

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Uraian Umum

Dalam merencanakan suatu bangunan ada beberapa hal penting yang harus diperhatikan salah satunya adalah perencanaan konstruksi dan struktur dari suatu bangunan tersebut. Hal ini bertujuan agar bangunan yang dibangun memenuhi syarat kuat, awet, indah, fungsional dan ekonomis.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia edisi keempat, konstruksi adalah susunan (model, tata letak) suatu bangunan (jembatan, rumah dan sebagainya) Sedangkan menurut Ervianto (2005), proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Secara ringkas, konstruksi didefinisikan sebagai objek keseluruhan bangunan yang terdiri dari bagian-bagian struktur. Dengan kata lain, konstruksi berhubungan dengan struktur. Konstruksi berarti teknik atau cara membuat sedangkan struktur adalah benda dari konstruksi itu sendiri.

Dalam buku Perencanaan Struktur Baja edisi kedua (Agus Setiawan, 2008) mengatakan bahwa perencanaan struktur dapat didefinisikan sebagai campuran antara seni dan ilmu pengetahuan yang dikombinasikan dengan intuisi seorang ahli struktur mengenai perilaku struktur dengan dasar-dasar pengetahuan dalam statika, dinamika, mekanika bahan, dan analisis struktur, untuk menghasilkan suatu struktur yang ekonomis dan aman, selama masa layannya.

Dalam buku Konstruksi dan Arsitektur (Burl E. Dishongh, 2003) mengatakan bahwa sebuah struktur harus mampu menahan semua beban yang diberikan pada struktur tersebut secara efisien dan aman. Beban struktural merupakan hasil dari gaya-gaya natural. Bahan-bahan yang umum digunakan dalam konstruksi beton, baja dan kayu dibuat menjadi elemen-elemen struktural seperti balok, kolom, lengkungan, dan rangka batang. Elemen-elemen struktural tersebut harus disusun menjadi bentuk-bentuk

struktural terbaik yang dapat berfungsi sebagai suatu struktur, namun tetap aman menahan semua beban.

2.2 Dasar-Dasar Perencanaan

2.2.1 Perencanaan Konstruksi

Dalam merencanakan suatu bangunan gedung, harus berpedoman dengan peraturan-peraturan yang telah ditetapkan dan berlaku di Indonesia. Peraturan tersebut yang dapat digunakan antara lain:

1. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI-03-2847-2002)

Dalam tata cara ini terdapat ketentuan - ketentuan dalam teknis perencanaan serta pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung sebagai pedoman dalam perencanaan untuk mendapatkan struktur yang aman dan ekonomis.

2. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Bangunan Rumah dan Gedung atau PPPURG 1987

Dalam tata cara ini terdapat pedoman yang digunakan untuk menentukan beban yang diizinkan untuk merencanakan bangunan gedung dan rumah. Pedoman ini memuat ketentuan-ketentuan beban yang harus diperhitungkan dalam bangunan.

2.2.2. Klasifikasi Pembebanan

Suatu struktur gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap pembebanan yang didapat berdasarkan bahan bangunan dan komponen gedung. Adapun jenis pembebanan tersebut antara lain:

1. Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu. (PPPURG 1987)

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan Dan Komponen Gedung

BAHAN BANGUNAN	
Baja	7.850 kg/m ³
Batu Alam	2.600 kg/m ³
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500 kg/m ³
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m ³
Batu pecah	1.450 kg/m ³
Besi tuang	7.250 kg/m ³
Beton ⁽¹⁾	2.200 kg/m ³
Beton Bertulang ⁽²⁾	2.400 kg/m ³
Kayu (Kelas I) ⁽³⁾	1.000 kg/m ³
Kerikil, koral (kering udara sampai lembap, tanpa diayak)	1.650 kg/m ³
Pasangan bata merah	1.700 kg/m ³
Pasangan batu belah, batu belat, batu gunung	2.200 kg/m ³
Pasangan batu cetak	2.200 kg/m ³
Pasangan batu karang	1.450 kg/m ³
Pasir (kering udara sampai lembap)	1.600 kg/m ³
Pasir (jenuh air)	1.800 kg/m ³
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembap)	1.850 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembap)	1.700 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000 kg/m ³
Timah hitam (timbel)	1.400 kg/m ³
KOMPONEN GEDUNG	
Adukan, per cm tebal:	
- Dari semen	21 kg/m ²
- Dari kapur, semen merah dan tras	17 kg/m ²
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral tambahan, per cm tebal	14 kg/m ²
Dinding pasangan bata merah :	
- Satu batu	450 kg/m ²
- Setengah batu	250 kg/m ²
Dinding pasangan batako :	
Berlubang :	
- Tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m ²
- Tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/m ²
Tanpa lubang	
- Tebal dinding 15 cm	300 kg/m ²
- Tebal dinding 10 cm	200 kg/m ²
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku) terdiri dari:	
- Semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m ²
- Kaca, dengan tebal 3-4 mm	10 kg/m ²

Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ²	40 kg/m ²
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,8 m	7 kg/m ²
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50 kg/m ²
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	40 kg/m ²
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	10 kg/m ²
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24 kg/m ²
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m ²

(Sumber : PPPURG 1987)

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya 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 perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. (PPPURG 1987)

Tabel 2.2 Beban Hidup pada Lantai Gedung

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 sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk 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 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 disebut dalam a s/d e, seperti masjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton.	400	Kg/m ²
g.	Panggung penonton 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 yang disebut dalam d, e, f dan g.	500	Kg/m ²
j.	Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam c, d, e, f dan g.	250	Kg/m ²
k.	Lantai untuk : pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri, dengan minimum	400	Kg/m ²
l.	Lantai gedung parkir 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 beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum	300	Kg/m ²
*Catatan : 100 kg/m ² = 0,980665 KN/m ²			

(Sumber : PPPURG 1987)

3. Beban Angin

Beban angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.(PPPURG 1987) Beban angin adalah beban yang bekerja pada suatu struktur, akibat pengaruh struktur yang memblok aliran angin, sehingga energi kinetik angin akan dikonversi menjadi tekanan energi potensial, yang

menyebabkan terjadinya beban angin. Efek beban angin pada suatu struktur bergantung pada berat jenis dan kecepatan udara, sudut luas angin, bentuk dan kekuatan struktur, dan faktor-faktor yang lain.

4. Beban Gempa

Beban gempa ialah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini gaya-gaya di dalam struktur yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu. (PPPURG 1987)

5. Beban Khusus

Beban khusus adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang terjadi akibat selisih suhu, pengangkatan dan pemasangan, penurunan fondasi, susut, gaya-gaya tambahan yang berasal dari beban hidup seperti gaya rem yang berasal dari keran, gaya sentrifugal dan gaya dinamis yang berasal dari mesin-mesin, serta pengaruh-pengaruh khusus lainnya. (PPPURG 1987)

2.3 Metode Perhitungan

2.3.1 Pelat

Struktur pelat pada gedung Puskesmas Dempo Palembang ini terdapat dua jenis yaitu pelat atap dan pelat lantai. Berikut ini adalah pembahasan mengenai pelat :

1. 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.

Beban-beban yang bekerja pada pelat atap, antara lain:

a. Beban Mati (WD)

- Beban sendiri pelat atap beton bertulang yaitu 2400 kg/m^2
- Berat adukan spesi, per cm tebal dari semen yaitu 21 kg/m^2
- Langit-langit dari semen asbes (eternit dan bahan sejenis) dengan tebal maksimum 4 mm yaitu 11 kg/m^2

b. Beban Hidup (WL)

- Beban hidup diambil 100 kg/m^2
- Beban hujan diambil 1000 kg/m^2

2. Pelat Lantai

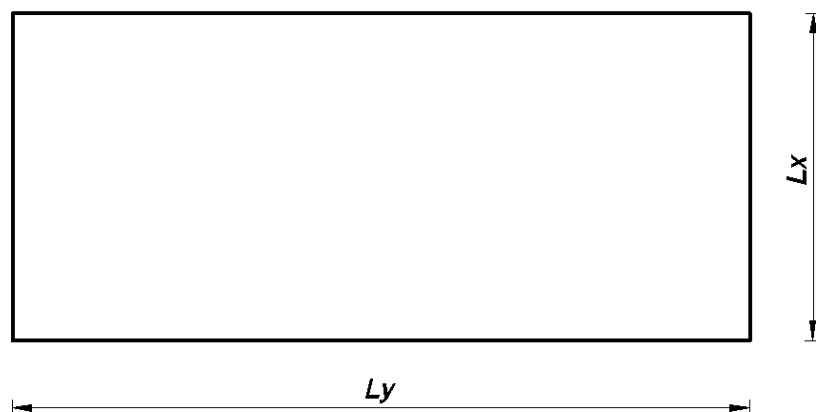
Pelat beton bertulang dalam suatu struktur dipakai pada lantai, pada pelat ruang ditumpu balok pada keempat sisinya terbagi dua berdasarkan geometrinya, yaitu:

a. Pelat Satu Arah (One Way Slab)

Pelat satu arah 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 Pelat Satu Arah, $\frac{L_y}{L_x} \geq 2$

Adapun langkah-langkah dalam perencanaan struktur pelat satu arah adalah sebagai berikut:

1) Menghitung tebal minimum pelat (h minimum)

Tebal pelat terlentur satu arah ditentukan oleh beban atau momen lentur yang bekerja, defleksi yang terjadi dan kebutuhan kuat geser yang dituntut. Untuk mengetahui tebal minimum pelat satu arah dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut ini :

Tabel 2.3 Tebal Minimum Pelat Satu Arah

Tebal Minimum, h				
Komponen Struktur	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			
Pelat masif satu arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau pelat rusuk satu arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8
CATATAN: Panjang bentang dalam mm. Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal ($W_c = 2400 \text{ kg/m}^3$) dan tulangan BJTD 40. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut: (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis di antara 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 $(0,4 + f_y/700)$				

(Sumber : SNI-2847-2002 tabel 8 hal. 63)

2) Menghitung beban mati beban sendiri pelat dan beban hidup pelat serta menghitung beban rencana total (W_U)

$$W_U = 1,2 W_{DL} + 1,6 W_{LL}$$

Keterangan:

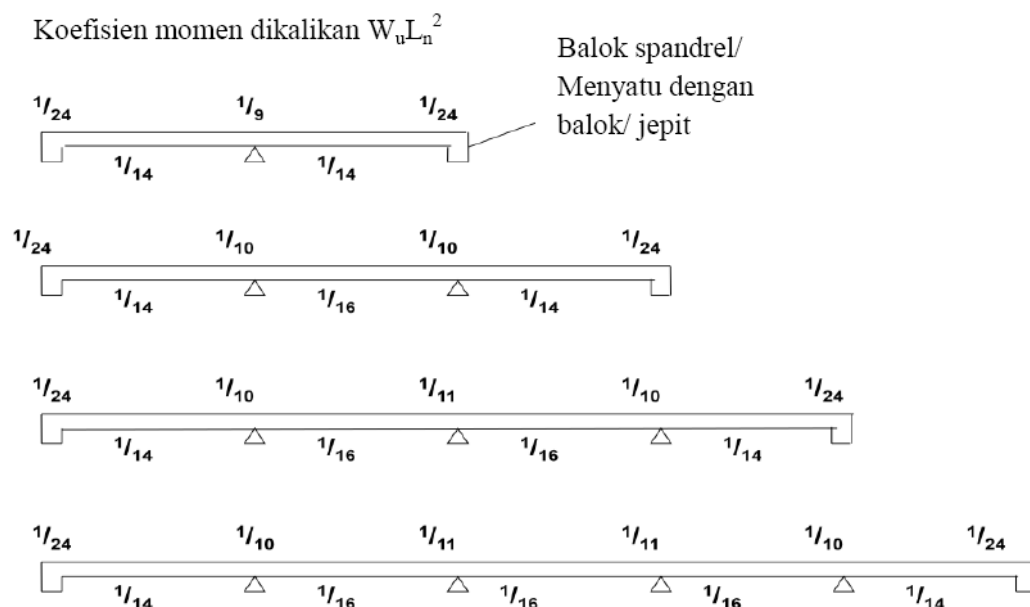
W_{DL} = Jumlah beban mati pelat (KN/m)

W_{LL} = Jumlah beban hidup pelat (KN/m)

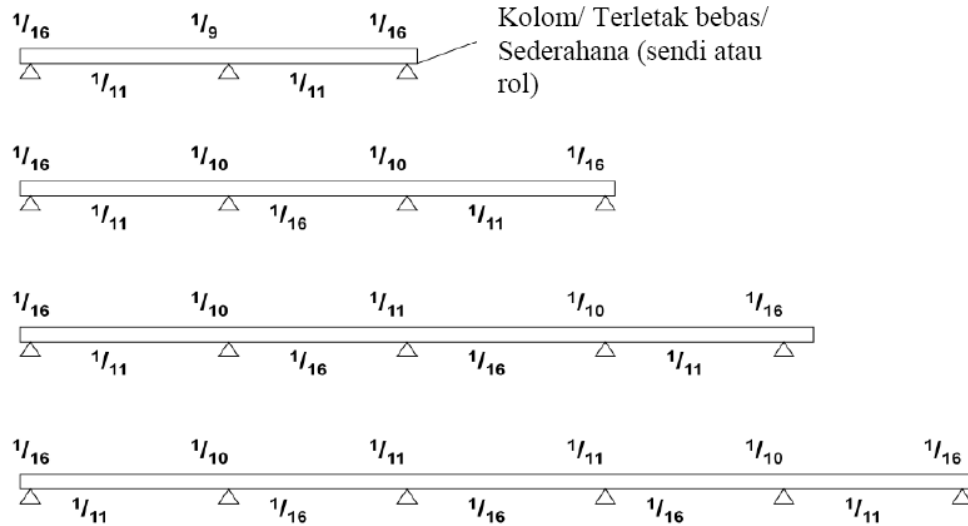
3) Menghitung momen rencana (M_u)

Sebagai alternatif untuk analisis rangka, momen dan geser pendekatan berikut diizinkan untuk perancangan balok dan slab satu arah menerus (slab yang ditulangi untuk menahan tegangan lentur hanya dalam satu arah), asalkan (a) sampai (e) dipenuhi:

- (a) Terdapat dua bentang atau lebih;
- (b) Bentang-bentangnya mendekati sama, dengan bentang yang lebih besar dari dua bentang yang bersebelahan tidak lebih besar dari yang bentang lebih pendek dengan lebih dari 20 persen;
- (c) Beban terdistribusi merata;
- (d) Beban hidup terfaktor, L , tidak melebihi tiga kali beban mati tak terfaktor, D , dan
- (e) Komponen struktur adalah prismatis.



Koefisien momen dikalikan $W_u L_n^2$



(W.C Vis dan Gedeon Kusuma : 1993;75)

4) Memperkirakan tinggi efektif (d_{eff})

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

tebal selimut beton pada tumpuan atap = 40 mm dan

tebal selimut beton pada lapangan atap dan lantai = 20 mm

Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus direncanakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan seperti pada tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4 Tebal Selimut Beton Minimum

Cara Pengecoran	Tebal Selimut Minimum (mm)
(a) Beton yang dicor langsung di atas dan selalu berhubungan dengan tanah	75
(b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca: Batang D-19 hingga D-56.....	50
Batang D-16, kawat polos P16 atau kawat ulir D16 dan yang lebih kecil	40
(c) Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton tidak langsung berhubungan dengan tanah: Pelat, dinding, pelat berusuk: Batang D-44 dan D-56	40
Batang D-36 dan yang lebih kecil	20
Balok, kolom: Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral.....	40
Komponen struktur cangkang, pelat lipat: Batang D-19 dan yang lebih besar	20
Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil	15

(Sumber : SNI 2847-2002 pasal 9.7 hal 41)

5) Menghitung k_{perlu}

$$k = \frac{M_u}{\phi b d_{\text{eff}}^2}$$

Keterangan:

 k = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa) M_u = Momen terfaktor pada penampang (KN/m) b = Lebar penampang (mm) diambil 1 m d_{eff} = Tinggi efektif pelat (mm) ϕ = Faktor kuat rencana

(SNI 03-2847-2002 Pasal 11.3 butir ke-2 hal. 61)

6) Menentukan rasio penulangan (ρ)

Dalam menentukan rasio penulangan (ρ) ditentukan dengan melihat tabel.

7) Menghitung nilai A_s yang diperlukan

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

Keterangan :

A_s = Luas tulangan (mm^2)

ρ = rasio penulangan

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

8) Memilih tulangan baja pokok yang akan dipasang beserta tulangan susut dan suhu dengan menggunakan tabel

Untuk tulangan susut dan suhu dihitung berdasarkan peraturan SNI 03-2847-2002 pasal 9.12 hal 48, yaitu:

1) Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014:

- a) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300..... 0,0020
- b) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 400..... 0,0018
- c) Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35%..... $0,0018 \times 400 / f_y$

2) Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari lima kali tebal pelat, atau 450 mm.

b. Pelat Dua Arah (Two Way Slab)

Pelat dua arah adalah pelat yang bertumpu di gelagar pada keempat sisinya. Dan suatu pelat dikatakan pelat dua arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$, dimana L_y dan L_x adalah panjang dari sisi-sisinya.

Adapun langkah-langkah dalam perencanaan pelat dua arah adalah sebagai berikut :

1) Tebal minimum

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

Tabel 2.5 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan leleh f_y^a (MPa)	Tanpa Penebalan ^b			Dengan Penebalan ^b		
	Panel Luar		Panel Dalam	Panel eksterior		Panel Dalam
	Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir ^c		Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir ^c	
300	Ln/33	Ln/36	Ln/36	Ln/36	Ln/40	Ln/40
400	Ln/30	Ln/33	Ln/33	Ln/33	Ln/36	Ln/36
500	Ln/28	Ln/31	Ln/31	Ln/31	Ln/34	Ln/34
^a Untuk tulangan dengan tegangan leleh di antara 300 MPa dan 400 MPa atau di antara 400 MPa dan 500 MPa, gunakan interpolasi linier. ^b Penebalan panel didefinisikan dalam 15.3(7(1)) dan 15.3(7(2)) ^c Pelat dengan balok di antara kolom-kolomnya di sepanjang tepi luar. Nilai α untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8						

(Sumber : SNI-2847-2002 tabel 10 hal 66)

2) Persyaratan tebal pelat dari balok

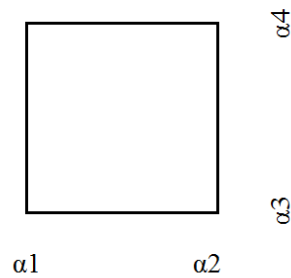
Tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan ayat 11.5.3 butir 2 tidak boleh kurang dari nilai yang didapat dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 5\beta(\alpha m - 0,2)} \dots\dots\dots \text{SNI 03 - 2847 - 2002 hal.66 (11.5-16)}$$

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots \text{SNI 03 - 2847 - 2002 hal.66 (11.5-17)}$$

3) Mencari αm dari masing-masing panel

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



Untuk $\alpha m < 2,0$ tebal minimum adalah 120 mm

Untuk $\alpha m \geq 2,0$ tebal minimum adalah 90 mm.

$$\alpha 1 = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}}$$

$$\alpha m = \frac{\alpha 1 + \alpha 2 + \alpha 3 + \alpha 4}{n}$$

(SNI 03 –2847– 2002 hal.65 & 66)

4) Menghitung beban yang bekerja

$$W_U = 1,2 W_{DL} + 1,6 W_{LL}$$

Keterangan:

W_{DL} = Jumlah beban mati pelat (KN/m)

W_{LL} = Jumlah beban hidup pelat (KN/m)

5) Menghitung Momen Rencana (M_u)

Dalam perhitungan perencanaan momen rencana (M_u) dapat dianalisa melalui “metode amplop”

$$M_x = 0,001 W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

$$M_y = 0,001 W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

$$M_{tix} = \frac{1}{2} m_l x$$

$$M_{tiy} = \frac{1}{2} m_l y$$

(Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang hal.26)

Keterangan:

Momen yang bekerja pada jalur selebar 1 meter, masing-masing pada arah x dan y.

- M_{lx} adalah momen lapangan maksimum per meter lebar di arah x
- M_{ly} adalah momen lapangan maksimum per meter lebar di arah y
- M_{tx} adalah momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah x
- M_{ty} adalah momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah y
- M_{tix} adalah momen jepit tak terduga (insidental) per meter lebar di arah x
- M_{tiy} adalah momen jepit tak terduga (insidental) per meter lebar di arah y

6) Menentukan tinggi efektif

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

$dy = h - \text{tebal selimut beton} - \varnothing \text{ tulangan pokok arah x} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan arah y}$

7) Menentukan K_{perlu}

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

Keterangan:

k = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

M_u = Momen terfaktor pada penampang (KN/m)

b = Lebar penampang (mm) diambil 1 m

d_{eff} = Tinggi efektif pelat (mm)

$\varnothing$ = Faktor kuat rencana

(SNI 03-2847-2002 Pasal 11.3 butir ke-2 hal. 61)

8) Menentukan rasio penulangan (ρ)

Dalam menentukan rasio penulangan (ρ) ditentukan dengan melihat tabel.

9) Menghitung luas tulangan (A_s) yang diperlukan

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

Keterangan:

A_s = Luas tulangan (mm^2)

ρ = rasio penulangan

d_{eff} = Tinggi efektif (mm)

2.3.2 Tangga

Tangga merupakan salah satu bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat penghubung lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan bertingkat dalam kegiatan tertentu.

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

1. Penempatan tangga diusahakan sehemat mungkin menggunakan ruangan.
2. Ditempatkan sedemikian rupa sehingga mudah ditemukan oleh banyak orang (bagi yang memerlukannya) dan mendapat sinar pada waktu siang hari.
3. Diusahakan penempatannya tidak mengganggu/menghalangi lalu lintas orang banyak.
4. Bila menggunakan bahan kayu hendaknya memakai kelas I atau II, agar nantinya tidak terjadi pelenturan/goyang.
5. Kokoh dan stabil bila dilalui oleh sejumlah orang + barangnya.
6. Bentuk konstruksi tangga diusahakan sederhana, layak, sehingga mudah dan cepat dikerjakan serta murah biayanya.

Selain itu, ada pula syarat-syarat khusus konstruksi tangga adalah sebagai berikut:

1. Untuk bangunan rumah tinggal
 - a. Antrede = 25 cm (minimum)
 - b. Optrede = 20 cm (maksimum)
2. Untuk perkantoran dan lain-lain
 - a. Antrede = 25 cm (minimum)
 - b. Optrede = 17 cm (maksimum)

3. Lebar tangga

Untuk lebar tangga, ketentuannya dapat dilihat pada tabel 2.6 berikut ini :

Tabel 2.6 Daftar Ukuran Lebar Tangga Ideal

No	Digunakan Untuk	Lebar Efektif (cm)	Lebar Total
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

4. Syarat langkah

$$2 \text{ optrede} + 1 \text{ antrede} = 57 - 65 \text{ cm}$$

5. Sudut kemiringan

$$\text{Maksimum} = 45^\circ$$

$$\text{Minimum} = 25^\circ$$

Berikut ini adalah prosedur dalam perencanaan konstruksi tangga, yaitu:

1) Menganalisa kelayakan tangga

- Menentukan ukuran optrede, jumlah optrede dan jumlah antrede
- Menentukan ukuran antrede berdasarkan syarat langkah normal
- Menghitung sudut kemiringan tangga

$$\text{Sudut kemiringan} = \text{tg} (\text{tinggi tangga} : \text{panjang tangga})$$
- Menentukan lebar tangga dan panjang bordes
- Menghitung panjang miring tangga
- Menentukan tebal pelat bordes
- Menentukan tebal pelat tangga dan anak tangga

2) Menghitung pembebanan pada tangga dan bordes

- Beban mati (WD)
 - Berat sendiri

- Berat spesi dan ubin
 - Berat sandaran
 - b) Beban hidup (WL) pada tangga yaitu 300 Kg/m^2
 - c) Beban terfaktor (WU)
- 3) Menganalisa struktur dengan menghitung momen inersia, faktor kekakuan, faktor distribusi dan momen primer
- 4) Menghitung perataan momen, momen design, freebody, uraian gaya dan diagram bidang gaya dalam (N,D,M)
- 5) Menghitung tulangan pelat tangga dan pelat bordes
- a) Menentukan tinggi efektif (d_{eff})

$$d_{\text{eff}} = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan pokok}$$
 - b) Menentukan rasio penulangan
 - c) Menghitung A_s yang diperlukan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{\text{eff}}$$
 - b) Memilih tulangan pokok yang akan dipasang
 - Penentuan tulangan yang diperlukan
 - Menentukan jarak tulangan
- 6) Menghitung tulangan balok bordes
- a) Menentukan tinggi efektif (d_{eff})

$$d_{\text{eff}} = h - \text{tebal selimut beton} - \varnothing \text{sengkang} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan pokok}$$
 - b) Menghitung pembebanan pada balok bordes
 - Beban Mati (WD) yaitu berat balok, berat dinding, berat plesteran, sumbangan pelat bordes
 - Beban Hidup (WL) pada bordes yaitu 300 Kg/m^2
 - Beban Terfaktor (WU)
 - c) Menentukan M_u tumpuan dan lapangan

$$M_u \text{ tumpuan} = \frac{1}{12} \times W_u \times L^2$$

$$M_u \text{ lapangan} = 1/24 \times W_u \times L^2$$

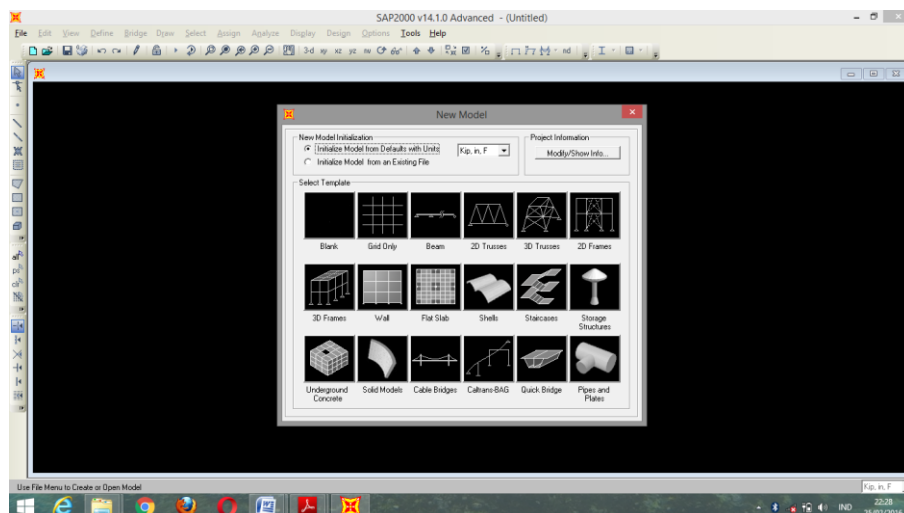
- d) Menentukan rasio penulangan
- e) Menghitung A_s yang diperlukan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{eff}$$
- f) Memilih tulangan pokok yang akan dipasang
 - Penentuan tulangan yang diperlukan
 - Menentukan jarak tulangan
- g) Menghitung tulangan geser balok bordes

2.3.3 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. 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 komputer yaitu menggunakan program SAP2000 V.14. Langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode SAP2000 V.14 yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

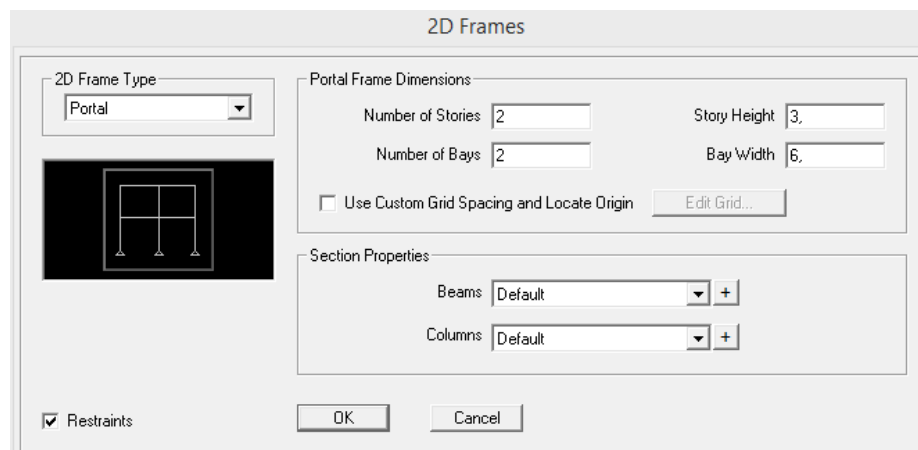
1. Buka aplikasi SAP 2000 V.14



Gambar 2.2 Tampak Program SAP2000 V.14

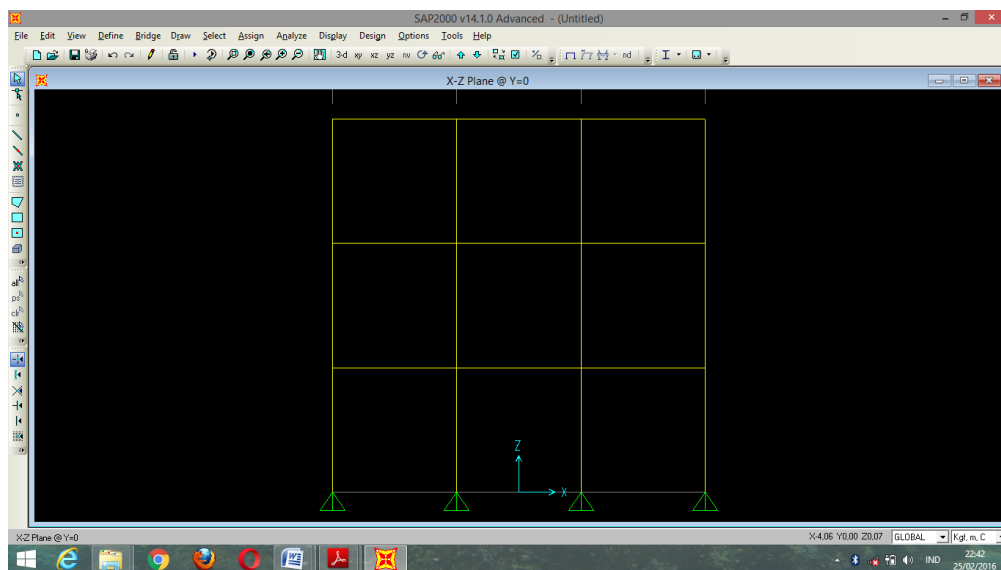
Maka akan muncul tampilan seperti di atas, selanjutnya pilih model portal 2D

2. Menggambar struktur rangka menggunakan model *2D Frames*, tetapkan satuan menjadi *Kg,m,C*. Pilih *type* portal isikan dimensi seperti gambar berikut:



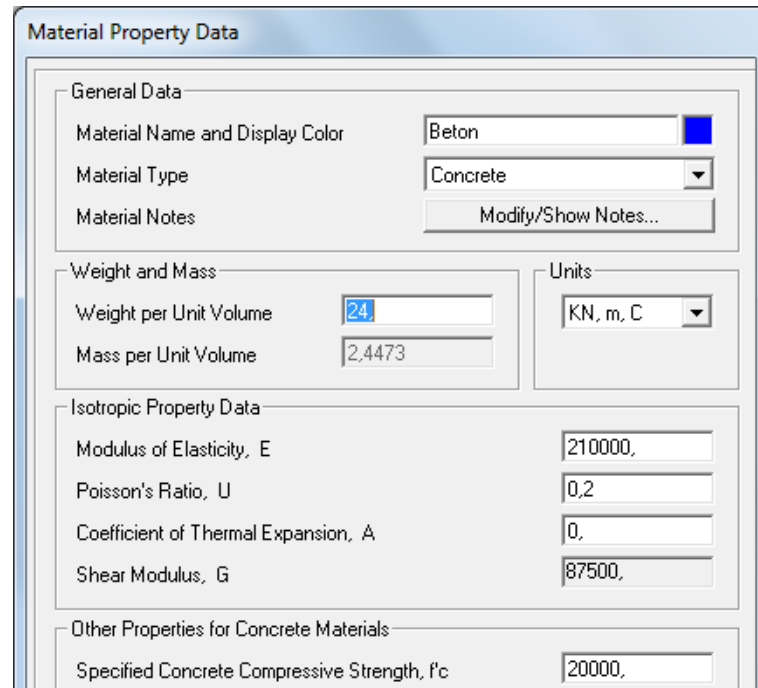
Gambar 2.3 Tampak model portal 2D

3. Maka akan muncul seperti pada gambar, selanjutnya masuk ke tahap pembebanan.



Gambar 2.4 Bentuk Portal 2D

4. Menentukan Material dan Penampang Isikan data material dengan cara Pilih menu *Define/Materials* kemudian klik *Add New Material* maka akan muncul seperti dibawah ini.

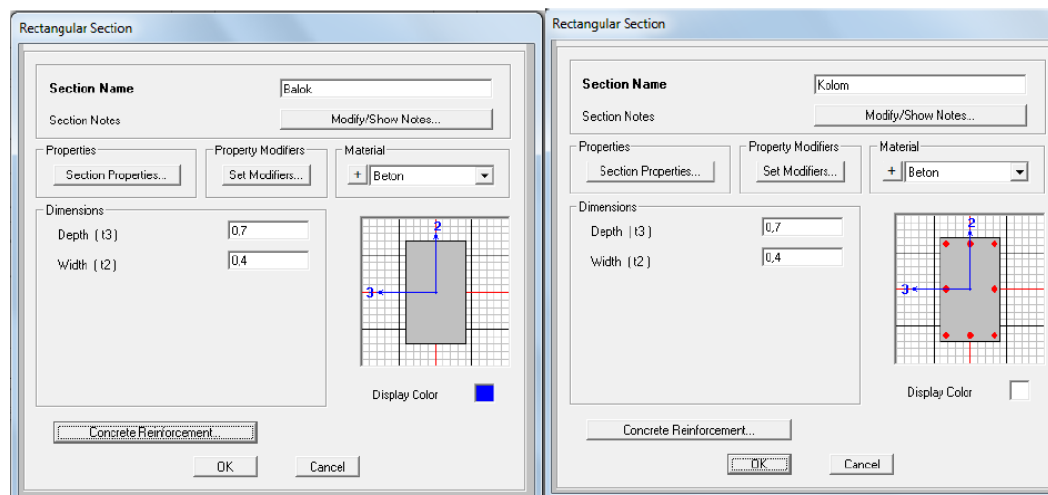


The **Material Property Data** dialog box is shown with the following settings:

- General Data:**
 - Material Name and Display Color: Beton (with a blue color swatch)
 - Material Type: Concrete (dropdown menu)
 - Material Notes: (empty text area)
 - Modify/Show Notes... (button)
- Weight and Mass:**
 - Weight per Unit Volume: 24
 - Mass per Unit Volume: 2,4473
- Units:** KN, m, C (dropdown menu)
- Isotropic Property Data:**
 - Modulus of Elasticity, E: 210000
 - Poisson's Ratio, U: 0,2
 - Coefficient of Thermal Expansion, A: 0,
 - Shear Modulus, G: 87500,
- Other Properties for Concrete Materials:**
 - Specified Concrete Compressive Strength, f'c: 20000,

Gambar 2.5 *Material Property Data*

Lalu isikan data penampang balok dan kolom seperti dibawah ini.

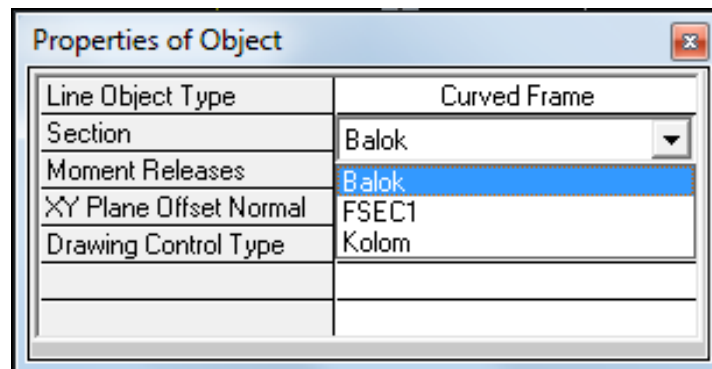


Two **Rectangular Section** dialog boxes are shown side-by-side:

- Left Dialog (Balok):**
 - Section Name: Balok
 - Section Notes: (empty text area)
 - Modify/Show Notes... (button)
 - Properties: Section Properties... (button)
 - Property Modifiers: Set Modifiers... (button)
 - Material: + Beton (dropdown menu)
 - Dimensions:
 - Depth (t3): 0,7
 - Width (t2): 0,4
 - Display Color: (checked, blue swatch)
 - Concrete Reinforcement... (button)
 - OK (button) and Cancel (button)
- Right Dialog (Kolom):**
 - Section Name: Kolom
 - Section Notes: (empty text area)
 - Modify/Show Notes... (button)
 - Properties: Section Properties... (button)
 - Property Modifiers: Set Modifiers... (button)
 - Material: + Beton (dropdown menu)
 - Dimensions:
 - Depth (t3): 0,7
 - Width (t2): 0,4
 - Display Color: (unchecked, empty swatch)
 - Concrete Reinforcement... (button)
 - OK (button) and Cancel (button)

Gambar 2.6 *Dialog box Rectangular section*

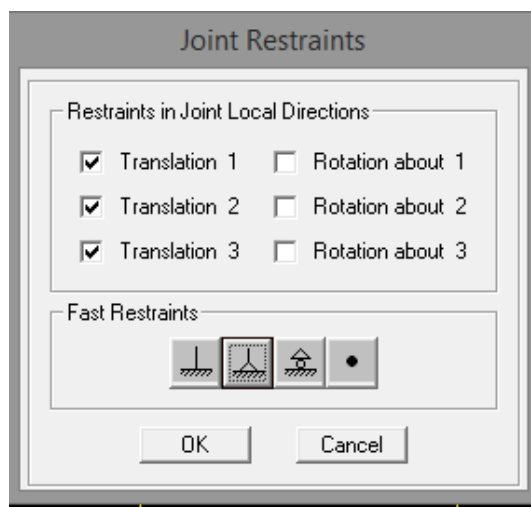
5. Menggambar elemen kolom dan balok, gunakan masing-masing section untuk menggambar kolom dan balok.



Gambar 2.7 Dialog Box Properties of Object

6. Menentukan Jenis Perletakan

Pilih titik perletakan, kemudian gunakan menu *Assign/Joint/Restraint*, akan muncul *dialog box* seperti pada gambar dan pilih jenis perletakan kemudian klik OK



Gambar 2.8 Dialog Box Joint Restraints

7. Menentukan beban terbagi rata pada balok

Dengan menggunakan pointer pilih elemen balok pada portal, pilih menu *Assign/Frame/Cable/Tendon Loads* akan tampil pada gambar di bawah ini :

Frame Distributed Loads

Load Pattern Name: Units:

Load Type and Direction: ☒ Forces ☐ Moments
 Coord Sys:
 Direction:

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

Trapezoidal Loads:

	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	0.25	0.75	1.
Load	0.	0.	0.	0.

☒ Relative Distance from End-I ☐ Absolute Distance from End-I

Uniform Load:

Gambar 2.9 *Dialog Box Frame Distributed Load*

8. Menentukan beban terpusat pada *Joint*.

Dengan menggunakan pointer pilih elemen, pilih menu *Assign/ Joint Load / Forces* akan tampil pada gambar di bawah ini :

Joint Forces

Load Pattern Name: Units:

Coordinate System:

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

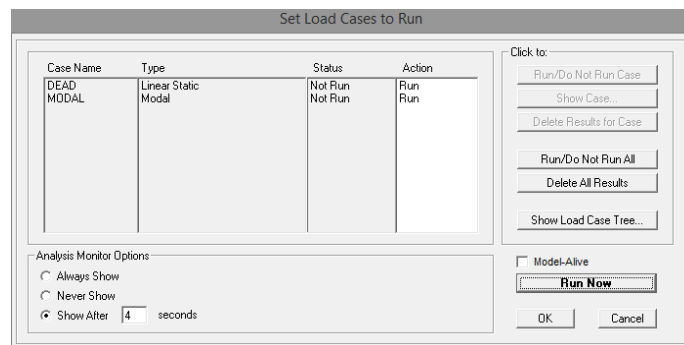
Loads:

Force Global X	2000
Force Global Y	0.
Force Global Z	0.
Moment about Global X	0.
Moment about Global Y	0.
Moment about Global Z	0.

Gambar 2.10 *Dialog Box Frame Joint Forces*

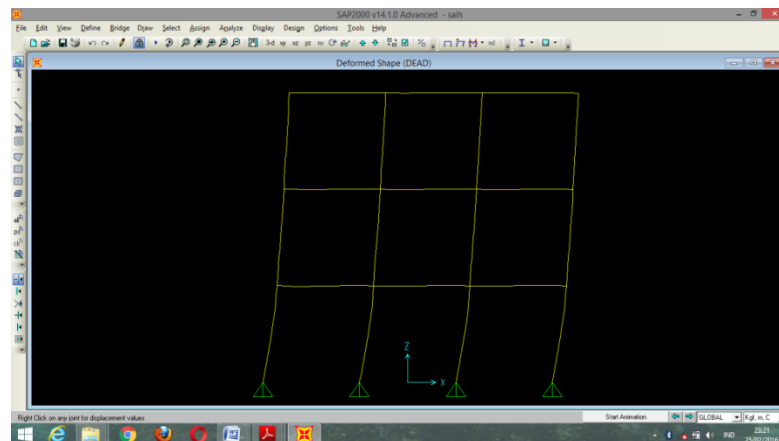
9. Analisis Model

Pilih menu *Analyze / Run Analysis* , maka akan ditampilkan seperti gambar di bawah ini:



Gambar 2.11 Dialog Box Set Analysis Case to Run

10. Akan terlihat bentuk deformasi dari portal tersebut



Gambar 2.12 Deformasi Portal

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.

Prosedur perhitungan perencanaan balok, yaitu:

1. Gaya lintang design balok maksimum

$$U = 1,2 D + 1,6 L \dots\dots\dots \text{(Dipohusodo, hal. 40)}$$

Keterangan :

U = gaya geser terfaktor pada penampang

D = beban mati terfaktor per unit luas

L = beban hidup terfaktor per unit luas

2. Momen design balok maksimum

$$Mu = 1,2 \text{ MDL} + 1,6 \text{ MLL} \dots\dots\dots (\text{Dipohusodo, hal. 40})$$

Keterangan :

Mu = momen terfaktor pada penampang

MDL = momen akibat beban mati

MLL = momen akibat beban hidup

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Penulangan lentur lapangan

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

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

$$As = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (\text{Gideon hal.54})$$

Pilih tulangan dengan dasar $As \text{ terpasang} \geq As \text{ direncanakan}$

b. Penulangan lentur pada tumpuan

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

$$As = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (\text{Gideon hal.54})$$

Pilih tulangan dengan dasar $As \text{ terpasang} \geq As \text{ direncanakan}$

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

4. Tulangan geser rencana

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

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

$V_u \leq \emptyset V_c$ (tidak perlu tulangan geser)(Dipohusodo, hal.113)

$V_u \leq \emptyset V_n$

$$V_{sperlu} = \frac{V_u}{\phi} - V_c \dots\dots\dots(\text{Dipohusodo, hal.116})$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_u \leq \phi V_c + \phi V_s \dots\dots\dots(\text{Dipohusodo, hal. 114})$$

$$S_{perlu} = \frac{A_v f_y d}{v_s} \dots\dots\dots(\text{SNI-2847-2002 Pasal$$

13.5 hal.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

2.3.5 Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (collapse) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (total collapse) seluruh struktur (Sudarmoko, 1996).

Adapun langkah-langkah dalam menganalisis kolom, antara lain:

1. 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.

2. Beban design kolom maksimum

$$U = 1,2D + 1,6L \dots\dots\dots(\text{Dipohusodo hal. 40})$$

Keterangan :

U = beban terfaktor pada penampang

D = kuat beban aksial akibat beban mati

L = kuat beban aksial akibat beban hidup

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

$$Mu = 1,2 MDL + 1,6 MLL \dots\dots\dots(\text{Dipohusodo, hal. 40})$$

Keterangan :

Mu = momen terfaktor pada penampang

MDL = momen akibat beban mati

MLL = momen akibat beban hidup

4. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi.

$$\beta.d = \frac{1,2.D}{(1,2.D + 1,6L)} \dots\dots\dots(\text{Gideon hal.186})$$

Keterangan :

β = rasio bentang bersih arah memanjang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

5. Modulus Elastisitas

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

$f'c$ = kuat tekan beton

6. Nilai kekakuan kolom dan balok

$$I_k = 1/12 b h^3$$

$$I_b = 1/12 b h^3$$

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

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

(Gideon hal.186)

7. Nilai eksentrisitas

$$e = \frac{M_U}{P_U} \dots\dots\dots (\text{Dipohusodo, hal.302})$$

Keterangan :

e = eksentrisitas

Mu = momen terfaktor pada penampang

Pu = beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan

8. Menentukan Ψ_a dan Ψ_b

$$\phi = \frac{\left(\frac{E.I_K}{I.I_K} \right)}{\left(\frac{E.I_b}{E.I_b} \right)} \dots\dots\dots (\text{Gideon hal.188})$$

9. Angka kelangsingan kolom

Kolom langsing dengan ketentuan :

$$\text{Rangka tanpa pengaku lateral} = \frac{Klu}{r} < 22$$

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

(Dipohusodo, hal.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

- 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
- 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

10. Perbesaran Momen

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

$$Pc = \frac{\pi^2 Elk}{(klu)^2}$$

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

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

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

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

(Dipohusodo, hal.335 dan 336)

Keterangan :

Mc = momen rencana yang diperbesar

δ = faktor pembesaran momen

Pu = beban rencana aksial terfaktor

Pc = beban tekuk Euler

11. Design Penulangan

Hitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 2% luas kolom.

$$\rho = \rho' = \frac{As}{bxd} \rightarrow As = As'$$

12. Tentukan tulangan yang dipakai

$$\rho = \rho' = \frac{As_{pakai}}{bxd}$$

13. Memeriksa P_u terhadap beban seimbang

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

$$a_b = \beta_1 \times Cb$$

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

$$\epsilon_s = \frac{f_y}{E_s}$$

$$\epsilon_s' < \epsilon_y$$

$$f_s' = \epsilon_s' \times E_s$$

$$\phi P_n = \phi (0,85 \times f_c' \times a_b \times b + A_s' \times f_s' - A_s \times f_y)$$

(Dipohusodo hal. 324)

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

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

14. Memeriksa kekuatan penampang

Akibat keruntuhan tarik

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

Akibat keruntuhan tekan

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

(Dipohusodo hal.320 dan 323)

Keterangan :

ρ = rasio penulangan tarik non-prategang

ρ' = rasio penulangan tekan non-prategang

A_s = luas tulangan tarik non-prategang yang dipakai

- A_s' = 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
 f_c' = mutu beton
 f_y = mutu baja

15. Perencanaan Sengkang

Jarak spasi sengkang ditentukan dengan nilai terkecil dari:

1. $16 \times \emptyset$ tulangan pokok
2. $48 \times \emptyset$ sengkang
3. Dimensi lebar kolom terkecil

2.3.6 Sloof

Sloof adalah struktur bangunan yang terletak di atas pondasi bangunan. Sloof berfungsi mendistribusikan beban dari bangunan atas ke pondasi, sehingga beban yang tersalurkan setiap titik di pondasi tersebar merata. Selain itu sloof juga berfungsi sebagai pengunci dinding dan kolom agar tidak roboh apabila terjadi pergerakan tanah.

Adapun perhitungan dalam perencanaan sloof adalah sebagai berikut:

1. Tentukan dimensi sloof
2. Tentukan pembebanan pada sloof
 - Berat sendiri sloof (otomatis terhitung di program SAP 2002)
 - Berat dinding dan plesteran

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

$$U = 1,4 D$$

Keterangan :

U = beban terfaktor per unit panjang bentang balok

D = beban mati

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

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

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

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (\text{Gideon hal. 54})$$

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

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

Apabila $MR < Mu$ balok akan berperilaku sebagai balok T murni

4. Tulangan geser rencana

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

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

$V \leq \emptyset V_c$ (tidak diperlukan tulangan geser)..... (Dipohusodo, hal.113)

$V_u \leq \emptyset V_n$

$V_n = V_c + V_s$

$V_u \leq \emptyset V_c + \emptyset V_s$ (Dipohusodo, hal. 114)

$$S_{perlu} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \dots\dots\dots (\text{Dipohusodo, hal.122})$$

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

2.3.7 Pondasi

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

1. Jenis-jenis Pondasi

a. Pondasi Dangkal (*Shallow Footing*)

Bila letak lapisan tanah keras dekat dengan permukaan tanah, maka dasar pondasi dapat langsung diletakkan diatas lapisan tanah keras tersebut, pondasi seperti ini disebut dengan pondasi dangkal. Pondasi Dangkal mempunyai beberapa jenis, yaitu :

1) Pondasi Tapak Tunggal

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

2) Pondasi Tapak Menerus

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

3) Pondasi Tapak Gabungan

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

b. Pondasi Dalam (*Deep Footing*)

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

a. Pondasi tiang pancang

Pondasi tiang pancang dipergunakan pada tanah-tanah lembek, tanah berawa, dengan kondisi daya dukung tanah (σ tanah) kecil,

kondisi air tanah tinggi dan tanah keras pada posisi sangat dalam. Pondasi tiang pancang sendiri mempunyai beberapa jenis :

a) Pondasi Tiang Pancang Kayu

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

b) Pondasi Tiang Pancang Beton

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

1. Melakukan test “*boring*” untuk menentukan kedalaman tanah keras dan klasifikasi panjang tiang pancang, sesuai pembebanan yang telah diperhitungkan.
2. Melakukan pengeboran tanah dengan mesin pengeboran tiang pancang.
3. Melakukan pemancangan pondasi dengan mesin pondasi tiang pancang

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan jenis pondasi adalah sebagai berikut:

- 1) Keadaan tanah pondasi
- 2) Jenis konstruksi bangunan
- 3) Kondisi bangunan disekitar pondasi
- 4) Waktu dan biaya pengerjaan

Secara umum dalam perencanaan pondasi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a) Tegangan kontak pada tanah tak melebihi daya dukung tanah yang diizinkan.
- b) *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) dan pondasi *strouspile*.
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 *borpile*.
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 atau pondasi *borpile*.

Berdasarkan data hasil tes tanah pada lokasi pembangunan bangunan gedung Puskesmas Dempo Palembang yang dijadikan sebagai materi dalam laporan akhir ini, maka jenis pondasi yang dipilih adalah pondasi dangkal dengan jenis pondasi tapak menerus

Adapun prosedur perencanaan pondasi tapak adalah sebagai berikut:

1. Hitung pembebanan
2. Hitung momen design pondasi

$$M = M_D + M_L$$

3. Tentukan tegangan ijin tanah

$$q_a = 5 + 0,34 q_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots \text{Schmertmann (1978)}$$

dimana q_c dalam satuan kg/cm^2

4. Cari dimensi tapak dengan menggunakan beban kerja

$$\frac{P}{B \times B} \pm \frac{6 \cdot ex}{B} \leq q_{ijin}$$

5. Kontrol kekuatan geser

Untuk aksi dua arah

$$V_u = \sigma_u \text{ netto rata - rata } (B \times B - (a + d)^2)$$

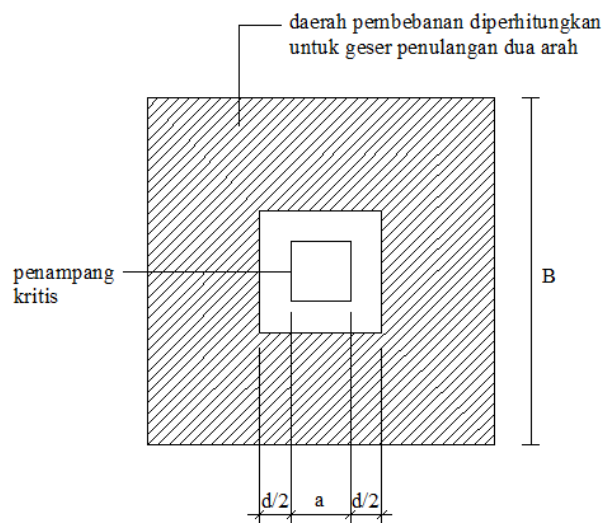
$$V_c = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c' \cdot b_o \cdot d}}{6}$$

$$V_c = \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f_c' \cdot b \cdot d}}{12}$$

Dengan α_s adalah 40 untuk kolom dalam, 30 untuk kolom tepi, 20 untuk kolom sudut.

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

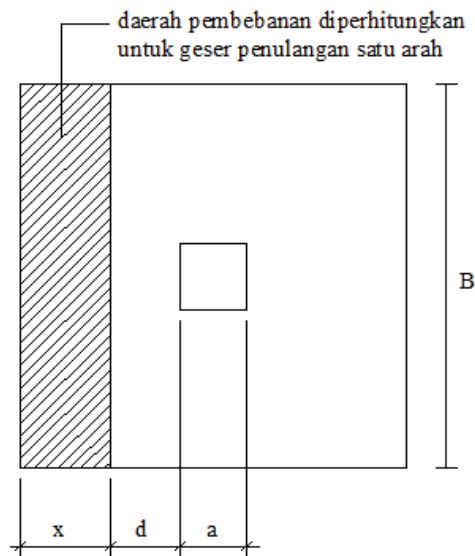
Dari ketiga persamaan V_c diatas, diambil nilai yang terkecil.



Untuk aksi satu arah

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \right) \frac{\sqrt{f_c' \cdot b_o \cdot d}}{6}$$

$$V_c = \left(\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f_c' \cdot b \cdot d}}{12}$$



6. Hitung penulangan dengan menggunakan beban ultimate

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

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

$$q_{12} = \frac{P_u}{A} \pm \frac{M_x}{W_y} \pm \frac{M_y}{W_x}$$

7. Pilih tulangan dengan dasar $A_s \text{ terpasang} \geq A_s \text{ yang direncanakan}$

Perhitungan tulangan pasak

Kekuatan tekan rencana dalam kolom

$$\phi P_n = \phi \times 0,85 \times f_c' \times A_g > \phi P_n = \frac{P_u}{AK} + \frac{P_u \cdot e}{\frac{1}{6} \times AK^2}$$

$$A_{smin} = 0,005 \cdot A_g \text{ (Luas Kolom Pondasi)}$$

$$n = \frac{A_s}{\frac{\pi}{4} \times D^2}$$

Kontrol panjang penyaluran pasak

Tulangan pasak harus disalurkan diatas dan dibawah pertemuan dari kolom dan telapak

Panjang penyaluran (L_d) yang harus disyaratkan untuk memikul gaya:

$$L_{db} = 0,25 \cdot f_y \cdot \frac{d_b}{\sqrt{f_{c'}}} \geq 0,004 \cdot f_y \cdot d_b$$

Panjang penjangkaran dibawah pertemuan kolom dengan pondasi L1 yang tersedia adalah:

$$L1 = h - p - (2 \cdot \emptyset \text{ pondasi}) - \emptyset \text{ pasak}$$

$$L1 > Ld \rightarrow \text{OK}$$

Jika nilai ini tidak memenuhi, bisa diatasi dengan mempertebal telapak.

2.4 Manajemen Proyek

Dalam buku Manajemen Proyek Konstruksi (Wulfram I Ervianto, 2005) mengatakan bahwa manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu.

Fungsi dasar manajemen dikelompokkan menjadi 3 kelompok kegiatan, yaitu:

1. Kegiatan Perencanaan

a. Penetapan Tujuan (*goal setting*)

Penetapan tujuan merupakan tahap awal yang harus dilakukan terlebih dahulu. Tujuan utama yang ditetapkan harus spesifik, realistis, terukur, dan mempunyai durasi pencapaian.

b. Perencanaan (*planning*)

Perencanaan dapat didefinisikan sebagai peramalan masa yang akan datang dan perumusan kegiatan-kegiatan yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan yang ditetapkan berdasarkan peramalan tersebut. Bentuk perencanaan dapat berupa perencanaan prosedur, perencanaan metode kerja, perencanaan standar pengukuran hasil, perencanaan anggaran biaya, perencanaan program (rencana kegiatan beserta jadwal)

c. Pengorganisasian (*organizing*)

Kegiatan ini bertujuan melakukan pengaturan dan pengelompokan kegiatan proyek konstruksi agar kinerja yang dihasilkan sesuai dengan harapan. Tahap ini menjadi sangat penting karena ketidaktepatan pengaturan dan pengelompokan kegiatan yang terjadi akan berakibat langsung terhadap tujuan proyek.

2. Kegiatan Pelaksanaan

a. Pengisian Staf (*staffing*)

Pengisian staf adalah pengarahan, penempatan, pelatihan, pengembangan tenaga kerja dengan tujuan menghasilkan kondisi tepat personal (*right people*), tepat posisi (*right position*) dan tepat waktu (*right time*)

b. Pengarahan (*directing*)

Pengarahan dapat didefinisikan sebagai kegiatan mobilisasi sumber daya yang dimiliki agar dapat bergerak sebagai kesatuan sesuai rencana yang telah dibuat. Termasuk di dalamnya adalah memberikan motivasi dan melaksanakan koordinasi terhadap seluruh staf.

3. Kegiatan Pengendalian

a. Pengawasan (*supervising*)

Pengawasan dapat didefinisikan sebagai interaksi langsung antara individu-individu dalam organisasi untuk mencapai kinerja dalam tujuan organisasi.

b. Pengendalian (*controlling*)

Pengendalian adalah proses penetapan atas apa yang telah dicapai, evaluasi kinerja dan langkah perbaikan bila diperlukan.

c. Koordinasi (*coordinating*)

Pemantauan prestasi kegiatan dari pengendalian akan digunakan sebagai bahan untuk melakukan langkah perbaikan, baik proyek dalam keadaan terlambat atau lebih cepat. Semua permasalahan dalam

proyek harus diselesaikan bersama antara pihak-pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi sehingga diperlukan agenda acara yang mempertemukan semua unsur. Kegiatan ini dinamakan langkah koordinasi

(Wulfram I. Ervianto, Hal 1-5)

2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat-Syarat

Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) adalah segala ketentuan dan informasi yang berisikan nama proyek berikut penjelasannya berupa jenis, besar dan lokasinya, tata cara pelaksanaan, syarat-syarat pekerjaan, syarat mutu pekerjaan, dan keterangan-keterangan lain yang hanya dapat dijelaskan dalam bentuk tulisan. RKS biasanya diberikan bersamaan dengan gambar yang semuanya menjelaskan mengenai proyek yang akan dilaksanakan. RKS sekurang-kurangnya memuat

1) Syarat – Syarat Umum

Syarat-syarat umum tersebut meliputi :

- a. Keterangan pemberi tugas
- b. Keterangan mengenai perencanaan
- c. Syarat-syarat peserta lelang
- d. Bentuk surat penawaran dan cara penyimpanan

2) Syarat – Syarat Administrasi

Syarat-syarat administrasi tersebut meliputi:

- 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 – Syarat Teknis

Syarat – syarat teknis tersebut meliputi:

- 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 sebagainya.

2.4.2 Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda di masing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja

2.4.3 Rencana Pelaksanaan

a. NWP (*Network Planning*)

Network Planning adalah salah satu model yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek yang produknya adalah informasi mengenai kegiatan-kegiatan yang ada dalam network diagram proyek yang bersangkutan. (Tubagus Haedar Ali, 1995).

Network Planning pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (variabel) yang digambarkan/divisualisasikan dalam diagram network. (Sofwan Badri, 1997)

Secara umum kegunaan *network planning* adalah untuk mengelola kegiatan. Berikut ini poin-poin detail kegunaan *network planning*:

1. Mengkoordinasikan berbagai pekerjaan
2. Mengetahui apakah suatu pekerjaan bebas atau bersamaan dengan pekerjaan lainnya.
3. Mengetahui logika proses yang berlangsung dan hasil proses itu sendiri.

Langkah-langkah yang penting diperhatikan pada pembuatan *Network Planning*, yaitu :

1. Tentukan jenis-jenis kegiatan yang ada
2. Urutkan jenis-jenis kegiatan tersebut
3. Kaitkan jenis kegiatan yang mempunyai kaitan atau hubungan
4. Tentukan lamanya waktu penyelesaian setiap jenis kegiatan.
5. Buat daftar kegiatan (logika ketergantungan)
6. Buat *Network Planning*nya

Jenis dari *Network Planning* yang paling banyak digunakan adalah metode jalur kritis (*Critical Path Method / CPM*). *CPM* menggunakan satu angka estimasi, produknya adalah kegiatan-kegiatan yang ada dalam proyek dan dalam prakteknya banyak digunakan oleh industri dan proyek-proyek engineering konstruksi.

Tanda-tanda yang ada pada *CPM* dan fungsinya antara lain:

1. Anak panah (*arrow*) : Menunjukkan kegiatan
2. Lingkaran kecil (*node*) : Menunjukkan kejadian atau peristiwa (*event*) yaitu penghubung antar kegiatan.
3. Anak panah terputus-putus menunjukkan kegiatan semu (*dummy*) yaitu kegiatan yang tidak ada nama kegiatan dan durasi

Langkah-langkah dalam menggambarkan *CPM* adalah:

1. Lukiskan anak panah dengan garis penuh dari kiri ke kanan dan garis putus untuk *dummy*
2. Dalam menggambarkan anak panah, usahakan ada bagian yang mendatar untuk tempat keterangan kegiatan dan kurun waktu.
3. Keterangan kegiatan ditulis di atas anak panah, sedangkan kurun waktu dibawahnya.
4. Hindari sejauh mungkin garis yang saling mengulang
5. Panjang anak panah tidak ada kaitannya dengan lama kurun waktu.
6. Peristiwa dilingkari dengan nomor yang bersangkutan
7. Nomor sebelah kanan lebih besar dari sebelah kiri.

8. Di antara dua kejadian, hanya boleh ada satu anak panah.
9. Penggunaan *dummy* seperlunya saja

b. *Barcharts*

Barcharts digunakan secara luas dalam projek konstruksi karena sederhana, mudah dalam pembuatannya dan mudah dimengerti oleh pemakainya. *Barcharts* 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. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam membuat *barcharts* yaitu:

- (1)Daftar item pekerjaan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- (2)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.
- (3)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.

Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

- (1)Menghitung besarnya bobot dari setiap item kegiatan.
- (2)Menghitung besarnya bobot setiap minggu dari setiap item kegiatan.
- (3)Perhitungan prestasi setiap minggu dilakukan dengan cara menjumlahkan setiap bobot kegiatan yang direncanakan dalam minggu yang dihitung

c. Kurva S

Kurva S adalah kurva yang menghubungkan antara persentase pekerjaan yang dicapai dengan waktu pekerjaan sehingga membentuk huruf s.. Hal ini dikarenakan kurva s yang baik adalah pelan disaat awal pekerjaan kemudian cepat di tengah dan santai lagi di akhir jadwal. Bentuk kurva ini perlu dibuat sebaik mungkin karena akan mempengaruhi arus keuangan proyek dan penjadwalan pendatangan material serta hal-hal penting lainnya. Kurva S dibuat 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.