

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Perencanaan merupakan tahapan yang terpenting dari pembangunan suatu gedung atau bangunan yang lainnya. Perencanaan dapat didefinisikan sebagai sebuah langkah untuk menyusun, mengatur, atau mengorganisasikan suatu hal atau topic sehingga menghasilkan output (hasil) yang sesuai dengan rencana. Perencanaan dari suatu konstruksi bangunan 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. Terdapat tiga hal penting yang harus diperhatikan dalam perencanaan struktur antara lain beban, kekuatan bahan dan keamanan. Pada tahap perencanaan struktur gedung perlu dilakukan studi pustaka untuk mengetahui susunan fungsional gedung dengan sistem struktural yang akan digunakan, disamping itu juga diharapkan mampu menyelesaikan suatu tahap pekerjaan struktur yang efektif dan efisien.

Pada bab ini akan dijelaskan tentang tata cara dan langkah – langkah perhitungan struktur mulai dari struktur atas yang terdiri dari plat, balok, kolom, tangga sampai dengan struktur bawah yang terdiri dari sloof dan pondasi. Studi pustaka dimaksudkan agar dapat memperoleh hasil perencanaan yang optimal dan akurat. Oleh karena itu, dalam bab ini pula akan dibahas mengenai konsep pemilihan sistem struktur dan konsep perencanaan struktur bangunannya, seperti konfigurasi denah dan pembebanan yang telah disesuaikan dengan syarat – syarat dasar perencanaan suatu gedung bertingkat yang berlaku di Indonesia sehingga diharapkan hasil yang akan diperoleh nantinya tidak akan menimbulkan kegagalan struktur.

2.2 Ruang Lingkup perencanaan

Ruang lingkup dari suatu perencanaan bangunan gedung meliputi dua struktur pendukung bangunan yaitu :

1. Struktur Bagian Atas (*upper structure*)

Struktur bangunan atas harus sanggup mewujudkan perencanaan dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi keamanan maupun kenyamanan bagi penggunaannya. Untuk itu bahan bangunan yang nantinya akan digunakan sebagai bahan dasar dari konstruksi hendaknya memenuhi kriteria sebagai berikut :

- a. Tahan Api
- b. Kuat dan kokoh. Setiap bangunan yang direncanakan harus kuat menahan beban dan tahanan terhadap goyangan yang diakibatkan oleh gempa, beban angin, dan sebagainya.
- c. Awet, untuk jangka waktu yang lama.
- d. Ekonomis. Setiap konstruksi yang dibangun harus seekonomis mungkin dan disesuaikan dengan biaya yang ada tanpa mengurangi mutu dan kekuatan bangunan.

Perhitungan perencanaan bangunan atas meliputi :

- a) Perhitungan plat atap
- b) Perhitungan tangga
- c) Perhitungan portal
- d) Perhitungan balok
- e) Perhitungan kolom

2. Struktur Bangunan Bawah (*lower structure*)

Struktur bangunan bawah adalah sistem pendukung bangunan yang menerima beban struktur atas untuk diteruskan ketanah dibawahnya.

Perhitungan perencanaan bangunan bawah ini meliputi :

- a) Perhitungan sloof
- b) Perhitungan pondasi

Dari kedua struktur tersebut, harus direncanakan kekuatan terhadap pembebanannya. Adapun jenis pembebanannya antara lain :

1. Beban Mati (Beban Tetap)

Beban mati adalah berat semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala tambahan, finishing, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu. (*SNI 03-2847-2002*)

Beberapa contoh berat dari beberapa komponen bangunan penting yang digunakan untuk menentukan besarnya beban mati suatu gedung/bangunan dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.1 Berat sendiri bahan bangunan

Bahan Bangunan	Berat
Baja	7850 Kg/m ³
Beton	2200 Kg/m ³
Beton Bertulang	2400 Kg/m ³
Kayu (kelas 1)	1000 Kg/m ³
Pasir (Kering udara)	1600 Kg/m ³

(Sumber : PPPURG 1987 : 12-13)dz

Tabel 2.2 Berat Sendiri Komponen Gedung

Komponen Gedung	Berat
Spesi dari semen, per cm tebal	21 kg/m ²
Dinding bata merah ½ batu	250 kg/m ²
Penutup atap genting	50 kg/m ²
Penutup lantai ubin semen per cm tebal	24 kg/m ²

(Sumber : PPPURG 1987 : 12-13)

2. Beban hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamannya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, dan beban akibat air hujan pada atap. (*SNI 03-2847-2002*).

Tabel 2.3 Beban Hidup Pada Lantai Kolom

Kegunaan Bangunan	Berat
Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana	125 kg/m ²
Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama, dan rumah sakit	250 kg/m ²
Lantai ruang olahraga	400 kg/m ²
Lantai pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, ruang mesin, dan lain-lain	400 kg/m ²
Lantai gedung parkir bertingkat, untuk lantai bawah	800 kg/m ²

(Sumber : PPPURG 1987 : 19)

a. Beban Hujan

Dalam perhitungan beban hujan diasumsikan sebagai beban yang bekerja tegak lurus terhadap bidang atap dan koefisien beban di tetapkan sebesar $(40-0,8\alpha)$ kg/m² dan α sebagai sudut atap, dengan ketentuan bahwa beban tersebut tidak perlu diambil lebih besar dari 20 kg/m² dan tidak perlu ditinjau bila kemiringan atau lebih besar dari 50°. (Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983:hal13 pasal 3.2 (2))

b. Beban Angin

Semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban memperhitungkan adanya tekanan positif dan negatif yang bekerja tegak lurus pada bidang – bidang yang ditinjau. (Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung hal & pasal 1 (3))

2.2.1 Dasar – dasar Perhitungan dan Perencanaan

Penyelesaian perhitungan dan perencanaan bangunan berpedoman kepada peraturan – peraturan yang berlaku di Indonesia, diantaranya :

1. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002 dan Tata Cara Perhitungan Struktur Baja SNI-03-1729-2002 oleh departemen Pekerjaan Umum dan Badan standarisasi Nasional.

Digunakan sebagai acuan dalam melakukan perencanaan bangunan gedung.

2. Struktur Beton Bertulang Oleh Istimawan Dipohusodo. Buku ini berisi dasar-dasar pengertian sistem Struktur beton bertulang dan perilaku serta kekuatan komponen struktur beton bertulang pada kasusnya.
3. Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, oleh W.C Vis dan Gideon Kusuma. Buku ini membahas mengenai dasar-dasar perencanaan beton bertulang.
4. Analisa dan Desain Pondasi oleh Joseph E.Bowles. Buku ini membahas pengertian-pengertian umum dan cara perhitungan pondasi.
5. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG 1987)

2.3 Perhitungan Struktur Atas

Struktur adalah suatu kesatuan dan rangkaian dari beberapa elemen yang direncanakan agar mampu menerima beban dari luar maupun berat sendiri tanpa mengalami perubahan bentuk yang melampaui batas persyaratan. Ada 2 struktur bangunan yaitu :

1. Struktur Atas (*Upper Structure*)

Struktur bangunan di atas harus sanggup mewujudkan perencanaan dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi keamanan ataupun kenyamanan bagi penggunaannya. Untuk itu, bahan yang digunakan sebagai dasar dari konstruksinya hendaknya memenuhi kriteria sebagai berikut :

- Tahan api
- Kuat
- Awet
- Mudah dapat dibentuk
- Ekonomis

Bagian struktur atas meliputi :

- Atap
- Portal

2. Struktur Bawah (*Sub Structure*)

Merupakan sistem pendukung bangunan yang akan menerima beban struktur atas yang akan diteruskan ketanah dibawahnya. Bagian struktur bawah meliputi :

- Sloof
- Pondasi

2.4 Atap

1. Gording

Gording adalah balok atap sebagai pengikat yang menghubungkan antar portal. Dalam perencanaan struktur bangunan gudang ini khususnya pada perencanaan gording. Struktur gording direncanakan kekuatannya berdasarkan pembebanan dari beban-beban. Berikut adalah beban yang bekerja pada gording yaitu :

a. Beban mati (qd)

- Berat atap
- Berat sendiri gording

b. Beban hidup (ql)

- Beban pekerja
- Beban Air Hujan

2. Kombinasi pembebanan

Menurut SNI 03-1729-2002 halaman 13, struktur baja harus mampu memikul kombinasi pembebanan yang terdiri dari :

$$- U = 1,4D \dots\dots\dots (2.1)$$

$$- U = 1,2D + 1,6L \dots\dots\dots (2.2)$$

$$- U = 1,2D + 1,6L + 0,8W \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

D adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai atap, plafon, partisi tetap, tangga dan peralatan tetap.

L adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk beban kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti beban angin, hujan, dan lain-lain.

W adalah beban angin.

3. Kontrol Kekompakan Penampang

Menurut SNI 03-1729-2002, Menentukan kompak atau tidak kompak suatu penampang menggunakan persamaan berikut ini:

a. Penampang kompak

Untuk penampang yang memenuhi $\lambda \leq \lambda_p$, kuat lentur nominal penampang adalah :

$$M_n = M_p \dots\dots\dots (2.4)$$

b. Penampang tak Kompak

Untuk penampang yang memenuhi $\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_r$, kuat lentur nominal penampang ditentukan sebagai berikut :

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$M_r = S (F_y - F_r) \quad (f_r = 70 \text{ Mpa})$$

4. Kontrol Kekuatan

$$M_u x \phi_b \leq M_n x + M_u y \phi_b \leq M_n y \dots\dots\dots (2.6)$$

(Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002)

5. Kontrol Kekakuan

$$\Delta = 148(P.L^3E.I) \text{ (Untuk Beban Terpusat)} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\Delta = 5.q.l^4384.E.I \text{ (Untuk Beban Merata)} \dots\dots\dots (2.8)$$

Untuk beban merata apabila menggunakan berjumlah 1 buah maka panjangnya dibagi untuk gaya yang sejajar dengan kemiringan atap

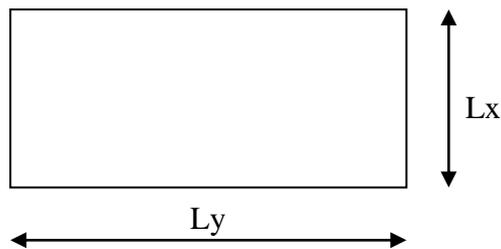
$$\Delta = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \leq e/240$$

2.5 Lantai

Pelat beton bertulang dalam suatu struktur bangunan biasanya dipakai pada konstruksi lantai dan atap. Suatu yang ditumpu oleh balok pada keempat sisinya terbagi atas dua macam berdasarkan geometrinya, yaitu

1. Pelat Satu Arah

Pelat dikatakan satu arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \geq 2$, dimana L_y adalah panjang sisi panjang dan L_x adalah panjang sisi pendek.



Gambar 2.1 Pelat Satu Arah

Adapun ketentuan-ketentuan yang harus dipenuhi dalam merencanakan pelat satu arah dengan metode koefisien momen antara lain

- Minimum harus dua bentang
- Panjang bentang bersebelahan, bentang yang paling besar tidak boleh lebih besar dari 1,2 kali bentang yang paling pendek.
- Beban harus beban terbagi rata.
- Beban hidup lebih kecil dari 3 kali beban mati.

Langkah-langkahnya sebagai berikut :

- a. Penentuan tebal minimum pelat satu arah.

Tabel 2.4 Tebal minimum Pelat 1 arah dan Balok Mendukung 1 arah

Pelat 1 arah kondisi perletakan	Fy (Mpa)							
	400	240	400	240	400	240	400	240
	1/20 l	1/27 l	1/24 l	1/32 l	1/28 l	1/37 l	1/10 l	1/13 l
Balok mendukung 1 arah	1/16l	1/21l	1/18,5l	1/24,5l	1/21l	1/28l	1/8l	1/11l

(Sumber : SK SNI T-15-1991-03 tabel 3.2.5 (a) halaman 16)

L = panjang teoritis (mm)

Untuk nilai f_y yang lain:

$$hf = \text{koefisien } f_y 400 \times \left(0,4 + \frac{f_y}{400}\right) \times l_{\text{teoritis}}$$

Kontrol hf harus memenuhi syarat $b < 2 hf$

- b. Menghitung beban mati pelat (W_U), termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung momen rencana

$$W_U = 1,2 W_D + W_L$$

Dengan :

W_D = beban mati pelat (KN/m)

W_L = beban hidup pelat (KN/m)

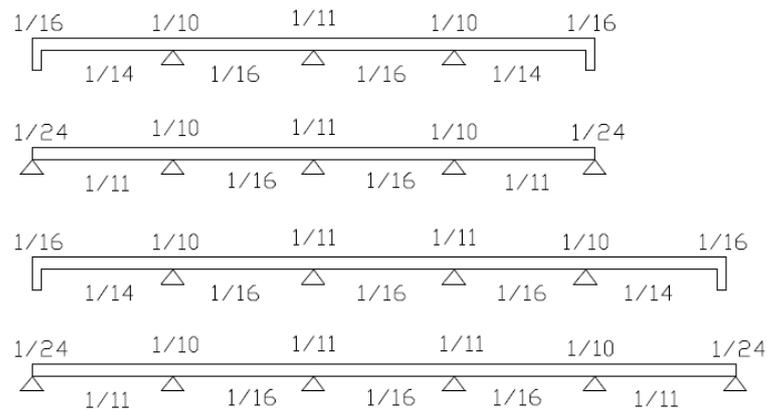
- c. Pendistribusian momen dengan metode koefisien momen dengan rumus umum, $M = \text{koefisien} \cdot W_U \cdot l^2$ dengan cat

$$\begin{array}{c} 1/16 \quad 1/9 \quad 1/16 \\ \left[\text{---} \frac{1}{14} \triangle \frac{1}{14} \text{---} \right] \end{array}$$

$$\begin{array}{c} 1/24 \quad 1/9 \quad 1/24 \\ \triangle \text{---} \frac{1}{11} \triangle \frac{1}{11} \triangle \end{array}$$

$$\begin{array}{c} 1/16 \quad 1/10 \quad 1/10 \quad 1/16 \\ \left[\text{---} \frac{1}{14} \triangle \frac{1}{16} \triangle \frac{1}{14} \text{---} \right] \end{array}$$

$$\begin{array}{c} 1/24 \quad 1/10 \quad 1/10 \quad 1/24 \\ \triangle \text{---} \frac{1}{11} \triangle \frac{1}{16} \triangle \frac{1}{11} \triangle \end{array}$$



Gambar 2.2 Koefisien Momen

(W.C. Vis dan Gideon Kusuma, 1993:75)

- Untuk momen lapangan, l_n = panjang bersih dari bentang yang ditinjau.
- Untuk momen tumpuan, l_n = panjang bersih rata-rata dari dua bentang bersebelahan.

d. Menentukan tulangan pelat

Untuk mendapatkan nilai ρ (rasio tulangan), tentukan

dahulu nilai $k = \frac{M_U}{\phi \cdot b \cdot d_{eff}^2}$, dimana:

k = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan (MPa)

M_U = Momen terfaktor pada penampang (KN/m)

b = Lebar penampang (mm)

d_{eff} = Tinggi efektif pelat (mm)

ϕ = Faktor kuat rencana 0,8

Menentukan rasio tulangan (ρ) dengan menggunakan tabel

Istimawan Dipohusodo.

e. Hitung A_s yang diperlukan.

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

Dimana :

A_s = luas penampang (mm^2)

ρ = rasio penulangan

b = lebar penampang (mm)

d_{eff} = tinggi efektif (mm)

- f. Dengan menggunakan tabel A-5 pilih tulangan pokok yang akan dipasang.
- g. Pilih tulangan susut dan suhu. Untuk tulangan suhu dan susut dihitung berdasarkan peraturan SNI 2002 Pasal 9.12, yaitu :
- 1) Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014:
 - Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 adalah 0,0020.
 - Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 400 adalah 0,0018.
 - Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35% adalah $0,0018 \times \frac{400}{f_y}$

2. 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 penunjang. (Dipohusodo, 1996)

Pelat dikatakan satu arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$, dimana L_y adalah panjang sisi panjang dan L_x adalah panjang sisi pendek. Langkah-langkah perencanaan pelat dua arah sebagai berikut :

- a. Menghitung tebal minimum pelat. Tebal minimum pelat dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :
 - Untuk α_m sama atau lebih kecil dari 0,2 , harus menggunakan tabel berikut :

Tabel 2.5 Tebal Minimum Pelat

Tegangan Leleh (Mpa)	Tanpa Penebalan			Dengan Penebalan		
	Panel Luar		Panel Dalam	Panel Luar		Panel Dalam
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
300	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{36}$	$\frac{\ell_n}{36}$	$\frac{\ell_n}{36}$	$\frac{\ell_n}{40}$	$\frac{\ell_n}{40}$
400	$\frac{\ell_n}{30}$	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{33}$	$\frac{\ell_n}{36}$	$\frac{\ell_n}{36}$
500	$\frac{\ell_n}{28}$	$\frac{\ell_n}{31}$	$\frac{\ell_n}{31}$	$\frac{\ell_n}{31}$	$\frac{\ell_n}{34}$	$\frac{\ell_n}{34}$

(Sumber : SK SNI 03-2847-2002 Beton, hal 66)

- Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 120mm

- Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ell_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90mm

Dimana :

$$\alpha_m = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s}$$

α_m = nilai rata-rata rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat (α) untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel

E_{cb} = modulus elastisitas balok beton

E_{cs} = modulus elastisitas pelat beton

I_b = inersia balok $\left(\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3\right)$

I_s = inersia pelat $\left(\frac{1}{12} \cdot \ell_n \cdot t^3\right)$

ℓ_n = jarak bentang bersih

h = tinggi balok

t = tebal pelat

β = rasio bentang panjang bersih pelat terhadap bentang pendek bersih pelat

- b. Menghitung beban mati pelat (W_U), termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung momen rencana

$$W_U = 1,2 W_D + W_L$$

Dengan :

W_D = beban mati pelat (KN/m)

W_L = beban hidup pelat (KN/m)

- c. Mencari momen yang menentukan. Momen-momen yang menentukan sesuai dengan tabel 14 dari buku Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang jilid I karangan *W.C. Vis dan Gideon H. Kusuma*.

- d. Menghitung tinggi efektif (d_{eff})

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

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

- e. Menghitung k_{perlu}

$$k = \frac{M_U}{\emptyset \cdot b \cdot d_{eff}^2} \quad , \text{ dimana:}$$

k = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan (MPa)

M_U = Momen terfaktor pada penampang (KN/m)

b = Lebar penampang (mm)

d_{eff} = Tinggi efektif pelat (mm)

\emptyset = Faktor kuat rencana 0,8

Menentukan rasio tulangan (ρ) dengan menggunakan tabel Istimawan Dipohusodo.

- f. Hitung A_s yang diperlukan.

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

Dimana :

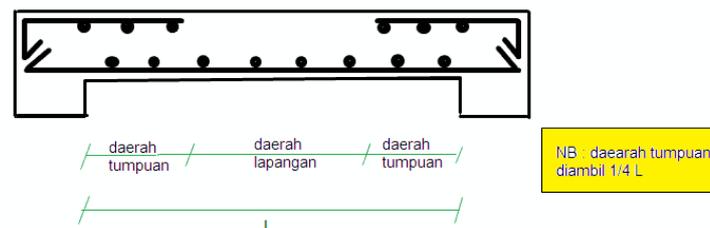
A_s = luas penampang (mm^2)

ρ = rasio penulangan

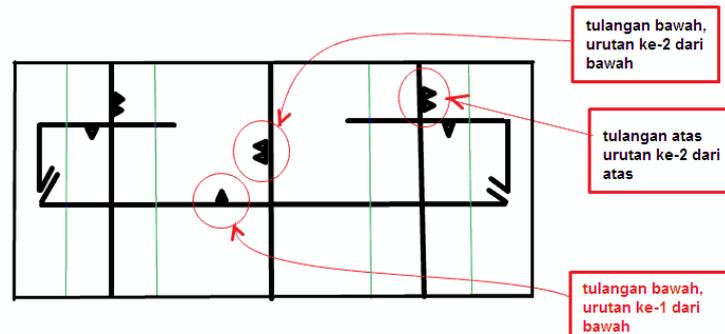
b = lebar penampang (mm)

d_{eff} = tinggi efektif (mm)

- g. Dengan menggunakan tabel A-5 pilih tulangan pokok yang akan dipasang.
- h. Pilih tulangan susut dan suhu.
- i. Gambar penulangan



(a) Tampak depan pelat dengan 2 tumpuan sejajar



(b) Tampak atas pelat dengan 2 tumpuan sejajar

Gambar 2.3 Pelat Dua Arah

2.6 Perencanaan Tangga

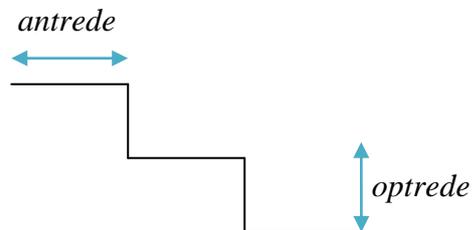
Tangga adalah suatu konstruksi yang merupakan salah satu bagian dari bangunan yang berfungsi sebagai alat yang menghubungkan antara lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan bertingkat

dalam keadaan tertentu. (Drs.IK.Sapribadi, 1993 : 10). Tangga secara umum terdiri dari :

1. Anak Tangga

Yaitu bagian dari tangga yang berfungsi untuk memijakkan/melangkahkan kaki kearah vertical maupun horizontal (datar). Anak tangga terdiri dari:

- Antrede adalah bagian dari anak tangga dan plat tangga dibidang horizontal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.
- Optrede adalah bagian dari anak tangga bidang vertikal yang merupakan selisih dua anak tangga yang berurutan.



Gambar 2.4 Antrede dan Optrede tangga

Ketentuan-ketentuan konstruksi Antrede dan Optrede, antara lain :

- Untuk bangunan rumah tinggal
 - Antrede = 25 cm (minimum)
 - Optrede = 20 cm (maksimum)
 - Lebar tangga = 80-100 cm
- Untuk Perkantoran dan lain-lain
 - Antrede = 25 cm
 - Optrede = 17 cm
 - Lebar tangga = 120-200 cm
- Syarat langah
 - $2 \text{ Optrede} + 1 \text{ Antrede} = 57-65 \text{ cm}$
- Sudut kemirngan
 - Maksimum = 45°
 - Minimum = 25°

2. Ibu tangga

Yaitu bagian tangga berupa dua batang atau papan miring yang berfungsi menahan kedua ujung anak tangga.

3. Bordes

Yaitu bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila terasa lelah. Bordes dibuat apabila jarak tempuh tangga sangat panjang yang mempunyai jumlah trede lebih dari 20 buah atau lebar tangga cukup akan tetapi ruangan yang tersedia untuk tangga biasa/usuk tidak mencukupi.

Untuk menentukan panjang bordes(L)

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

Keterangan :

L = panjang bordes

In = ukuran satu langkah normal datar

A = *Antrede*

Syarat-syarat tangga :

- 1) Tangga harus mudah dilewati atau dinaiki.
- 2) Tangga harus kuat dan kaku.
- 3) Ukuran tangga harus sesuai (serasi) dengan sifat atau fungsinya.
- 4) Material yang digunakan untuk pembuatan tangga terutama pada gedung-gedung umum harus tahan dan bebas bahaya kebakaran.
- 5) Letak tangga harus cukup strategis.
- 6) Sudut kemiringan tidak lebih dari 45^0

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan tangga

- 1) Perencanaan tangga, antara lain:
 - Penentuan ukuran antrade dan oprade
 - Penentuan jumlah antrade dan oprade
 - Panjang tangga = lebar antrade x jumlah oprade
 - Sudut kemiringan tangga = tinggi tangga : panjang tangga
 - Penentuan tebal pelat
- 2) Penentuan pembebanan pada anak tangga

- **Beban Mati :**
 - a. Berat sendiri bordes
 Berat sendiri bordes = tebal pelat bordes x γ beton x 1meter
 - b. Berat anak tangga
 Berat satu anak tangga (Q) dalam per m'
 $Q = \frac{1}{2} \text{ antrade} \times \text{oprtrade} \times 1\text{m} \times \gamma\text{beton} \times \text{jumlah anak tangga}$
 per m
 - c. Berat spesi dan ubin
- **Beban Hidup :**

Beban hidup yang bekerja pada tangga yaitu 300 kg/cm^2 (PPIUG 1983). Dari hasil perhitungan akibat beban mati dan beban hidup, maka didapat:

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

2.7 Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sabagai satu kesatuan yang lengkap. Portal dihitung dengan menggunakan program SAP 2000.V14, portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati, dan hidup.

a. Portal Akibat Beban Mati

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang.
 Pembebanan pada portal, yaitu:

- Berat sendiri pelat
- Berat plafond + penggantung
- Berat penutup lantai
- Berat adukan
- Berat dari pasangan dinding bata

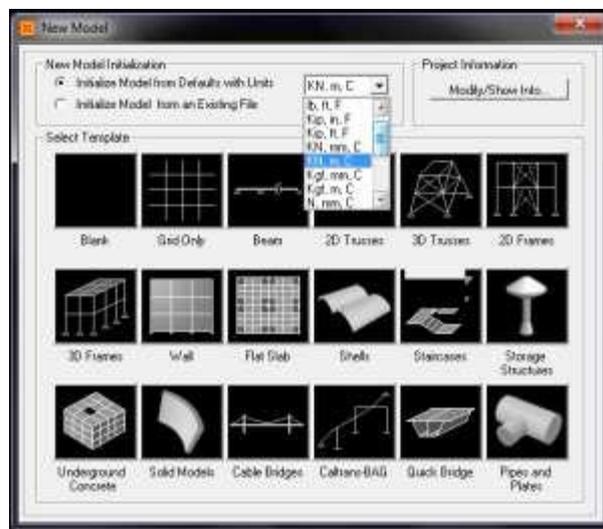
b. Portal Akibat Beban Hidup

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang.
 Pembebanan pada portal, yaitu:

- Beban hidup untuk pelat lantai diambil 250 kg/m^2 (Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung SKBI 1.3.55.1987. hal 21)
- Beban hidup pada pelat di atap diambil sebedar 100 kgm^2

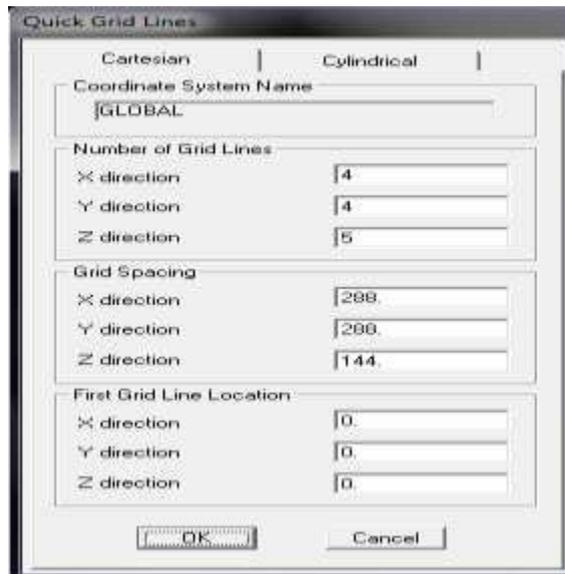
Langkah-langkah perhitungan portal dengan menggunakan Program SAP2000. V14 :

- 1) Buat model struktur memanjang dengan mengklik file pada program untuk memilih model portal. Dapat dilihat pada gambar 2.5

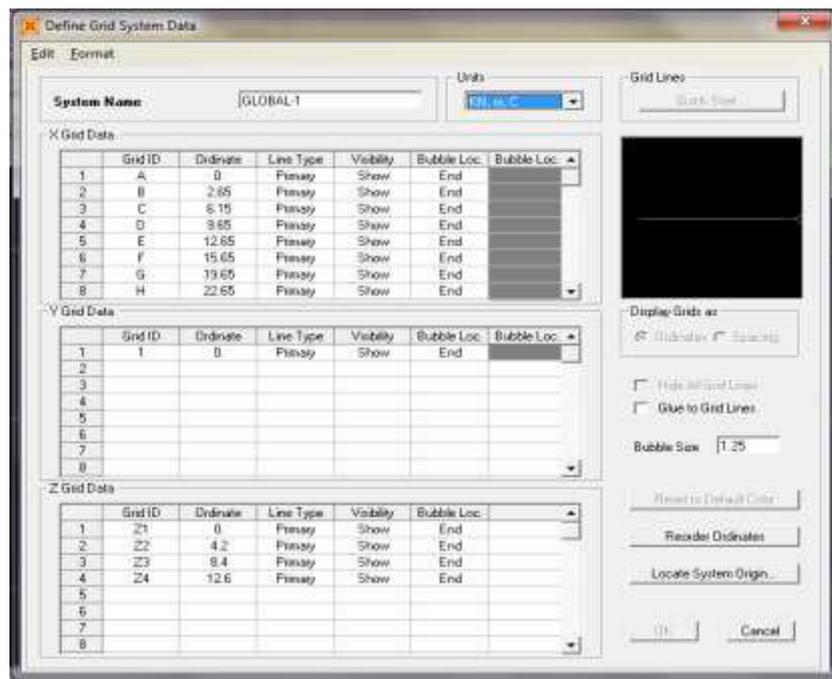


Gambar 2.5 Model Struktur Konstruksi

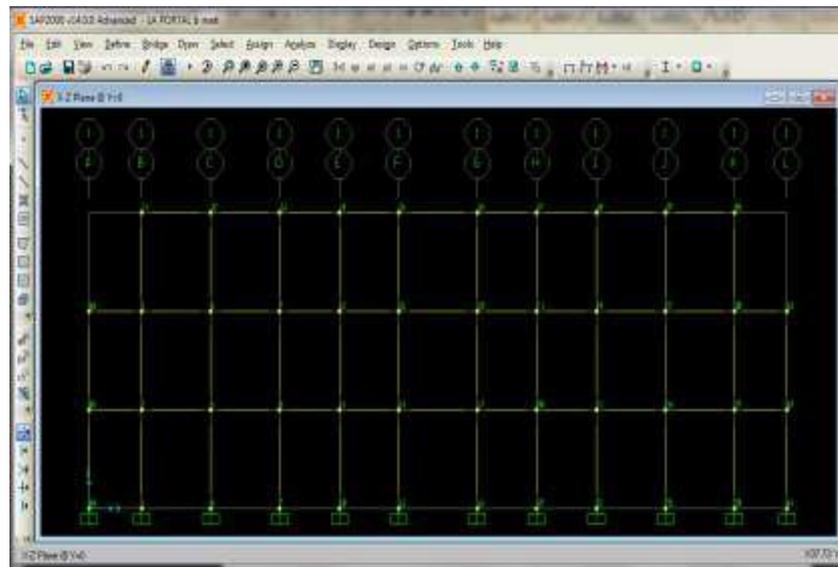
- 2) Pilih model grid 2D pada model diatas dan masukkan data-data sesuai perencanaan. Dapat dilihat pada gambar 2.6 gambar 2.7 dan gambar 2.8



Gambar 2.6 Quick Grid Lines

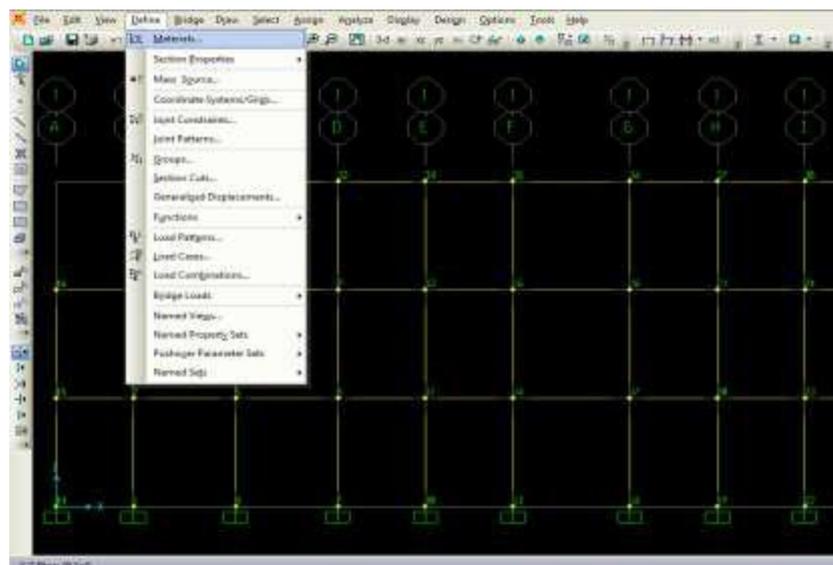


Gambar 2.7 Define Grid System Data

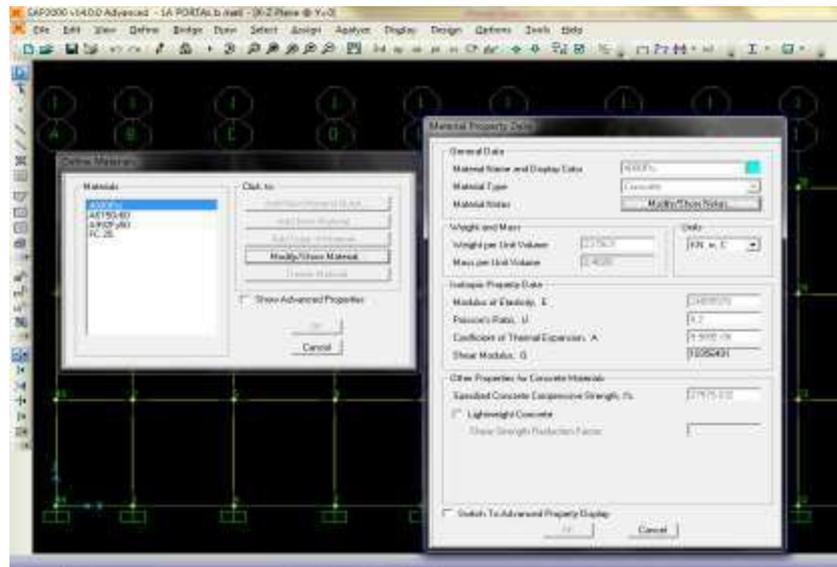


Gambar 2.8

- 3) Input data material yang digunakan (concrete) dan masukan 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. Dapat dilihat pada gambar 2.9 dan gambar 2.10



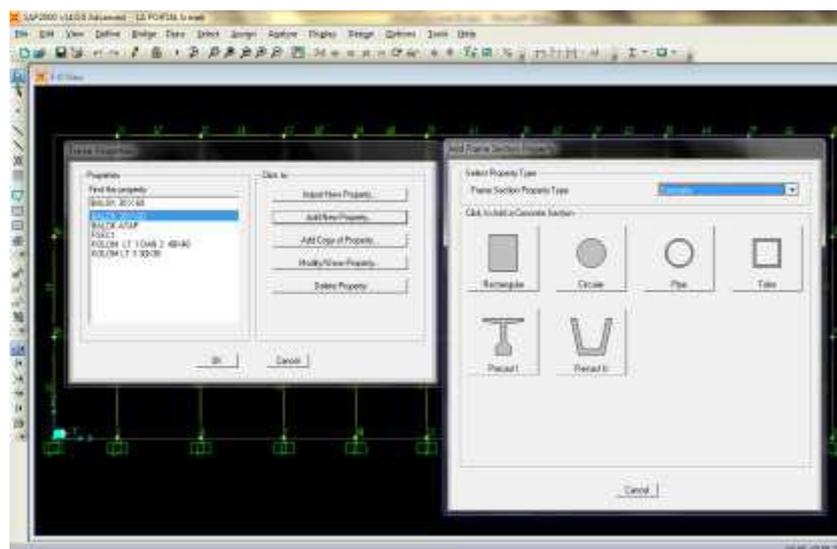
Gambar 2.9 Input Material



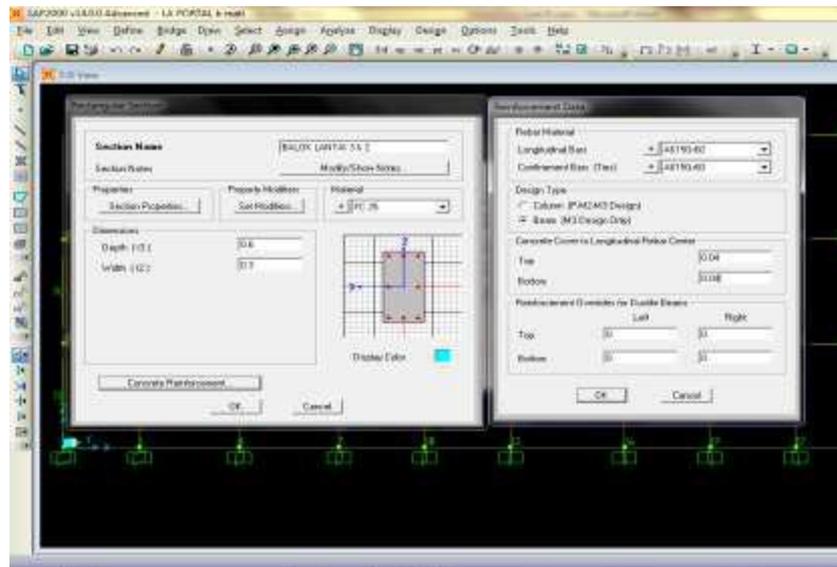
Gambar 2.10 Data-data Material

- 4) Input data dimensi struktur
- Kolom = $(400 \times 400) \text{ mm}^2$
 - Balok = $(300 \times 500) \text{ mm}^2$

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. Dapat dilihat pada gambar 2.11 dan gambar 2.12



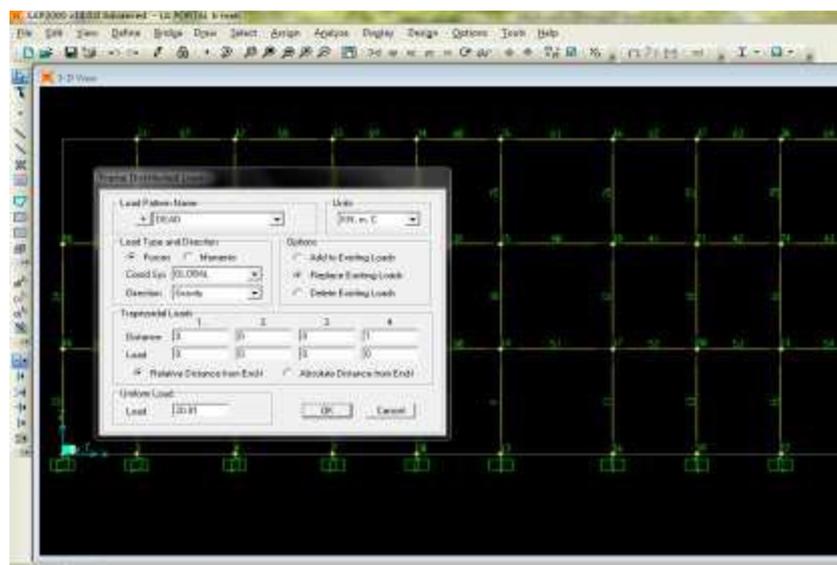
Gambar 2.11 Frame Properties dan Add Frame Section Property



Gambar 2.12 Rectangular Section dan Reinforcement Data

5) Input data akibat beban mati (*Dead Load*)

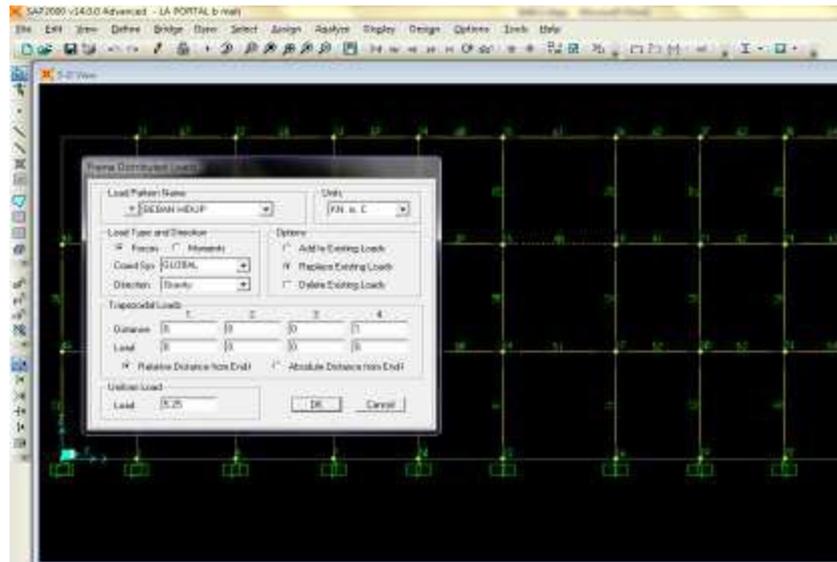
Untuk menginput data akibat beban mati klik batang portal pada model – pilih *Assign* pada *toolbar* – *Frame Load* – *Distributed*, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan. Dapat dilihat pada gambar 2.13



Gambar 2.13 Frame Distributed Loads Akibat Beban Mati

6) Input data akibat beban hidup (*Live Load*)

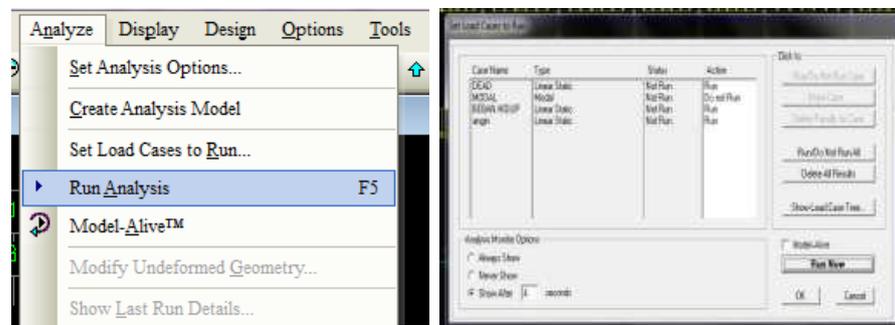
Untuk menginput data akibat beban mati klik batang portal pada model – pilih *Assign* pada *toolbar* – *Frame Load* – *Distributed*, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan. Dapat dilihat pada gambar 2.14



Gambar 2.14 Frame Distributed Loads Akibat Beban Hidup

7) Run Analysis

Setelah beban mati dan beban hidup selesai diinput, maka portal tersebut selanjutnya di analisis menggunakan *Run Analysis*. Dapat dilihat pada gambar 2.15



Gambar 2.15 Run Analysis

2.8 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 mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang. Selain itu ring balok juga berfungsi sebagai pengikat kolom-kolom agar apabila terjadi pergerakan kolom-kolom tersebut tetap bersatu padu mempertahankan bentuk dan posisinya semula. 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 efisien tinggi agar dapat memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sebagai standar perhitungan struktur beton di Indonesia (*SK SNI T-15-1991-03*).

Langkah-langkah perencanaan balok :

1) Gaya lintang

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

Keterangan :

U = gaya geser terfaktor pada penampang

D = beban mati

L = beban hidup

R = beban hujan

2) Momen design balok maksimum

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

Keterangan:

M_{DL} = momen akibat beban mati

M_{LL} = momen akibat beban hidup

3) Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Penulangan lentur lapangan

- Tentukan $d_{eff} = h - \text{tebal selimut beton} - \text{Øsengkang} - \frac{1}{2} \text{Øtulangan}$

- $k = \frac{M_u}{\text{Ø} \cdot b \cdot d_{eff}^2}$, didapat nilai ρ dari tabel istimewa

- $A_s = \rho \cdot b \cdot d_{\text{eff}}$
- Pilih tulangan dengan syarat A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan

b. Penulangan lentur tumpuan

- $k = \frac{M_U}{\phi \cdot b \cdot d_{\text{eff}}^2}$, didapat nilai ρ dari tabel istimewa
 - $A_s = \rho \cdot b_{\text{eff}} \cdot d$
 - Pilih tulangan dengan syarat A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan
- A_s = luas tulangan tarik non prategang
 b_{eff} = lebar efektif balok
 ρ = rasio penulangan tarik non prategang
 d = jarak dari serat terluar ke pusat tulangan tarik

4) Tulangan geser rencana

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_w \times d$$

$$V_u \leq \phi V_c \text{ (tidak perlu tulangan geser)}$$

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

$$\text{Dasar perencanaan tulangan geser adalah } V_u \leq \phi V_n$$

Dimana :

$$V_n = V_c + V_s, \text{ sehingga } V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$$

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

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

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal yang diberikan beton

V_u = kuat geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang diberikan tulangan geser

A_v = luas penampang tulangan geser total

$A_v = 2 \cdot A_s$, A_s = luas penampang tulangan sengkang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

2.9 Kolom

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang berfungsi sebagai penyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral kecil. (Dipohusodo,1996:287)

Karena kolom merupakan komponen tekan, maka kegagalan pada satu kolom dapat menyebabkan keruntuhan lantai yang bersangkutan dan keruntuhan total seluruh struktur. Maka dari itu, dalam merencanakan kolom perlu lebih waspada yaitu dengan memberikan kekuatan cadangan yang lebih tinggi dari balok. Adapun jenis-jenis kolom, yaitu :

- Kolom segi empat dengan sengkang
- Kolom bulat dengan sengkang dan spiral
- Kolom komposit (beton dan profil baja)

Dari semua jenis kolom tersebut, kolom segi empat adalah jenis kolom yang paling banyak digunakan, karena lebih murah dan mudah dalam pengerjaan.

Langkah-langkah perencanaan , yaitu:

- 1) Beban kolom maksimum

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

Keterangan :

W_U = gaya geser terfaktor pada penampang

W_D = beban mati

W_L = beban hidup

- 2) Momen design kolom maksimum untuk ujung atas dan ujung bawah

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

Keterangan:

M_{DL} = momen akibat beban mati

M_{LL} = momen akibat beban hidup

- 3) Perkirakan ukuran kolom

$$bd^2 = \frac{Mu}{\phi [f_c' \cdot \omega (1 - 0,59\omega)]}$$

$$\omega = \rho \frac{f_y}{f_c'}$$

- 4) Hitung luas tulangan yang diperlukan

$$\rho = \rho' = \frac{A_s \text{ total}}{b \cdot d_{\text{eff}}} \quad ; \quad A_s \text{ total} = A_s + A_s' = \rho \cdot b \cdot d_{\text{eff}}$$

- 5) Periksa P_u terhadap kondisi seimbang, jika :

- $\phi P_{nb} < P_u$, kolom akan mengalami hancur dengan diawali beton didaerah tekan
- $\phi P_{nb} > P_u$, kolom akan mengalami hancur dengan diawali luluhnya tulangan tarik

$$\phi P_{nb} = \phi(0,85 \cdot f_c' \cdot a_b \cdot b + A_s' \cdot f_s' - A_s \cdot f_y)$$

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

$$a_b = \beta \cdot c_b$$

β_1 adalah konstanta yang tergantung dari kuat tekan beton:

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

$$\epsilon_s' = \frac{(c_b - d')}{c_b} \cdot 0,003$$

jika $\epsilon_s \leq \frac{f_y}{E_s}$, maka $f_s = \epsilon_s \cdot E_s$

jika $\epsilon_s' > \frac{f_y}{E_s}$, maka $f_s = f_y$

- 6) Periksa kekuatan penampang

- Untuk keruntuhan tekan

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

- Untuk keruntuhan tarik

$$P_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot d \left[\frac{h-2e}{2d} + \sqrt{\left(\frac{h-2e}{2d}\right)^2 + 2m \cdot \rho \left(1 - \frac{d'}{d}\right)} \right]$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \quad , \quad m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'}$$

2.10 Sloof

Sloof merupakan salah satu struktur bawah suatu bangunan yang menghubungkan pondasi dan berfungsi sebagai penerima beban dinding di atasnya.

Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dan perhitungan sloof, yaitu :

- 1) Penentuan dimensi sloof
 - 2) Menentukan pembebanan pada sloof:
 - Berat sendiri sloof
 - Berat dinding
 - Berat plesteran
 - 3) Perhitungan momen
 - 4) Penulangan lentur lapangan dan tumpuan
 - a. Penulangan lentur lapangan
 - Tentukan $d_{\text{eff}} = h - \text{tebal selimut beton} - \varnothing_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \varnothing_{\text{tulangan}}$
 - $k = \frac{M_U}{\varnothing \cdot b \cdot d_{\text{eff}}^2}$, didapat nilai ρ dari tabel istimewa
 - $A_s = \rho \cdot b \cdot d_{\text{eff}}$
 - Pilih tulangan dengan syarat $A_s \text{ terpasang} \geq A_s \text{ direncanakan}$
 - b. Penulangan lentur tumpuan
 - $k = \frac{M_U}{\varnothing \cdot b \cdot d_{\text{eff}}^2}$, didapat nilai ρ dari tabel istimewa
 - $A_s = \rho \cdot b_{\text{eff}} \cdot d$
 - Pilih tulangan dengan syarat $A_s \text{ terpasang} \geq A_s \text{ direncanakan}$
- A_s = luas tulangan tarik non prategang
 b_{eff} = lebar efektif balok
 ρ = rasio penulangan tarik non prategang

d = jarak dari serat terluar ke pusat tulangan tarik

5) Tulangan geser rencana

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_w \times d$$

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

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

Dasar perencanaan tulangan geser adalah $V_u \leq \phi V_n$

Dimana :

$V_n = V_c + V_s$, sehingga $V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$

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

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

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal yang diberikan beton

V_u = kuat geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang diberikan tulangan geser

A_v = luas penampang tulangan geser total

$A_v = 2 \cdot A_s$, A_s = luas penampang tulangan sengkang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

2.11 Pondasi

Pondasi merupakan bagian dari konstruksi bangunan yang berada di bawah permukaan tanah yang berfungsi untuk menopang beban bangunan atas dan mendistribusikan beban tersebut ke lapisan tanah pendukung, sehingga bangunan dalam keadaan stabil.

Pada laporan akhir ini berdasarkan hasil uji tanah pada lokasi pembangunan, pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang (*pile*). Penggolongan pondasi tiang berdasarkan material yang digunakan, yaitu pondasi tiang kayu, pondasi tiang beton, pondasi tiang baja.

Pondasi tiang beton dibagi menjadi 2 macam berdasarkan cara pembuatannya, yaitu:

a. *Pre Cast Concrete Pile*

Pre Cast Concrete Pile adalah tiang yang terbuat dari beton bertulang yang dicetak terlebih dahulu, kemudian setelah beton mengeras dan mencapai umur, lalu dipancangkan di tempat yang telah ditentukan.

Salah satu ujungnya dapat dibuat runcing seperti ujung pensil ataupun dibuat rata. Konstruksinya bisa menggunakan beton konvensional maupun beton pra tegang (*prestress*). Bentuk penampang tiang pancang beton pra cetak umumnya berbentuk lingkaran, bujur sangkar, dan segitiga.

b. *Cast In Place Concrete Pile*

Cast In Place Concrete Pile adalah pondasi yang dibuat dengan memindahkan tanah terlebih dahulu (menggunakan bor) kemudian diisi dengan adukan beton. Contoh dari tiang beton cor di tempat adalah tiang bor.

Untuk daerah perkotaan, dengan pemukiman padat dan penuh bangunan-bangunan tinggi, maka penggunaan tiang bor sangat cocok karena mengurangi kemungkinan terangkatnya tanah, kebisingan, dan getaran yang dapat menimbulkan kerusakan terhadap bangunan disekelilingnya maupun gangguan lingkungan.

Perencanaan pondasi tiang beton harus menentukan:

- 1) Beban izin dan panjang pondasi untuk tiang pancang beton yang ditentukan adalah:

Beban izin = 30 – 50 ton

Panjang pondasi = 15 – 18 m

- 2) Daya dukung pondasi tiang pancang

- a. Bila tiang pancang dipancangkan masuk kedalam tanah sampai mencapai lapisan tanah keras dan daya dukungnya ditekankan pada

tahanan ujung tiang maka disebut pondasi tiang pancang dengan daya dukung ujung atau *end bearing pile* atau *point bearing pile*.

- b. Bila tiang pancang dipancangkan tidak mencapai lapisan tanah keras dan untuk menahan beban dipikul oleh tahanan yang ditimbulkan oleh gesekan antara tiang dengan tanah, maka disebut pondasi tiang pancang dengan daya dukung gesek atau *friction bearing pile*.

Langkah-langkah perencanaan pondasi tiang pancang:

1. Menentukan beban-beban yang bekerja pada pondasi
2. Menentukan dimensi tiang pancang yang digunakan
3. Menghitung kekuatan tiang

$$Q_{\text{tiang}} = 0,3 \cdot f_c' \cdot A_b$$

4. Menentukan daya dukung izin tiang berdasarkan pengujian sondir, daya dukung izin pondasi tiang dapat dihitung dengan rumus :

$$Q_{\text{izin}} = \frac{N_k \times A_b}{F_b} + \frac{JHP \times O}{F_s}$$

Dimana :

N_k = nilai konus dari hasil data sondir (kg/cm^2)

JHP = jumlah hambatan pelekat (kg/cm^2)

A_b = luas penampang tiang (cm^2)

O = keliling penampang tiang (cm)

F_s = faktor keamanan daya dukung gesek =5

F_b = faktor keamanan daya dukung ujung =3

5. Menentukan jumlah tiang pancang

$$N = \frac{P_{\text{total}}}{Q}$$

6. Menentukan jarak antar tiang

$$1,5 d < s < 3 d$$

Dimana : d = ukuran tiang

s = jarak antar tiang

7. Menentukan efisiensi kelompok tiang (Eg)

$$Eg = 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \left[\frac{(n-1).m + (m-1).n}{m.n} \right]$$

Dimana :

Eg = efisiensi kelompok tiang

θ = arc tg $\frac{d}{s}$ (derajat)

d = ukuran tiang (m)

s = jarak tiang (m)

m = jumlah baris tiang dalam kelompok tiang

n = jumlah kolom tiang dalam kelompok tiang

8. Menentukan kemampuan tiang pancang terhadap sumbu x dan y

$$P = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y . X_{max}}{n_y . \sum X^2} \pm \frac{M_x . Y_{max}}{n_x . \sum Y^2}$$

Keterangan :

P = beban yang diterima oleh tiang

M_x = momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu X

M_y = momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu Y

n = banyak tiang pancang dalam kelompok tiang

X_{max} = absis terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang pancang

Y_{max} = ordinat terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang pancang

n_x = banyak tiang pancang dalam satu baris arah sumbu X

n_y = banyak tiang pancang dalam satu baris arah sumbu Y

9. Penulangan tiang pancang

Penulangan tiang pancang dihitung berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkatan.

a. Tulangan pokok tiang pancang

$$k = \frac{M_{max}}{\phi . b . d_{eff}^2} \quad , \text{ didapati nilai } \rho \text{ dari tabel istimewa}$$

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

Keterangan : b = ukuran tiang

d_{eff} = tinggi efektif

Jumlah tulangan

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \pi d^2}, \quad d = \text{diameter tulangan}$$

b. Tulangan geser tiang pancang

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_w \times d$$

$V_u < \phi V_c$ (perlu tulangan geser)

Dasar perencanaan tulangan geser adalah $V_u \leq \phi V_n$

Dimana :

$V_n = V_c + V_s$, sehingga $V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$

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

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

$$S_{\text{max}} = \frac{1}{2} d_{\text{eff}}$$

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal yang diberikan beton

V_u = kuat geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang diberikan tulangan geser

A_v = luas penampang tulangan geser total

$A_v = 2 \cdot A_s$, A_s = luas penampang tulangan sengkang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

10. Perhitungan pile cap

a. Menentukan beban yang bekerja

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

b. Menentukan dimensi pile cap

$$L_w = (k+1) \times D + 300$$

$$b_w = D + 300$$

Keterangan :

L_w = panjang pile cap (mm)

D = ukuran tiang (mm)

k = variable jarak pile cap

2.12 Manajemen Proyek

Manajemen proyek sebagai kemampuan untuk memperoleh hasil dalam rangka mencapai tujuan melalui kegiatan sekelompok orang. Berdasarkan para ahli disimpulkan bahwa manajemen dapat didefinisikan dari beberapa aspek. Meskipun demikian pengertian manajemen pada dasarnya mencakup suatu metode/teknik atau proses untuk mencapai suatu tujuan tertentu secara sistematis dan efektif, melalui tindakan-tindakan perencanaan (*planning*), pengorganisasian (*organizing*) pelaksanaan (*actuating*) dan pengendalian (*controlling*) dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara efisien. (Irika Widiasanti dan Lenggogeni 2013:23).

Dalam manajemen proyek ada tiga bagian pekerjaan, yaitu rencana kerja dan syarat-syarat (RKS), rencana anggaran biaya (RAB), dan rencana pelaksanaan kerja.

2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)

Rencana kerja dan syarat-syarat adalah segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh para kontraktor pada saat akan mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan nantinya.

1. Gambar kerja proyek
2. Rencana anggaran biaya pelaksanaan proyek
3. Bill Of Qualit (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 kontaktor, material
12. Data keuangan proyek meliputi arus kas, cara pembayaran pekerjaan, tenggang waktu pembayaran progress, dll

2.4.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, 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-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. (Bachtiar Ibrahim, 2001:3)

Tahap-tahap yang sebaiknya dilakukan untuk menyusun anggaran biaya adalah sebagai berikut:

- Melakukan pengumpulan data tentang jenis, harga serta kemampuan pasar menyediakan bahan/material konstruksi secara kontinu.
- Melakukan pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku di daerah lokasi proyek atau upah pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.
- Melakukan perhitungan analisa bahan dan upah dengan menggunakan analisa yang diyakini baik oleh si pembuat anggaran.

Dalam tulisan ini, digunakan perhitungan berdasarkan analisa BOW (*Burgelijke Openbare Werken*).

- Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.
- Membuat rekapitulasi
(Wulafram I, 2005:142)

a. Daftar Harga Satuan Upah dan Bahan

Harga satuan upah dan bahan adalah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis yang dikeluarkan oleh Balai Pengujian dan Informasi Konstruksi, Dinas Permukiman dan Tata Ruang. Harga bahan didapat di pasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapatkan dilokasi pengumpulan dan dicatat dalam satu daftar yang 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. (Bachtiar Ibrahim, 2001:133)

b. Perhitungan Volume

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

c. Analisa Harga Satuan

Pada analisa harga satuan, perhitungan yang digunakan adalah perhitungan berdasarkan analisa BOW (*Burgelijke Openbare Werken*). Analisa BOW hanya dapat digunakan untuk pekerjaan

padat yang memakai peralatan konvensional. Didalam perhitungan analisa harga satuan terdapat 3 bagian harga satuan, yaitu harga satuan bahan, harga satuan upah dan harga satuan pekerjaan. Harga satuan pekerjaan didapat dari analisa bahan dan upah. (Bachtiar Ibrahim, 2001:133)

d. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

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

e. Rekapitulasi RAB

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

2.4.3 Rencana Pelaksanaan Kerja

Rencana pelaksanaan proyek bangunan terbagi menjadi 3 yaitu :

1. Network Planning (NWP)

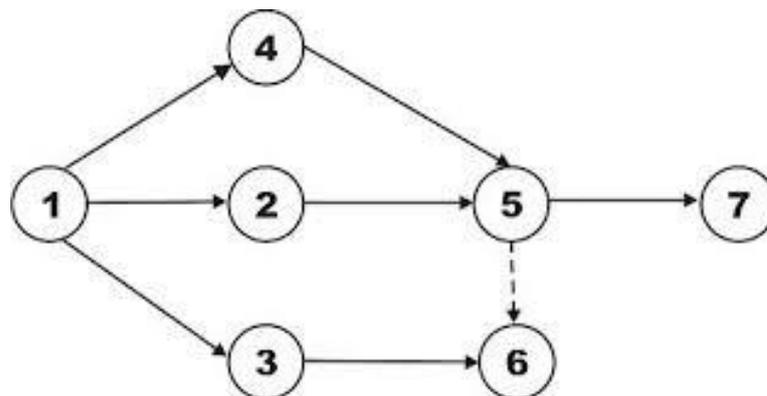
Menurut Sofwan Badri (1997:13) dalam bukunya “Dasar-dasar Network Planning” adalah sebagai berikut : “ *Network Planning* pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (variable) yang digambarkan/divisualisasikan dalam diagram *network*”. Dengan demikian diketahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, bila perlu dilemburkan(tambah biaya), pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan yang lain, pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga alat dan tenaga dapat digeser ketempat lain demi efisiensi. Berikut contoh gambar *Network planning* pada gambar 2.16

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

- Menentukan Aktivitas/Kegiatan.
- Menentukan Durasi Aktivitas/Kegiatan.
- Mendeskripsikan Aktivitas/Kegiatan.
- Menentukan Hubungan yang Logis.

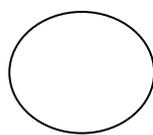
Macam – macam network planning :

- 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



Gambar 2.16 *Network planning*

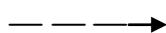
Keterangan :



Node (lingkaran): Menunjukkan kegiatan penghubung antara kegiatan (tidak boleh melebihi 2 panah).



Arrow (panah) : Menunjukkan kegiatan (panah tidak boleh dari kiri kekanan).

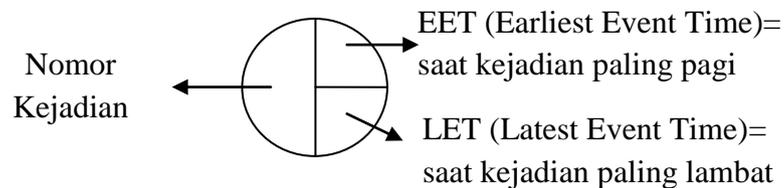


Dummy (garis putus-putus) : menunjukkan kegiatan semu, kegiatan yang tidak perlu menggunakan durasi.

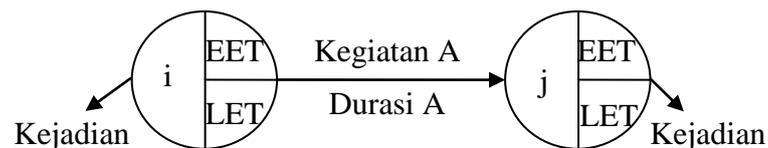
⇒ (Double Arrow) yang berfungsi untuk menunjukkan suatu kegiatan di lintasan kritis (Critical Path).

Syarat-syarat pembuatan network diagram:

- 1) Dalam penggambaran, network diagram harus jelas dan mudah untuk dibaca.
- 2) Harus dimulai dari event/kejadian dan diakhiri pada event/kejadian.
- 3) Kegiatan disimbolkan dengan anak panah yang digambar garis lurus dan boleh patah.
- 4) Dihindari terjadinya perpotongan anak-anak panah.
- 5) Diantara dua kejadian, hanya boleh ada satu anak panah.
- 6) Penggunaan kegiatan semu ditunjukkan dengan garis putus-putus dan jumlahnya seperlunya saja.
- 7) Penulisan kejadian dan kegiatan seperti gambar 2.17 dan 2.18



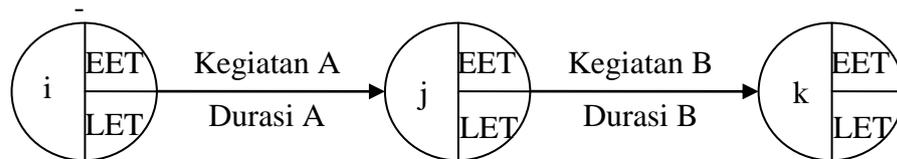
Gambar 2.17 Penulisan Kejadian



Gambar 2.18 Simbol Antar Kejadian

Perhitungan EET dan LET adalah sebagai berikut:

- Untuk menghitung besarnya nilai EET, digunakan perhitungan ke depan (*Forward Analysis*), dimulai dari kegiatan paling awal dan dilanjutkan dengan kegiatan berikutnya. Perhitungan dilakukan dengan ilustrasi seperti pada gambar 2.19

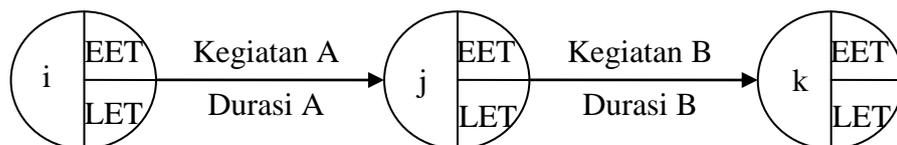


Gambar 2.19 Kejadian dan Kegiatan

$$EET_j = EET_i + \text{Durasi A}$$

$$EET_k = EET_j + \text{Durasi B}$$

- Untuk perhitungan besarnya nilai LET, digunakan perhitungan kebelakang (*Backward Analysis*), dimulai dari kegiatan paling akhir dan dilanjutkan dengan kegiatan-kegiatan sebelumnya. Perhitungan dilakukan dengan ilustrasi seperti pada gambar 2.20



Gambar 2.20 Kejadian dan Kegiatan

$$LET_j = LET_k - \text{Durasi B}$$

$$LET_i = LET_j - \text{Durasi A}$$

2. Barchart

Dalam dunia konstruksi teknik penjadwalan yang paling sering digunakan adalah *barchart* atau diagram batang atau bagan balok. *Barchart* adalah sekumpulan aktivitas yang ditempatkan dalam kolom vertical, sementara waktu ditempatkan dalam baris horizontal. Waktu mulai dan selesai setiap kegiatan beserta durasinya ditunjukkan dengan menempatkan balok horizontal dibagian sebelah kanan dari setiap aktivitas. (Irika Wideasanti dan Lenggogeni 2013:77)

No	Nama Kegiatan	Durasi Kegiatan (Minggu)	Waktu (dalam minggu)																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Kegiatan A	2	■	■																		
2	Kegiatan B	5	■	■	■	■	■															
3	Kegiatan C	4		■	■	■	■															
4	Kegiatan D	7			■	■	■	■	■	■	■											
5	Kegiatan E	1			■																	
6	Kegiatan F	10					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
7	Kegiatan G	3									■	■	■									
8	Kegiatan H	2										■	■									
9	Kegiatan I	5												■	■	■	■	■				
10	Kegiatan J	1																			■	

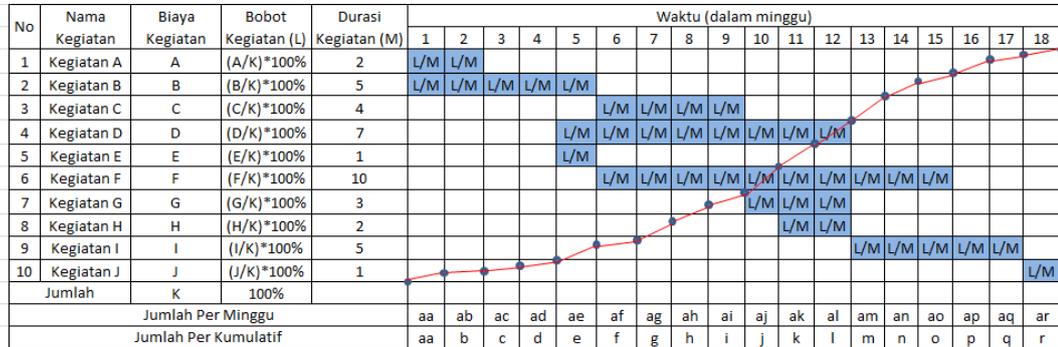
Gambar 2.21 Contoh gambar *Barchart*

3. Kurva S

Kurva S adalah hasil plot dari barchart, bertujuan untuk mempermudah melihat kegiatan-kegiatan yang masuk dalam suatu jangka waktu pengamatan progress pelaksanaan proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemampuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai presentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Irika Wideasanti dan (Lenggogeni 2013:125)

Bentuk dari kurva s menyerupai huruf s dikarenakan pada tahap awal kegiatan adalah kegiatan persiapan yang bobot pekerjaan yang dilakukan masih sedikit, dan pada tahap yang kedua yaitu tahap konstruksi memiliki bobot yang besar sehingga garis pada kurva meningkat, serta pada tahap terakhir sama seperti tahap awal yaitu

bobot pekerjaan sedikit dikeranakan pada tahap terakhir ini merupakan kegiatan finishing.



Gambar 2.12 Contoh gambar Kurva S