

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Uraian Umum

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

Perencanaan adalah bagian yang penting dari pembangunan suatu gedung atau bangunan lainnya. Survey dan penyelidikan tanah merupakan tahap awal dari proyek. Perencanaan dari suatu konstruksi bangunan harus memenuhi berbagai syarat konstruksi yang telah ditentukan yaitu

a. Kuat (Kokoh)

Struktur gedung harus direncanakan kekuatan batasnya terhadap pembebanan.

b. Ekonomis

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

c. Artistik (Estitika)

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

2.2 Ruang Lingkup Perencanaan

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

1. Struktur Bangunan Atas (*Upper Structure*)

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

- Tahap api,
- Kuat,
- Mudah diperoleh, dalam arti tidak memerlukan biaya mobilisasi bahan yang demikian tinggi,
- Awet untuk jangka waktu pemakaian yang lama,
- Ekonomi, dengan perawatan yang relatif mudah.

Dari kriteria-kriteria yang tersebut diatas, maka sebagai komposisi struktur utama dari bangunan ini menggunakan struktur beton & Baja.

- Atap
- Perhitungan Pelat Beton
- Perhitungan Tangga
- Perhitungan Portal
- Perhitungan Balok
- Perhitungan Kolom

2. Struktur Bangunan Bawah (*Sub Structure*)

Struktur bangunan bawah merupakan sistem pendukung bangunan yang menerima beban struktur atas, untuk diteruskan ke tanah dibawahnya.

Perhitungan perencanaan struktur bagian bawah (*Sub Structure*) ini meliputi :

- Perhitungan Sloof
- Perhitungan Pondasi

2.3 Dasar-Dasar Perencanaan

Perhitungan struktur bangunan gedung ini berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di indonesia dan buku-buku referensi, diantaranya :

1. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (SKBI-1.3.53.1987).

Pedoman ini digunakan untuk menentukan beban yang diizinkan untuk merencanakan bangunan rumah serta gedung. Ketentuan ini memuat beban-beban yang harus diperhitungkan dalam perencanaan bangunan.

2. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)

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

3. Tata cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002)

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

4. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPPRG) 1987 atau SNI 1727-1989-F

Dalam peraturan pembebanan ini digunakan dalam penentuan beban yang diizinkan dalam sebuah perencanaan gedung, dan memuat ketentuan-ketentuan beban yang diizinkan dalam perhitungan sebuah konstruksi bangunan.

2.4 Klasifikasi Pembebanan

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

1. Bebab Mati (beban tetap)

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.
(PPPRG 1987 hal. 1)

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan

No.	Material	Berat	Keterangan
1.	Baja	7850 kg/m ³	
2.	Batu alam	2600 kg/m ³	
3.	Batu belah, batu	1500 kg/m ³	berat tumpuk
4.	Batu karang	700 kg/m ³	berat tumpuk
5.	Batu pecah	1450 kg/m ³	
6.	Besi tuang	7250 kg/m ³	
7.	Beton	2200 kg/m ³	
8.	Beton bertulang	2400 kg/m ³	
9.	Kayu	1000 kg/m ³	kelas I
10.	Kerikil, koral	1650 kg/m ³	kering udara sampai
11.	Pasangan bata merah	1700 kg/m ³	
12.	Pasangan batu belah, batu	2200 kg/m ³	
13.	Pasangan batu cetak	2200 kg/m ³	
14.	Pasangan batu karang	1450 kg/m ³	
15.	Pasir	1600 kg/m ³	kering udara sampai
16.	Pasir	1800 kg/m ³	jenuh air
17.	Pasir kerikil, koral	1850 kg/m ³	kering udara sampai
18.	Tanah, lempung dan lanau	1700 kg/m ³	kering udara sampai
19.	Tanah, lempung dan lanau	2000 kg/m ³	basah
20.	Timah hitam / timbel)	11400 kg/m ³	

(Sumber : PPIUG 1987, tabel 1)

Tabel 2.2 Berat Sendiri Komponen Bangunan

No	Komponen Bangunan	Berat	Keterangan
1	Adukan per cm tebal:		
	- Dari semen	21 kg/m ²	
	- Dari kapur,semen merah/tras	17 kg/m ²	
2	Aspal per cm tebal	14 kg/m ²	
3	Dinding pasangan bata merah:		
	- Satu batu	450 kg/m ²	
	- Setengah batu	250 kg/m ²	
4	Dinding batako berlubang		
	- Tebal dinding 20 cm	200 kg/m ²	
	- Tebal dinding 10 cm	120 kg/m ²	
5	Dinding batako berlubang		
	- Tebal dinding 20 cm	300 kg/m ²	
	- Tebal dinding 10 cm	200 kg/m ²	
6	Langit-langit :		termasuk rusuk-rusuk, tanpa pengantung atau pengaku
	- Serat semen,tebal maksimum 4 mm	11 kg/m ²	
	- Kaca tebal 3-4 mm	10 kg/m ²	
7	Lantai kayu dengan balok	40 kg/m ²	
8	Pengantung plafond	7 kg/m ²	
9	Penutup Atap :		
	- Genteng/kaso/reng per m ² luas atap	50 kg/m ²	
	- Sirap/kaso/reng per m ² luas atap	24 kg/m ²	
	- Alumunium gelombang	5 kg/m ²	
10	Penutup lantai (teraso, keramik	24 kg/m ²	

(Sumber : PPIUG 1987, tabel 1)

2. Beban Hidup (beban sementara)

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. (PPPRG 1987 hal. 1).

Tabel 2.3 Beban Hidup Pada Lantai Gedung

No.	Penggunaan	Berat	Keterangan
1.	Lantai dan tangga rumah tinggal	200 kg/m ²	kecuali yang disebut no.2
2.	- Lantai & tangga rumah tinggal sederhana - Gudang-gudang selain untuk	125 kg/m ²	
3.	- Sekolah, ruang kuliah - Kantor - Toko, toserba - Restoran - Hotel, asrama - Rumah Sakit	250 kg/m ²	
4.	Ruang olahraga	400 kg/m ²	
5.	Ruang dansa	500 kg/m ²	
6.	Lantai dan balkon ruang pertemuan, bioskop, ibadah	400 kg/m ²	
7.	Panggung penonton	500 kg/m ²	tempat duduk tidak tetap / penonton yang berdiri
8.	Tangga, bordes tangga dan gang	300 kg/m ²	no.3
9.	Tangga, bordes tangga dan gang	500 kg/m ²	no. 4, 5, 6, 7
10.	Ruang pelengkap	250 kg/m ²	no. 3, 4, 5, 6, 7

11.	- Pabrik, bengkel, gudang - Perpustakaan, r. arsip, toko buku - Ruang alat dan mesin	400 kg/m ²	minimum
12.	Gedung parkir bertingkat : - Lantai bawah - Lantai tingkat lainnya	800 kg/m ² 400 kg/m ²	
13.	Balkon menjorok bebas keluar	300 kg/m ²	minimum

(Sumber : PPIUG 1987, tabel 2)

Tabel 2.4 Beban Hidup Pada Atap Gedung

No.	Penggunaan	Berat	Keterangan
1.	Atap / bagiannya dapat dicapai orang, termasuk kanopi	100 kg/m ²	Atap dak
2.	Atap / bagiannya tidak dapat dicapai orang (diambil min.) : - beban hujan - beban terpusat	(40-0,8.α) kg/m ² 100 kg	
3.	Balok/gording tepi kantilever	250 kg/m ²	

(Sumber : PPIUG 1987, Referensi Pasal 2.1.2.2)

a. Beban hujan

Dalam perhitungan beban hujan diasumsikan sebagai beban yang bekerja tegak lurus terhadap bidang atap dan koefisien beban hujan ditetapkan sebesar $(40-0,8\alpha)$ kg/m² dan α sebagai sudut atap, dengan ketentuan bahwa beban tersebut tidak perlu diambil lebih besar dari 20 kg/m² dan tidak perlu ditinjau bila kemiringan atap lebih besar dari 50°.

b. Akibat beban pekerja

Dalam perhitungan reng, usuk/kaso, gording/gulung-gulung dan kuda-kuda, untuk semua atap harus diperhitungkan satu muatan terpusat sebesar minimum 100 kg (berasal dari berat seorang pekerja atau seorang pemadam kebakaran dengan peralatannya).

c. **Beban Angin**

Semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban memperhitungkan adanya tekanan positif dan negatif yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau.

2.5 Metode Perhitungan Struktur

2.5.1 Perencanaan Atap

Struktur rangka atap pada bangunan gedung menggunakan bahan baja. Berikut adalah acuan-acuan yang digunakan dalam perencanaan struktur rangka atap bangunan tersebut:

1. Pembebanan Atap

a. Beban Mati (q_D)

Beban mati yang diperhitungkan dalam perencanaan gording dan rangka atap gedung ini adalah:

1) Berat sendiri konstruksi kuda-kuda

Muatan ini dianggap bekerja pada tiap-tiap titik buhul (bagian atas dan bawah)

2) Berat akibat penutup atap dan gording

Dianggap bekerja pada titik buhul bagian atas

3) Berat plafond + penggantung

b. Beban hidup (q_L)

Yang diperhitungkan dalam beban hidup untuk rangka atap gedung ini adalah:

1) Beban air hujan sebesar $(40 - 0,8\alpha)$ kg/m² (PPPRG 1987 hal.7 Pasal 2.1.2.2 ayat (2).a.).

2) Beban terpusat berasal dari seorang pekerja dengan peralatannya sebesar minimum 100 kg (PPPRG 1987 hal.8 Pasal 2.1.2.2 ayat (2).b.).

c. Beban angin

Angin tekan dan angin hisap yang terjadi dianggap bekerja tegak lurus bidang atap pada tiap titik buhul bagian atas, sehingga komponen angin hanya bekerja pada arah sumbu x saja dan komponen angin dalam arah sumbu $y = 0$.

Untuk konstruksi gedung tertutup, di mana $\alpha < 65^\circ$, maka :

Koef angin tekan : $0,02 \alpha - 0,4$

Koef angin hisap : $-0,4$

(PPPRG 1987 hal.21 Pasal 2.1.3.3. ayat (1).b.).

2. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan beban-beban tersebut di atas maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan di bawah ini:

$$1,4D \quad (6.2-1)$$

$$1,2D + 1,6 L + 0,5 (L_a \text{ atau } H) \quad (6.2-2)$$

$$1,2D + 1,6 (L_a \text{ atau } H) + (\gamma L L \text{ atau } 0,8W) \quad (6.2-3)$$

$$1,2D + 1,3 W + \gamma L L + 0,5 (L_a \text{ atau } H) \quad (6.2-4)$$

$$1,2D \pm 1,0E + \gamma L L \quad (6.2-5)$$

$$0,9D \pm (1,3W \text{ atau } 1,0E)$$

Keterangan:

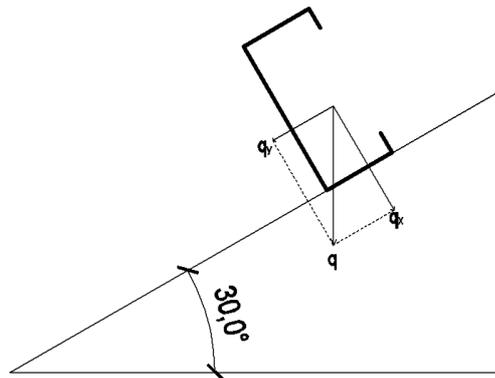
- D adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan tetap
- L adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain
- L_a adalah beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak
- H adalah beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air
- W adalah beban angin

- E adalah beban gempa, yang ditentukan menurut SNI 03–1726– 1989, atau penggantinya dengan,

3. Gording

Struktur gording direncanakan kekuatannya berdasarkan pembebanan beban mati dan beban hidup. Kombinasi pembebanan yang ditinjau adalah beban mati ditambah beban air hujan, sedangkan beban sementara yaitu bebanbeban mati ditambah beban pekerja pada saat pelaksanaan.

Apabila gording ditempatkan dibawah penutup atap, maka komponen beban atap dipindahkan tegak lurus goring, maka terjadi pembebanan sumbu ganda terjadi momen pada sumbu x dan y adalah M_x dan M_y .



Gambar 2.1 Resultante Gaya Pada Gording

- Perhitungan Beban Mati (M_D) :
 - Berat sendiri gording
 - Berat penutup atap
- Perhitungan Beban Hidup (M_L) :
 - Beban pekerja, diambil 100 kg/m^2 (*PPIUG 1983 butir 3.2.1*)
 - Beban Angin

Beban Angin Normal ($\omega = 25 \text{ kg/m}^2$)

Koefisien diambil ($0,02 \alpha - 0,4$) $l_k \times \omega$

Apabila Q_{angin} bernilai negatif, maka dalam perhitungan mengabaikan beban angin. Setelah diketahui beban-beban tersebut, langkah selanjutny adalah menghitung kombinasi pembebanannya.

$$M_U = 1.2 M_D + 1.6 M_L.$$

Keterangan :

M_U = Beban terfaktor

M_D = Beban mati

M_L = Beban hidup

(SNI 03-1729-2002)

c. Cek kekompakan penampang:

Pelat sayap :

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f}$$

Pelat badan :

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w}$$

(SNI 03-1729-2002)

Dimana :

λ_f = Perbandingan antara lebar dan tebal flens

λ_w = Perbandingan antara tinggi dan tebal web

Untuk mengetahui kekompakan penampang yang dipakai, maka perhitungan masing-masing λ_f dan λ_w dibandingkan dengan λ_p dan λ_r .

- Untuk plat sayap :

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}}$$

- Untuk plat badan :

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y - f_r}}$$

(SNI 03-1729-2002)

Dimana :

λ_p = Lamda plastis

λ_r = Lamda ramping

Setelah membandingkan masing-masing lamda plat sayap dan plat badan, tentukan rumus yang memenuhi syarat berdasarkan perbandingannya masing-masing. Berikut adalah jenis-jenis penampang berdasarkan perbandingan lamdanya :

- 1) Penampang kompak $\lambda < \lambda_p$

$$M_n = M_p = Z_x \cdot f_y$$

- 2) Penampang tidak kompak $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$

$$M_n = M_y + (M_p - M_y) \left(\frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$$

- 3) Penampang ramping $\lambda_r < \lambda$

$$M_n = M_y = W_x \cdot f_y$$

(SNI 03-1729-2002)

d. Kontrol kekakuan

Dalam merencanakan gording, lendutan adalah hal yang tidak boleh dilupakan, karena keamanan lendutan sangatlah penting guna untuk mengantisipasi keruntuhan atap yang mungkin saja akan timbul .

$$\Delta = \left(\frac{P \cdot L^2}{48 EI} \right) \quad \text{untuk beban terpusat}$$

$$\Delta = \left(\frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 EI} \right) \quad \text{untuk beban merata}$$

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

$$\Delta_{max} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \leq \frac{L}{240}$$

4. Perencanaan untuk lentur

Suatu komponen struktur yang memikul lentur terhadap sumbu kuat (sumbu-x), dan dianalisis dengan metode elastis sesuai Butir 7.4, harus memenuhi,

$$M_{ux} \leq \phi M_n$$

(SNI 03-1729-2002)

Keterangan:

- M_{ux} adalah momen lentur terfaktor terhadap sumbu- x yang dihitung, (Nmm)
- ϕ adalah faktor reduksi = 0,9
- M_n adalah kuat nominal dari momen lentur penampang
- M_n diambil nilai yang lebih kecil dari kuat nominal penampang untuk momen lentur terhadap sumbu- x

Suatu komponen struktur yang memikul lentur terhadap sumbu kuat (sumbu- y), dan dianalisis dengan metode elastis sesuai Butir 7.4,

$$M_{uy} \leq \phi M_n$$

(SNI 03-1729-2002)

Keterangan:

- M_{uy} adalah momen lentur terfaktor terhadap sumbu- y yang dihitung, (Nmm)
- ϕ adalah faktor reduksi = 0,9
- M_n adalah kuat nominal dari momen lentur penampang (Nmm)
- M_n diambil nilai yang lebih kecil dari kuat nominal penampang untuk momen lentur terhadap sumbu- y

5. Komponen struktur yang mengalami gaya tarik aksial

a. Kuat tarik rencana :

Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor N_u , harus memenuhi :

$$N_u \leq \phi N_n$$

Dengan ϕN_n adalah kuat tarik rencana yang besarnya diambil sebagai nilai terendah diantara dua perhitungan menggunakan harga-harga ϕ dan N_n di bawah ini :

$$\phi = 0,9 ; N_n = A_g F_y \text{ dan } \phi = 0,75 ; N_n = A_e F_u$$

Keterangan :

A_g = luas penampang bruto (mm²)

A_e = Luas penampang efektif (mm²)

F_y = tegangan leleh (MPa)

F_u = tegangan tarik putus (MPa)

b. Penampang efektif

Luas penampang efektif komponen struktur yang mengalami gaya tarik ditentukan sebagai berikut :

$$A_e = AU$$

Keterangan :

A = luas penampang (mm)

U = faktor reduksi ($1 - x/L$) $\leq 0,9$

x = eksentrisitas sambungan (mm)

L = panjang sambungan dalam arah gaya tarik (mm)

(SNI 03-1729-2002 : 70-71)

6. Komponen struktur tekan

Untuk penampang yang mempunyai perbandingan lebar terhadap tebalnya lebih kecil daripada nilai λ_r , daya dukung nominal komponen struktur tekan dihitung sebagai berikut:

$$N_n = A_g \cdot F_{cr}; F_{cr} = \omega / F_y$$

$$N_n = A_g \cdot \omega / F_y$$

Untuk $\lambda_c \leq 0,25$ maka $\omega = 1$

$$\text{Untuk } 0,25 < \lambda_c \leq 1,2 \text{ maka } \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda}$$

Untuk $\lambda_c \geq 1,2$ maka $\omega = 1,25 \lambda_c^2$

(SNI 03-1729-2002)

Keterangan :

N_n = kuat tekan nominal komponen struktur (Nmm)

A_g = luas penampang bruto (mm²)

F_{cr} = tegangan kritis penampang (mm²)

F_y = tegangan leleh material (Mpa)

7. Sambungan

Sambungan terdiri dari komponen sambungan (pelat pengisi, pelat buhul, pelat pendukung, dan pelat penyambung) dan alat pengencang (baut dan las). Sambungan tipe tumpu adalah sambungan yang dibuat dengan menggunakan baut yang dikencangkan dengan tangan, atau baut mutu tinggi yang dikencangkan untuk menimbulkan gaya tarik minimum yang disyaratkan, yang kuat rencananya disalurkan oleh gaya geser pada baut dan tumpuan pada bagian-bagian yang disambungkan.

1. Tebal rencana las

Tebal rencana las ditetapkan sebagai berikut:

- a. Las Tumpul Penetrasi Penuh: tebal rencana las untuk las tumpul penetrasi penuh adalah ukuran las;
- b. Las Tumpul Penetrasi Sebagian: tebal rencana las untuk las tumpul penetrasi sebagian ditetapkan sesuai dengan ketentuan dibawah ini:

Sudut antara bagian yang disambung $\leq 60^\circ$

Satu sisi: $t_r = (d - 3)$ mm

Dua sisi: $t_r = (d_3 + d_4 - 6)$ mm

Sudut antara bagian yang disambung $> 60^\circ$

Satu sisi: $t_r = d$ mm

Dua sisi: $t_r = (d_3 + d_4)$ mm

dengan d adalah kedalaman yang dipersiapkan untuk las (d_3 dan d_4 adalah nilai untuk tiap sisi las).

(SNI 03-1729-2002)

2. Kekuatan tumpu penetrasi penuh

Kuat las tumpul penetrasi penuh ditetapkan sebagai berikut:

- a. Bila sambungan dibebani dengan gaya tarik atau gaya tekan aksial terhadap luas efektif maka,
 - $\phi_y R_{nw} = 0,9 t_r f_y$ (bahan dasar)
 - $\phi_y R_{nw} = 0,9 t_r f_{yw}$ (las)
- b. Bila sambungan dibebani dengan gaya geser terhadap luas efektif maka,
 - $\phi_y R_{nw} = 0,9 t_r (0,6 f_y)$ (bahan dasar)

$$\phi_y R_{nw} = 0,8t (0,6 f_{uw}) \text{ (las)}$$

Keterangan:

$\phi_y = 0,9$ adalah faktor reduksi kekuatan saat leleh,

f_y, f_u adalah tegangan leleh dan tegangan tarik putus (Mpa)

(SNI 03-1729-2002)

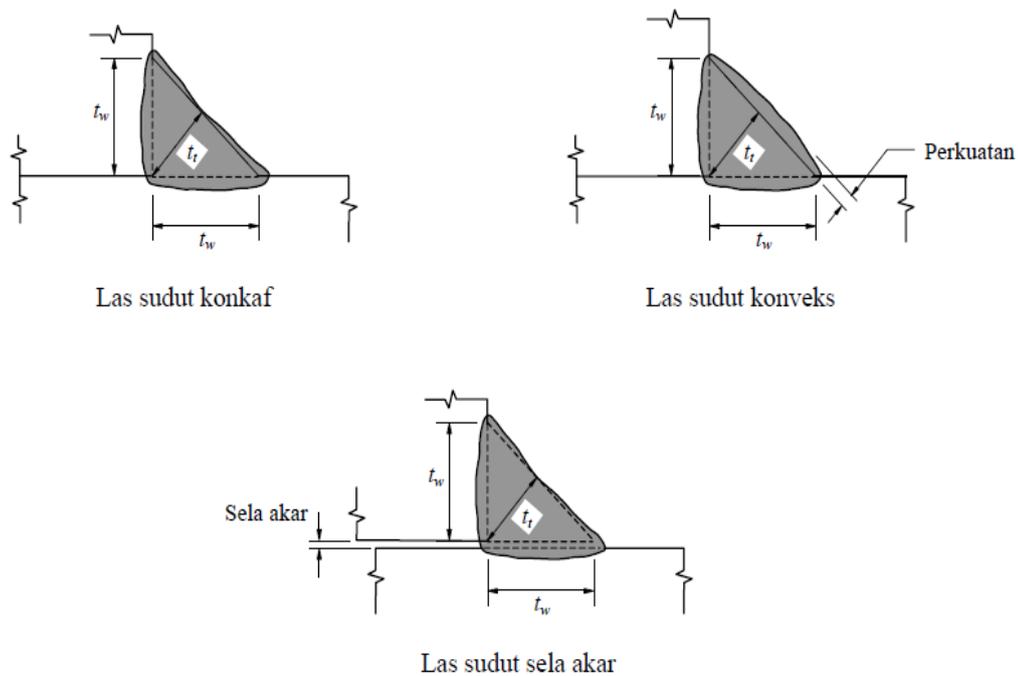
3. Ukuran Las Sudut

Ukuran minimum las sudut, selain dari las sudut yang digunakan untuk memperkuat las tumpul, ditetapkan sesuai dengan Tabel 2.6 kecuali bila ukuran las tidak boleh melebihi tebal bagian yang tertipis dalam sambungan.

Tabel 2.5 Ukuran minimum las sudut

Tebal bagian paling tebal, t [mm]	Tebal minimum las sudut, t_w [mm]
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$15 < t$	6

(Sumber: SNI 03-1729-2000 hal 108)



Gambar 2.2 Ukuran Las Sudut

(Sumber : SNI 03-1729-2002)

4 Kuat las sudut

Las sudut yang memikul gaya terfaktor per satuan panjang las, R_u , harus memenuhi:

$$R_u \leq \phi R_{nw}$$

dengan,

$$\phi R_{nw} = 0,75 t_f (0,6 f_{uw}) \text{ (las)}$$

$$\phi R_{nw} = 0,75 t_f (0,6 f_u) \text{ (bahan dasar)}$$

dengan $\phi = 0,75$ faktor reduksi kekuatan saat fraktur

Keterangan:

f_{uw} adalah tegangan tarik putus logam las, (Mpa)

f_u adalah tegangan tarik putus bahan dasar, (Mpa)

t_f adalah tebal rencana las, (mm)

(SNI 03-1729-2002)

2.5.2 Pelat

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

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

a. Penentuan Tebal Pelat

Penentuan tebal pelat terlentur satu arah tergantung beban atau momen lentur yang bekerja, defleksi yang terjadi dan kebutuhan kuat geser yang dituntut. (Dipohusodo, 1999:56)

Menurut SNI 03-2847-2002 pasal 11.5.2 dengan anggapan balok/pelat merupakan konstruksi satu arah, tebal minimumnya dapat ditetapkan berdasarkan tabel 2.7 dan untuk selimut beton pada tabel 2.8 berikut.

Tabel 2.6 Tabel minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung .

Komponen struktur	Tebal Minimum, h			
	Dua tumpuan sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelatrusaksatu arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

(Sumber : SNI-03-2847-2002 hal 63)

Catatan :

- Panjang bentang (mm) = bentang bersih + tebal kolom = jarak dari as ke as

- Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal ($w_c = 2400 \text{ kg/m}^3$) dan tulangan BJTD 40. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasikan sebagai berikut :

a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis diantara $1500 - 2000 \text{ kg/m}^3$, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003 w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09, dimana w_c adalah berat jenis dalam kg/m^3 . Untuk selai 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

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

$$W_u = 1,2 WDD + 1,6 WLL$$

WDD = Jumlah beban Mati Pelat (KN/m)

WLL = Jumlah beban Hidup Pelat (KN/m)

c) Menghitung momen rencana (M_u) baik dengan cara tabel atau analisis

Sebagai alternatif, metode pendekatan berikut ini dapat digunakan untuk menentukan momen lentur dan gaya geser dalam perencanaan balok menerus dan pelat satu arah, yaitu pelat beton bertulang di mana tulangnya hanya direncanakan untuk memikul gaya-gaya dalam satu arah, selama:

- Jumlah minimum bentang yang ada haruslah minimum dua,
- Memiliki panjang bentang yang tidak terlalu berbeda, dengan rasio panjang bentang terbesar terhadap panjang bentang terpendek dari dua bentang yang bersebelahan tidak lebih dari 1,2,
- Beban yang bekerja merupakan beban terbagi rata,
- Beban hidup per satuan panjang tidak melebihi tiga kali beban mati per satuan panjang, dan
- Komponen struktur adalah prismatis.

d) Perkiraan Tinggi Efektif (d_{eff})

Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut sesuai tabel 2.8 berikut:

Tabel 2.7 Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan berikut :

Uraian	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.....	50
Batang D-16, jaring 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
.....	15
Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil	

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

- b. Menghitung k_{perlu}

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

Keterangan :

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

Mu = Momen terfaktor pada penampang (KN / m)

b = lebar penampang (mm) diambil 1 m

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

\emptyset = faktor Kuat Rencana

(SNI 2002 Pasal 11.3, butir ke- 2 hal 61)

- c. Menentukan rasio penulangan (ρ) dari tabel.

Jika ρ , maka pelat dibuat lebih tebal. (*Istimawan : 462 dst.*)

- d. Hitung 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 pelat (mm)

- e. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan suhu dan susut dengan menggunakan tabel.

Untuk tulangan suhu dan susut dihitung berdasarkan peraturan SNI 2002

Pasal 9.12, yaitu :

- 1) Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014:
 - 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 ditumpu oleh balok pada keempat sisinya dan beban-beban ditahan oleh pelat dalam arah yang tegak lurus terhadap balok-balok penunjang.

1. Mendimensi balok

Tebal minimum tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya, harus memenuhi ketentuan dari tabel 2.9

Tabel 2.8 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	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/30	Ln/33	Ln/33	Ln/33	Ln/36	Ln/36

(Sumber : (SNI-03-2847-2002 Tabel 10 hal 66)

- Untuk tulangan dengan tegangan leleh diantara 300 Mpa dan 400 Mpa atau di antara 400 Mpa dan 500 Mpa, gunakan interpolasi lineair.
- Penebalan panel didefinisikan dalam 15.3 (7(1)) dan 15.3(7(2))
- Pelat dengan balok diantara kolom-kolomnya di sepanjang tepi luar.
- Nilai α untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8

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 :

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

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

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. Pembebanan pelat

Perhitungan sama seperti pada perhitungan pembebanan pelat satu arah.

5. Mencari momen yang bekerja pada arah x dan y

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

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

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

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

(Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang hal.26)

Keterangan :

M_x = momen sejauh X meterM_y = momen sejauh Y meter

6. Mencari tulangan dari momen yang didapat (Dipohusodo hal.214)

Tentukan nilai $K = \frac{Mu}{\phi b \cdot d^2}$ untuk mendapatkan nilai ρ (rasio tulangan)

yang didapat dari tabel.

Syarat : $\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

Apabila $\rho < \rho_{\min}$ maka dipakai tulangan $\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$

(Dipohusodo hal. 37 & 39)

$$A_s = \rho_{\min} \cdot b \cdot d$$

Keterangan :

 k = faktor panjang efektif (Mpa) M_u = momen terfaktor pada penampang (N/mm)

ϕ = faktor reduksi kekuatan (0,8)

b = lebar daerah tekan komponen struktur (mm)

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)

ρ_{min} = rasio penulangan tarik non-prategang minimum

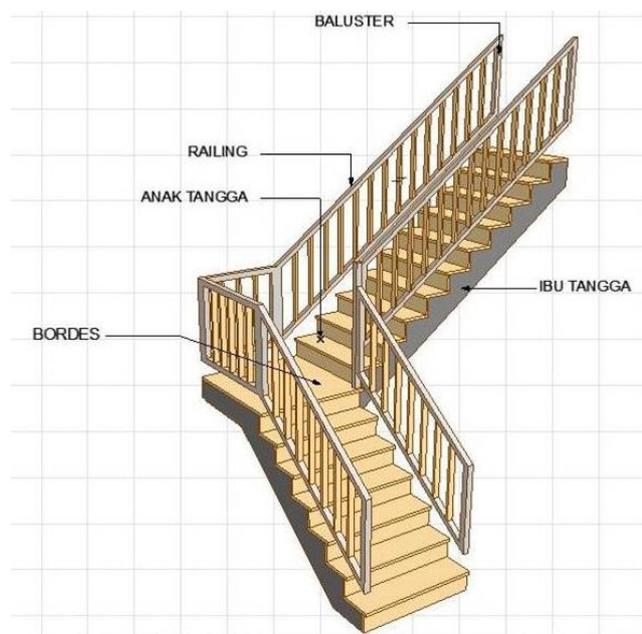
A_s = luas tulangan tarik non-prategang (mm²)

f_y = mutu baja (Mpa)

f_c' = mutu beton (Mpa)

2.5.3 Tangga

Menurut Supribadi, 1986, tangga adalah suatu konstruksi yang menghubungkan antara tempat yang satu dan tempat lainnya yang mempunyai ketinggian berbeda, dan dapat dibuat dari kayu, pasangan batu bata, baja, dan beton. Untuk memperlancar hubungan antara lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya dalam suatu kegiatan, maka digunakan alat penghubung tangga. Tangga terdiri dari anak tangga dan pelat tangga.



Gambar 2.3 Bagian-Bagian Tangga

Anak tangga terbagi menjadi 2 bagian, yaitu :

1. Antrede, yaitu bagian dari anak tangga pada bidang horizontal yang merupakan bidang tempat pijakan kaki.
2. Optrede, yaitu bagian dari anak tangga pada bidang vertikal yang merupakan selisih tinggi antara 2 buah anak tangga yang berurutan.

Ibu tangga merupakan bagian tangga yang berfungsi mengikat anak tangga. Material yang digunakan untuk membuat ibu tangga misalnya antara lain, beton bertulang, kayu, baja, pelat baja, baja profil canal, juga besi. Kombinasi antara ibu tangga dan anak tangga biasanya untuk bu tangga misalnya, beton bertulang di padukan dengan anak tangga dari bahan papan kayu, bisa juga keduanya dari bahan baja, untuk ibu tangga menggunakan profil kanal untuk menopang anak tangga yang menggunakan pelat baja.

Bordes biasa juga disebut *Landing*. Bordes merupakan bagian dari tangga sebagai tempat beristirahat menuju arah tangga berikutnya. Bordes juga berfungsi sebagai pengubah arah tangga. Umumnya, keberadaan bordes setelah anak tangga ke 15. Kenyamanan bordes juga perlu diperhatikan, untuk lebarnya harus diusahakan sama dengan lebar tangga.

Ralling Tangga Merupakan pegangan dari tangga. Material yang bisa digunakan bermacam jenis nya. Misalnya menggunakan pegangan dari bahan kayu, besi hollow bulat, baja, dll. Terkadang saya juga sering jumpai tangga yang tanpa railing, dan ini penting untuk diperhatikan, misalnya menjaga anak-anak yang ingin menaiki tangga, jangan sampai terjatuh karena tidak ada railingsnya.

Pelengkap tangga, yaitu pegangan (*railing*) dan *baluster* . Ukuran pegangan railing tangga dengan ukuran diameter 3,8 cm merupakan ukuran yang bisa mengakomodasi sebagian besar ukuran tangan manusia. Untuk kenyamanan pegangan tangga, perlu diperhatikan juga jarak antara railing pegangan tangga dengan jarak tembok, jarak 5 cm saya rasa sudah cukup. *Baluster* merupakan penyangga pegangan tangga, biasanya bentuknya mengarah vertical. Material

baluster bisa terbuat dari kayu, besi, beton, juga baja. Terkadang juga saya pernah melihat material baluster menggunakan kaca. Untuk keamanan dan kenyamanan pengguna tangga, usahakan jarak antar baluster tidak terlalu jauh, terutama untuk keamanan anak kecil. Untuk ukuran ketinggian baluster, standarnya kurang lebih antara 90-100 cm.

Tabel 2.9 Jenis-jenis Bahan Untuk Tangga

No.	Bahan	Tinjauan	
		Keuntungan	Kerugian
1	Kayu	<ul style="list-style-type: none"> - Bahannya mudah didapat. - Bobotnya ringan. - Relatif lebih murah. - Indah bila dipropil dan dipolitur. <p>Untuk tangga rumah tinggal, villa, tangga sementara.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Konstruksi agak sulit dibuat kaku. - Lama pengerjaannya. - Lekas aus dan mudah dimakan rayap. - Licin dilalui bila tanpa makai alas/karpet.
2	Baja	<ul style="list-style-type: none"> - Kokoh, stabil. - Tidak mudah aus. - Bila berada di dalam rumah tidak banyak perawatan. - Untuk tangga bawah tanah, tangga kebakaran, tangga untuk bengkel. 	-
3	Beton Bertulang	<ul style="list-style-type: none"> - Mudah dibentuk sesuai selera. - Kokoh, stabil. - Tidak mudah aus maupun 	<ul style="list-style-type: none"> - Bobotnya tinggi $\pm 2,4$ ton per m³. - Harganya mahal. - Pengerjaannya lama

		terbakar. - Tidak licin. - Banyak digunakan untuk tangga rumah tinggal yang permanen atau tempat keramaian lainnya.	karena memerlukan bekisting. - Proses pengikatan dan pengeringan cukup lama \pm 28 hari.
4	Bata/Batu	- Biaya lebih murah dari tangga kayu, baja, beton tulang. - Konstruksinya sederhana. - Cepat pengerjaannya. - Digunakan untuk tangga rumah sederhana, undak-undak pada tanggul bangunan irigasi.	- Jumlah anak tangga terbatas. - Banyak memakan ruangan. - Cukup berat \pm 1,7 ton per m ³ . - Konvensional/kuno.

(Sumber: Ilmu Bangunan Gedung, 1986)

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

1. Tangga harus mudah dijalaninya atau dinaiki
2. Tangga harus cukup kuat dan kaku
3. Ukuran tangga harus sesuai dengan sifat dan fungsinya
4. Material yang digunakan untuk pembuatan tangga terutama pada gedung gedung umum harus berkualitas baik, tahan dan bebas dari bahaya kebakaran
5. Letak tangga harus strategis
6. Sudut kemiringan tidak lebih dari 45°

Di samping 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)
 - c. Lebar tangga = 80 – 100 cm
2. Untuk perkantoran dan lain-lain
 - a. Antrede = 25 cm (minimum)
 - b. Optrede = 17 cm (maksimum)
 - c. Lebar tangga = 120 - 200 cm
3. Syarat langkah

$$2 \text{ optrede} + 1 \text{ antrede} = 57 - 65 \text{ cm}$$
4. Sudut kemiringan

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

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

Berikut ini adalah langkah-langkah dalam perencanaan konstruksi tangga:

1. Perencanaan tangga
 - a. Penentuan ukuran antrede dan optrede
 - b. Penentuan jumlah antrede dan optrede
 - c. Panjang tangga = jumlah optrede x lebar antrede
 - d. Sudut kemiringan tangga = $\text{tg} (\text{tinggi tangga} : \text{panjang tangga})$
 - e. Penentuan tebal pelat tangga
2. Penentuan pembebanan pada anak tangga
 - a. Beban mati
 - Berat sendiri bordes
 - Berat sendiri anak tangga
 - Berat 1 anak tangga (Q) per m'
 - $Q = \text{antrede} \times \text{optrede} \times 1 \text{ m} \times \gamma_{\text{beton}} \times \text{jumlah anak tangga 1 m}$
 - Berat spesi dan ubin

b. Beban hidup

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

$$W_u = 1,2 D_L + 1,6 L_L \quad (\text{PPIUG 1983}).$$

Keterangan :

D_L = Jumlah beban mati (kg/m)

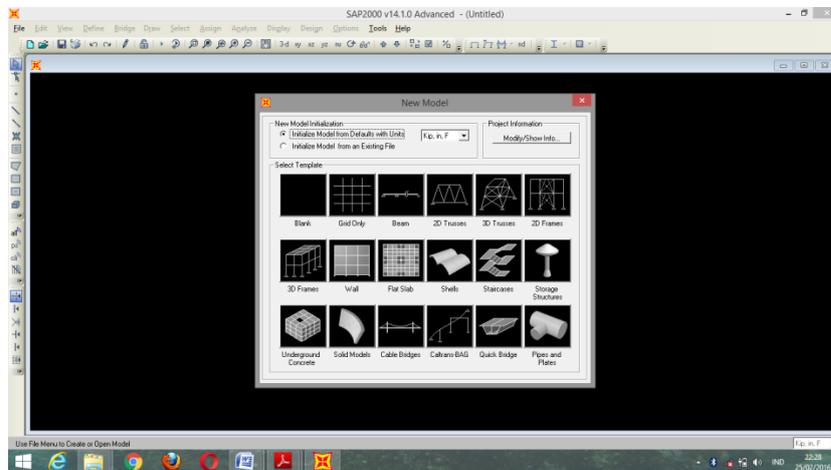
L_L = Jumlah beban hidup (kg/m)

3. Perhitungan tangga dengan metode *cross* untuk mencari gaya-gaya yang bekerja
4. Perhitungan tulangan tangga
 - Perhitungan momen yang bekerja
 - Penentuan tulangan yang diperlukan
 - Menentukan jarak tulangan
 - Kontrol tulangan

2.5.4 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 :

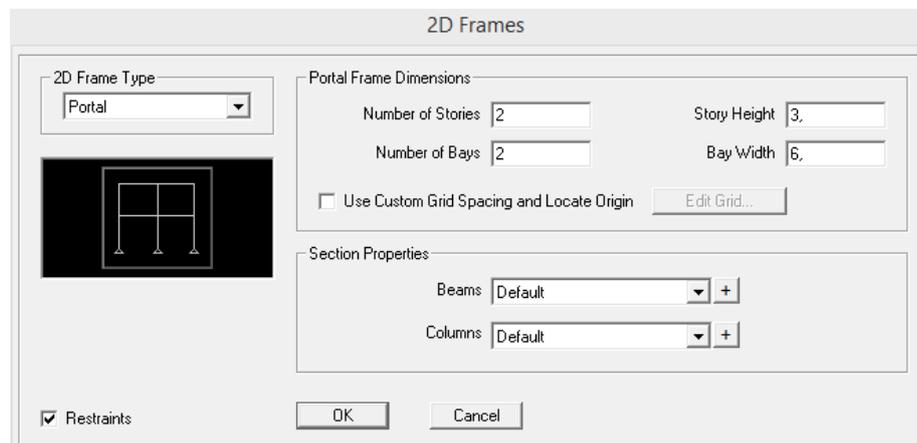
1. Buka aplikasi SAP 2000 V.14



Gambar 2.4 Tampak Program SAP2000 V.14

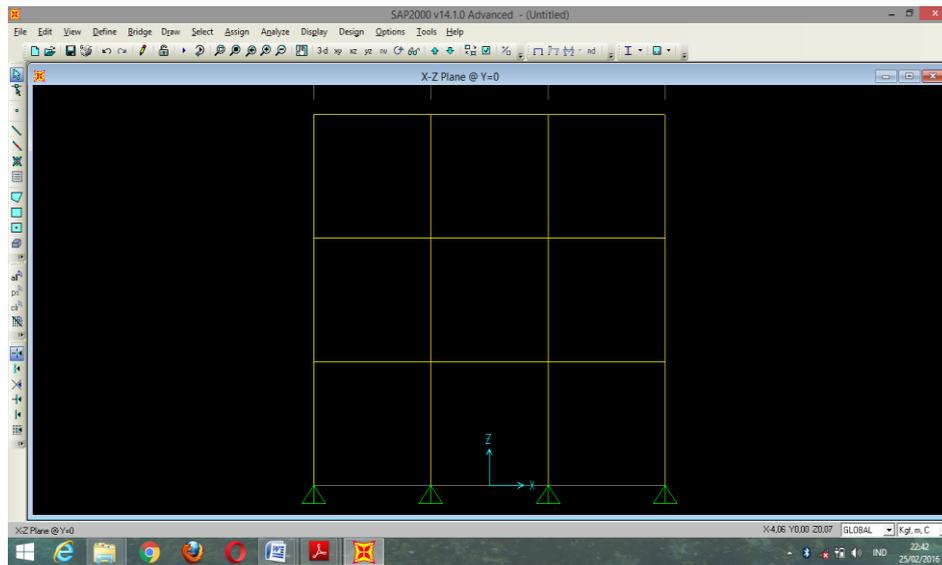
Maka akan muncul tampilan seperti di atas, selanjutnya untuk pilih model portal 2D

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



Gambar 2.5 Tampak model portal 2D

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



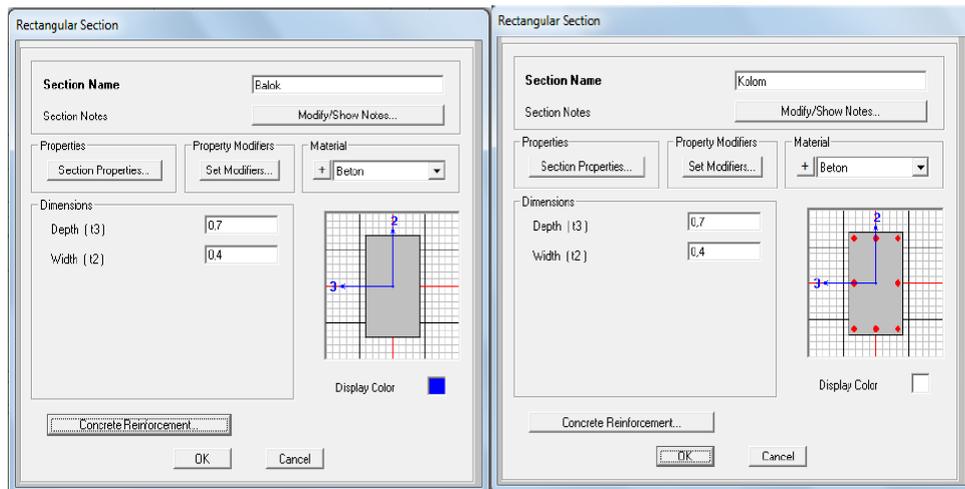
Gambar 2.6 Bentuk Portal 2D

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.

Material Property Data	
General Data	
Material Name and Display Color	Beton ■
Material Type	Concrete
Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight and Mass	
Weight per Unit Volume	24
Mass per Unit Volume	2,4473
Units	
KN, m, C	
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

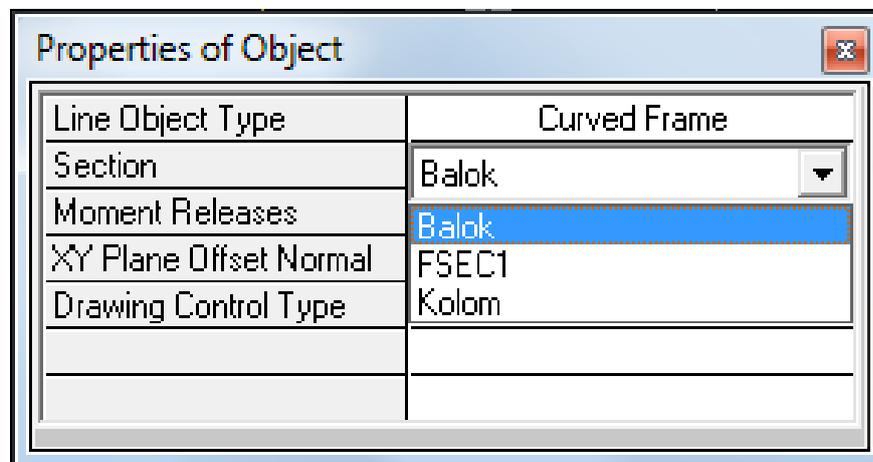
Gambar 2.7 Material Properti Data

5. Lalu isikan data penampang balok dan kolom seperti dibawah ini.



Gambar 2.8 *Dialog box Rectangular section*

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



Gambar 2.9 *Dialog Box Properties of Object*

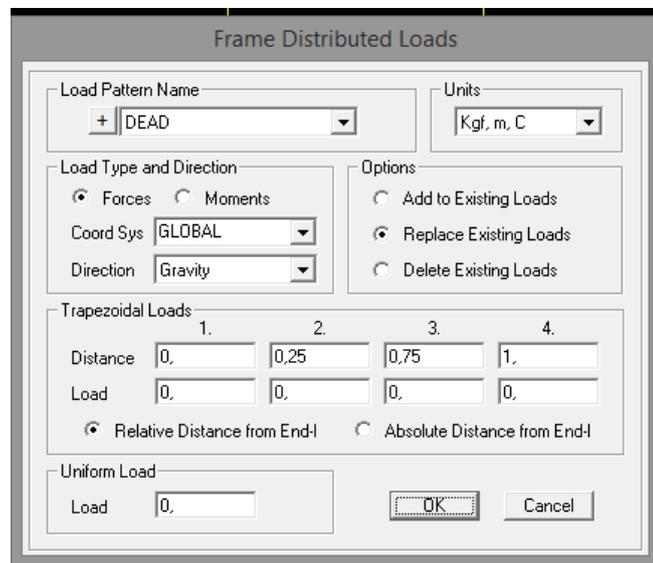
7. Menentukan Jenis Perletakan

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



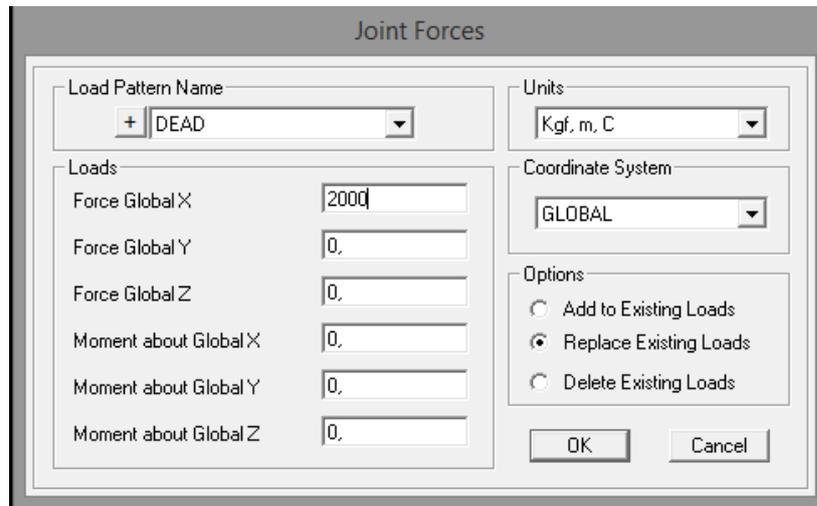
Gambar 2.10 *Dialog Box Joint Restraints*

8. Menentukan beban terbagi rata pada balok
 Dengan menggunakan pointer pilih elemen balok pada portal, pilih menu *Asisgn/Frame/Cable/Tendon Loads* akan tampil pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.11 *Dialog Box Frame Distributed Load*

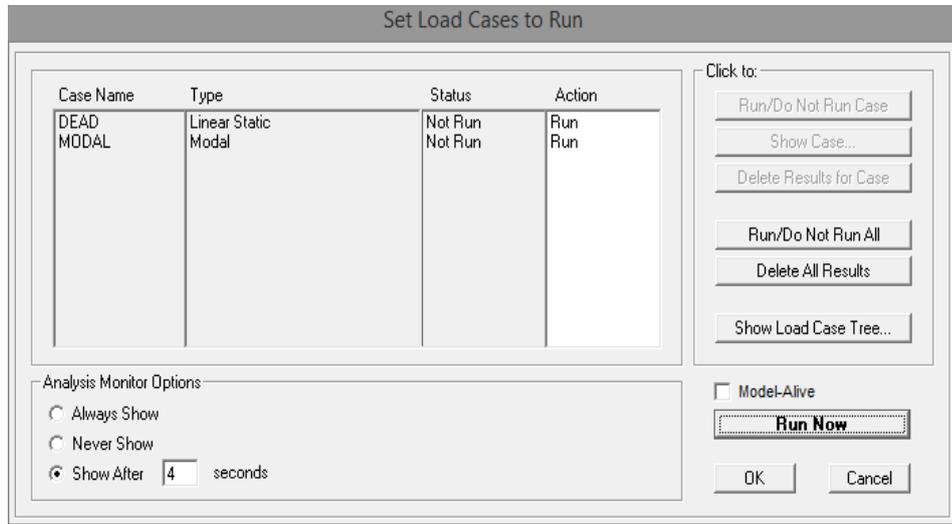
9. Menentukan beban terpusat pada *Joint*.
 Dengan menggunakan pointer pilih elemen, pilih menu *Asisgn/ Joint Load / Forces* akan tampil pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.12 *Dialog Box Frame Joint Forces*

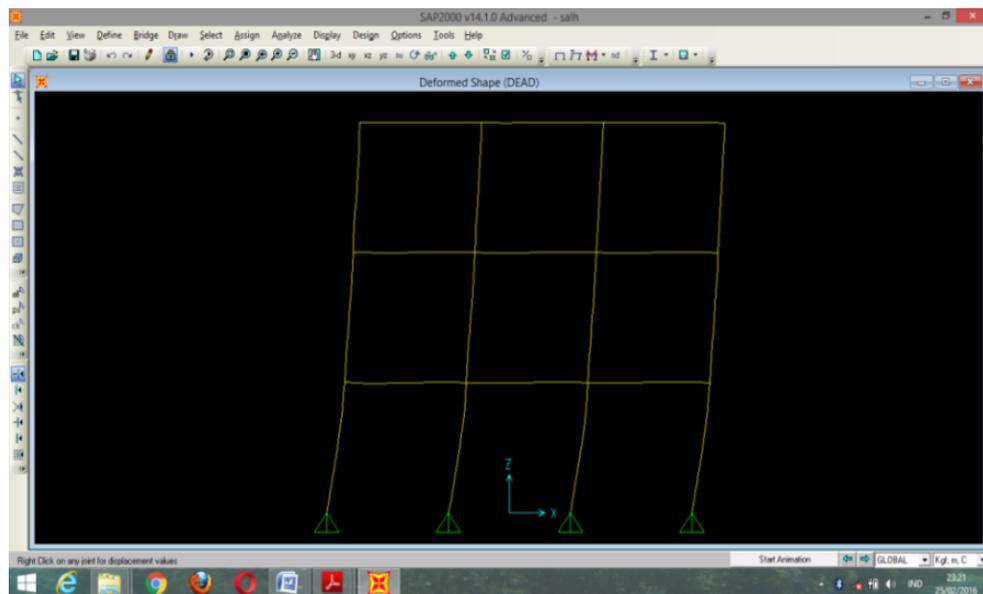
10. Analisis Model

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



Gambar 2.13 *Dialog Box Set Analysis Case to Run*

11. Akan terlihat bentuk deformasi dari portal tersebut



Gambar 2.14 Deformasi Portal

2.5.5 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 :

1. Gaya lintang design balok maksimum

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

Keterangan :

U = gaya geser terfaktor pada penampang (N/mm)

D = beban mati terfaktor per unit luas (N/mm)

L = beban hidup terfaktor per unit luas (N/mm)

(Dipohusodo, hal. 40)

2. Momen design balok maksimum

$$Mu = 1,2 MDL + 1,6 MLL$$

Keterangan :

Mu = momen terfaktor pada penampang (Nmm)

MDL = momen akibat beban mati (Nmm)

MLL = momen akibat beban hidup (Nmm)

(Dipohusodo, hal. 40)

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Penulangan lentur lapangan

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

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

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

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

b. Penulangan lentur pada tumpuan

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

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

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

Keterangan :

As = luas tulangan tarik non-prategang (mm)

ρ = rasio penulangan tarik non-prategang

b_{eff} = lebar efektif balok (mm)

d = jarak dari serat tekan (mm)

4. Tulangan geser rencana

$$V_c = \left(\frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \right) \times b_w \times d \quad (\text{SNI 03 - 2847 - 2002 hal.89})$$

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

$V_u \leq \emptyset V_n$

$$V_{sperlu} = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

(Dipohusodo, hal.116)

$V_n = V_c + V_s$

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

(Dipohusodo, hal. 114)

$$\frac{3A_v f_y}{b_w} \quad \text{.....(SNI-2847-2002 Pasal 13.5 hal.93)}$$

Keterangan :

- V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton (Nmm)
- V_u = kuat geser terfaktor pada penampang (Nmm)
- V_n = kuat geser nominal (Nmm)
- V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser
- A_v = luas tulangan geser pada daerah sejarak s (mm)
- d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik (mm)
- f_y = mutu baja (Mpa)
- b_w = lebar balok (mm)

2.5.6 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. (Dipohusodo, 1994:287)

Adapun urutan-urutan dalam menganalisis kolom :

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

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

Keterangan :

- U = beban terfaktor pada penampang (Kg/m)
- D = kuat beban aksial akibat beban mati (Kg/m)
- L = kuat beban aksial akibat beban hidup (Kg/m)

(Dipohusodo hal. 40)

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

$$Mu = 1,2 MDL + 1,6 MLL$$

Keterangan :

Mu = momen terfaktor pada penampang (Nmm)

MDL = momen akibat beban mati (Nmm)

MLL = momen akibat beban hidup (Nmm)

(Dipohusodo, hal. 40)

4. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi.

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

Keterangan :

β = rasio bentang bersih arah memanjang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat (mm)

(Gideon hal.186)

5. Modulus Elastisitas

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

$f'c$ = kuat tekan beton (Mpa)

6. Nilai kekakuan kolom dan balok

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

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

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

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

(Gideon hal.186)

7. Nilai eksentrisitas

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

Keterangan :

e = eksentrisitas

M_u = momen terfaktor pada penampang (Nmm)

P_u = beban aksial terfaktor pada eksentrisitas (N/mm)

(Dipohusodo, hal.302)

8. Menentukan Ψ_a dan Ψ_b

$$\varphi = \frac{\left(\frac{E.I_k}{I.I_k} \right)}{\left(\frac{E.I_b}{E.I_b} \right)}$$

(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 tidak ditopang (mm)

r = jari-jari putaran potongan lintang komponen struktur tekan (mm)

- 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

$$M_c = \delta_b \times M_{2b} + \delta_s \times M_{2s}$$

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

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

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

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

Keterangan :

M_c = momen rencana yang diperbesar (Nmm)

δ = faktor pembesaran momen

P_u = beban rencana aksial terfaktor (N/mm)

P_c = beban tekuk Euler (N/mm)

(Dipohusodo, hal.335)

11. Desain penulangan

Hitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 2% luas kolom

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{bxd} \quad \rightarrow A_s = A_s'$$

(Dipohusodo hal.325)

12. Tentukan tulangan yang dipakai

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

13. Memeriksa P_u terhadap beban seimbang

$$d = h - d'$$

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

$$a_b = \beta_1 \cdot Cb$$

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

$$f_s' = f_y$$

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

$$\phi P_n = P_u \rightarrow \text{beton belum hancur pada daerah tarik}$$

$$\phi P_n < P_u \rightarrow \text{beton hancur pada daerah tarik}$$

(Dipohusodo hal. 324)

14. Memeriksa kekuatan penampang

- Akibat keruntuhan tarik

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

- Akibat keruntuhan tekan

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

Keterangan :

ρ = rasio penulangan tarik non-prategang

ρ' = rasio penulangan tekan non-prategang

A_s = luas tulangan tarik non-prategang (mm)

A_s' = luas tulangan tekan non-prategang (mm)

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik
(mm)

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

b = lebar daerah tekan komponen struktur (mm)

h = diameter penampang (mm)

f_c' = mutu beton (Mpa)

f_y = mutu baja (Mpa)

e = eksentrisitas

(Dipohusodo hal.320 dan 322)

2.6 Sloof

Sloof adalah balok yang menghubungkan pondasi sebagai tempat menyalurkan beban dinding

Adapun urutan-urutan dalam menganalisis sloof :

1. Tentukan dimensi sloof
2. Tentukan pembebanan pada sloof

- Berat sendiri sloof
- Berat dinding dan plesteran

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

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

Keterangan :

U = beban terfaktor per unit panjang (N/mm)

D = beban mati (N/mm)

L = beban hidup (N/mm)

(Dipohusodo, hal. 40)

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

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

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

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

A_s = luas tulangan tarik non-prategang

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

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

Penulangan lentur pada tumpuan

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

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

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

Keterangan :

A_s = luas tulangan tarik non-prategang (mm^2)

ρ = rasio penulangan tarik non-prategang

b_{eff} = lebar efektif balok (mm)

d = jarak dari serat tekan terluar (mm)

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)

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

(Dipohusodo, hal.113)

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$V_n = V_c + V_s$$

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

(Dipohusodo, hal. 114)

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

(Dipohusodo, hal.122)

Keterangan :

V_c	= kuat geser nominal yang disumbangkan beton (Nmm)
V_u	= kuat geser terfaktor pada penampang (Nmm)
V_n	= kuat geser nominal (Nmm)
V_s	= kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser (Nmm)
A_v	= luas tulangan geser pada daerah sejarak s (mm)
d	= jarak dari serat tekan terluar (mm)
f_y	= mutu baja (mm)

2.7 Pondasi

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

a. Jenis-jenis Pondasi

1. 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 :

a) 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.

b) Pondasi Tapak Menerus

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

c) Pondasi Tapak Gabungan

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

2. Pondasi Dalam (*Deep Footing*)

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

- 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 :

- Melakukan test "*boring*" untuk menentukan kedalaman tanah keras dan klasifikasi panjang tiang pancang, sesuai pembebanan yang telah diperhitungkan.
- Melakukan pengeboran tanah dengan mesin pengeboran tiang pancang.
- 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 untuk jenis pondasi yang dipilih adalah pondasi dalam dengan jenis tiang *mini pile*.

Adapun urutan-urutan dalam menganalisis pondasi :

1. Menentukan beban-beban yang bekerja pada pondasi
2. Menentukan diameter tiang yang digunakan
3. Menentukan jarak tiang yang digunakan
 $1,5D < s < 3,5D$
4. Menentukan efisiensi kelompok tiang
5. Persamaan dari Uniform Building Code :

$$Eff.\eta = 1 - \frac{\theta}{90} \left\{ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{m.n} \right\} \quad (\text{Sardjono hal. 61})$$

Keterangan :

m = jumlah baris (bh)

n = jumlah tiang dalam satu baris (bh)

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

d = diameter tiang (mm)

s = jarak antara tiang (as ke as) (mm)

6. Menentukan daya dukung ijin 1 tiang pancang

$$Q_{tiang} = \frac{A_{tiang} \times P}{3} + \frac{Oxc}{5} \quad (\text{Sardjono hal.65})$$

Keterangan :

Qtiang = daya dukung ijin tiang (kg)

Atiang = luas penampang tiang (cm²)

P = nilai konus dari hasil sondir (kg/cm²)

O = keliling penampang tiang pancang (cm)

c = harga cleef rata-rata (kg/cm²)

7. Menentukan kemampuan tiang terhadap sumbu X dan sumbu Y

$$P_{\max} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{\max}}{n_y \cdot \sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{\max}}{n_x \cdot \sum Y^2} \quad (\text{Sardjono hal.55})$$

Keterangan :

P_{\max} = beban yang diterima oleh tiang pancang

$\sum V$ = 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 pancang

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

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

N_y = banyaknya tiang pancang dalam satu baris sumbu Y

N_x = banyaknya tiang pancang dalam satu baris sumbu X

$\sum X^2$ = jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang

$\sum Y^2$ = jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang Pancang

2.6 Pengelolaan Proyek

2.6.1 Definisi

Manajemen proyek adalah penerapan dari pengetahuan, keahlian, peralatan dan cara-cara yang digunakan untuk kegiatan proyek guna memenuhi kebutuhan dan kepuasan dari pengguna proyek.

2.6.2 Rencana Kerja dan Syarat-syarat

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.

2.6.3 Volume Pekerjaan

Volume Pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada, dan dihitung dalam setiap jenis pekerjaan. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar dapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek.

2.6.4 Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Guna dari harga satuan ini agar dapat mengetahui harga-harga satuan tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari hasil perkalian dengan volume pekerjaan. Analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

2.6.5 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah pekerjaan bentuk bangunan yang memenuhi syarat, menentukan biaya dan menyusun tata cara pelaksanaan teknik dan administrasi. Tujuan RAB adalah untuk memberikan gambaran yang pasti mengenai bentuk konstruksi, besar biaya dan pelaksanaan atau penyelesaian.

2.6.6 Rencana Pelaksanaan

a. NWP (*Network Planning*)

Dalam menyelesaikan pekerjaan konstruksi dibutuhkan suatu perencanaan waktu yang akan diperlukan untuk menyelesaikan tiap bagian pekerjaan yang akan dilaksanakan. NWP adalah suatu alat pengendalian pekerjaan di lapangan yang ditandai dengan simbol tertentu berupa urutan kegiatan dalam suatu proyek yang berfungsi untuk memperlancar pekerjaan.

b. *Barchart*

Menguraikan tentang uraian setiap pekerjaan mulai dari tahap awal sampai berakhirnya pekerjaan. bobot pekerjaan dan waktu pelaksanaan pekerjaan.

c. 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.