

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Uraian Umum

Bangunan gedung adalah wujud fisik dari hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian (tempat tinggal), kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus. (*pasal 1 angka 1 UU Nomor 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan gedung*).

Pekerjaan konstruksi adalah keseluruhan atau sebagian rangkaian kegiatan perencanaan dan/atau pelaksanaan beserta pengawasan yang mencakup pekerjaan arsitektur, sipil, mekanikal, elektrikal, dan tata lingkungan atau bentuk fisik lain. (*pasal 1 angka 3 UU Nomor 18 Tahun 1999 Tentang Jasa Konstruksi*).

Perencanaan merupakan kegiatan menetapkan tujuan serta merumuskan dan mengatur sumber daya manusia, informasi, finansial, metode, dan waktu untuk memaksimalkan efisiensi dan efektivitas pencapaian tujuan. Suatu konsep perencanaan bangunan gedung perlu memperhatikan kriteria-kriteria perencanaan, agar aman dan nyaman untuk di huni maupun indah dipandang. kriteria perencanaan konstruksi bangunan antara lain :

1. Teknis

Persyaratan teknis yang harus dipenuhi suatu bangunan yaitu bangunan yang didirikan harus kokoh agar deformasi yang terjadi tidak melebihi yang ditentukan serta kuat untuk menerima beban yang dipikul.

2. Ekonomis

Persyaratan ekonomis juga harus diperhitungkan agar tidak ada aktivitas konstruksi yang mengakibatkan membengkaknya biaya

pembangunan. Setiap konstruksi yang dibangun harus semurah mungkin dan disesuaikan dengan biaya yang ada tanpa mengurangi mutu dari kekuatan bangunan.

3. Fungsional

Hal ini berkaitan dengan penggunaan ruang yang biasanya akan mempengaruhi penggunaan bentang elemen struktur yang digunakan.

4. Estetika

Konstruksi yang dibangun harus memperhatikan aspek-aspek keindahan, tata letak dan bentuk sehingga orang-orang yang menempatinya akan merasa aman dan nyaman.

2.2. Klasifikasi Pembebanan

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

a. Beban Mati (beban tetap)

Beban mati adalah berat semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, mesin-mesin serta peralatan tetap (*fixed equipment*) yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari bangunan itu (perlengkapan/peralatan bangunan).

Menurut Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

<i>BAHAN BANGUNAN</i>	
Baja	7850 kg/m ³
Batu Alam	2600 kg/m ³
Batu belah, batu bulat, batu gunung	1500 kg/m ³
Batu Karang	700 kg/m ³
Batu pecah	1450 kg/m ³

Kerikil, koral (kerikil udara sampai lembab, tanpa diayak)	1650 kg/m ³
Beton	2200 kg/m ³
Beton bertulang	2400 kg/m ³
Pasangan Batu Merah	1750 kg/m ³
Pasir (jenuh air)	1800 kg/m ³
Tanah, Lempung dan Lanau (kering – lembab)	1700 kg/m ³
Tanah, Lempung dan Lanau (basah)	2000 kg/m ³
<i>KOMPONEN GEDUNG</i>	
Adukan, per cm tebal	
- Dari semen	21 kg/m ²
- Dari kapur, Semen Merah atau tras	17 kg/m ²
Dinding pasangan bata merah	
- Satu batu	450 kg/m ²
- Setengah batu	250 kg/m ²
Langit-langit (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit) dari bahan asbes (eternit dan bahan lain sejenis) dengan	
- Serat semen, tebal maksimum 4 mm	11 kg/m ²
- Kaca dengan tebal 3 – 4 mm	10 kg/m ²
Penggantung plafon (bentang maks 5 m)	7 kg/m ²
Penutup lantai (teraso, keramik dan beton)	24 g/m ²

(Sumber : Sistem Bangunan Gedung, 2010)

b. Beban Hidup (beban sementara)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu bangunan, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah (*moveable equipmet*), mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari bangunan itu, sehingga mengakibatkan

perubahan dalam pembebanan lantai dan atap. Khusus pada atap, ke yang dianggap dalam beban hidup termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air. (PPPRG 1983: 2)

Tabel 2.2 Beban Hidup Pada Lantai Gedung

a. Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b.	200 kg/m ²
b. Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan toko, pabrik atau bengkel.	125 kg/m ²
c. Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit.	250 kg/m ²
d. Lantai ruang olah raga.	400 kg/m ²
e. Lantai ruang dansa.	500 kg/m ²
f. Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan, bioskop, ibadah	400 kg/m ²
g. Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri.	500 kg/m ²
h. Tangga, bordes dan gang bangunan umum	300 kg/m ²
i. Tangga, bordes dan gang gedung pertemuan.	500 kg/m ²
j. Lantai ruang pelengkap gedung pertemuan.	250 kg/m ²

(Sumber : Sistem Bangunan Gedung, 2010)

c. Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada bangunan, atau bagian bangunan, yang disebabkan oleh selisih oleh tekanan udara.

Tekanan tiup harus diambil minimum 25 kg/m^2 , dan ditepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai harus diambil minimum 40 kg/m^2 . jika ada kemungkinan kecepatan angin mengakibatkan tekanan tiup yang lebih besar, maka tekanan tiup harus dihitung menurut rumus:

$$\rho = \frac{v^2}{16} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana v adalah kecepatan angin dalam m/det.

2.3. Metode Perhitungan

2.3.1 Pelat

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

- Pelat Atap

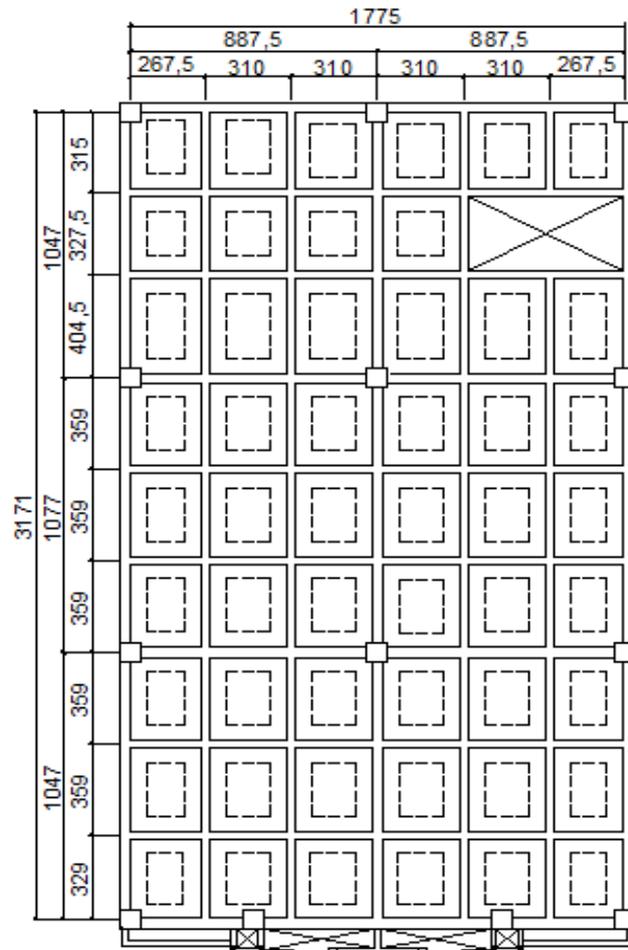
Struktur pelat atap sama dengan struktur pelat lantai, hanya saja berbeda dalam hal pembebanannya. Beban yang bekerja pada pelat atap lebih kecil bila dibanding dengan pelat lantai. Strukturnya adalah struktur pelat dua arah, sama dengan pelat lantai.

Beban-beban yang bekerja pada pelat atap, yaitu :

- Beban Mati (W_D)
- Beban Hidup (W_L)

- Pelat Lantai

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



Gambar 2.1 Contoh Denah Pelat

a. Pembebanan Pelat

Untuk mengetahui nilai/besaran beban mati dan beban hidup dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Beban-beban yang bekerja pada pelat lantai, yaitu:

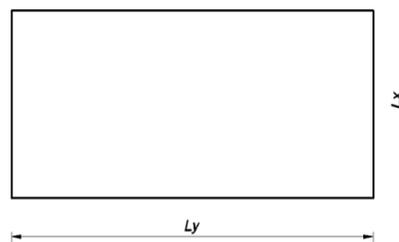
- 1) Beban Mati (W_D)
 - Bebat sendiri pelat
 - Berat adukan per cm tebal
 - Plafond dan penggantungnya
- 2) Beban Hidup (W_L)
 - Beban pelat yang dapat dicapai orang
 - Beban air hujan

b. 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 2.2 Pelat

Keterangan:

L_y = panjang pelat

L_x = lebar pelat

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

1) Penentuan Tebal Pelat dan Selimut Beton

Tabel 2.3 Tebal pelat minimum (h)

Komponen	F_y		F_y		f_y		f_y	
	400	240	400	240	400	240	400	240
Pelat	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{27}$	$\frac{1}{24}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{28}$	$\frac{1}{37}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{13}$
mendukung satu arah								
Balok mendukung satu arah	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{21}$	$\frac{1}{18,5}$	$\frac{1}{24,5}$	$\frac{1}{21}$	$\frac{1}{28}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{11}$

(Sumber : Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, 1993)

Tabel 2.4 Tebal Selimut Beton (P) Minimum Untuk Beton Bertulang

	Tebal Selimut Minimum (mm)
a) Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca: Batang D-19 hingga D-56 . Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau kawat ulir D16 dan yang lebih kecil	50 40
c) Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton tidak langsung berhubungan dengan tanah: <u>Pelat, dinding, pelat berusuk:</u> Batang D-44 dan D-56 Batang D-36 dan yang lebih kecil <u>Balok, kolom:</u> Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral	40 20 40

(Sumber : SNI-03-2847-2002 hal. 41)

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

$$W_u = 1,2 W_D + 1,6 W_L \dots\dots\dots (2.2)$$

W_D = Jumlah beban mati (kg/m)

W_L = Jumlah beban hidup (kg/m)

- 3) Menghitung momen rencana (M_u) baik dengan cara tabel atau analisis.

4) Perkiraan Tinggi Efektif (d_{eff})

$$d_{\text{eff}} = h - \text{tebal selimut beton} - \emptyset s - \frac{1}{2} D \dots\dots\dots (2.3)$$

5) Menghitung k_{perlu}

$$k = \frac{M_u}{\emptyset b d_{\text{eff}}^2} \dots\dots\dots (2.4)$$

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)

\emptyset = faktor kuat rencana (0,8)

6) Menentukan rasio penulangan (ρ) dari tabel. (*Struktur Beton Bertulang, Istimawan : 462 dst.*)7) Hitung A_s yang diperlukan.

$$A_s \dots = \rho \cdot b \cdot d_{\text{eff}} \dots\dots\dots (2.5)$$

A_s = luas tulangan (mm^2)

ρ = rasio penulangan

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

8) Tulangan susut/pembagi

$$A_s = 0,0020 \cdot b \cdot h \text{ (untuk } f_y = 400 \text{ MPa)} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$A_s = 0,0018 \cdot b \cdot h \text{ (untuk } f_y = 240 \text{ MPa)} \dots\dots\dots (2.7)$$

b = lebar satuan pelat

h = tebal pelat

(*Struktur Beton Bertulang, Istimawan : 47*)

c. Pelat dua arah (*Two Way Slab*)

Berikut adalah langkah-langkah dalam perhitungan pelat dua arah:

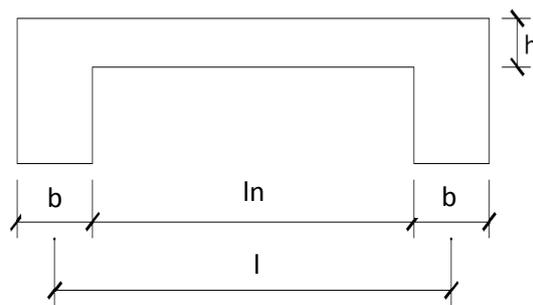
1) Mendimensi balok.

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 ^c		Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir ^c	
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 hal. 66)

Gambar 2.3 tebal pelat minimum (h) dan l_n

2) Persyaratan tebal pelat dari balok.

(a) Untuk $\alpha_m \leq 0.2$

Pelat tanpa penebalan, tebal pelat minimum 120 mm.

Pelat dengan penebalan, tebal pelat minimum 100 mm.

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

Tebal pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{fy}{1500})}{36 + 5\beta(\alpha m - 0,2)} ; \text{ dan tidak boleh } < 120 \text{ mm} \dots\dots\dots(2.8)$$

(SNI 03-2847-2002 : 66)

(c) Untuk $\alpha m > 2,0$

Tebal pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{fy}{1500})}{36\beta + 9\beta} ; \text{ dan tidak boleh } < 90 \text{ mm} \dots\dots\dots(2.10)$$

(SNI 03-2847-2002 : 66)

3) Mencari αm dari masing-masing panel.

Mencari αm dari masing-masing panel untuk mengecek apakah pemakaian h misal telah memenuhi persyaratan h_{\min} .

$$\alpha 1 = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{pelat}}} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\alpha m = \frac{\alpha 1 + \alpha 2 + \alpha 3 + \alpha 4}{n} \dots\dots\dots(2.12)$$

4) Pembebanan pelat.

Perhitungan sama seperti pada perhitungan pembebanan pelat satu arah

5) Mencari momen yang bekerja pada arah x dan y .

$$M_{tx} = 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot \text{koefisien momen} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$M_{ty} = 0,001 \cdot W_u \cdot L_x^2 \cdot \text{koefisien momen} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$M_{tix} = \frac{1}{2} M_{tx} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$M_{tiy} = \frac{1}{2} M_{ty} \dots\dots\dots(2.16)$$

(Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang, Gideon : 26)

Keterangan : M_x = momen sejauh X meter

M_y = momen sejauh Y meter

6) Perkiraan Tinggi Efektif (d_{eff})

$$d_{\text{eff}} = h - p - \emptyset s - \frac{1}{2} D \text{ (1 lapis)} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$d_{\text{eff}} = h - p - \emptyset s - D - \text{jarak tul. minimum} - \frac{1}{2} D \text{ (2 lapis)} \dots\dots(2.18)$$

- 7) Menghitung k_{perlu} berdasarkan momen yang didapat dari e.

$$k = \frac{Mu}{\emptyset b d_{\text{eff}}^2} \dots\dots\dots (2.19)$$

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)

\emptyset = faktor kuat rencana (0,8)

- 8) Menentukan rasio penulangan (ρ) dari tabel. (*Struktur Beton Bertulang, Istimawan :462 dst.*)

Jika $\rho < \rho_{\text{min}}$, maka dipakai $\rho_{\text{min}} = 0,0058$.

- 9) Hitung A_s yang diperlukan.

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{\text{eff}} \dots\dots\dots (2.20)$$

A_s = luas tulangan (mm^2)

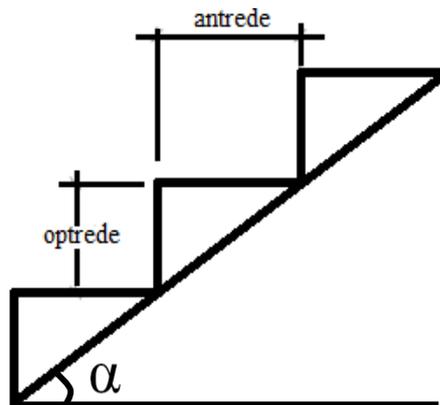
ρ = rasio penulangan

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

2.3.2 Tangga

Tangga merupakan salah satu bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat penghubung antara lantai pada bangunan bertingkat. Tangga terdiri dari anak tangga dan pelat tangga (Bordes). Anak tangga terdiri dari dua, yaitu:

- a) Antrede, adalah dari anak tangga dan pelat tangga bidang horizontal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.
- b) Optrede selisih tinggi antara dua buah anak tangga yang berurut



Gambar 2.4 Anak Tangga (Menjelaskan Posisi Optrede Antride)

Syarat – syarat umum tangga ditinjau dari :

(a) Penempatan :

- 1) Diusahakan sehemat mungkin menggunakan ruangan
- 2) Mudah ditemukan oleh semua orang
- 3) Mendapat cahaya matahari pada waktu siang
- 4) tidak mengganggu lalu lintas orang banyak

(b) Kekuatan :

- 1) kokoh dan stabil bila dilalui orang dan barang sesuai dengan perencanaan

(c) Bentuk :

- 1) sederhana, layak, sehingga mudah dan cepat pengerjaannya serta murah biayanya.
- 2) Rapih, indah, serasi dengan keadaan sekitar tangga itu sendiri.

Dalam merencanakan tangga prosedur perencanaannya adalah sebagai berikut :

(a) Menentukan dimensi atau ukuran

- 1) Menentukan dimensi antrede, optrede
- 2) Menentukan jumlah antrede, optrede
- 3) Menghitung panjang tangga
- 4) Panjang tangga = jumlah optrede \times lebar antrede
- 5) Menghitung sudut kemiringan tangga

6) Sudut kemiringan : $arc\ tan = \left(\frac{\text{tinggi tangga}}{\text{panjang tangga}} \right) \dots\dots\dots(2.21)$

7) Menentukan tebal pelat

8) Menghitung pembebanan serta beban rencana (W_U)

(a) Beban mati (W_D)

1) Berat sendiri bordes

2) Berat pelat

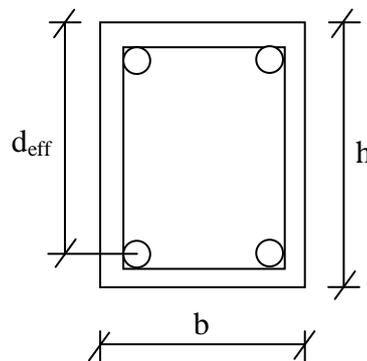
(b) Beban hidup (W_L)

$$\text{Beban rencana, } W_U = 1,2 W_{DD} + 1,6 W_{LL} \dots\dots\dots(2.22)$$

(c) Menghitung gaya – gaya yang bekerja dengan menggunakan metode cross

(d) Menentukan tinggi efektif (d_{eff})

$$d_{eff} = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \cdot \emptyset_{\text{tulangan pokok}} \dots\dots\dots(2.23)$$



Gambar 2.5 Tinggi Efektif (d_{eff})

(e) Mengitung k_{perlu}

$$k = \frac{M_U}{\emptyset \cdot b \cdot d_{eff}^2} \dots\dots\dots(2.24)$$

(f) Menentukan rasio penulangan (ρ) dari tabel Istimawan

Dipohusodo

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$$

(g) Hitung A_s yang diperlukan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{eff} \dots\dots\dots(2.25)$$

2.3.3 Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sebagai 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 memanjang dan melintang. Pembebanan pada portal, yaitu :

- 1) Beban sendiri pelat
- 2) Berat plafond + penggantung
- 3) Berat penutup lantai
- 4) Berat adukan
- 5) Berat dari pasangan dinding bata

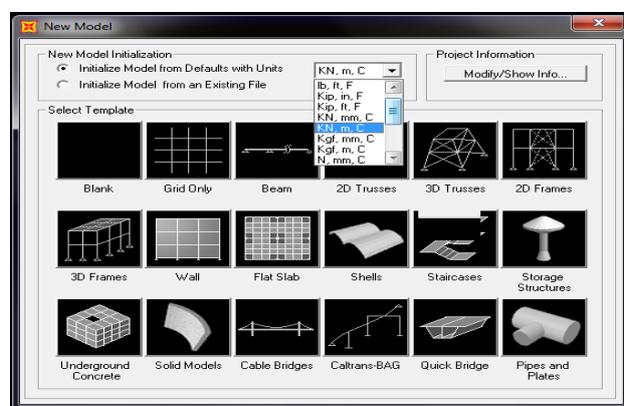
b. Portal Akibat Beban Hidup

Portal ini ditinjau pada arah memanjang dan melintang. Pembebanan pada portal akibat beban hidup:

- 1) Menentukan pembebanan pada portal
- 2) Perhitungan akibat beban hidup = perhitungan akibat beban mati

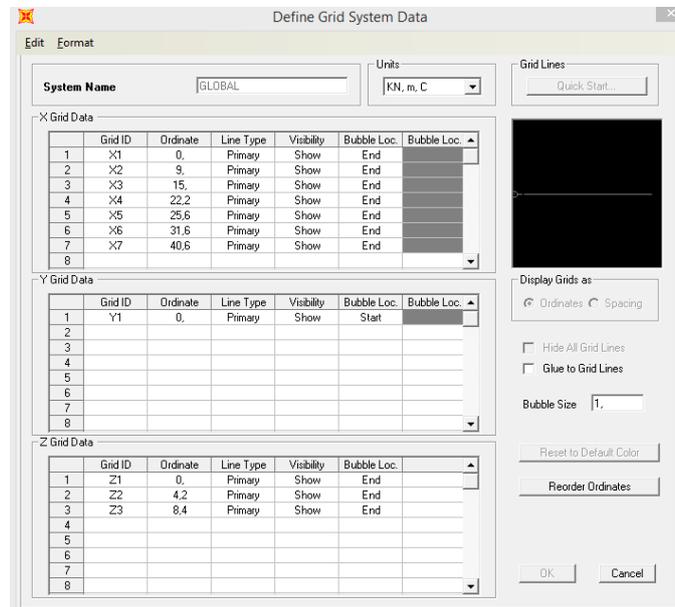
Langkah-langkah perhitungan portal dengan menggunakan Program SAP2000. V14 :

- 1) Mengklik file pada program untuk memilih model portal, ubah satuan ke dalam KN,m,C

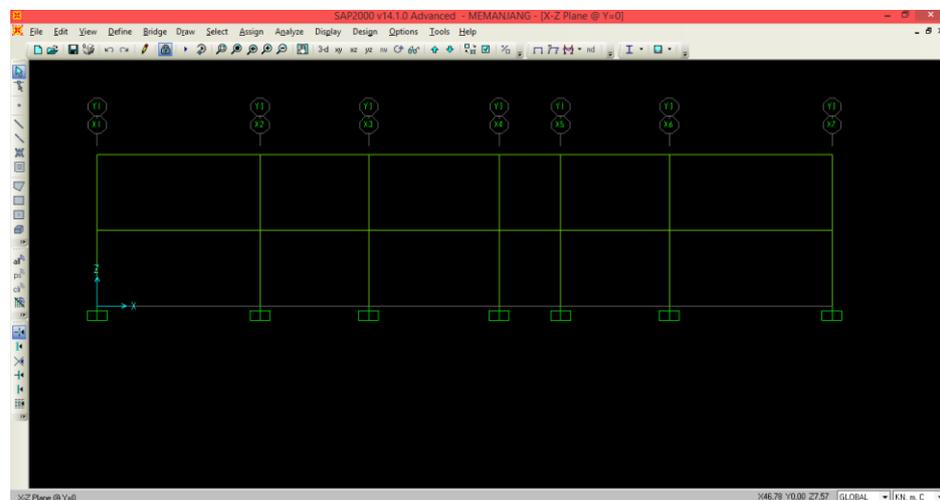


Gambar 2.6 Model Struktur Konstruksi

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

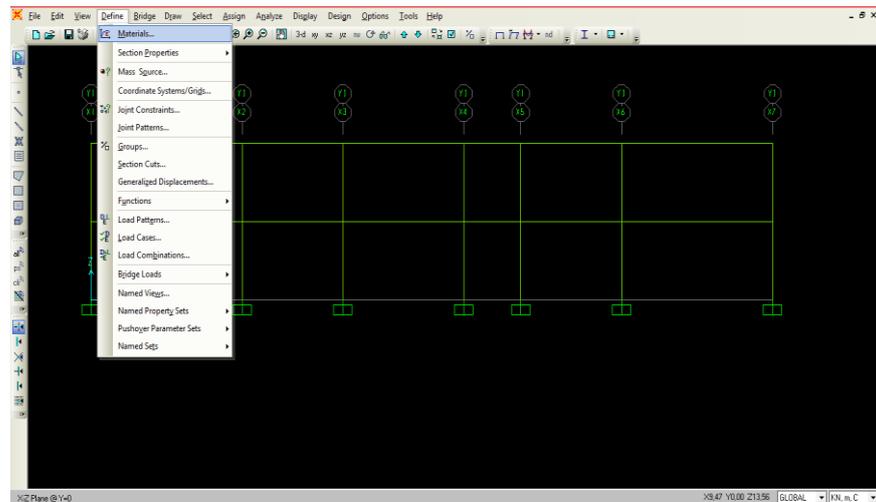


Gambar 2.7 Define Grid System Data

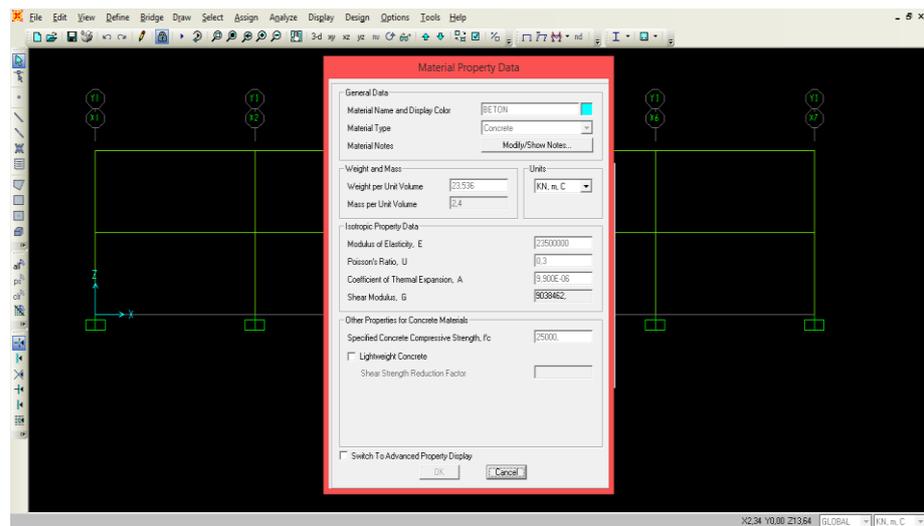


Gambar 2.8 Tampilan Model Portal

- 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.



Gambar 2.9 Input Material



Gambar 2.10 Data-Data Material

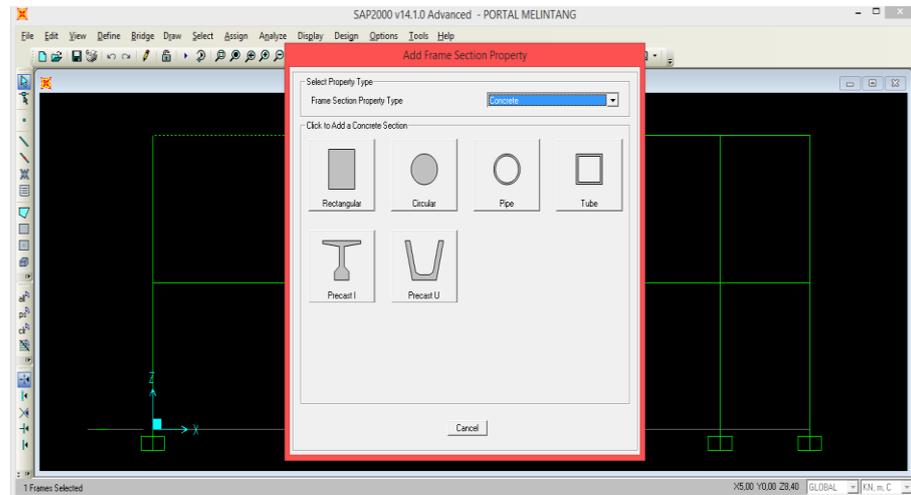
4) Input data dimensi struktur

Kolom : $400 \times 400 \text{ mm}^2$

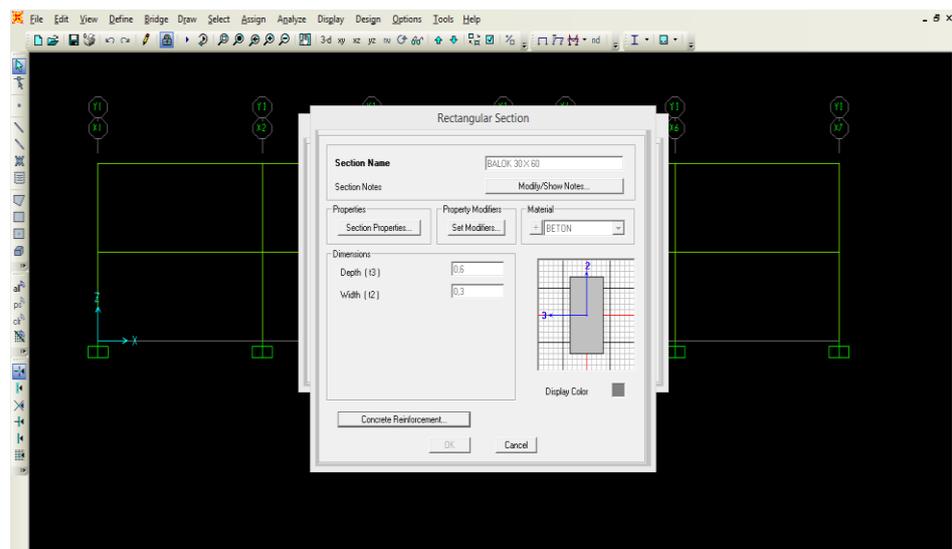
Balok atap : $300 \times 500 \text{ mm}^2$

Balok Lantai 3 dan lantai 2 : $300 \times 600 \text{ mm}^2$

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



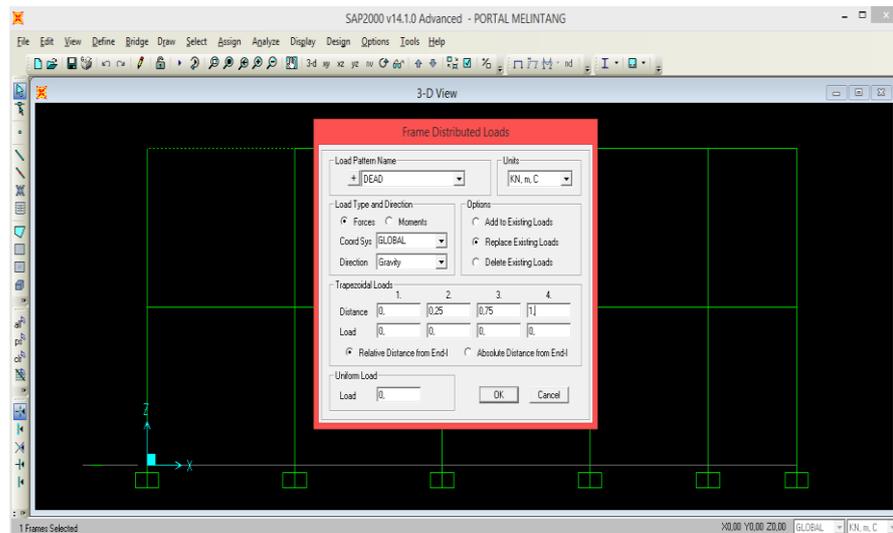
Gambar 2.11 Frame properties dan add frame section property



Gambar 2.12 Rectangular Section dan Reinforcement Data

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

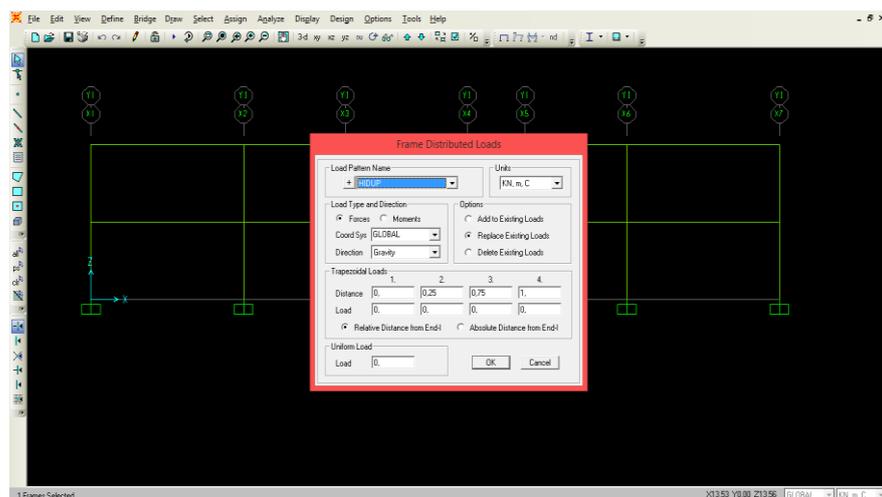
Untuk menginput data akibat beban mati klik batang portal pada model – pilih **Assign** pada **toolbar** – **Frame Load** – **Distributed**, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



Gambar 2.13 Frame Distributed Loads Akibat Beban Mati

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

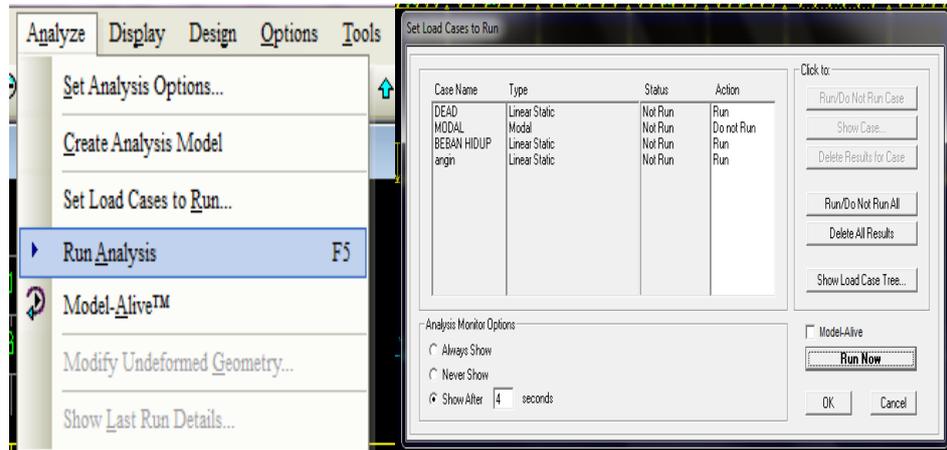
Untuk menginput data akibat beban mati klik batang portal pada model – pilih **Assign** pada *toolbar* – **Frame Load** – **Distributed**, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



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*.



Gambar 2.15 Run Analysis

2.3.4 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.

Adapun urutan-urutan dalam menganalisis balok :

- a. Gaya lintang design balok maksimum

$$U = 1,2 D + 1,6 L \dots\dots\dots (2.26)$$

(Struktur Beton Bertulang,, Dipohusodo : 40)

Keterangan : U = gaya geser terfaktor pada penampang
 D = beban mati terfaktor per unit luas
 L = beban hidup terfaktor per unit luas

- b. Momen design balok maksimum

$$Mu = 1,2 MDL + 1,6 MLL \dots\dots\dots (2.27)$$

(Struktur Beton Bertulang, Dipohusodo : 40)

Keterangan : Mu = momen terfaktor pada penampang
 MDL = momen akibat beban mati

MLL = momen akibat beban hidup

c. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

1) Penulangan lentur lapangan

$$(a) d_{eff} = h - p - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan} \dots\dots\dots(2.28)$$

$$(b) K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \rightarrow \text{didapat nilai } \rho \text{ dari tabel} \dots\dots\dots(2.29)$$

$$(c) A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots(2.30)$$

(Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang, Gideon :54)

(d) Pilih tulangan dengan dasar A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan

2) Penulangan lentur pada tumpuan

$$(a) K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \rightarrow \text{didapat nilai } \rho \text{ dari tabel} \dots\dots\dots(2.31)$$

$$(b) A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots(2.32)$$

(Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang, Gideon :54)

(c) 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

d. Tulangan geser rencana

$$1) V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \right) \times b_w \times d \dots\dots\dots(2.33)$$

(SNI 03 – 2847 – 2002 hal.89 pasal 13.3.1 butir 1)

2) $V_u \leq \emptyset V_c$ (tidak perlu tulangan geser)

(Struktur Beton Bertulang, Dipohusodo : 113)

3) $V_u \leq \emptyset V_n$

$$4) V_{sperlu} = \frac{V_u}{\phi} - V_c \dots\dots\dots(2.34)$$

(Struktur Beton Bertulang, Dipohusodo : 116)

$$5) V_n = V_c + V_s \dots\dots\dots(2.35)$$

$$6) V_u \leq \phi V_c + \phi V_s \dots\dots\dots(2.36)$$

(Struktur Beton Bertulang, Dipohusodo : 114)

$$7) \frac{3A_v f_y}{b_w} \dots\dots\dots(2.37)$$

(SNI-2847-2002 Pasal 13.5 : 93)

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = luas tulangan geser pada daerah sejarak s

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

f_y = mutu baja

b_w = lebar balok

2.3.5 Kolom

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertical dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Sedangkan komponen struktur yang menahan beban aksial vertical dengan rasio bagian tinggi dengan dimensi lateral terkecil kurang dari tiga dinamakan pedestal. (Struktur Beton Bertulang, Dipohusodo : 287).

Adapun urutan-urutan dalam menganalisis kolom :

- a. Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris berdasarkan kombinasi P_u dan M_u . Untuk satu batang kolom dan dua kombinasi pembebanan yaitu pada ujung atas dan ujung bawah pada setiap freebody, masing-masing dihitung tulangannya dan diambil yang terbesar.
- b. Beban design kolom maksimum

$$U = 1,2D + 1,6L \dots\dots\dots(2.38)$$

Keterangan : U = beban terfaktor pada penampang

D = kuat beban aksial akibat beban mati

L = kuat beban aksial akibat beban hidup

- c. Momen design kolom maksimum untuk ujung atas dan ujung bawah.

$$M_u = 1,2 MDL + 1,6 MLL \dots\dots\dots(2.39)$$

Keterangan : M_u = momen terfaktor pada penampang

MDL = momen akibat beban mati

MLL = momen akibat beban hidup

- d. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi.

$$\beta.d = \frac{1,2.D}{(1,2.D + 1,6L)} \dots\dots\dots(2.40)$$

(*Dasar-Dasar Perencanaan Beton Tertulang, Gideon : 186*)

Keterangan : β = rasio bentang bersih arah memanjang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

- e. Modulus Elastisitas

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'} \dots\dots\dots(2.41)$$

(*Dasar-Dasar Perencanaan Beton Tertulang, Gideon : 186*)

- f. Nilai kekakuan kolom dan balok

$$I_k = 1/12 b h^3 \dots\dots\dots(2.42)$$

$$I_b = 1/12 b h^3 \dots\dots\dots(2.43)$$

$$E.I_k = \frac{E_c \cdot I_g}{2,5(1 + \beta.d)} \rightarrow \text{untuk kolom} \dots\dots\dots(2.44)$$

(*Dasar-Dasar Perencanaan Beton Tertulang, Gideon : 186*)

$$E.I_b = \frac{E_c \cdot I_g}{5(1 + \beta.d)} \rightarrow \text{untuk balok} \dots\dots\dots(2.45)$$

(*Dasar-Dasar Perencanaan Beton Tertulang, Gideon : 186*)

- g. Nilai eksentrisitas

$$e = \frac{M_u}{P_u} \dots\dots\dots(2.46)$$

(Dasar-Dasar Perencanaan Beton Tertulang, Gideon : 183)

Keterangan : e = eksentrisitas

M_u = momen terfaktor pada penampang

P_u = beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan

h. Menentukan Ψ_a dan Ψ_b

$$\varphi = \frac{\left(\frac{E \cdot I_K}{I \cdot I_K} \right)}{\left(\frac{E \cdot I_b}{E \cdot I_b} \right)} \dots\dots\dots (2.47)$$

(Dasar-Dasar Perencanaan Beton Tertulang, Gideon : 188)

i. Angka kelangsingan kolom

Kolom langsing dengan ketentuan :

1) rangka tanpa pengaku lateral = $\frac{Klu}{r} < 22$(2.48)

2) rangka dengan pengaku lateral

$$\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_{1-b}}{M_{2-b}} \right) \dots\dots\dots (2.49)$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan : 331)

Keterangan : k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan

Lu = panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang

r = jari-jari putaran potongan lintang komponen struktur tekan

3) untuk semua komponen struktur tekan dengan $\frac{Klu}{r} > 100$ harus

digunakan analisa pada SNI 03 -2847 - 2002 hal.78 ayat 12.10.1

butir 5

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

j. Perbesaran momen

$$M_c = \delta_b \times M_{2b} + \delta_s \times M_{2s} \dots\dots\dots(2.50)$$

$$\delta_b = \frac{Cm}{1 - \frac{Pu}{\phi Pc}} \geq 1,0 \dots\dots\dots(2.51)$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu}{\phi \sum Pc}} \geq 1,0 \dots\dots\dots(2.52)$$

$$Cm = 0,6 + 0,4x \frac{M_{1B}}{M_{2B}} \geq 0,4 \quad \rightarrow \text{kolom dengan pengaku}$$

$$Cm = 1,0 \quad \rightarrow \text{kolom tanpa pengaku}$$

(Struktur Beton Bertualng, Dipohusodo, :335 - 336)

Keterangan : M_c = momen rencana yang diperbesar

δ = faktor pembesaran momen

Pu = beban rencana aksial terfaktor

Pc = beban tekuk Euler

k. Desain penulangan

Hitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 2% luas kolom

$$\rho = \rho' = \frac{As}{bxd} \quad \rightarrow As = As' \dots\dots\dots(2.53)$$

(Struktur Beton Bertualng, Dipohusodo ,Dipohusodo : 325)

l. Tentukan tulangan yang dipakai

$$\rho = \rho' = \frac{As_{pakai}}{bxd} \dots\dots\dots(2.54)$$

m. Memeriksa Pu terhadap beban seimbang

$$d = h - d' \dots\dots\dots(2.55)$$

$$Cb = \frac{600d}{600 + fy} \dots\dots\dots(2.56)$$

$$a_b = \beta_1 x Cb \dots\dots\dots(2.57)$$

$$fs' = \left(\frac{Cb - d}{Cb} \right) x 0,003 \dots\dots\dots(2.58)$$

$$fs' = fy \dots\dots\dots(2.59)$$

$$\phi Pn = \phi (0,85 x fc' x a_b x b + As' x fs' - As x fy) \dots\dots\dots(2.60)$$

(Struktur Beton Bertulang, Dipohusodo, Dipohusodo : 324)

$\phi Pn = Pu \rightarrow$ beton belum hancur pada daerah tarik

$\phi Pn < Pu \rightarrow$ beton hancur pada daerah tarik

n. Memeriksa kekuatan penampang

1) Akibat keruntuhan tarik

$$Pn = 0,85 \cdot fc' \cdot b \cdot \left[\left(\frac{h}{2} - e \right) + \sqrt{\left(\frac{h}{2} - e \right)^2 + \frac{2 \cdot As \cdot fy \cdot (d - d')}{0,85 \cdot fc' \cdot b}} \right] \dots\dots\dots(2.61)$$

2) Akibat keruntuhan tekan

$$Pn = \frac{As' \cdot fy}{\left(\frac{e}{d - d'} \right) + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot fc'}{\left(\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} \right) + 1,18} \dots\dots\dots(2.62)$$

(Struktur Beton Bertulang, Dipohusodo : 320 : 322)

Keterangan :

ρ = rasio penulangan tarik non-prategang

ρ' = rasio penulangan tekan non-prategang

As = luas tulangan tarik non-prategang yang dipakai

As' = luas tulangan tekan non-prategang yang dipakai

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

d' = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan

b = lebar daerah tekan komponen struktur

h = diameter penampang

fc' = mutu beton

- f_y = mutu baja
 e = eksentrisitas

2.3.6 Sloof

Sloof adalah suatu konstruksi yang menerima beban dari dinding dan meneruskan beban tersebut ke pondasi melalui kolom yang berfungsi sebagai pengaku struktur.

Langkah-langkah perhitungan dalam merencanakan sloof :

- a. Tentukan dimensi sloof
- b. Tentukan pembebanan pada sloof
 - 1) Berat sendiri sloof
 - 2) Berat dinding dan plesteran

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

$$U = 1,2 D + 1,6 L \dots\dots\dots(2.63)$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan hal. 40)

Keterangan :

- U = beban terfaktor per unit panjang bentang balok
 D = beban mati
 L = beban hidup

- b. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan
 - 1) Tentukan $d_{eff} = h - p - \emptyset$ sengkang - $\frac{1}{2} \emptyset$ tulangan(2.64)

$$2) K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \rightarrow \text{didapat nilai } \rho \text{ dari tabel} \dots\dots\dots(2.65)$$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots(2.66)$$

(Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang, Gideon hal. 54)

A_s = luas tulangan tarik non-prategang

- 3) Pilih tulangan dengan dasar A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan
 Apabila $MR < Mu$ balok akan berperilaku sebagai balok T Murni
- 4) Penulangan lentur pada tumpuan

$$5) K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \rightarrow \text{didapat nilai } \rho \text{ dari tabel(2.67)}$$

$$As = \rho \cdot b \cdot d \text{(2.68)}$$

(Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang, Gideon hal. 54)

6) Pilih tulangan dengan dasar As terpasang $\geq As$ direncanakan

Keterangan :

As = 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

c. Tulangan geser rencana

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_w \times d \text{(2.69)}$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan : 112)

$$- V \leq \emptyset V_c \text{ (tidak perlu tulangan geser) (Istimawan : 113)(2.70)}$$

$$- V_u \leq \emptyset V_n \text{(2.71)}$$

$$- V_n = V_c + V_s \text{(2.72)}$$

$$- V_u \leq \emptyset V_c + \emptyset V_s \text{(2.73)}$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan : 114)

$$- S_{perlu} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \text{(2.74)}$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan : 122)

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = luas tulangan geser pada daerah sejarak s

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

f_y = mutu baja

2.3.7 Pondasi

Pondasi merupakan bagian dari struktur bangunan yang terletak di bawah bangunan yang berfungsi memikul beban dari struktur bangunan dan mendistribusikannya ke lapisan tanah pendukung sehingga struktur bangunan dalam kondisi aman.

Fungsi pondasi adalah sebagai berikut :

- Untuk menyalurkan beban bangunan ke tanah
- Mencegah terjadinya penurunan bangunan
- Memberikan kestabilan pada bangunan di atasnya

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan jenis pondasi :

- Keadaan tanah pondasi
- Jenis konstruksi bangunan
- Kondisi bangunan di sekitar lokasi
- Waktu dan biaya pekerjaan

Suatu struktur bangunan gedung juga harus direncanakan kekuatannya terhadap suatu pembebanan, adapun jenis pembebanan antara lain :

- Beban mati (beban tetap)
- Beban hidup (beban sementara)
- Beban angin

Langkah-langkah perencanaan pondasi adalah sebagai berikut :

- Menentukan daya dukung ijin tanah melalui perhitungan dengan berdasarkan data-data yang ada.

Berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang :

$$Q_{\text{tiang}} = 0,3 \times f_c' \times A_{\text{tiang}} \dots\dots\dots(2.75)$$

Berdasarkan kekuatan tanah :

$$Q_{\text{ijin}} = \frac{NK \times Ab}{F_b} + 0,3 \cdot \frac{JHP \times O}{F_s} \dots\dots\dots(2.76)$$

Dimana : NK = nilai konus

JPH= jumlah hambatan pekat

Ab = luas tiang

O = keliling tiang

Fb = faktor keamanan daya dukung ujung. = 3

Fs = faktor keamanan daya dukung gesek. = 5

- b. Menentukan jumlah tiang pancang

$$N = \frac{P_{total}}{Q} \dots\dots\dots(2.77)$$

- c. Menentukan jarak antar tiang

Apabila setelah dilakukan perhitungan jumlah tiang pancang langkah perencanaan selanjutnya adalah menentukan jarak antara masing-masing tiang pancang.

$$S = 2,5d - 3d \dots\dots\dots(2.78)$$

Dimana : d = Ukuran pile (tiang)

S = Jarak antar tiang

- d. Menentukan Efisiensi Kelompok Tiang

Menentukan efisiensi kelompok tiang dilakukan setelah mengetahui hasil perhitungan jumlah tiang pancang. Perhitungan efisiensi kelompok tiang ini dilakukan apabila setelah didapat hasil perhitungan jumlah tiang yang lebih dari satu buah tiang. Nilai efisiensi tiang pancang (Eg) dapat di tentukan dengan rumus berikut ini.

$$Eq = 1 - \frac{\theta}{90} \left\{ \frac{(m-1)n + (n-1)m}{mn} \right\} \rightarrow \text{arc. tan } \frac{d}{s} \dots\dots\dots(2.79)$$

Dimana: d = Ukuran Pile (tiang)

S = Jarak Antar tiang

- e. Menentukan Kemampuan Tiang Pancang Terhadap sumbu X dan Y

$$\rho = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{MY \cdot X \max}{ny \cdot \sum x^2} \pm \frac{Mx \cdot Y \max}{nx \cdot \sum Y^2} \dots\dots\dots(2.80)$$

Dimana :

ρ : Beban yang diterima oleh tiang pancang

\sum : Jumlah total beban

- 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 (pilegroup)
 X_{max} : Absis terjatuh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang pancang.
 Y_{max} : Ordinat terjatuh tiang pancang terhadap titik berat kelompok Tiang pancang.
 N_y : Banyak tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu Y
 N_x : Banyak tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu X
 $\sum X^2$: Jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang.
 $\sum Y^2$: Jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang.

Kontrol kemampuan tiang pancang :

$$P_{ijin} = \frac{P}{n} \dots\dots\dots(2.81)$$

$$P_{ijin} < P$$

f. Penulangan Tiang Pancang

Penulangan tiang pancang dihitung berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkatan.

1) Tulangan Pokok Tiang Pancang

$$(a) K = \frac{M_{max}}{\phi b d^2} \dots\dots\dots(2.82)$$

Dari tabel A-10 (Istimawan) didapat k untuk ρ

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots(2.83)$$

Dengan :

b = ukuran tiang

d = tinggi efektif

- (b) Menentukan jumlah tulangan selain dengan menggunakan tabel di buku beton bertulang Istimawan Dipohusodo dapat di hitung dengan :

$$n = \frac{A_s}{1/4\pi D^2} \dots\dots\dots(2.84)$$

Dengan :

A_s = Luas tulangan yang dibutuhkan

D = Diameter tulangan

2) Tulangan Geser Tiang Pancang

V_u rencana didapat dari pola pengangkutan sebagai berikut :

$$\phi V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b_w d \dots\dots\dots(2.85)$$

$V_u < \phi V_c \Rightarrow$ Diperlukan Tulangan Geser

$$A_v = \frac{\pi d^2}{2} \dots\dots\dots(2.86)$$

$$S = \frac{3 A_v f_y}{b} \dots\dots\dots(2.87)$$

$$S = \frac{\phi A_v f_y d}{V_u - \phi V_c} \dots\dots\dots(2.88)$$

$$\text{Syarat sengkang} \rightarrow S_{\text{maks}} = 1/2 \cdot d \text{ efektif} \dots\dots\dots(2.89)$$

g. Perhitungan Pile Cap

Pile cap merupakan bagian yang mengikat dan mengunci posisi tiang pancang. Langkah-langkah perencanaan pile cap :

1) Menentukan beban yang bekerja

$$P_u = 1,2 W_d + 1,6 W_l \dots\dots\dots(2.90)$$

2) Menentukan dimensi pile cap

(a) Menentukan panjang Pilecap

$$L_w = (k + 1) \times D + 300 \dots\dots\dots(2.91)$$

(b) Menentukan lebar pile cap

$$b_w = D + 300 \dots\dots\dots(2.92)$$

Dengan :

L_w = Panjang pile cap (mm)

D = Ukuran pile (tiang) (mm)

k = Variabel jarak pile cap

2.4 Pengelolaan Proyek

Manajemen proyek adalah bagaimana agar sumber daya yang terlibat didalam proyek konstruksi dapat diaplikasikan oleh manajer proyek secara tepat. Sumber daya dalam proyek konstruksi dapat dikelompokkan menjadi 5 yaitu manpower, material, machines, money dan method. Tujuan manajemen proyek pada umumnya dipandang sebagai pencapaian suatu sasaran tunggal dan dengan jelas terdefinisikan. Dalam rekayasa sipil, pencapaian sasaran saja tidak cukup karena banyak sasaran penting lain yang harus dapat dicapai. Sasaran ini dikenal sebagai sasaran sekunder dan bersifat sebagai kendala.

Manajemen pengelolaan setiap proyek rekayasa sipil meliputi delapan fungsi dasar manajemen yaitu :

- c. Penetapan tujuan (*Goal setting*)
- d. Perencanaan (*Planning*)
- e. Pengorganisasian (*Organizing*)
- f. Pengisian Staff (*Staffing*)
- g. Pengarahan (*Directing*)
- h. Pengawasan (*Supervising*)
- i. Pengendalian (*Controlling*)
- j. Koordinasi (*Coordinating*)

(Ervianto W.I *Manajemen Proyek Konstruksi* Hal.1-5)

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.

Sebelum pelaksanaan kegiatan proyek konstruksi dimulai, biasanya didahului dengan penyusunan rencana kerja waktu kegiatan yang disesuaikan dengan metode konstruksi yang akan digunakan. Pihak pengelola proyek melakukan kegiatan pendataan lokasi proyek guna mendapatkan informasi detail untuk keperluan penyusunan rencana kerja.

Dalam penyusunan rencana kerja, perlu dipertimbangkan beberapa hal sebagai berikut :

- a. Keadaan lapangan lokasi proyek, hal ini dilakukan untuk memperkirakan hambatan yang mungkin timbul selama pekerjaan.
- b. Kemampuan tenaga kerja, informasi detail tentang jenis dan macam kegiatan yang berguna untuk memperkirakan jumlah dan jenis tenaga kerja yang harus disediakan.
- c. Pengadaan material konstruksi, harus diketahui dengan pasti macam, jenis dan jumlah material yang diperlukan untuk pelaksanaan pembangunan. Pemilihan jenis material yang digunakan harus dilakukan diawal proyek, kemudian dipisahkan berdasarkan jenis material yang memerlukan waktu pengadaan, misalnya material pabrikan seperti rangka kolom baja biasanya tidak dapat dibeli setiap saat, tetapi memerlukan sejumlah waktu untuk kegiatan proses produksi. Hal ini penting untuk membuat jadwal rencana pengadaan material konstruksi.
- d. Pengadaan alat pembangunan, untuk kegiatan yang memerlukan peralatan pendukung pembangunan harus dapat dideteksi secara jelas. Hal ini berkaitan dengan pengadaan peralatan. Jenis kapasitas, kemampuan dan kondisi peralatan harus disesuaikan dengan kegiatannya.
- e. Gambar kerja, selain gambar kerja rencana, pelaksanaan proyek konstruksi memerlukan gambar kerja untuk bagian-bagian tertentu/khusus. Untuk itu perlu dilakukan pendataan bagian-bagian yang memerlukan gambar kerja.

- f. Kontinuitas pelaksanaan pekerjaan, dalam penyusunan rencana kerja, faktor penting yang harus dijamin oleh pengelola proyek adalah kelangsungan dari susunan rencana kegiatan setiap item pekerjaan.

Manfaat dan kegunaan penyusunan rencana kerja antara lain :

- a. Alat koordinasi bagi pemimpin, dengan menggunakan rencana kerja, pimpinan pelaksanaan pembangunan dapat melakukan koordinasi semua kegiatan yang ada dilapangan.
- b. Sebagai pedoman kerja para pelaksana, rencana kerja merupakan pedoman terutama dalam kaitanya dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk setiap item kegiatan.
- c. Sebagai penilaian kemajuan pekerjaan, ketetapan waktu dari setiap item kegiatan dilapangan dapat dipantau dari rencana pelaksanaan dengan realisasi pelaksanaan dilapangan.
- d. Sebagai evaluasi pekerjaan, variasi yang ditimbulkan dari perbandingan rencana dan realisasi dapat digunakan sebagai bahan evaluasi untuk menentukan rencana selanjutnya.

(Ervianto W.I *Manajemen Proyek Konstruksi* Hal.153-154)

2.4.2 Rencana anggaran biaya (RAB)

Perencanaan merupakan bagian terpenting untuk mencapai keberhasilan proyek konstruksi. Pengaruh perencanaan terhadap proyek konstruksi akan berdampak pada pendapatan dalam proyek itu sendiri. Hal ini dikuatkan dengan berbagai kejadian dalam proyek konstruksi yang menyatakan bahwa perencanaan yang baik dapat menghemat $\pm 40\%$ dari biaya proyek, sedangkan perencanaan yang kurang baik dapat menimbulkan kebocoran anggaran sampai $\pm 40\%$.

Kegiatan Rencana Anggaran Biaya (RAB) berupa perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Pada umumnya kegiatan perhitungan RAB terlebih dahulu mempelajari

gambar-gambar rencana dan spesifikasi. Berdasarkan gambar rencana, dapat diketahui kebutuhan material yang nantinya akan digunakan, sedangkan berdasarkan spesifikasi dapat diketahui kualitas bangunannya. Perhitungan kebutuhan material dilakukan secara teliti dan konsisten kemudian ditentukan harganya. Dalam melakukan kegiatan RAB, orang tersebut harus memahami proses konstruksi secara menyeluruh, termasuk jenis dan kebutuhan alat, karena faktor tersebut dapat mempengaruhi biaya konstruksi. Selain faktor-faktor tersebut di atas, terdapat faktor lain yang sedikit banyak ikut memberi kontribusi dalam pembuatan perkiraan biaya, yaitu :

- a. Produktivitas tenaga kerja
- b. Ketersediaan material
- c. Ketersediaan peralatan
- d. Cuaca
- e. Jenis kontrak
- f. Masalah kualitas
- g. Etika
- h. Sistem pengendalian
- i. Kemampuan manajemen

(Ervianto W.I *Manajemen Proyek Konstruksi* Hal.129-130)

2.4.3 Rencana Pelaksanaan

a. *Network Planning*

Network planning (NWP) adalah sebuah jadwal kegiatan pekerjaan dalam bentuk diagram network sehingga dapat diketahui pada area mana pekerjaan yang termasuk kedalam lintasan kritis dan harus diutamakan pelaksanaannya.

Untuk membuat *network planning* ini data – data yang dibutuhkan meliputi :

- 1) jenis pekerjaan yang dibuat detail rincian item pekerjaan
- 2) Durasi waktu masing – masing pekerjaan

- 3) Jumlah total waktu pelaksanaan pekerjaan
- 4) Metode pelaksanaan konstruksi sehingga dapat diketahui urutan pekerjaan.

Net Work Planning juga suatu alat pengendalian pekerjaan dilapangan yang ditandai dengan simbol-simbol tertentu berupa urutan pekerjaan dalam suatu proyek yang berfungsi untuk mengetahui waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan tiap bagian pekerjaan yang akan dilaksanakan sehingga dapat memperlancar pekerjaan.

Adapun kegunaan *Network Planning* adalah sebagai berikut :

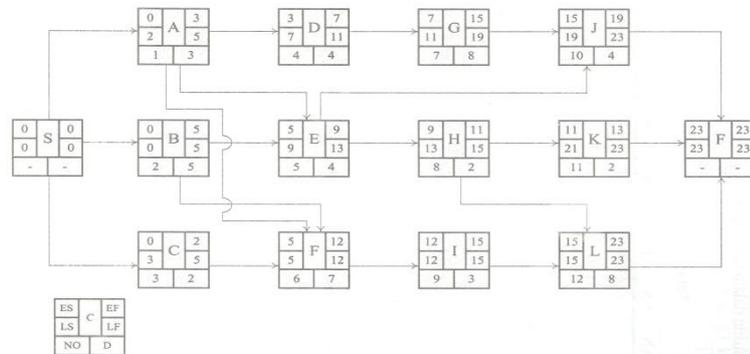
- 1) Mengkoordinasi antar kegiatan
- 2) Mengetahui apakah suatu kegiatan tergantung atau tidak dengan kegiatan lainnya
- 3) Mengetahui pekerjaan apa yang harus lebih dahulu diselesaikan
- 4) Mengetahui berapa hari suatu proyek dapat diselesaikan.

Network Planning memiliki dua tipe, yaitu *Precedence Diagram Method* (PDM) dan *Critical Path Method* (CPM).

- 1) *Precedence Diagram Methode*

Precedence diagram merupakan diagram sederhana sebagai prosedur dasar untuk mengalokasikan elemen-elemen aktivitas dimana memperlihatkan hubungan suatu aktivitas untuk mendahului aktivitas yang lain. *Precedence diagram* berfungsi untuk mempermudah penjelasan dari elemen-elemen aktivitas yang ditempatkan dalam suatu stasiun kerja. Contoh *precedence diagram* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

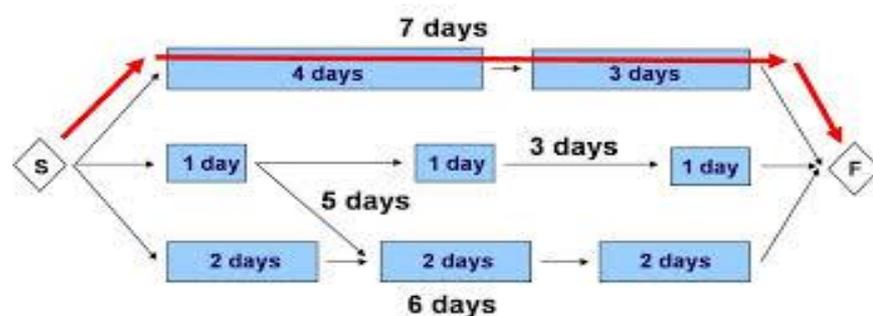
PRECEDENCE DIAGRAM METHOD



Gambar 2.16 Contoh Sederhana PDM

2) Critical Path Method (CPM)

CPM merupakan suatu metode dalam mengidentifikasi jalur atau item pekerjaan kritis. Untuk membuatnya dapat secara manual matematis, CPM lebih jarang digunakan dalam proyek dibandingkan dengan Kurva-S. Pada kenyataannya banyak pelaku proyek (Kontraktor, Pengawas, dan Owner) belum familiar dengan alat yang satu ini kecuali untuk yang sudah memiliki pendidikan, pelatihan dan pengalaman yang memadai. Metode CPM sebenarnya sangat powerful dalam membantu proyek keluar dari masalah keterlambatan. Asal perencanaan awalnya dibuat cukup memadai. Berikut diberikan contoh CPM di proyek :



Gambar 2.17 Contoh Sederhana CPM

b. Barchart

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

- Daftar item kegiatan, berisi tentang seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- Urutan pekerjaan, dari daftar item kegiatan tersebut diatas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian tidak mengeampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan
- Waktu pelaksanaan pekerjaan, jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan kegiatan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.

(*Ervianto W.I Manajemen Proyek Konstruksi Hal.162*)

c. Kurva S

Kurva S buat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dari tahap awal sampai berakhirnya pekerjaan. Bobot pekerjaan merupakan merupakan persentase yang didapatkan dari perbandingan harga pekerjaan dan harga total keseluruhan dari jumlah penawaran. Kurva tersebut dibuat berdasarkan rencana atau pelaksanaan progres pekerjaan dari setiap pekerjaan. Dengan kurva S kita dapat mengetahui progres pada setiap waktu. Progres tersebut dapat berupa rencana dan pelaksanaan. Untuk setiap barchart yang dilengkapi dengan progres dapat dibuat kurva S. Bentuk kurva S biasanya mempunyai kemiringan yang landai pada setiap tahap permulaan dan tahap akhir dari pelaksanaan proyek.