih besar dari haktual. Apabila dalam perhitungan nilai hbeton lebih kecil, maka nilai tebal pelat yang dicoba direncanakan ulang (diperbesar) dan perhitungannya diulangi kembali.

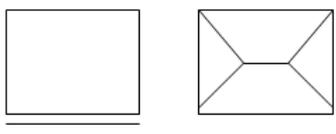
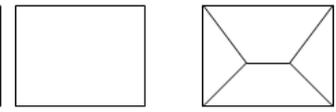
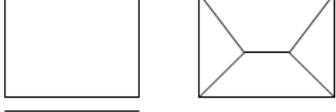
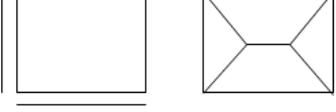
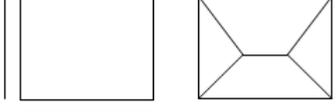
- e. Menghitung beban yang bekerja pada pelat (beban mati dan beban hidup).  
Kemudian hasil perhitungan akibat beban mati dan beban hidup dikali dengan faktor beban untuk mendapatkan nilai beban terfaktor.

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

- f. Mencari momen
- g. Mencari momen yang bekerja pada arah x dan y, dengan cara penyaluran “metode amplop” (Agus Setiawan).

Tabel 2.3.4 Momen pelat dua arah akibat beban terbagi rata

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

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

h. Mencari tebal efektif pelat (SK SNI-03-2847-2013)

Rasio tulangan dalam beton ( $\rho$ ) dan memperkirakan besarnya diameter tulangan utama dan untuk menentukan tinggi efektif arah x ( $d_x$ ) adalah :

$$D_x = h - p - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan arah x}$$

$$D_y = h - p - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan arah y} - \varnothing x$$

i. Mencari nilai koefisien tahanan ( $k$ )

$$\text{Faktor reduksi } \Theta = 0,90$$

i. Mencari rasio penulangan ( $\rho$ )

$$Rn = \frac{mu}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

- j. Mencari luas tulangan ( $A_s$ )

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

- k. Mencari jumlah tulangan ( $n$ )

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

- l. Mencari jarak antar tulangan ( $s$ )

$$s = \frac{1000 \text{ mm}}{n}$$

- m. 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  $x \rightarrow d_y = h - p - \phi_{\text{arah } x} - \phi_{\text{arah } y}$

### 2.3.2 Perancangan 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.

Syarat-syarat umum tangga :

- a. Tangga harus mudah dijalani atau dinaiki
- b. Tangga harus cukup kuat dan kaku
- c. Ukuran tangga harus sesuai dengan sifat dan fungsinya
- d. Material yang digunakan untuk pembuatan tangga terutama pada gedung-gedung umum harus berkualitas baik, tahan dan bebas dari bahaya kebakaran

- e. Letak tangga harus strategis
- f. Sudut kemiringan tidak lebih dari  $45^\circ$

Syarat-syarat khusus tangga :

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

Tabel 2.3.5 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	$\pm 100$	$\pm 120$
3	1 orang + bagasi	$\pm 85$	$\pm 105$
4	2 orang	120 - 130	140 - 150
5	3 orang	180 - 190	200 - 210
6	> 3 orang	> 190	> 210

(sumber :*Ilmu Bangunan Gedung B*; 1993)

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) :

$$L = \ell n + 1,5 a \text{ s/d} 2a \quad (\text{Drs. IK. Sapribadi. 1993. } \textit{Ilmu Bangunan Gedung}; 18)$$

Dimana :

$$L = \text{Panjang bordes}$$

$ln$  = Ukuran satu langkah normal datar (57 cm – 65 cm)

a = Antrede

Langkah-langkah perancangan tangga :

a. Perancangan tangga

a. Penentuan ukuran antrede dan optrede

$$\text{Tinggi optrede sebenarnya} = \frac{h}{\text{Jumlah Optrede}}$$

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

b. Penentuan jumlah antrede dan optrede =  $\frac{h}{\text{Tinggi Optrede}}$

c. Panjang tangga = jumlah optrede x lebar antrede

d. Sudut kemiringan tangga,  $\text{Arc tan } \theta = \frac{\text{optrede}}{\text{antrede}}$

e. Penentuan tebal pelat tangga,  $h_{\text{min}} = \frac{1}{28} l$

b. Penentuan pembebanan pada anak tangga

a. Beban mati

a) Berat sendiri bordes

b) Berat sendiri anak tangga

c) Berat spesi dan ubin

b. Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga yaitu 300 kg/cm<sup>2</sup>.

c. Perhitungan tangga untuk mencari gaya-gaya yang bekerja menggunakan program SAP 2000 14. adapun langkah-langkah sebagai berikut :

- 1) Membuat permodelan tangga pada SAP 2000 14.
- 2) Memasang tumpuan pada permodelan tangga
- 3) Masukkan beban yang bekerja pada anak tangga dan bordes yang telah di kombinasikan antara beban mati dan beban hidup.
- 4) Setelah pembebanan sudah selesai dimasukkan pada permodelan maka kita dapat melakukan “*Run Analisis*” namun “*self-weight*” dijadikan 0 karena beban sendiri di hitung secara manual.

d. Perhitungan tulangan tangga

- 1) Perhitungan momen yang bekerja
- 2) Penentuan tulangan yang diperlukan
- 3) Menentukan jarak ruangan
- 4) Kontrol tulangan

### 2.3.3 Perancangan Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang paling berhubungan dan berfungsi menahan beban sebagai satu kesatuan lengkap. Sebelum merencanakan portal terlebih dahulu kita harus mendimensi portal.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pendimensian portal adalah sebagai berikut :

1. Pendimensian balok

Tebal minimum balok ditentukan dalam SK SNI 03-2847-2013 adalah untuk balok dengan dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum  $l/16$ , untuk balok dengan satu ujung menerus memiliki tebal minimum  $l/18,5$ , untuk balok dengan kedua ujung menerus memiliki tebal minimum  $l/21$ , untuk balok kantilever  $l/8$ .

2. Pendimensian kolom

3. Analisa pembebanan

4. Menentukan gaya-gaya dalam

Dalam menghitung dan menentukan besarnya momen yang bekerja pada suatu struktur bangunan, kita mengenal metode perhitungan dengan metode cross, takabeya, ataupun metode dengan menggunakan bantuan computer yaitu menggunakan program SAP 2000 14. Berikut adalah cara menghitung besarnya momen dengan menggunakan :

1. Perancangan portal dengan menggunakan SAP 2000 14

- a. Perancangan portal akibat beban mati

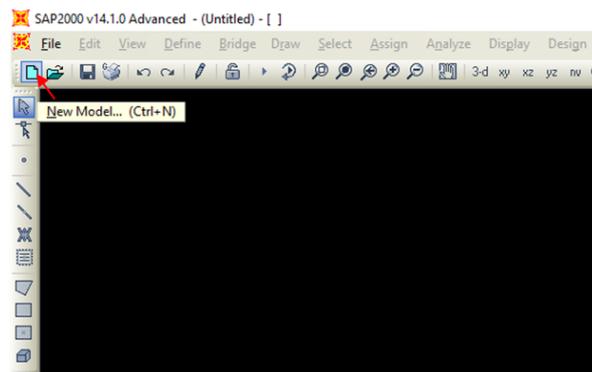
Langkah-langkah menentukan pembebanan pada portal adalah sebagai berikut :

- 1) Beban pelat
- 2) Beban balok
- 3) Beban penutup lantai dan adukan

- 4) Berat balok
  - 5) Berat pasangan dinding (jika ada)
- b. Perancangan portal akibat beban hidup
- Untuk merencanakan portal akibat beban hidup perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :
- 1) Menentukan pembebanan pada portal
  - 2) Perhitungan akibat beban hidup = perhitungan akibat beban mati

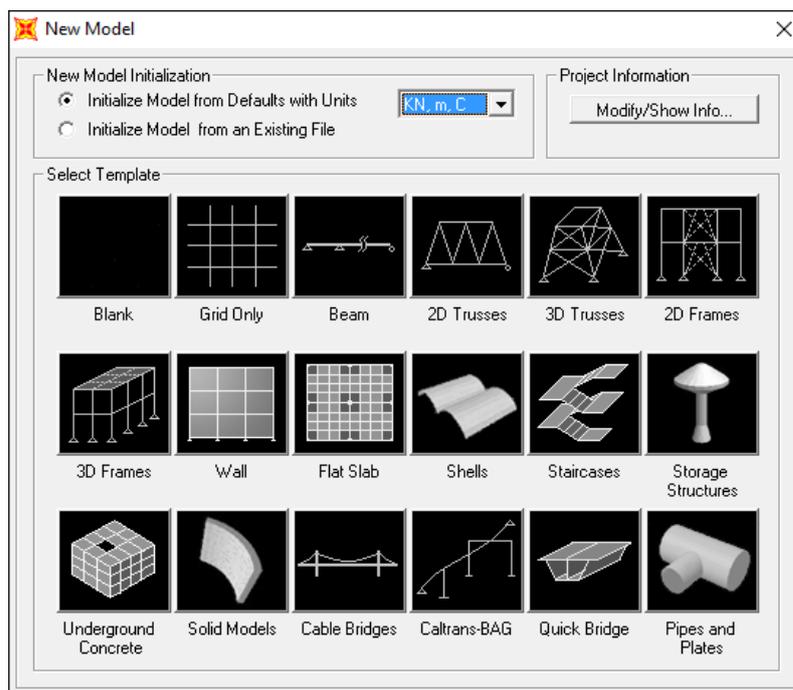
Langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode SAP 2000 14 yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

1. Buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup
  - a. Klik **New Model** atau CTRL + N



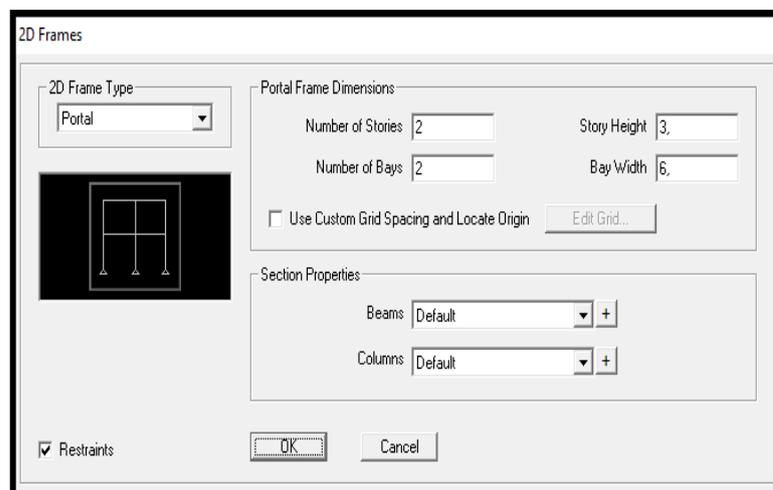
Gambar 2.3.4 *Toolbar New Model*

- b. Kemudian akan tampil kotak seperti gambar dibawah ini, tetapkan satuan yang akan dipakai, misal kgf, m, c.



Gambar 2.3.5 Tampilan *New model*

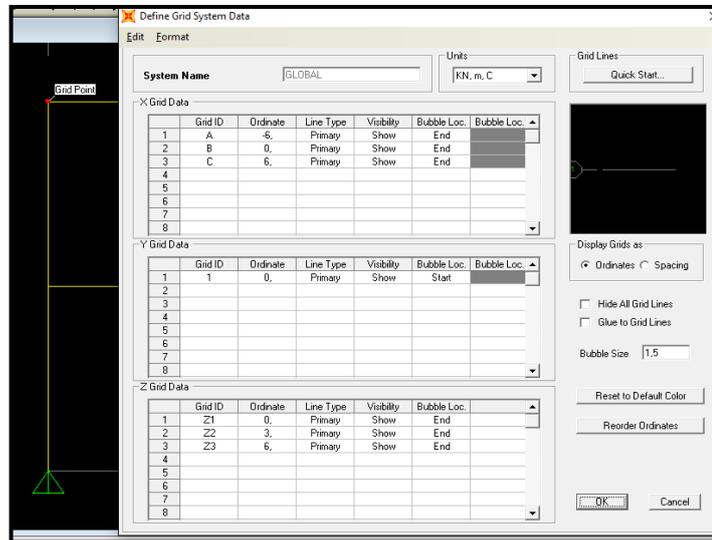
- c. Pilih model template *2D Frames*, akan muncul jendela seperti Gambar 2.5. Sisikan *Number of stories*, *story height*, *Number of Bays*, dan *bay width* masukan sesuai data – data perencanaan. Kemudian klik ok.



Gambar 2.3.6 Tampilan *2D frames*

- d. untuk mengatur kembali jarak-jarak pada portal. Dapat dilakukan dengan cara **klik 2x** pada *grid point* yang terdapat pada portal. Maka, akan muncul tampilan *Define Grid system data* (dapat di lihat pada Gambar

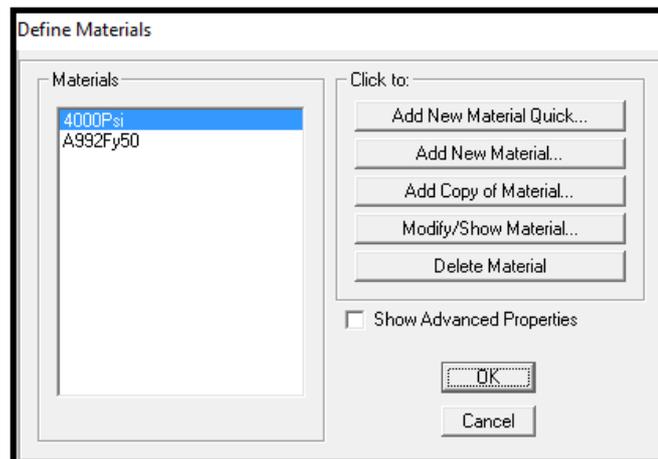
2.7) Setelah itu dapat dilakukan penyesuaian kembali jarak portal dengan data perencanaan yang ada dan disesuaikan arah x, dan z pada SAP v.14



Gambar 2.3.7 Define Grid System data.

## 2. Menentukan Material

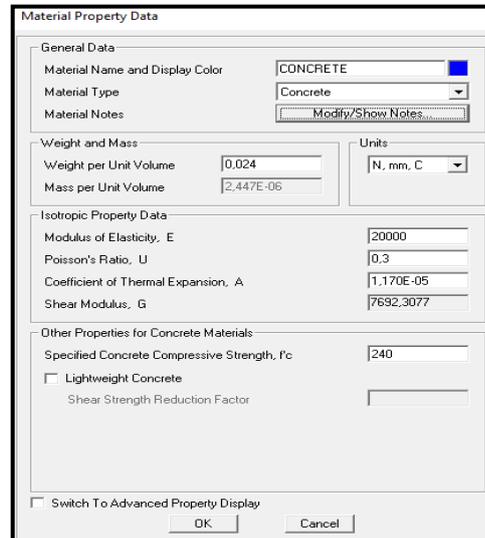
a. Langkah pertama klik *Difane* pada Toolbar > selalu klik *Matreials* maka akan muncul jendela *Difine Materials*.



Gambar 2.3.8 Jendela *Define Materials*

b. Pilih Add new Material , maka akan muncul jendela material Property Data. Ganti nilai Weight per unit volume dengan 24 (nilai ini adalah nilai dari berat jenis beton). ubah nilai Modulus of Elasticity dengan rumus

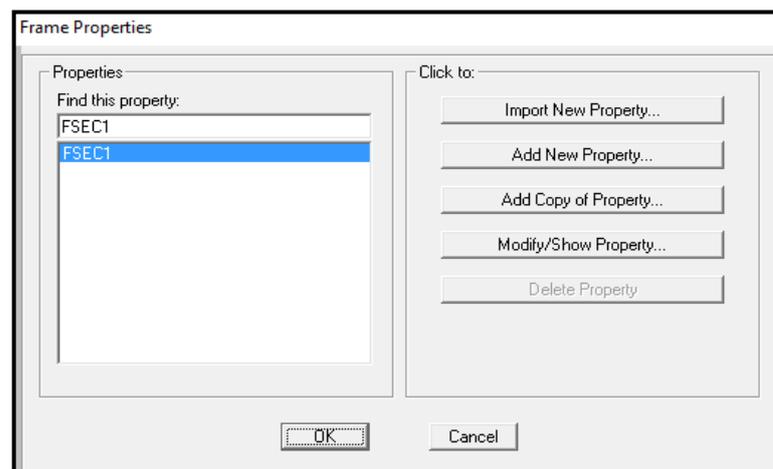
$4700\sqrt{F_c^1} \cdot 1000$ , serta ubah juga nilai  $F_c$  dan  $F_y$  sesuai dengan perencanaan dengan masing-masing dikali 1000, klik OK.



Gambar 2.3.9 Jendela *Material Property Data*

### 3. Menentukan nilai dimensi kolom dan balok

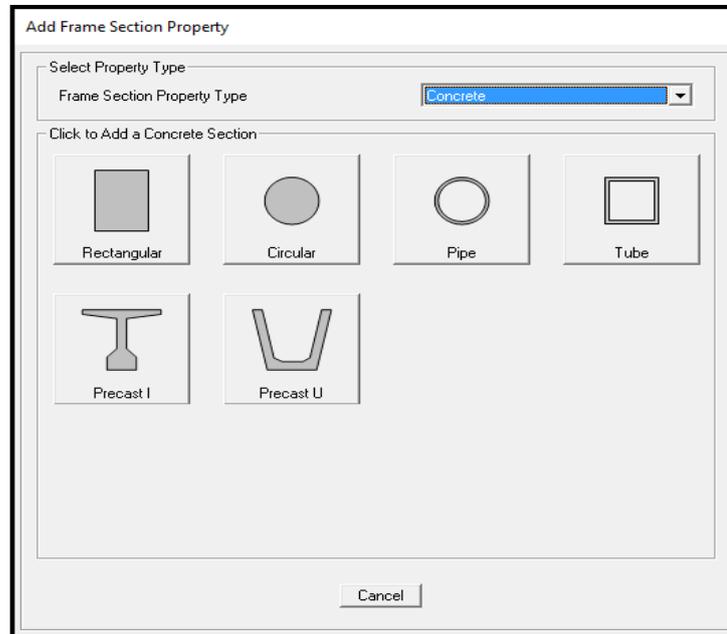
- a. Blok frame kolom/balok, lalu pilih menu pada toolbar, *Define > section properties > Frame section*, setelah memilih menu diatas akan tampil toolbar *Frame Properties* seperti pada gambar2.10.



Gambar 2.3.10 *Toolbar Frame Properties*

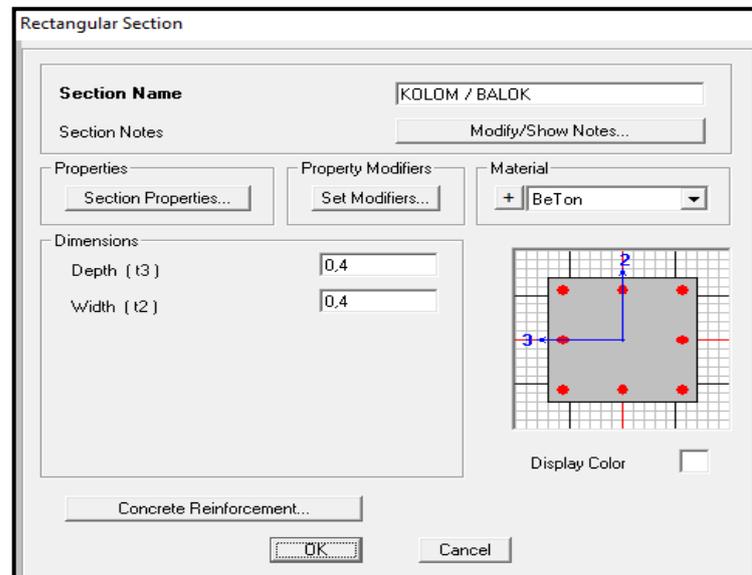
- b. klik add new property, maka akan muncul jendela add Frame Election property. Pada *Select Property Type*, Ganti *frame section Property Type*

menjadi *concrete*. Lalu pilih *rectangular* pada click to add a Concrete section (untuk penampang berbentuk segiempat).



Gambar 2.3.11 Jendela *add Frame section property*

Maka akan muncul jendela seperti Gambar 2.12



Gambar 2.3.12 Jendela *Rectangular Section*

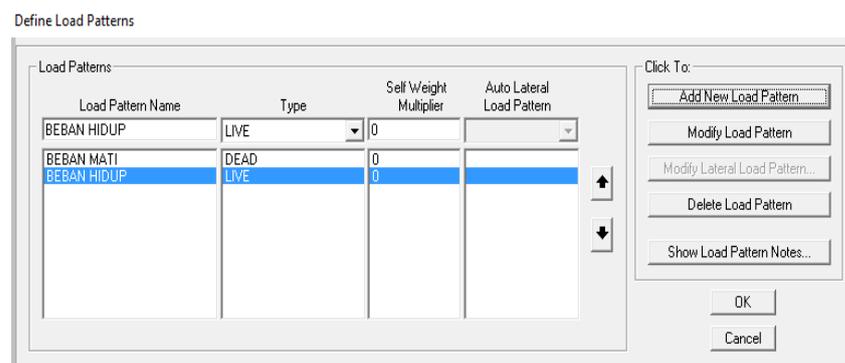
- c. ganti section name dengan nama Balok (untuk balok), Kolom (untuk kolom). ganti ukuran tinggi (Depth) dan lebar (Width) Balok /Kolom

sesuai dengan perencanaan. Kemudian klik Concrete Reinforcement, klik Column (untuk kolom), Beam (untuk balok) lalu klik OK.

- d. Untuk menentukan frame tersebut balok atau kolom yaitu dengan cara memblok frame kemudian pada toolbar pilih menu Assign – Frame / Cable / Tendon – Frame Section – pilih Balok atau Kolom.

4. Membuat cases beban mati dan beban hidup.

- a. Pilih menu pada toolbar, *Define – Load pattern* – buat nama pembebanan, tipe pembebanan dan nilai koefisiennya diisi dengan nilai 0. Lalu klik *add New Load Pattern* Seperti yang terlihat pada gambar. Apabila selesai klik OK.



Gambar 2.3.13 Jendela *Define Load Patterns*

- b. Input nilai beban mati dan beban hidup

1) Akibat beban merata

Blok frame yang akan di input, lalu pilih menu pada toolbar, *Assign – Frame Loads – Distributed* - pilih beban mati atau beban hidup untuk pembebanan tersebut pada *Load pattern Name*– klik *absolute distance from end-1* (agar dapat mengatur jarak yang diinginkan) – atur jarak (*distance*) di titik 1 diisi = 0 dan di titik 2 diisi = panjang frame, serta isi nilai bebannya pada 2 titik tersebut atau dapat dilakukan menggunakan uniform load untuk beban merata yang beban sama rata.

**Frame Distributed Loads**

Load Pattern Name:  BEBAN MATI

Units: KN, m, C

Load Type and Direction:  Forces  Moments

Coord Sys: GLOBAL

Direction: Gravity

Options:  Add to Existing Loads  Replace Existing Loads  Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads:

	1.	2.	3.	4.
Distance	0,	0,25	0,75	1,
Load	0,	0,	0,	0,

Relative Distance from End-I  Absolute Distance from End-I

Uniform Load: Load

OK Cancel

Gambar 2.3.14 Jendela *Frame Distributed Loads*

## 2) Akibat beban terpusat

Sama halnya seperti menginput data pada pembebanan merata, hanya saja setelah memilih menu *Frame*– selanjutnya yang dipilih adalah *Points*. maka akan tampil jendela seperti gambar

**Frame Point Loads**

Load Pattern Name:  BEBAN MATI

Units: KN, m, C

Load Type and Direction:  Forces  Moments

Coord Sys: GLOBAL

Direction: Gravity

Options:  Add to Existing Loads  Replace Existing Loads  Delete Existing Loads

Point Loads:

	1.	2.	3.	4.
Distance	0,	0,25	0,75	1,
Load	0,	0,	0,	0,

Relative Distance from End-I  Absolute Distance from End-I

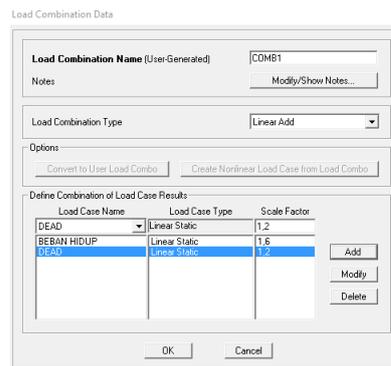
OK Cancel

Gambar 2.3.15 Jendela *Frame Point Loads*

c. Input *Load Combination* (beban kombinasi), yaitu

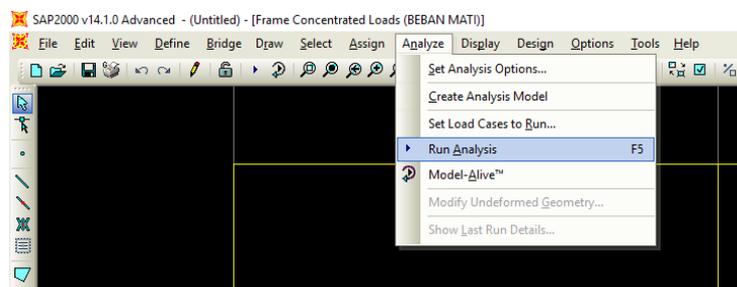
1,2 beban mati + 1,6 beban hidup

blok seluruh frame yang akan di kombinasi, kemudian pilih menu pada toolbar, *Define – Combinations – add new combo*, kemudian akan terlihat seperti



Gambar 2.3.16 Jendela *Loads Combination*

5. Run analisis, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.3.17 Run *Analysis*

### 2.3.4 Perancangan Balok

Balok merupakan batang horizontal dari rangka struktur yang memikul beban tegak lurus sepanjang batang tersebut biasanya terdiri dari dinding, pelat atau atap bangunan dan menyalurkannya pada tumpuan atau struktur dibawahnya.

Beberapa jenis balok beton bertulang berdasarkan perancangan lentur dan berdasarkan tumpuannya.

1. Berdasarkan perancangan lentur jenis balok dibedakan sebagai berikut :

a. Balok persegi dengan tulangan tunggal

Balok persegi dengan tulangan tunggal merupakan balok yang hanya mempunyai tulangan tarik saja dan dapat mengalami keruntuhan akibat lentur.

b. Balok persegi dengan tulangan rangkap

Apabila besar penampang suatu balok dibatasi, mungkin dapat terjadi keadaan dimana kekuatan tekan beton tidak dapat memikul tekanan yang timbul akibat bekerjanya.

c. Balok “ T ”

Balok “ T “ merupakan balok yang berbentuk huruf T dan bukan berbentuk persegi, sebagian dari pelat akan bekerja sama dengan bagian atas balok untuk memikul tekan.

2. Berdasarkan Tumpuannya, balok dibagi menjadi 2 antara lain:

a. Balok induk

Balok Induk adalah balok yang bertumpu pada kolom. Balok ini berguna untuk memperkecil tebal pelat dan mengurangi besarnya lendutan yang terjadi. Balok anak direncanakan berdasarkan gaya maksimum yang bekerja pada balok yang berdimensi sama. Untuk merencanakan balok induk perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- 1) Menentukan mutu beton yang akan digunakan
- 2) Menghitung pembebanan yang terjadi, seperti :
  - a) Beban mati
  - b) Beban hidup
  - c) Beban balok
- 3) Menghitung beban ultimate
  - a) Gaya lintang desain balok maksimum :

$$U = 1,2D + 1,6L$$

Keterangan : U= beban ultimate

D = beban mati

L = beban hidup terfaktor per unit luas

- b) Momen desain balok maksimum,:

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

Keterangan :  $Mu$  = momen terfaktor pada penampang

$M_{DL}$  = momen akibat beban mati

$M_{LL}$  = momen akibat beban mati

4) Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a) Penulangan lentur lapangan:

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

$$Q = \left( \frac{1,7}{\phi f'c} \right) \frac{Mu}{bd^2}$$

$$\rho = \frac{f'c}{fy} (0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q})$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

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

$$n = \frac{As}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$$

b) Penulangan lentur pada tumpuan

$$Q = \left( \frac{1,7}{\phi f'c} \right) \frac{Mu}{bd^2}$$

$$\rho = \frac{f'c}{fy} (0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q})$$

$$- As = \rho \cdot beff \cdot d$$

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

$$n = \frac{As}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$$

Keterangan :

$As$  = Luas tulangan tarik non prategang

$\rho$  = rasio penulangan tarik non prategang

$beff$  = lebar efektif balok

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

5) Tulangan geser rencana

$$\emptyset Vc = \emptyset 0,17 \lambda \sqrt{f'c} \times b \times d$$

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan;104) :

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

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan;104) :

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

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan;104) :

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

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

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

#### b. Balok anak

Balok anak adalah balok yang bertumpu pada balok induk atau tidak bertumpu langsung pada kolom. Untuk merencanakan balok anak yaitu :

- 1) Menentukan mutu beton dan baja yang digunakan
- 2) Menghitung pembebanan yang terjadi, seperti :
  - a) Beban Hidup
  - b) Beban Mati
  - c) Beban Sendiri Balok
  - d) Sumbangan Pelat
- 3) Menghitung beban *ultimate*

$$W_u = 1,2 W_d + 1,6 W_l$$
- 4) Menghitung momen dan gaya geser
- 5) Menghitung momen lentur maksimum dengan cara :
  - a) Menentukan momen maksimum
  - b) Menentukan  $d$  efektif =  $h - p - \phi \cdot \text{sengkang} - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan utama}$

c) Menentukan  $Q = \left(\frac{(1,7)}{\phi f'c}\right) \frac{Mu}{bd^2}$

$$\rho = \frac{f'c}{fy} (0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q})$$

d) Menentukan  $\rho$

$$n = \frac{As}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$$

6) Perencanaan tulangan geser

### 2.3.5 Perancangan Kolom

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

Berikut adalah langkah-langkah dalam perencanaan kolom :

1. Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris berdasarkan kombinasi  $P_u$  dan  $M_u$

2. Beban desain kolom maksimum

$$P_u = 1,2 P_D + 1,6 P_L$$

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan, hal 203)

3. Momen desain kolom maksimum untuk ujung atas dan ujung bawah

$$M_u = 1,2 M_D + 1,6 M_L$$

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan, hal 203)

4. Nilai eksentrisitas

$$e = \frac{M_u}{P_u}$$

Keterangan :

$e$  = Eksentrisitas

$M_u$  = Momen terfaktor pada penampang

$P_u$  = Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan, hal 207)

5. Hitung kekakuan kolom dengan menggunakan persamaan:

$$EI_k = \frac{0,4 \cdot E_c \cdot I_g}{1 + \beta_d}$$

Keterangan:

$$E_c = 4.700 \sqrt{f_c}$$

$$E_s = 200.000 \text{ MPa}$$

$I_g$  = momen inersia bruto penampang terhadap sumbu yang ditinjau

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

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan, hal 207)

6. Menentukan kekakuan relatif ( $\Psi$ )

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

Keterangan :

EI = Nilai kekakuan

$l_k$  = Panjang kolom

$l_b$  = Panjang balok

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan, hal 199)

7. Elemen struktur tekan tak bergoyang

$$\frac{k l_u}{r} \leq 34 - 12 \left( \frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40$$

Keterangan:

$k$  = Faktor panjang efektif komponen struktur beton

$l_u$  = Panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang

$r$  = Jari-jari putaran potongan lintang komponen struktur tekan

8. penentuan syarat batas rasio penulangan kolom 1%-8% ( diambil rasio penulangan 1,2%)

9. Menentukan tulangan Tarik atau Tekan dengan eksentristas

$$d = h - p - \emptyset \text{sengkang} - \frac{1}{2} D$$

$$d' = p + \emptyset \text{sengkang} + \frac{1}{2} D$$

$$d'' = \frac{1}{2} h - d'$$

$$e_b = \frac{2}{3}d$$

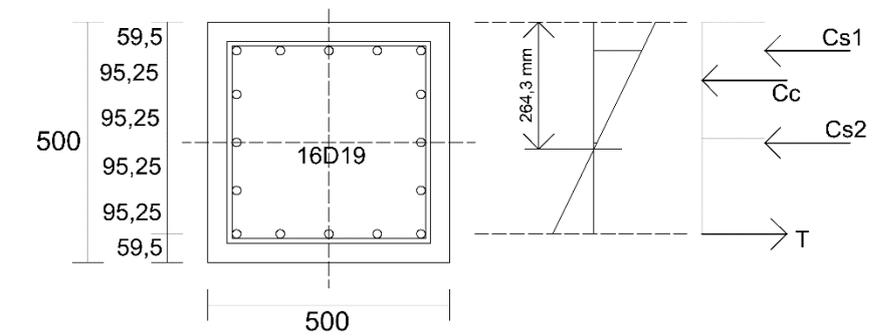
10. Keruntuhan tekan,  $e < e_b$ , jika  $e > e_b$  maka terjadi keruntuhan tarik

$$C_b = \frac{400}{400 + f_y} \times d =$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,002$$

$$\epsilon_{s'} = \frac{cb-d'}{cb} (0,003) =$$

jika hasil  $\epsilon_{s'} > \epsilon_y$  maka  $f_s' = f_y$  dan jika  $\epsilon_{s'} < \epsilon_y$  maka  $f_s' = 600 \left( \frac{cb-d''}{cb} \right)$



Gambar 2.3.18 Penulangan Kolom

11. Evaluasi  $P_n$  dari dari kondisi kesetimbangan gaya

$$P_n = C_c + C_s - T$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

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

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s$$

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan, hal 172)

12. Evaluasi  $P_n$  dengan mengambil momen terhadap  $A_s$

$$e' = e + d''$$

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

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan, hal 164)

$$M_n = P_n \cdot e$$

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan, hal 164)

13. Periksa  $P_u$  dan  $M_u$  terhadap  $\phi P_n$  dan  $\phi M_n$

Faktor reduksi kekuatan untuk penampang terkendali tekan tulangan sengkang persegi  $\phi = 0,65$  (Sumber: SNI 2847 : 2013)

$$\phi P_n = 0,65 \times P_n$$

$$\phi P_n > P_u$$

$$\phi M_n = 0,65 \times M_n$$

$$\phi M_n > M_u$$

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan, hal 169)

### 2.3.6 Perancangan Sloof

Sloof adalah balok yang menghubungkan pondasi sebagai tempat untuk menyalurkan beban dinding. Hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan dan perhitungan sloof :

1. Penentuan dimensi sloof
2. Penentuan pembebanan pada slof
  - a. Berat sendiri slof
  - b. Berat dinding
  - c. Berat plesteran

Kemudian semua beban dijumlahkan untuk mendapatkan beban total, lalu dikalikan faktor untuk beban terfaktor.

$$U = 1,4D$$

Keterangan :

U = beban terfaktor per unit panjang bentang balok

D = beban mati

L = beban hidup

3. Perhitungan momen (menggunakan program SAP 2000 V14)
4. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

Penulangan lentur lapangan

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

b.  $K = \frac{M_u}{\emptyset \cdot b \cdot d^2} \rightarrow$  didapat nilai  $\rho$  dari tabel

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

c. Pilih tulangan dengan dasar  $A_s$  terpasang  $\geq A_s$  direncanakan

Penulangan lentur pada tumpuan

a.  $Q = \left( \frac{1,7}{\phi f'_c} \right) \frac{M_u}{b d^2}$

b.  $\rho = \frac{f'_c}{f_y} (0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q})$

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

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

Keterangan :

$A_s$  = luas tulangan tarik non prategang

$\rho$  = rasio penulangan tarik non-prategang

$b_{\text{eff}}$  = lebar efektif balok

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

#### 5. Tulangan geser rencana

$$\phi V_c = \phi 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan;104) :

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

-  $V_u > \phi V_c$  (perlu tulangan geser)

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan;104) :

-  $V_u \leq \phi V_n$

-  $V_n = V_c + V_s$

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

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan;104) :

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

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

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

### 2.3.7 Perancangan Pondasi

Istilah pondasi digunakan dalam teknik sipil untuk mendefinisikan suatu bagian konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai penopang bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure*) ke lapisan tanah yang cukup kuat daya dukungnya. Untuk itu, pondasi bangunan harus diperhitungkan untuk dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban berguna, gaya-gaya luar, seperti tekanan air, gempa bumi, dan lain-lain. disamping itu, tidak boleh terjadi penurunan melebihi batas yang diijinkan. Jenis pondasi yang dipakai sesuai dengan kedalaman tanah yang akan dibangun oleh karena itu pemakaian jenis pondasi harus sesuai dengan kriteria tanah yang akan dibangun.

Tiang pancang bagian-bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton dan/ atau baja, yang digunakan untuk menenruskan (mentransmisikan) bebabn-beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah dalam massa tanah (Analisis dan Desain Pondasi, Joseph E. Bowles, 1991:193).

Jenis-jenis penyaluran beban pada tiang pancang yaitu :

1. Daya dukung tanah keras

Tiang yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung tiang.

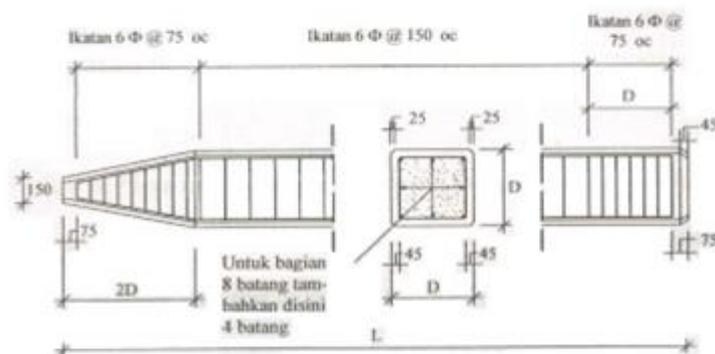
2. Hambatan

Tiang yang kapsitas dukungnya ditentukan oleh perlawanan gesek antara dinding tiang dan tanah sekitarnya.

Tiang pancang dapat dibagi dalam 3 macam berdasarkan cara pembuatannya yaitu:

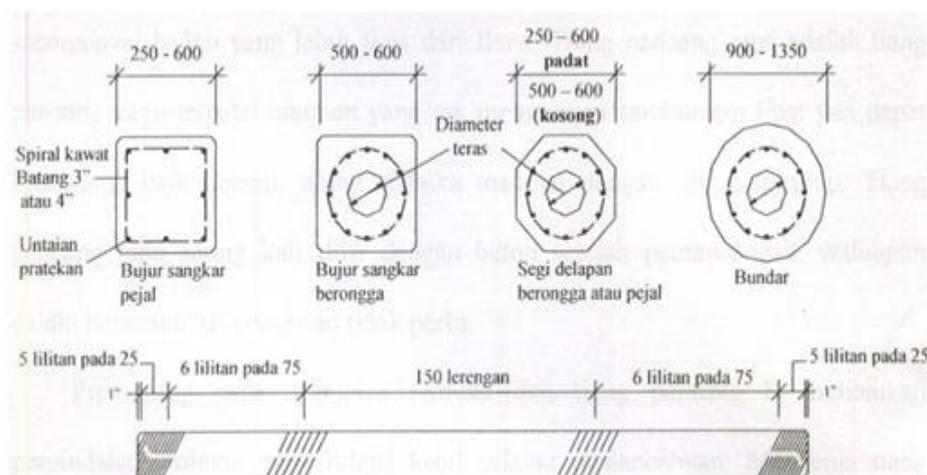
- a. Tiang pancang beton Pracetak (*Precast Reinforced Concrete Pile*)

Tiang beton Pracetak adalah tiang pancang beton bertulang yang dicetak dan dicor dalam acuan beton (bekisting) yang setelah cukup keras kemudian diangkat dan dipancangkan.



Gambar 2.3.19 Tiang pancang beton pracetak

- b. Tiang Pancang Pratekan Pracetak (*Precast Prestressed Concrete Pile*)  
 Tiang pancang *Precast Prestressed Concrete Pile* adalah tiang pancang beton yang dalam pelaksanaan pencetakannya sama seperti pembuatan beton prestess, yaitu dengan menarik besi tulangnya ketika dicor dan dilepaskan setelah beton mengeras seperti dalam berikut.



Gambar 2.3.20 Tiang pancang *Precast Prestressed Concrete Pile*

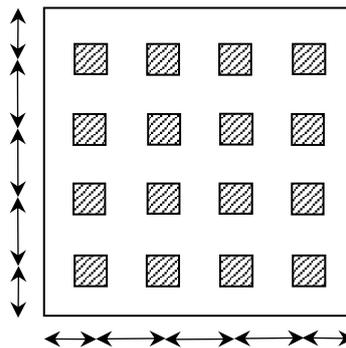
- c. Cor ditempat (*Cast in Place*)

*Cast in Place* merupakan tiang pancang yang dicor ditempat dengan cara membuat lubang ditanah terlebih dahulu dengan cara melakukan pengeboran. Pada *Cast in Place* ini dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu:

- 1) Dengan pipa baja yang dipancang ke dalam tanah, kemudian diisi dengan beton dan ditumbuk sambil pipa baja tersebut ditarik ke atas.
- 2) Dengan pipa baja yang dipancang ke dalam tanah, kemudian diisi dengan beton sedangkan pipa baja tersebut tetap tinggal di dalam tanah.

Pada kenyataan sebenarnya jarang sekali ditemukan tiang pancang yang berdiri sendiri, akan tetapi kita sering mendapatkan pondasi tiang pancang dalam bentuk kelompok, seperti pada gambar berikut.

Adapun penyelesaian perhitungan pondasi jenis ini dapat menggunakan langkah-langkah berikut :



Gambar 2.3.21 Jarak tiang pancang

Terhadap kekuatan bahan tiang

- a) Kekuatan izin tiang pancang

$$\bar{p} = \bar{\sigma} \times A_{tiang}$$

Keterangan :

$\bar{\sigma}$  = Tegangan izin bahan (Kg/cm<sup>2</sup>)

A = Luas penampang (cm<sup>2</sup>)

- b) Luas penampang tiang pancang

$$A = \frac{1}{2} a \cdot t$$

Keterangan :

t = Tinggi tiang

a = Alas

- c) Menentukan beban – beban yang bekerja pada pondasi,
- d) Menentukan diameter yang digunakan.
- e) Menentukan daya dukung ijin tiang berdasarkan hasil pengujian SPT, daya dukung ijin pondasi tiang dapat dihitung dengan rumus :

$$Q_{ultimate} = 40 \cdot N \cdot Ab + \frac{\bar{N} \cdot As}{5}$$

$$Q_{izin} = \frac{Q_{ult}}{F}$$

Menentukan Jumlah tiang

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

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

- f) Menentukan jarak tiang yang digunakan,  $2,5D < S < 3D$
- g) Menentukan efisiensi kelompok tiang,

Persamaan dari Uniform Building Code:

$$Eff\eta = 1 - \frac{\theta}{90} \left\{ \frac{(n-1) + (m-1)n}{m \cdot n} \right\}$$

Keterangan :

m = Jumlah baris

n = Jumlah tiang dalam satu baris

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

d = Diameter tiang

s = Jarak antar tiang ( as ke as )

- h) Menentukan kemampuan tiang terhadap sumbu x dan sumbu y

$$P_{maks} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{My \cdot X_{maks}}{ny \cdot \sum X^2} \pm \frac{Mx \cdot Y_{maks}}{nx \cdot \sum Y^2}$$

Keterangan :

Pmax = Beban yang diterima oleh tiang pancang

$\sum V$  = Jumlah total beban

Mx = Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus pada sumbu x

My = Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus pada

- sumbu Y
- n = Banyak tiang pancang dalam kelompok tiang pancang
- Xmax = Absis terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang
- Ymax = Ordinat terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang
- ny = Banyaknya tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu Y
- nx = Banyaknya tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu X
- $\sum X^2$  = Jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang
- $\sum Y^2$  = Jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang
- i) Menentukan tebal tapak pondasi Tinggi efektif (deff) = h - p - D - 1/2D

$$V_u = \frac{Q}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{maks}}{\sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{maks}}{\sum Y^2}$$

Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \cdot 1/6 \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{f_c'} ; b_w = B$$

$\phi V_c > V_u$  (tebal pelat mencukupi untuk memikul gaya geser tanpa memerlukan tulangan geser).

j) Penulangan Poer

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

$$\rho_{pertu} = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right]$$

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

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

k) Perhitungan Tulangan Sengkang

$$A_v = \frac{\pi \cdot d^2}{2}$$

$$S = \frac{3 \cdot A_v \cdot f_y}{b}$$

$$S_{maks} = 1/2 d_{eff}$$

## **2.4 Pengelolaan Proyek**

Dokumen tender adalah suatu dokumen yang terdapat di dalam sebuah proyek yang dibuat oleh konsultan perencana atas permintaan klien sesuai dengan kesepakatan terlebih dahulu. Dokumen tender akan memberikan penjelasan atas peserta lelang karena terdiri dari sistem tender yaitu suatu cara yang dilakukan dengan pemilik suatu proyek untuk pelaksanaan proyek tersebut agar dapat dilaksanakan dengan harga serendah-rendahnya dan wajar dengan waktu sesingkat-singkatnya dengan sistem kompetisi. Adapun proyek tersebut dilaksanakan dengan sistem kontrak. Syarat-syarat ketentuan yang akan memberikan informasi dengan jelas. Oleh karena itu setiap kontraktor yang akan mengikuti lelang harus memiliki dokumen tender tersebut, karena hal ini akan mempengaruhi harga penawaran.

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

Yang dimaksud dengan Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) adalah 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 pelaksanaan yang akan dilakukan nantinya. Adapun semua hal yang terdapat di dalam sebuah RKS adalah sebagai berikut :

1. Syarat Umum :
  - a. Keterangan tentang pemberi tugas
  - b. Keterangan mengenai perencanaan
  - c. Syarat-syarat peserta lelang
  - d. Bentuk surat penawaran
2. Syarat administrasi:
  - a. Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan
  - b. Tanggal Penyerahan pekerjaan /barang
  - c. Syarat-syarat pembayaran
  - d. Denda atas keterlambatan
  - e. Besarnya jaminan penawaran
  - f. Besarnya jaminan pelaksanaan

### 3. Syarat Teknis

- a. Jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilaksanakan
- b. Jenis dan mutu bahan, antara lain bahwa semaksimal mungkin harus menggunakan hasil produksi dalam negeri dengan memperlihatkan potensi nasional
- c. Gambar detail, gambar konstruksi, dan segala sesuatu yang menjadi pelengkap untuk menunjang semua kegiatan di proyek

#### 2.4.2 Gambar-Gambar

##### 1. Gambar Layout

Gambar Layout merupakan sejenis peta ukur dimana dari gambar tersebut dapat dilihat keadaan suatu proyek dan dapat disimpulkan banyak informasi yang bisa dilihat di dalamnya:

- a. Prasarana yang ada, Jalan, Rel kereta api, bangunan, dan lain-lain.
- b. Keadaan alam seperti hutan, sungai, lembah, arah angin, dan mata angin.
- c. Gambar layout biasanya dituangkan dalam skala 1:500 atau 1:1000 atau 1:2000

##### a. Gambar Rencana

Adapun segala sesuatu yang terdapat di dalam sebuah gambar rencana sebuah proyek pembangunan gedung adalah sebagai berikut antara lain :

##### 1) Gambar Denah

Denah-denang seperti bangunan, termasuk lantai bawah dan mungkin denah dalam ruang atau suatu denah atap. Denah lantai digambarkan dengan melihat kebawah pada lantai yang digambarkan atau seperti bangunan yang diiris mendatar pada ketinggian lantai tersebut. Gambar denah biasanya menggunakan skala 1:100 atau 1:250.

##### 2) Gambar Tampak

Gambar tampak digunakan untuk menjelaskan perataan luar bangunan, oleh karena itu gambar sketsa diperlukan untuk semua

tampak-tampak bangunan. Biasanya menggunakan potongan dengan skala besar yaitu pada skala 1:50 atau 1:100 atau 1:150.

### 3) Gambar Potongan

Gambar potongan diperlukan untuk menjelaskan bagian-bagian yang merupakan pekerjaan yang baru atau perlu penjelasan pekerjaan secara detail. Skala yang sering dipakai adalah skala 1:250 atau 1:50 atau 1:20 atau detail dengan skala besar pada 1:5 atau 1:10. Gambar-gambar potongan tersebut dipakai untuk menghitung kuantitas setiap jenis pekerjaan untuk biaya konstruksi dan juga sebagai pedoman pelaksanaan pekerjaan di lapangan.

### 4) Gambar Detail

Gambar detail sebuah bangunan gedung digunakan untuk memperjelas bagian-bagian pekerjaan yang baru atau perlu penjelasan pekerjaan secara detail. Skala yang digunakan biasanya 1:50 atau 1:20

## **2.4.3 Volume Pekerjaan**

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada di dalam sebuah proyek pembangunan gedung bertingkat. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek

## **2.4.4 Analisa Harga Satuan**

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek pembangunan gedung bertingkat. Analisa harga satuan ini berguna sebagai penunjuk harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Harga-harga yang terdapat dalam harga analisa satuan ini nantinya akan didapatkan harga keseluruhan dari hasil perkalian dengan volume pekerjaan. Analisa harga satuan ini yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

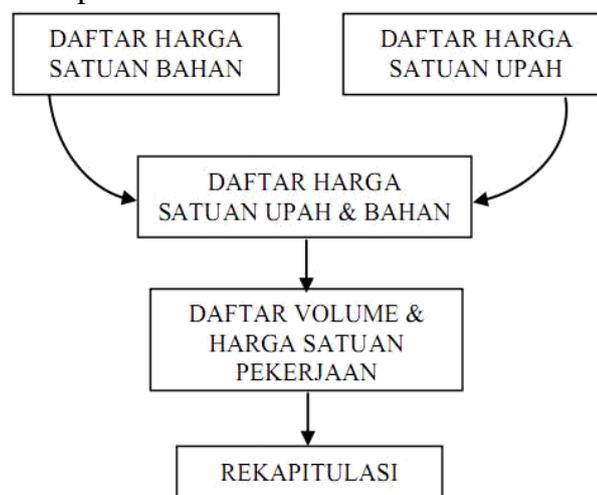
### 2.4.5 Rencana Anggaran Biaya dan Rekapitulasi Harga

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan besarnya biaya yang dibutuhkan untuk semua bahan yang digunakan dan upah pekerja yang terlibat, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda di masing-masing daerah karena perbedaan harga bahan upah dan tenaga kerja. Tujuan dari pembuatan RAB adalah untuk memberikan gambaran yang pasti tentang besaran biaya yang dibutuhkan.

Tahapan-tahapan yang sebaiknya dilakukan sebelum menyusun rencana anggaran biaya adalah sebagai berikut:

- a. Mengumpulkan data tentang jenis, harga serta kemampuan pasar yang menyediakan bahan/material konstruksi secara kontinyu.
- b. Mengumpulkan data tentang upah pekerja yang berlaku di lokasi proyek dan atau upah pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.
- c. Menghitung analisa bahan dan upah dengan menggunakan analisa harga satuan pekerjaan.
- d. Menghitung harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.
- e. Membuat rekapitulasi



Gambar 2.4.1 Tahapan Penyusunan Rekapitulasi Harga sebuah proyek

## 2.4.6 Barchart dan Kurva S

### 1. Barchart

Rencana kerja yang paling sering digunakan adalah diagram batang (barchart) atau gant chart. Barchart sering digunakan secara meluas dalam sebuah proyek konstruksi karena lebih sederhana, mudah dalam pembuatannya serta mudah untuk dimengerti oleh pemakainya.

Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal. Kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang.

Adapun keuntungan dari penggunaan barchart ini sendiri adalah sebagai berikut :

- a. Bentuknya sederhana
- b. Mudah dibuat
- c. Mudah dimengerti
- d. Mudah dibaca

Sedangkan kekurangan dari penggunaan barchart ini sendiri adalah sebagai berikut :

- a. Hubungan antara pekerjaan yang satu dan yang lain kurang jelas.
- b. Sukar mengadakan perbaikan.
- c. Sulit digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar.

Proses penyusunan diagram batang untuk membuat suatu barchart dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

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

Cara membuat sebuah barchart yang biasanya digunakan dalam sebuah proyek pembangunan adalah sebagai berikut:

- a. Rencanakan waktu pelaksanaan setiap pekerjaan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui item pekerjaan yang harus diselesaikan sebelum pekerjaan berikutnya dapat dikerjakan atau dapat dikerjakan dalam waktu bersamaan. Misalkan:
  - 1) Pekerjaan persiapan dikerjakan pertama kali sampai akhir pekerjaan, selanjutnya baru dapat dikerjakan pekerjaan galian tanah.
  - 2) Pekerjaan lantai kerja baru dapat dikerjakan setelah pekerjaan galian tanah selesai.
  - 3) Pekerjaan pasir urug baru dapat dikerjakan setelah pembuatan lantai kerja selesai dilaksanakan.
  - 4) Pekerjaan pondasi batu kali/bata dapat dikerjakan dalam waktu bersamaan dengan pekerjaan pasir urug.
  - 5) Pekerjaan urugan kembali dapat dikerjakan setelah semua item pekerjaan pondasi selesai dilaksanakan.
- b. Buatlah tabel rangkaian pekerjaan yang berisi item pekerjaan dan waktu pelaksanaan dengan menggunakan kurva S

## 2. Kurva S

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progres pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan di sebuah proyek konstruksi. Kurva S tersebut dibuat berdasarkan rencana atau pelaksanaan progres pekerjaan dari setiap pekerjaan. Dengan kurva S kita dapat mengetahui progres pada setiap waktu. Progres tersebut dapat berupa rencana dan pelaksanaan. Untuk setiap barchart yang dilengkapi dengan progres dapat dibuat kurva S. Bentuk kurva S biasanya mempunyai

kemiringan yang landai pada setiap tahap permulaan dan tahap akhir dari pelaksanaan proyek.

Kurva S diperlukan untuk menggambar progres pada momen tertentu dalam sebuah proyek pembangunan. Rencana progres yang dibuat dalam kurva S merupakan referensi/kesepakatan dari semua pihak atas progres yang dihasilkan oleh kontraktor pada setiap moment waktu tertentu.

Bila kurva S dari rencana progres dan pelaksanaan dibandingkan maka dapat diketahui secara visual besarnya dan kecenderungan dari penyimpangan yang terjadi, apakah pelaksanaan lebih cepat atau lebih lambat dari rencana yang disepakati. Dengan mengetahui hal ini tentu dapat dimulai tindakan-tindakan koreksi sehingga pekerjaan dapat dilakukan sesuai dengan yang dikehendaki atau rencana.

Kurva S dibuat dengan sumbu vertikal sebagai nilai kumulatif biaya atau orang/hari atau penyelesaian pekerjaan dan sumbu horizontal sebagai waktu kalender masing-masing dari angka 0 sampai 100, kurva tersebut harus berbentuk huruf S karena kegiatan proyek berlangsung sebagai berikut:

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

#### **2.4.7 Network Planning (NWP)**

Network Planning merupakan suatu cara atau teknik dalam bidang perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Produk yang dihasilkan dari network planning ini adalah kegiatan yang ada dalam proyek. Network planning digunakan untuk mengkoordinasi berbagai pekerjaan, mengetahui apakah suatu pekerjaan bebas atau tergantung dengan pekerjaan lainnya, menunjukkan waktu penyelesaian yang kritis atau tidak, dan kepastian dalam penggunaan sumber daya.

Network planning memiliki beberapa tipe, yaitu preseden, metode jalur kritis (*Critical Path Methode*), program evaluation dan review technique (PERT), Grafis Evaluation dan review technique (GERT). Adapun kegunaan dari NWP adalah :

- a. Merencanakan, *Scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.

- b. Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara detail dari proyek.
- c. Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan rencana *Scheduling* (waktu), dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
- d. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur -jalur kritis (*Critical Path*) saja yang perlu pengawasan ketat.

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun sebuah NWP dalam suatu proyek konstruksi adalah sebagai berikut:

- a. Urutan Pekerjaan yang Logis

Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa saja yang kemudian mengikutinya.

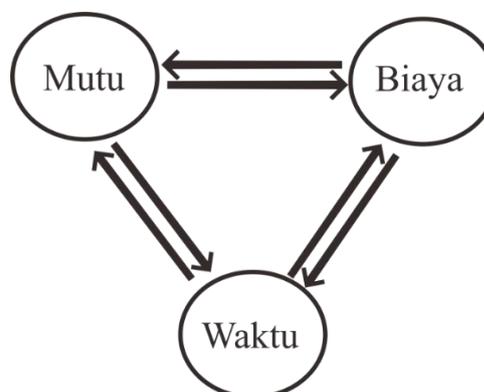
- b. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan.

Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Kalau proyek itu baru sama sekali biasanya diberi slack/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, misalnya : biaya-biaya lembur, biaya penambahan tenaga kerja dan sebagainya.

Pengendalian sebuah proyek konstruksi direncanakan sebaik mungkin diharapkan agar dapat menyelaraskan antara biaya proyek yang ekonomis, menghasilkan mutu pekerjaan yang baik/berkualitas dan selesai tepat waktu karena ketiganya adalah 3 elemen yang saling mempengaruhi, seperti terlihat pada gambar 2.16 di bawah ini.



Gambar 2.4.2 Siklus Biaya, Mutu dan Waktu (BMW)

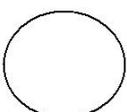
Ilustrasi siklus di atas menunjukkan bahwa apabila biaya proyek berkurang/dikurangi, sementara waktu pelaksanaan tetap maka secara otomatis anggaran belanja material akan dikurangi dan mutu pekerjaan akan berkurang. Secara umum proyek akan merugi.

Namun, jika mutu ingin dijaga, sementara waktu pelaksanaan mundur/terlambat, maka akan terjadi peningkatan anggaran belanja. Secara umum proyek akan merugi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa inti dari 3 komponen proyek konstruksi di atas bagaimana menjadwalkan dan mengendalikan pelaksanaan proyek agar berjalan sesuai dengan schedule yang telah ditetapkan, selesai tepat waktu dan tidak terjadi pengurangan mutu pekerjaan ataupun penambahan anggaran biaya.

Adapun pembagian macam-macam dari *Network Planning* (NWP) adalah sebagai berikut:

- a. CMD : Chart Method Diagram
- b. NMT : Network Management Technique
- c. PEP : Program Evaluation Procedure
- d. CPA : Critical Path Analysis
- e. CPM : Critical Path Method
- f. PERT: Program Evaluation and Review Technique

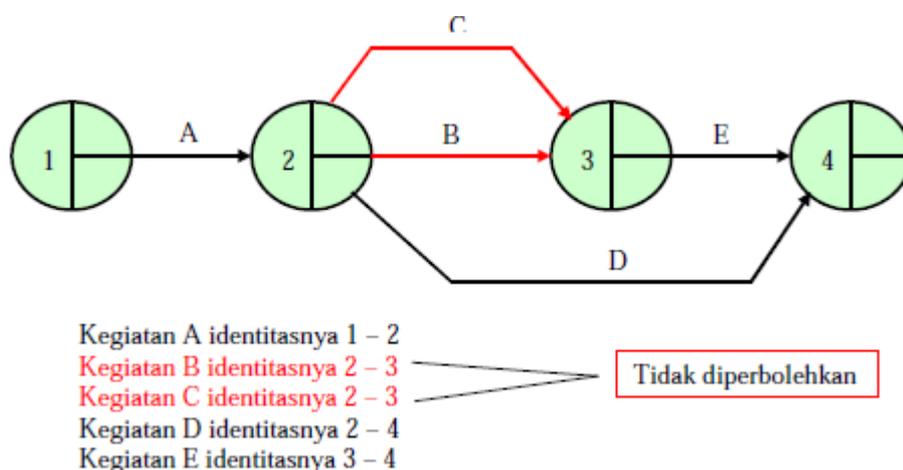
Pada perkembangannya NWP ini juga dikenal dalam 2 bahasa/symbol diagram network, yaitu sebagai berikut:

1. Even on the node, yaitu peristiwa yang digambarkan dalam lingkaran
2. Activity on the node, yaitu kegiatan yang digambarkan dalam lingkaran
3.  **Arrow**, bentuknya berupa anak panah yang berarti aktivitas/kegiatan, dimana suatu pekerjaan penyelesaiannya membutuhkan *duration* (jangka waktu tertentu) dan *resources* (tenaga, equipment, material dan biaya) tertentu.
4.  **Node/even** bentuknya berupa lingkaran bulat yang berartisaat, peristiwa atau kejadian, permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan.

5.  $\Rightarrow$  **Double arrow** berupa anak panah sejajar yang berartilintasan kritis (*Critical Path*)
6.  $-----\rightarrow$  **Dummy** berupa anak panah putus-putus yang berarti kegiatansemu atau aktivitas semu. *Dummy* bukan merupakan aktivitas/kegiatan tetapi dianggap kegiatan/aktivitas hanya saja tidak membutuhkan duration dan resources tertentu.
7.  $\rightarrow$  **Jalur kritis**, merupakan jalur yang memiliki rangkaiankomponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat.

Sebelum menggambarkan diagram *Network Planning*, hal-hal penting yang perlu diperhatikan dengan teliti, yaitu:

1. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya duration maupun resources yang dibutuhkan.
2. Aktivitas-aktivitas yang mendahului dan aktivitas-aktivitas yang mengikuti.
3. Aktivitas-aktivitas yang dapat dilakukan bersama-sama.
4. Aktivitas-aktivitas yang dibatasi waktu mulai dan waktu selesainya.
5. Waktu, biaya dan resources yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas tersebut.
6. Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari tiap kegiatan.
7. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.



Gambar 2.4.3 Contoh *Network Planning*