

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Perencanaan merupakan suatu kegiatan yang sangat penting sebelum dilaksanakannya suatu proyek. Perencanaan gedung bertingkat ataupun konstruksi lainnya harus dipikirkan dengan matang karena menyangkut investasi dana yang jumlahnya yang banyak. Perencanaan bangunan rumah maupun gedung perlu memperhatikan kriteria-kriteria perencanaan, agar aman dan nyaman untuk di huni maupun indah dipandang. Kriteria perencanaan konstruksi bangunan antara lain teknis, ekonomis, fungsional, estetika, ketentuan standar.

Pada bab ini akan dijelaskan tentang tata cara dan langkah-langkah perhitungan struktur mulai dari struktur mulai dari struktur atas yang meliputi plat, balok, kolom tangga sampai dengan perhitungan struktur bawah yang terdiri sloof dan pondasi. Studi pustaka dimaksudkan agar dapat memperoleh hasil perencanaan yang optimal dan akurat. agar sesuai kriteria perencanaan maka perhitungan struktur di sesuaikan 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 perencanaan meliputi beberapa tahapan-tahapan, yaitu tahap persiapan, tahap studi kelayakan, tahap desain bangunan, tahap perhitungan, tahap perhitungan struktur dan tahap perhitungan biaya.

2.2.1 Perencanaan Konstruksi

Perencanaan merupakan perhitungan setelah dilakukan analisa struktur. Lingkup perencanaan pada beton konvensional meliputi pemilihan dimensi elemen dan perhitungan tulangan yang di perlukan agar penampang elemen mempunyai kekuatan yang cukup untuk memikul beban-beban pada kondisi layak (*service load*) dan kondisi batas (*ultimate load*). Struktur dirancang dengan

konsep kolom kuat balok lemah (*strong coloum weak beam*), dimana sendi plastis direncanakan terjadi di balok untuk meratakan energi gempa yang masuk.

Pemilihan jenis struktur atas (*upper structure*) mempunyai hubungan yang erat dengan sistem fungsional gedung. Dalam proses desain struktur perlu dicari kedekatan antara jenis struktur dengan masalah masalah seperti arsitektural, efisiensi, *serviceability*, kemudahan pelaksanaan dan juga biaya yang diperlukan. Adapun faktor yang menentukan dalam pemilihan jenis struktur adalah sebagai berikut:

1. Aspek arsitektural

Pengolahan perencanaan denah, gambar tampak, gambar potongan dan *perspektif, interior*, eksterior dan estetika.

2. Aspek fungsional

Perencanaan struktur yang baik sangat memperhatikan fungsi daripada bangunan tersebut. Dalam kaitannya dengan penggunaan ruang, aspek fungsional sangat mempengaruhi besarnya dimensi bangunan yang direncanakan.

3. Kekuatan dan kestabilan struktur

Kekuatan dan kestabilan struktur mempunyai kaitan yang erat dengan kemampuan struktur untuk menerima beban-beban yang bekerja, baik beban vertical maupun beban lateral dan kestabilan struktur baik arah vertical maupun lateral.

4. Faktor ekonomi dan kemudahan pelaksanaan

Struktur harus mampu mendukung beban rancang secara aman tanpa kelebihan tegangan ataupun deformasi yang dalam batas yang diizinkan. Pembangunan dan pemeliharaan konstuksi tersebut diharapkan dapat diselenggarakan dengan biaya seefisien mungkin, namun masih memungkinkan terjaminnya tingkat keamanan dan kenyamanan.

5. Aspek lingkungan

Aspek lingkungan merupakan salah satu aspek yang ikut menentukan dalam perencanaan dan pelaksanaan suatu proyek. Dengan adanya suatu proyek diharapkan akan memperbaiki kondisi lingkungan dan kemasyarakatan.

Sebagai contoh dalam perencanaan lokasi dan denah haruslah mempertimbangkan kondisi lingkungan sekitar, baik dampak negatif maupun dampak positif.

Sedangkan pemilihan jenis pondasi (*sub structure*) yang digunakan menurut (Suryono, 1984) didasarkan pada beberapa pertimbangan yaitu :

1. Keadaan tanah pondasi

Jenis tanah, daya dukung tanah, kedalaman tanah keras dan beberapa hal yang menyangkut keadaan tanah erat dengan jenis pondasi yang dipilih.

2. Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya

Keadaan struktur atas sangat mempengaruhi pemilihan jenis pondasi, hal ini meliputi kondisi beban (besar beban, arah beban dan penyebaran beban) dan sifat dinamis bangunan di atasnya (statis tertentu dan tak tentu, kekakuan dan sebagainya).

3. Batasan-batasan di lingkungan sekelilingnya

Hal ini menyangkut lokasi proyek, pekerjaan pondasi tidak boleh mengganggu atau membahayakan lingkungan sekitar.

4. Waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan

Suatu proyek pembangunan akan sangat memperhatikan aspek waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan, karena hal ini sangat erat hubungannya dengan tujuan pencapaian kondisi ekonomis dalam pembangunan.

2.2.2 Dasar-Dasar Perhitungan dan Perencanaan

Dalam perencanaan struktur Gedung D Kampus IV Universitas Muhammadiyah Bengkulu Kota Bengkulu pedoman yang digunakan sebagai acuan adalah :

1. Pedoman Perencanaan Pembangunan Untuk Rumah dan Gedung SNI 1727-1989-F. Digunakan dalam penentuan beban yang diizinkan dalam sebuah perencanaan gedung, dan memuat ketentuan-ketentuan beban yang diizinkan dalam perhitungan konstruksi bangunan.
2. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2002 oleh Badan Standarisasi Nasional Indonesia (BSNI). Digunakan

sebagai pedoman perencanaan perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung.

Selanjutnya suatu struktur bangunan gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap beban- beban yang bekerja pada struktur tersebut, beban-beban tersebut antara lain :

1. Beban mati

Beban mati adalah berat semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsure tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.

Tabel 2.1 Berat Sendiri Komponen Gedung

No	Komponen Bangunan	Keterangan
1	Adukan per cm tebal : <ul style="list-style-type: none"> • Dari semen • Dari kapur, semen merah atau reas 	21 kg/m ² 17 kg/m ²
2	Aspal termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14 kg/m ²
3	Dinding pasangan batu merah : <ul style="list-style-type: none"> • Satu batu • Setengah batu 	450 kg/m ² 250 kg/m ²
4	Dinding pasangan batako : Berlubang : <ul style="list-style-type: none"> • Tebal dinding 20 cm (HB 20) • Tebal dinding 10 cm (HB 10) Tanpa lubang : <ul style="list-style-type: none"> • Tebal dinding 15 cm • Tebal dinding 10 cm 	200 kg/m ² 120 kg/m ² 300 kg/m ² 200 kg/m ²
5	Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit langit atau pengaku), terdiri dari :	

	<ul style="list-style-type: none"> • Semen asbes (eternity dan bahan lain sejenis) dengan tebal maksimum 4 mm • Kaca, dengan tebal 3-5 mm 	11 kg/m ² 10 kg/m ²
6	Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ²	7 kg/m ²
7	Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 m	50 kg/m ²
8	Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m ² budang atap	50 kg/m ²
9	Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	40 kg/m ²
10	Penutup atap seng gelombang (BJLS-25) tanpa goreng	10 kg/m ²
11	Penutup lantai dari uin semen Portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24 kg/m ²
12	Semen asbes gelombang (tebal 5 cm)	11 kg/m ²

(Sumber: SNI-03-2847-2002, 41)

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, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan adanya perubahan dalam pembebanan lantai atau atap tersebut. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang

berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (*energi kinetic*) butiran air.

Tabel 2.2 Beban Hidup Pada Lantai Gedung

a) Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut	200 kg/m ²
b) Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan took, pabrik atau bekel	125 kg/m ²
c) Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, took, toserba, restoran, hotel, asrama, dan rumah sakit	250 kg/m ²
d) Lantai ruang olahraga	400 kg/m ²
e) Lantai ruang dansa	500 kg/m ²
f) Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari pada yang disebutkan dalam a s/d e, seperti mesjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap	400 kg/m ²
g) Panggung penontong dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri	500 kg/m ²
h) Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam c	300 kg/m ²
i) Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam d, e, f, dan g	500 kg/m ²
j) Lantai ruang pelengkap yang disebut dalam c, d, e, f dan g	250 kg/m ²
k) Lantai untuk pabrik, bengkal, gudang, perpustakaan, rang arsip, took buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang di	400 kg/m ²

tentukan sendiri, dengan minimum	
l) Lantai gedung parker bertingkat :	
• Untuk lantai bawah	800 kg/m ²
• Untuk lantai tingkat lainnya	400 kg/m ²
m) Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beton beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300 kg/m ²

(Sumber: SNI-03-2847-2002, 41)

3. Beban angin

Beban angin adalah beban yang berkerja pada struktur akibat tekanan-tekanan dari gerakan angin. Beban angin sangat bergantung dari lokasi dan ketinggian dari struktur. Besarnya tekanan tiup harus diambil minimum sebesar 25 kg/m², kecuali untuk bangunan-bangunan berikut:

- a. Tekanan Positif (tiup) di tepi laut hingga 5 km dari pantai harus di ambil minimum 40 kg/m².
- b. Untuk bangunan di daerah lain yang kemungkinan tekanan anginnya lebih dari 40 kg/m², harus diambil sebesar $\rho = V^2/16$ (kg/m²), dengan V adalah kecepatan angin dalam m/s.

(Perencanaan pembebanan untuk Rumah dan Gedung, 1987).

2.3 Perhitungan Struktur

2.3.1 Perencanaan Plat Atap

Plat atap merupakan plat yang hampir sama dengan plat lantai, hanya saja perbedaanya terletak pada ketebalan plat dan beban-beban yang dipikul oleh pelat, struktur ini termasuk struktur yang tidak terlindungi sehingga memiliki ketebalan selimut beton yang lebih besar dibandingkan struktur plat lantai.

Beban-beban yang bekerja pada pelat atap, yaitu :

1. Beban hidup (W_D) :
 - a. Berat sendiri pelat atap

- b. Berat pengantung plafon dan plafon
2. Beban hidup (WL)
- a. Beban manusia, diambil 100 kg/m²
 - b. Beban akibat hujan, diperkirakan 10 cm (ppurg,1983)

2.3.2 Perencanaan Plat Lantai

Plat 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-03-2847-2002)

Tebal minimum untuk pelat satu arah ditentukan (lihat dalam Tabel 2.2)

Tabel 2.3 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	1n/20	1n/24	1n/28	1n/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 diatas harus dimodifikasi sebagai berikut:
 - a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis diantara 1500 kg/m^3 sampai 2000 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 kg/m^3 .
 - b) Untuk f_y selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$. (SNI-03-2847-2002 pasal 11.5, hal 63)
- 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-03-2847-2002)
- 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-03-2847-2002)

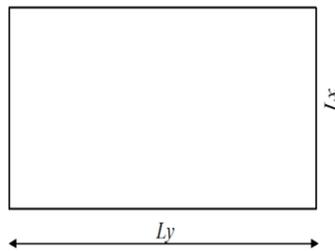
Tabel 2.4 Tebal selimut beton minimum untuk beton bertulang

	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 2) Batang D-16 atau jaring kawat polos P16 atau kawat ulir D16 yang lebih kecil	50 40
c) Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton yang tidak langsung berhubungan dengan tanah : 3) Pelat, Dinding, Pelat rusuk • Batang D-44 dan D-56 • Batang D-36 dan batang yang lebih kecil	40 20
4) Balok, Kolom • Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral	40
5) Komponen struktur cangkang, pelat lipat : • Batang D-19 yang lebih besar • Batang D-16, jarring kawat polos P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil	20 15

(Sumber: SNI-03-2847-2002, 41)

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 2.1 Tinjauan arah L_y dan L_x

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

- a. Menentukan tebal pelat
- b. 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 = Jumlah beban mati (kg/m)

W_L = Jumlah beban hidup (kg/m)

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

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

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

- e. Menghitung K_{perlu}

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

Dimana :

k = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

M_u = Momen terfaktor pada penampang (N/mm)

b = lebar penampang (mm)

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

ϕ = faktor kuat rencana (0,8)

- f. Menentukan rasio penulangan (ρ) 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 (mm²)

ρ = Rasio penulangan

d_{eff} = Tinggi efektif pelat (mm)

- i. Tulangan susut/pembagi

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

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

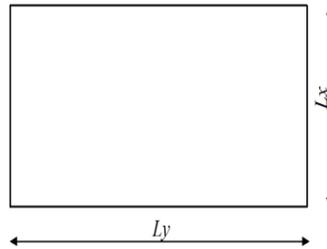
Dimana :

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 2.2 Tinjauan arah Ly dan Lx

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 2.5 Tebal Minimum dari Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan Leleh f_y^a (Mpa)	Tanpa penebalan ^b			Dengan penebalan ^b		
	Panel Luar		Panel dalam	Panel Luar		Panel dalam
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ^b		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ^b	
300	$L_n/33$	$L_n/36$	$L_n/36$	$L_n/36$	$L_n/40$	$L_n/40$
400	$L_n/30$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/36$	$L_n/36$
500	$L_n/30$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/36$	$L_n/36$

(Sumber : SNI-03-2847-2002;66)

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 :

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

dan tidak boleh < 120 mm (SNI 03–2847–2002;66)

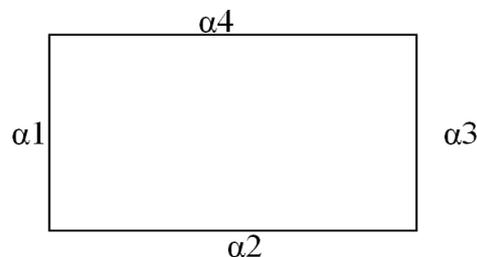
3) Untuk $\alpha_m > 2,0$

Tebal pelat minimum harus memenuhi :

$$\left[h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{fy}{1500} \right)}{36\beta + 9\beta} \right]$$

dan tidak boleh < 90 mm (SNI 03–2847–2002;66)

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



Gambar 2.3 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 120 mm

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

d. Cek nilai haktual dari hasil nilai α_m yang telah didapat

$$h = \frac{\ln \left[0,8 + \frac{fy}{1500} \right]}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)}$$

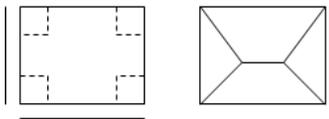
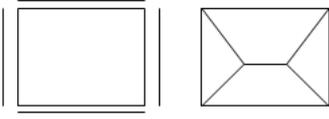
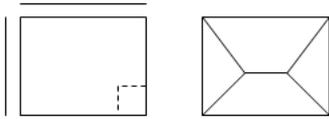
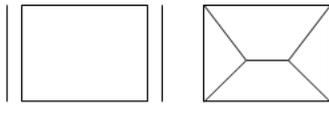
Nilai h boleh dipakai apabila lebih besar dari haktual. Apabila dalam perhitungan nilai hbeton lebih kecil, maka nilai tebal pelat yang dicoba direncanakan ulang (diperbesar) dan perhitungannya diulangi kembali.

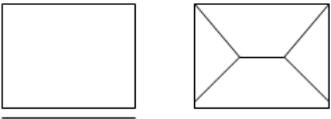
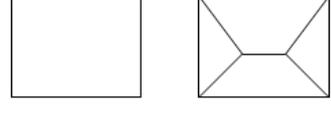
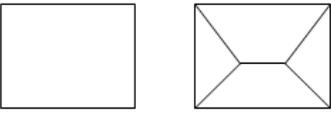
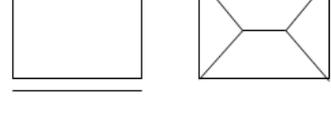
- e. Menghitung beban yang bekerja pada pelat (beban mati dan beban hidup). Kemudian hasil perhitungan akibat beban mati dan beban hidup dikali dengan faktor beban untuk mendapatkan nilai beban terfaktor.

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

- f. Mencari momen
- g. Mencari momen yang bekerja pada arah x dan y, dengan cara penyaluran “metode amplop” (Gideon Kusuma, 1996).

Tabel 2.6 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-03-2847-2002)

Rasio tulangan dalam beton (ρ) 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)

$$\text{Faktor reduksi } \Theta = 0,80$$

$$K = \frac{M_u}{\varnothing \cdot b \cdot d^2}$$

- i. Mencari rasio penulangan (ρ)

Rasio penulangan ini didapat berdasarkan koefisien tahanan (k) yang telah didapat sebelumnya. Dengan menggunakan tabel A-11 (Dipohusodo I, Struktur Beton Bertulang, Penerbit Gramedia Pustaka Utama hal 446)

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

2.3.3 Perencanaan 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°

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°
 - minimum = 25°

Tabel 2.7 Daftar Ukuran Lebar Tangga Ideal

No	Digunakan untuk	Lebar efektif (cm)	Lebar total (cm)
1	1 orang	± 65	± 85
2	1 orang + anak	± 100	± 120
3	1 orang + bagasi	± 85	± 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) :

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

Dimana :

L = Panjang bordes

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

a = Antrede (17,5 cm – 20 cm)

Langkah-langkah perencanaan tangga :

a. Perencanaan tangga

a. Penentuan ukuran antrede dan optrede

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

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

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^2 .

- 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

2.3.4 Perencanaan 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 03-2847-2002;63 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. Perencanaan portal dengan menggunakan SAP 2000 14

a. Perencanaan 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. Perencanaan portal akibat beban hidup

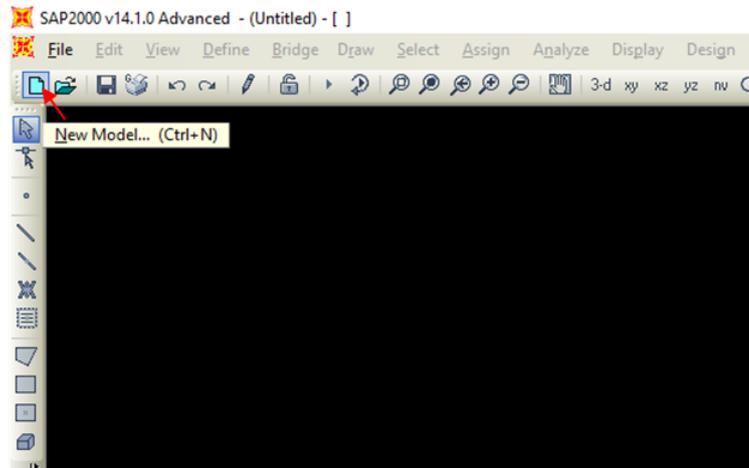
Untuk merencanakan portal akibat beban hidup perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- 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 :

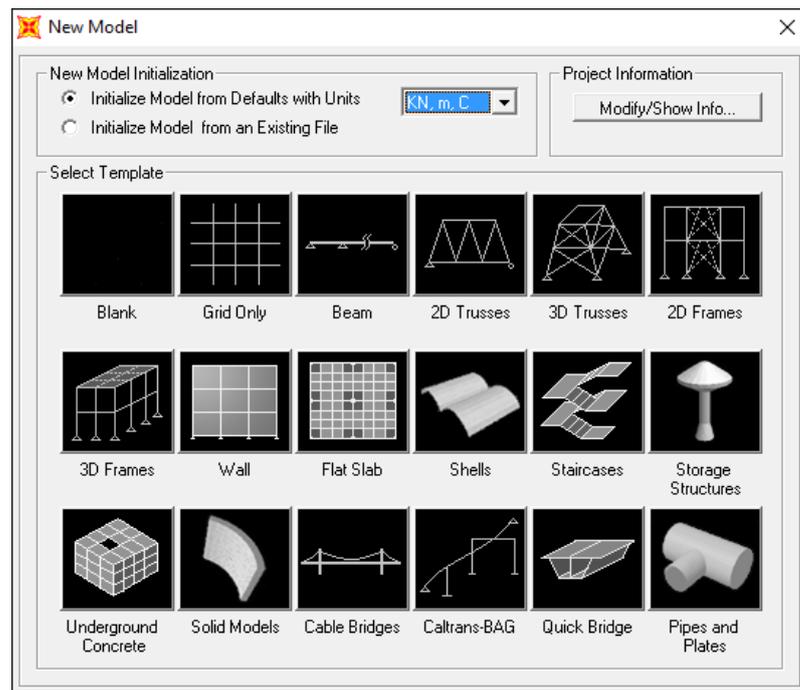
1. Buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup

- a. Klik **New Model** atau CTRL + N



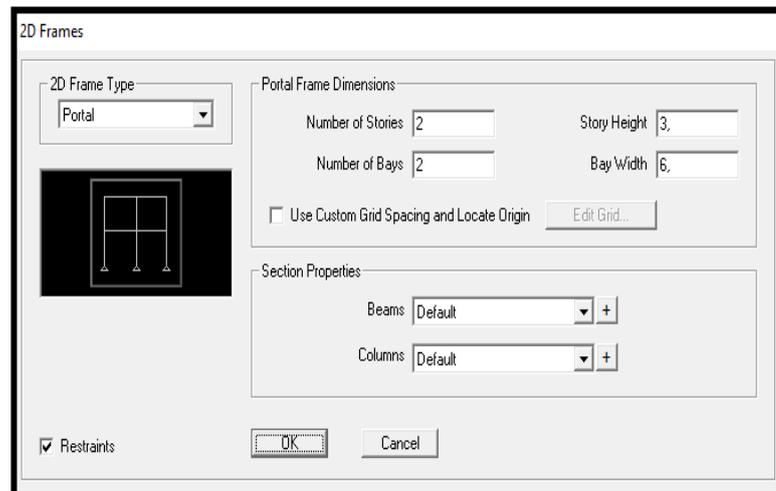
Gambar 2.4 Toolbar New Model

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



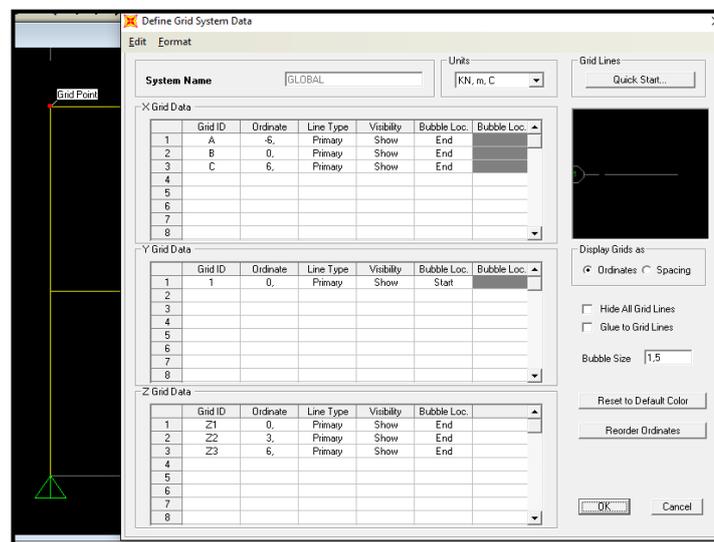
Gambar 2.5 Tampilan New model

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



Gambar 2.6 Tampilan 2D frames

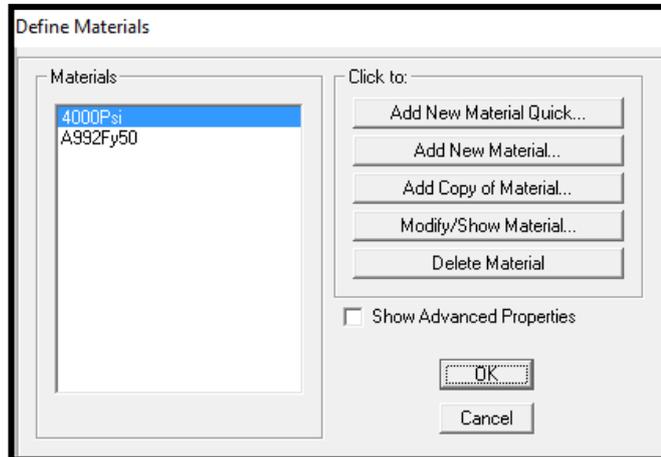
- d. untuk mengatur kembali jarak-jarak pada portal. Dapat dilakukan dengan cara **klik 2x** pada *grid point* yang terdapat pada portal. Maka, akan muncul tampilan *Define Grid system data* (dapat di lihat pada Gambar 2.7) Setelah itu dapat dilakuakan penyesuaian kembali jarak portal dengan data perencanaan yang ada dan disesuaikan arah x,dan z pada SAP v.14



Gambar 2.7 Define Grid System data.

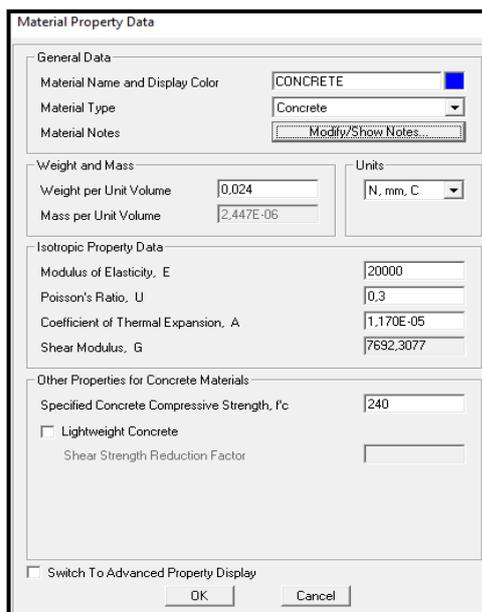
2. Menentukan Material

- a. Langkah pertama klik *Define* pada Toolbar > selalu klik *Materials* maka akan muncul jendela *Define Materials*.



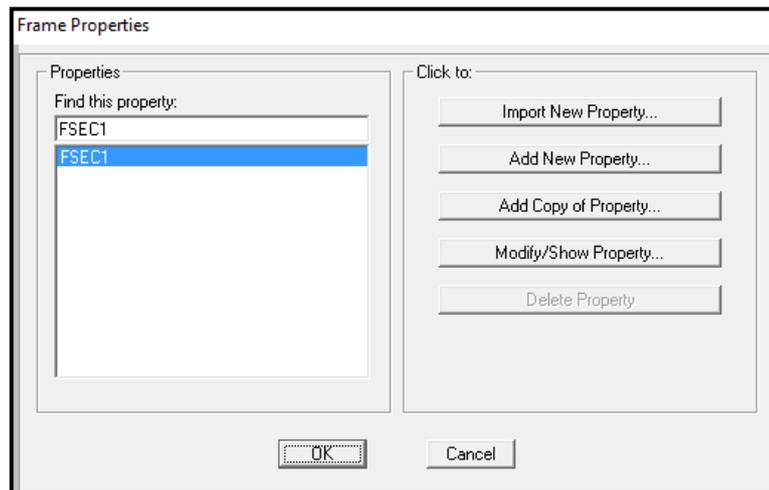
Gambar 2.8 Jendela Define Materials

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



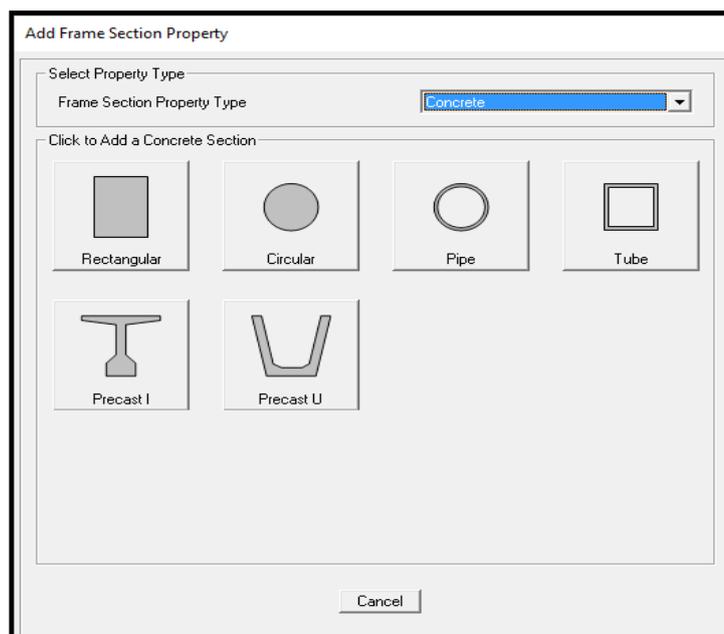
Gambar 2.9 Jendela Material Property Data

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 gambar 2.10.



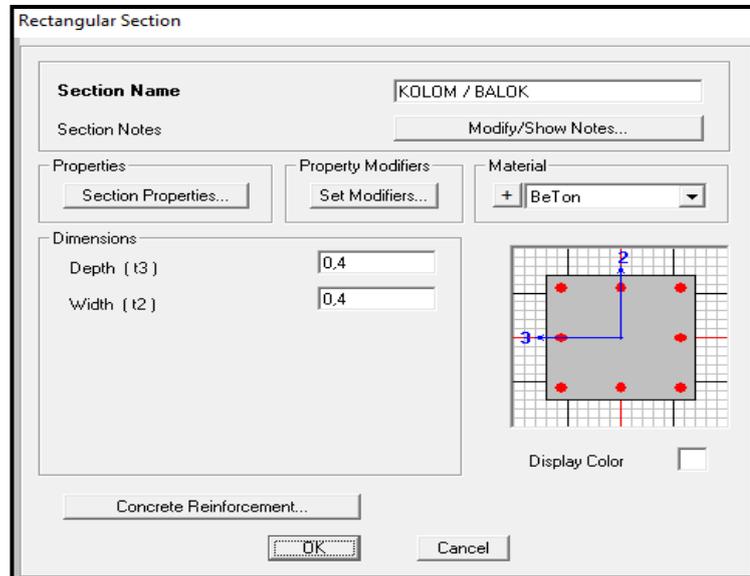
Gambar 2.10 Toolbar Frame Properties

- 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).



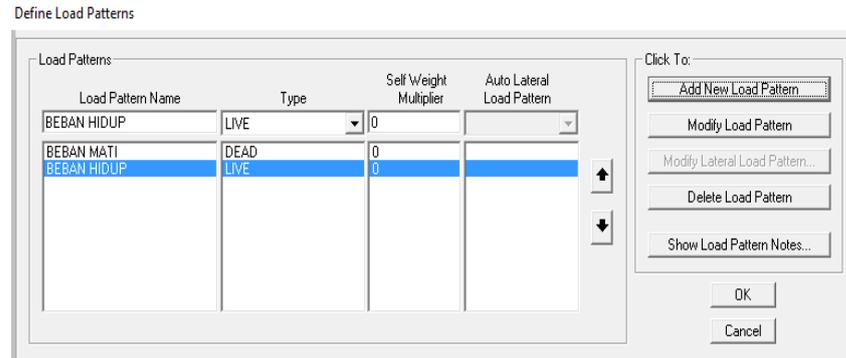
Gambar 2.11 jendela add Frame section property

Maka akan muncul jendela seperti Gambar 2.12



Gambar 2.12 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.

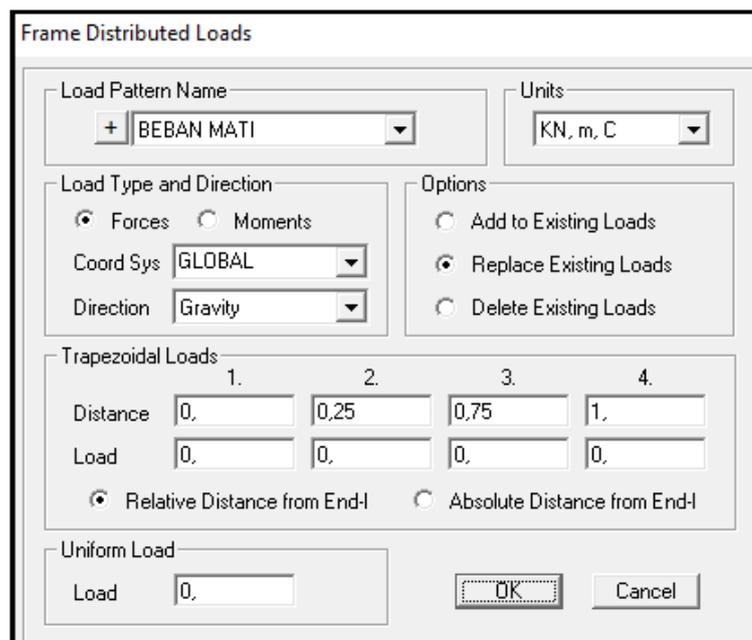


Gambar 2.13 Jendela Define Load Patterns

b. Input nilai beban mati dan beban hidup

1) Akibat beban merata

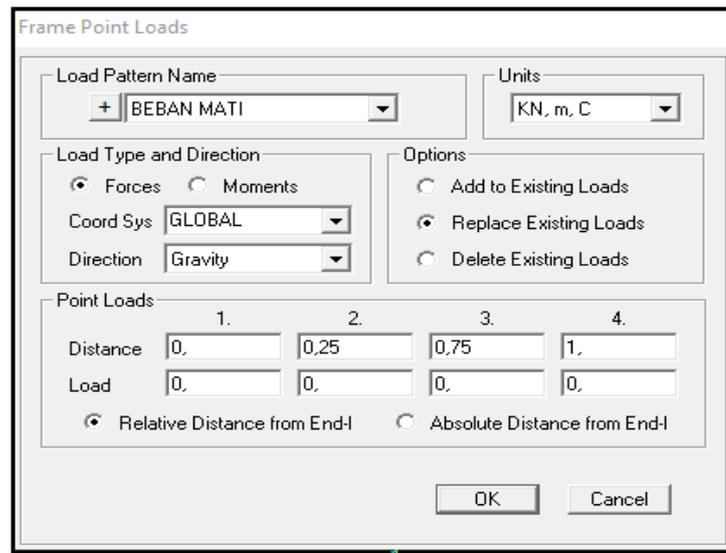
Blok frame yang akan di input, lalu pilih menu pada toolbar, *Assign – Frame Loads – Distributed* - pilih beban mati atau beban hidup untuk pembebanan tersebut pada *Load pattern Name* – klik *absolute distance from end-1* (agar dapat mengatur jarak yang diinginkan) – atur jarak (*distance*) di titik 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.



Gambar 2.14 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

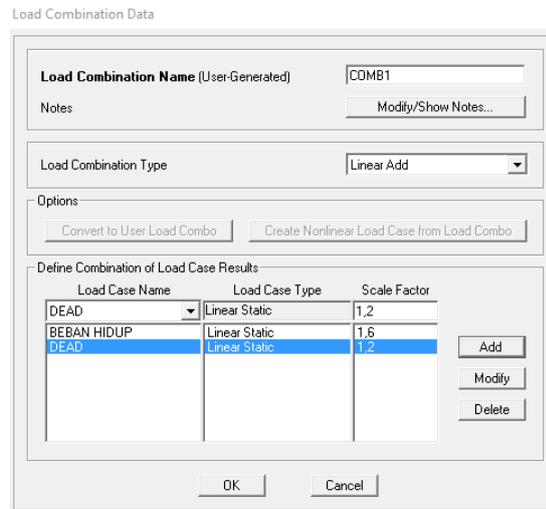


Gambar 2.15 Jendela Frame Point Loads

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

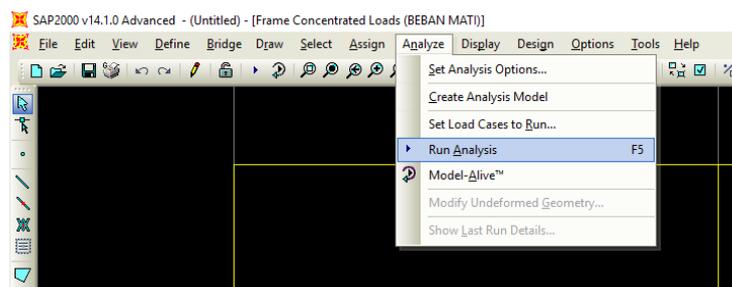
1,2 beban mati + 1,6 beban hidup

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



Gambar 2.16 Jendela *Loads Combination*

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



Gambar 2.17 Run Analisis

2.3.5 Perencanaan 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 perencanaan lentur dan berdasarkan tumpuannya.

1. Berdasarkan perencanaan 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, (Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo halaman 40) :

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

Keterangan : U = beban ultimate

D = beban mati

L = beban hidup terfaktor per unit luas

- b) Momen desain balok maksimum, (Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo halaman 40) :

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

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

$$K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \rightarrow \text{didapat nilai } \rho \text{ dari tabel}$$

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

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

b) Penulangan lentur pada tumpuan

$$K = \frac{Mu}{\phi \cdot b_{eff} \cdot d^2} \rightarrow \text{didapat nilai } \rho \text{ dari tabel}$$

- $A_s = \rho \cdot b_{eff} \cdot d$

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

Keterangan :

A_s = Luas tulangan tarik non prategang

ρ = rasio penulangan tarik non prategang

b_{eff} = lebar efektif balok

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

5) Tulangan geser rencana

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo;113) :

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

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo;114) :

- $V_u \leq \emptyset V_n$

- $V_n = V_c + V_s$

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo;122).

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

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = gaya geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

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

d = jarak dari 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 = $h - p - \emptyset \cdot \text{sengkang} - \frac{1}{2} \cdot \emptyset$ tulangan utama
 - c) Menentukan $K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$
 - d) Menentukan ρ
- 6) Perencanaan tulangan geser

2.3.6 Perencanaan Kolom

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

Berikut adalah langkah-langkah dalam perencanaan kolom :

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

2. Beban desain kolom maksimum

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

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

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

4. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi

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

Keterangan

β = Rasio bentang bersih arah memanjang

d = tinggi efektif

5. Modulus Elastisitas

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

$f'c$ = Kuat tekan beton

6. Nilai kekakuan kolom dan balok

Inersia :

$$\bullet I_k = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \longrightarrow \text{Kolom}$$

$$\bullet I_b = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 \longrightarrow \text{Balok}$$

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

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

$$\bullet E I_b = \frac{E_c \cdot I_g}{5 \cdot (1 + \beta d)} \longrightarrow \text{Balok}$$

7. Nilai eksentrisitas

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

Keterangan :

e = Eksentrisitas

Mu = Momen terfaktor pada penampang

Pu = Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan

8. Menentukan kekakuan relatif (Ψ)

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo, hal 333)

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

Keterangan :

EI = Nilai kekakuan

lk = Panjang kolom

lb = Panjang balok

9. Menentukan faktor panjang efektif kolom (k)

Nilai k didapat dari nomogram faktor panjang efektif kolom

10. Kelangsingan kolom

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo, hal 331)

Kelangsingan kolom dengan ketentuan :

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

Keterangan :

k = Faktor panjang efektif komponen struktur beton

lu = Panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang

r = Jari-jari putaran potongan lintang komponen struktur tekan

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

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

11. Pembesaran momen

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

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

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

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

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

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

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

Keterangan :

M_c = Momen rencana yang diperbesar

δ = Faktor pembesar momen

δ_b = Faktor pembesar untuk portal dengan pengaku

δ_s = Faktor pembesar momen untuk portal tanpa pengaku

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

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

C_m = Faktor koreksi

P_u = Beban rencana aksial terfaktor

P_c = Beban tekuk Euler

11. Desain penulangan

Menghitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 2% luas kolom

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

12. Menentukan tulangan yang dipakai

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

13. Memeriksa P_u terhadap beban seimbang

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

$$d = h - d'$$

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

$$a_b = \beta_1 \cdot C_b$$

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

$$f_{s'} = f_y$$

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

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

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

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

β_1 adalah konstanta yang tergantung dari kuat tekan beton :

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

14. Memeriksa kekuatan penampang

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

a. Akibat keruntuhan tarik

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

b. Akibat keruntuhan tekan

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

2.3.7 Perencanaan Sloof

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.

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

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

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

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

Apabila $M_R < M_u$, balok akan berperilaku sebagai balok T murni.

Penulangan lentur pada tumpuan

a. $K = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot d^2} \rightarrow$ didapat nilai ρ dari tabel

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

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

Keterangan :

A_s = luas tulangan tarik non prategang

p = rasio penulangan tarik non-prategang

b_{eff} = lebar efektif balok

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

5. Tulangan geser rencana

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo;113) :

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

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo;114) :

- $V_u \leq \phi V_n$

- $V_n = V_c + V_s$

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo;122).

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

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = gaya geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = luas penampang tulangan geser total pada daerah sejarak s , 2 A_s dimana

A_s = luas penampang batang tulangan sengkang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

2.3.8 Perencanaan Pondasi

Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah.

1. Jenis-jenis Pondasi

Berdasarkan letak lapisan tanah keras, pondasi ada 2 macam, yaitu :

a. Pondasi dangkal (*Shallow footing*)

Pondasi yang berada pada lapisan tanah keras yang letaknya dekat dengan permukaan tanah. Seperti pondasi telapak (setempat) dan pondasi menerus (*Continous footing*)

b. Pondasi dalam (*Deep footing*)

Pondasi yang berada pada lapisan tanah keras yang letaknya jauh dengan permukaan tanah. Seperti pondasi sumuran, pondasi tiang pancang, dan pondasi tiang bor.

2. Hal yang dipertimbangkan dalam menentukan jenis pondasi :

- a. Keadaan tanah pondasi
- b. Jenis konstruksi bangunan
- c. Kondisi bangunan disekitar pondasi
- d. Waktu dan biaya pengerjaan

Secara umum dalam perencanaan pondasi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Tegangan kontak pada tanah tak melebihi daya dukung tanah yang diizinkan.
2. *Settlement* (penurunan) dari struktur masih termasuk dalam batas yang diijinkan, jika ada kemungkinan yang melebihi dari perhitungan awal, maka ukuran pondasi dapat dibuat berbeda dan dihitung secara sendiri-sendiri sehingga penurunan yang terjadi menjadi persamaan.

Pemilihan bentuk pondasi yang didasarkan pada daya dukung tanah, perlu diperhatikan beberapa hal sebagai berikut :

1. Bila tanah keras terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter di bawah permukaan tanah, maka pondasi yang dipilih sebaiknya jenis pondasi dangkal (pondasi jalur atau pondasi tapak).
2. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 10 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang *minipile* dan pondasi sumuran atau *borepile*.
3. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 20 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang pancang.

Adapun urutan-urutan dalam menganalisis pondasi :

1. Menentukan beban-beban yang bekerja pada pondasi
2. Menentukan diameter tiang yang digunakan
3. Daya dukung izin berdasarkan :
 - Kekuatan bahan tiang bore pile :

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

- Kekuatan tanah Dari Data Deep Boring Standart Penetration Test (SPT).

$Q_{\text{ijin}} = Q_{\text{ult}}/F_s$		$Q_{\text{ult}} = Q_b + Q_s$		
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">$Q_b = 40 \times N \times A_b$</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">$Q_s = 0.3 \times \frac{\bar{N} \times A_s}{5}$</td> </tr> </table>			$Q_b = 40 \times N \times A_b$	$Q_s = 0.3 \times \frac{\bar{N} \times A_s}{5}$
$Q_b = 40 \times N \times A_b$				
$Q_s = 0.3 \times \frac{\bar{N} \times A_s}{5}$				

Dimana :

Q_{ijin} = Daya Dukung ijin tiang, (Ton)

N = Nilai SPT pada Ujung Tiang

\bar{N} = Rata-rata nilai SPT sepanjang tiang.

A_b = Luas penampang ujung tiang, (m²)

A_s = Luas kulit/selimut tiang, (m²)

F = Faktor keamanan daya dukung (F=3)

- Kekuatan tanah dari Data Sondir

$$Q_{ijin} = \frac{N_k \cdot A_b}{F_b} + 0,3 \frac{JHP \cdot O}{F_s}$$

Dimana :

Q_{ijin} = Daya Dukung ijin tiang, (Kg)

N_k = Nilai tahanan Konus Di Ujung tiang, (Kg/cm²)

A_b = Luas Penampang Ujung Tiang, (cm²)

JHP = Jumlah hambatan pelekat (Kg/cm²)

O = keliling penampang tiang, (cm)

F_b = Faktor keaman daya dukung ujung = 3

F_s = Faktor keaman daya dukung gesek = 5

4. Menentukan jumlah tiang bore pile :

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

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

5. Menentukan jarak tiang yang digunakan

$$S = (2,5 D - 3,0 D)$$

6. Menentukan efisiensi kelompok tiang (Persamaan dari *Uniform Building Code*)

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

Keterangan :

m = jumlah baris

n = jumlah tiang dalam satu baris

θ = $Arc \tan \frac{d}{s}$ (derajat)

d = diameter tiang bore pile

s = jarak antar tiang (as ke as)

7. Menentukan daya dukung ijin 1 tiang Bore pile

$$Q_{\text{tiang}} = \frac{qc \times A}{3} + \frac{f \cdot O}{5}$$

Keterangan :

Q_{tiang} = Daya dukung ijin tiang (kg)

A = luas penampang tiang (cm^2)

N = nilai konus dari hasil (kg/cm^2)

O = keliling penampang tiang pancang

f = harga clef rata-rata (kg/cm^2)

setelah menganalisa pondasi, Pile cap pun harus di analisis. Adapun urutan-urutan menganalisa Pile cap :

1. Cek beban yang bekerja pada masing-masing tiang pondasi, M

$$Q_{\text{maks}} = \frac{Q}{n} \pm \frac{My \cdot X_1}{\sum(X^2)} \pm \frac{Mx \cdot y_1}{\sum(y^2)}$$

2. Maka M_u diambil dari Q masing-masing tiang yang terbesar 1 dan 2 sesuai arah momen x dan y
3. Menentukan Tulangan Pile cap

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

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

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

$$- \text{Jarak tulangan} = \frac{\text{Lebar Poer}}{\text{Jumlah Tulangan}}$$

4. Cek gaya geser pile cap

- Untuk aksi dua arah :

Gaya geser terfaktor

Tiang yang berada diluar daerah kritis (sejauh $d/2$ dari kolom) adalah 2 buah maka gaya geser pada penampang kritis adalah $V_u = Q$.

$$B_o = 2 \cdot (h+d) + 2 \cdot (b+d)$$

Gaya geser nominal :

$$\phi \cdot V_c = \phi \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \cdot \frac{b_o \cdot d \cdot \sqrt{f_c'}}{6} ; \beta = \frac{a_1}{a_2} \quad \text{dan.}$$

$$\phi V_c = \phi \times \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c'}$$

Dari kedua Rumus ϕV_c diambil ϕV_c yang terkecil.

$$\phi \cdot V_c > V_u$$

(tebal plat mencukupi untuk memikul gaya geser tanpa memerlukan tulangan geser)

- Untuk aksi satu arah :

Gaya geser terfaktor $V_u = Q_{u_x}$ (tiang yang terbesar)

gaya geser nominal

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

$$\phi \cdot V_c > V_u$$

(tebal plat mencukupi untuk memikul gaya geser tanpa memerlukan tulangan geser).

5. Perhitungan tulangan pasak.

Adapun urutan cara menganalisa tulangan pasak :

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

$\phi P_n > P$ beban dari kolom dapat dipindahkan dengan dukungan saja.

dimana :

$$\emptyset = 0,65$$

F_c = Mutu beton yang digunakan

A_g = Luas penampang kolom

Tetapi disyaratkan untuk menggunakan tulangan pasak minimum sebesar :

- $A_s \text{ min} = 0,0058 \times A_g$
- $n = \frac{A_s \text{ min}}{0,25 \cdot \pi \cdot D^2}$
- $L_{db} = 0,25 f_y \cdot \frac{d_b}{\sqrt{f_c}} \geq 0,04 \cdot f_y \cdot D_b$

6. Penulangan Bore Pile

- $P_n \text{ perlu} = \frac{P_u}{\emptyset}$
- $e_{\text{min}} = 15 + 0,03 \cdot D$
- $\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g}$; $0,01 < \rho_g < 0,08$

Dimana :

A_g : didapatkan dari tabel A-40 Istimawan

A_{st} : didapatksn dari Tabel Luas penampang Tulangan

Periksa P_u terhadap Beton Seimbang (P_{ub}) :

- $C_b = \frac{600d}{600+f_y}$
- $a_b = \beta_1 \cdot c_b$
- $\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$
- $\epsilon_s' = \frac{c_b-d'}{c_b} \cdot 0,003$
- $P_{nb} = C_c + C_s - T_s$
 $= 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot a_b + A_s' \cdot f_s' - A_s \cdot f_s$

(Istimawan Dipohusodo; 324)

$P_n \geq P_u \rightarrow$ beton belum hancur pada daerah tarik

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

Memeriksa kekuatan penampang kolom bulat

$$P_n = 0,85 \cdot F_c \cdot h^2 \cdot \left[\sqrt{\left(\frac{0,85 \cdot e}{h} - 0,38\right)^2 + \frac{\rho_g \cdot m \cdot D_s}{2,5 h}} - \left(\frac{0,85 e}{h} - 0,38\right) \right] > P_{n_{perlu}}$$

Dimana :

F_c : mutu beton yang digunakan

h : Diameter penampang tiang

e : eksentrisitas

$$\rho_g : \frac{A_{st}}{\frac{\pi}{4}(h)}$$

D_s : $h-2$.(tebal efektif selimut ke pusat tulangan terluar)

$$m : \frac{F_y}{0,85(f_c)}$$

$$\phi \cdot P_n = 0,7 \times P_n$$

Jika, $\phi \cdot P_n > P_u$ maka Tiang mampu beban yang diterima oleh tiang

Menentukan Tulangan Spiral :

$$S = \frac{4 A_{sp} (D_c - d_s)}{D_c^2 \cdot \rho_s}$$

Dimana :

$$D_c = H - 2 \cdot P$$

$$A_c = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot h^2$$

$$A_{sp} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$\rho_s = 0,45 \cdot \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \cdot \frac{f_c}{f_y}$$

2.4 Dokumen Tender

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

b. 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-denah 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.

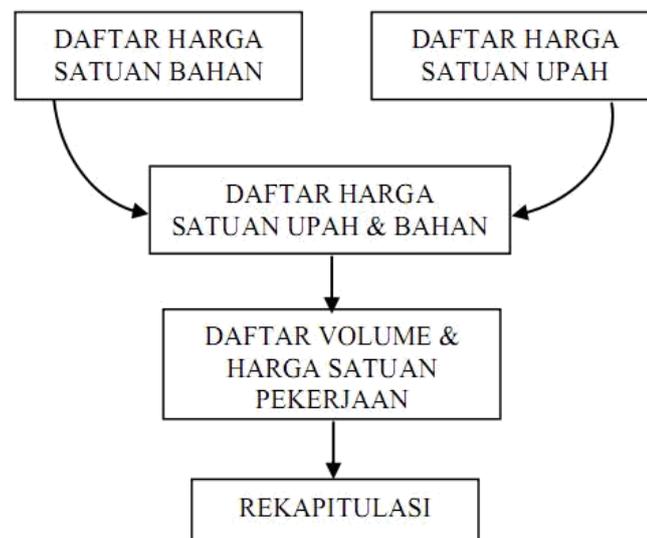
Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda di masing-masing daerah karena perbedaan harga bahan upah dan tenaga kerja. Tujuan dari pembuatan RAB adalah untuk memberikan gambaran yang pasti tentang 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 2.18 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 bar chart 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.

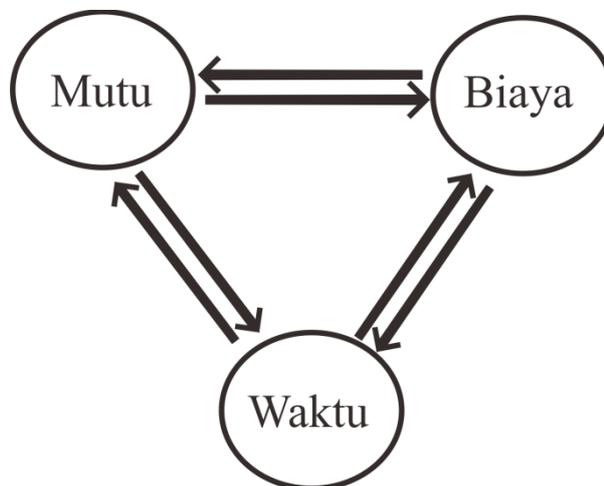
- b. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan.

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 2.19 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. Akan tetapi, jika waktu pelaksanaan mundur/terlambat, sementara tidak ada rencana penambahan anggaran, maka

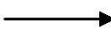
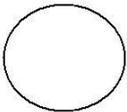
mutu pekerjaan juga akan berkurang. Secara umum proyek akan merugi.

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:

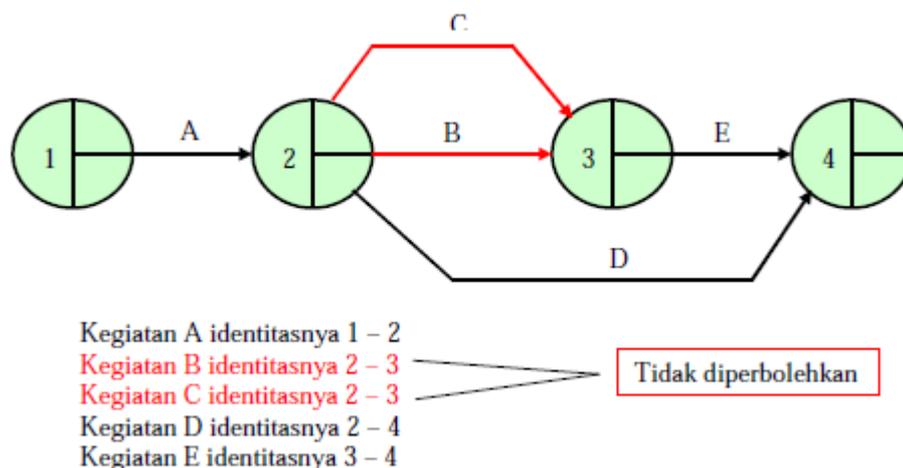
1. Even on the node, yaitu peristiwa yang digambarkan dalam lingkaran
2. Activity on the node, yaitu kegiatan yang digambarkan dalam lingkaran
3.  **Arrow**, bentuknya berupa anak panah yang berarti aktivitas/kegiatan, dimana suatu pekerjaan penyelesaiannya membutuhkan *duration* (jangka waktu tertentu) dan *resources* (tenaga, equipment, material dan biaya) tertentu.
4.  **Node/even** bentuknya berupa lingkaran bulat yang berarti saat, peristiwa atau kejadian, permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan.
5.  **Double arrow** berupa anak panah sejajar yang berarti lintasan kritis (*Critical Path*)
6.  **Dummy** berupa anak panah putus-putus yang berarti kegiatan semu

atau aktivitas semu. *Dummy* bukan merupakan aktivitas/kegiatan tetapi dianggap kegiatan/aktivitas hanya saja tidak membutuhkan duration dan resources tertentu.

7. **Jalur kritis**, merupakan jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat.

Sebelum menggambar 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 2.20 Contoh Network Planning