

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 kuat, kaku, bentuk yang serasi, dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang ekonomis tetapi tidak mengurangi mutu bangunan tersebut, sehingga dapat digunakan sebagaimana fungsinya.

2.2. Ruang Lingkup Perencanaan

Ruang lingkup dari perencanaan bangunan gedung ini meliputi beberapa tahapan yaitu persiapan, studi kelayakan, mendesain bangunan (perencanaan), dilanjutkan dengan perhitungan struktur, lalu perhitungan biaya, dan progress kerja yang diwujudkan melalui NWP dan kurva S.

2.2.1. Perencanaan Konstruksi

Pada penyelesaian perhitungan untuk perencanaan bangunan gedung penulis mengambil acuan pada referensi yang berisi mengenai peraturan dan tata cara perencanaan bangunan gedung, seperti berikut:

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

Pedoman ini dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum, 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 Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, (SNI 03-1729-2002).*

Dibuat oleh BSN, buku ini yang memuat seluruh peraturan-peraturan konstruksi baja yang digunakan secara ekonomis dan aman.

3. *Perencanaan Struktru Baja dengan Metode LFRD edisi Kedua (bedasarakan SNI 03-1729-2002)*

Dibuat tulis oleh Agus Setiawan, buku ini berisi penjelasan mengenai tata cara perencanaan sambungan las pada baja profil

4. *Kontruksi Baja I jilid 1, 1992.*

Oleh Ir. Gunawan Theodosius. Buku ini memuat soal dan penyelesaian serta tabel dimensi profil-profil baja yang digunakan dalam kontruksi baja.

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

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.

6. *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.

7. *Struktur Beton Bertulang berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI oleh Istimawan Dipohusodo*

Dalam buku ini, dijelaskan mengenai langkah-langkah dan contoh perhitungan struktur beton, mulai dari perhitungan plat, kolom, dan balok, mendesain serta menentukan dimensi.

8. *Analisis dan Desain Beton Bertulang menurut SNI 03-2847-2002 oleh Amrinsyah Nasution*

Buku ini juga menjelaskan mengenai langkah-langkah dan contoh perhitungan struktur beton, mulai dari perhitungan plat, kolom, dan balok, mendesain serta menentukan dimensi namun dengan SNI yang lebih baru yaitu SNI 03-2847-2002.

9. *Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang oleh W.C. Vis dan Gideon Kusuma*

Buku ini memuat pengertian-pengertian umum dan perhitungan gaya yang terjadi pada konstruksi beton. Buku ini juga berisi penjelasan mengenai Grafik dan Tabel Pelat ataupun Kolom yang digunakan dalam perhitungan struktur beton bertulang.

10. *Pondasi Tiang Pancang Jilid I, 1988.*

Buku ini memuat pengertian dan penjelasan mengenai perencanaan pondasi tiang pancang.

2.2.2. Klasifikasi Pembebanan

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

- 1) Beban 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).

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).

(1) 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°.

(2) 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).

(3) 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.

2.3. Metode Perhitungan

Berikut adalah metode perhitungan yang akan digunakan dalam perhitungan konstruksi. Metode-metode tersebut diambil berdasarkan acuan yang digunakan.

2.3.1 Rangka Atap

Rangka atap adalah suatu bagian dari struktur gedung yang berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan penutup atap sehingga dalam perencanaan, pembebanan tergantung dari jenis penutup atap yang digunakan.

A. Pembebanan

Pembebanan yang bekerja pada rangka atap adalah :

1. Beban Mati

Beban mati adalah beban dari semua bagian atap yang tidak bergerak, beban tersebut adalah :

- Beban sendiri kuda-kuda
- Beban penutup atap
- Beban gording
- Beban plafond dan penggantung

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang terjadi akibat pengerjaan maupun akibat penggunaan gedung itu sendiri, termasuk di dalamnya adalah :

- Beban pekerja
- Beban air hujan
- Beban angin

B. Gording

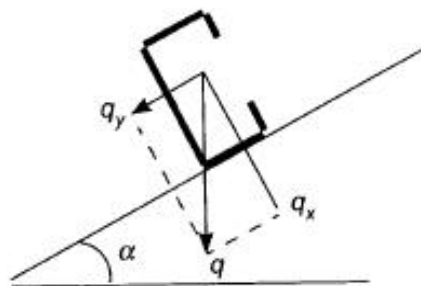
Gording adalah balok atap sebagai pengikat yang menghubungkan antar kuda-kuda. Gording juga menjadiudukan untuk kasau dan balok jurai dalam. Berikut dasar-dasar perhitungan yang digunakan dalam perhitungan gording :

1. Peraturan Pembebanan Bangunan untuk Rumah dan Gedung (SKBI- 1.3.53.1987). Memuat dan menjelaskan mengenai ketetapan beban-beban yang harus diperhitungkan dalam perencanaan suatu bangunan.

2. Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung SNI 03-1729-2002. memuat dan menjelaskan mengenai syarat-syarat serta ketentuan atau standarisasi yang harus dipakai dalam perencanaan, khususnya perencanaan baja di Indonesia.

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

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



Gambar 2.1
Analisa Pembebanan Pada Gording

- a) Pembebanan Akibat beban mati

Dimana, $q_x = q \cos \alpha$

$$q_y = q \sin \alpha$$

Dimana, $M_x = \frac{1}{8} \cdot q_x \cdot l^2$

$$M_y = \frac{1}{8} \cdot q_y \cdot l^2$$

- b) Pembebanan akibat beban hidup

Dimana, $P_x = P \cos \alpha$

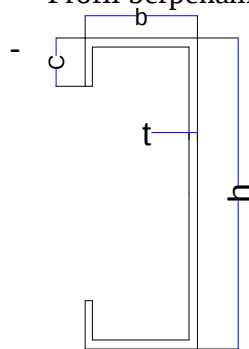
$$P_y = P \sin \alpha$$

Dimana, $M_{ux} = 1,2 M_{xD} + 1,6 M_{xL}$

$M_{xy} = 1,2 M_{yD} + 1,6 M_{yL}$

c) Kekuatan Penampang

- Profil berpenampang kompak jika, $\lambda \leq \lambda_p$
- Profil berpenampang tidak kompak jika, $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$
- Profil berpenampang langsing jika, $\lambda > \lambda_r$



Cek kelangsingan pelat badan : (sni 03-1729-2002, tabel 7.5-1 (2002:29))

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

$$\lambda_p = \frac{1.680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda_r = \frac{2.250}{\sqrt{f_y}}$$

Cek kelangsingan pelat sayap : (sni 03-1729-2002, tabel 7.5-1 (2002:29))

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

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

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

Momen Nominal

- Kuat lentur nominal jika penampang kompak, $\lambda \leq \lambda_p$:

$$M_{nx} = Z_x \cdot f_y$$

$$M_{ny} = Z_y \cdot f_y$$

- Kuat lentur nominal jika penampang tidak kompak $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$:

$$M_{nx} = M_{yx} + M_{px} - M_{yx} \frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p}$$

$$M_{ny} = M_{yy} + M_{py} - M_{yy} \frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p}$$

- Kuat lentur nominal untuk penampang langsing $\lambda > \lambda_r$:

$$M_{nx} = M_{yx} \left(\frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} \right)^2 \quad ; \quad M_{ny} = M_{yy} \left(\frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} \right)^2$$

Setelah semua momen dihitung maksimum, maka diperiksa kekatang penampang berdasarkan kombinasi pembebanan yang terjadi dengan menggunakan rumus :

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \leq 1$$

Dengan :

M_{nx} dan M_{ny} = kuat lentur nominal penampang arah x dan y

M_{ux} dan M_{uy} = momen lentur perlu terhadap arah x dan y

ϕ_b (faktor reduksi) = 0,9

C. Kuda-kuda

Kuda-kuda diperhitungkan terhadap pembebanan :

1) Beban mati

- Beban kuda-kuda
- Beban gording
- Beban penutup atap

Beban diatas kemudian dikombinasikan yang menjadi beban mati.

2) Beban hidup

- Beban air hujan
- Beban angin tekan dari sebelah kiri
- Beban angin hisap dari sebelah kanan

Pada masing-masing beban diatas (1 dan 2) s kemudian dapat dicari gaya-gaya batangnya. Perhitungan konstruksi rangka dapat dihitung :

- 1) Cara grafis, terdiri dari :
 - a. Keseimbangan titik simpul
 - b. *Cremona*

Dimana kedua cara ini harus menggunakan skala gaya dan skala jarak.

- 2) Cara analisis, terdiri dari :
 - a. Keseimbangan titik simpul

Keseimbangan titik simpul ini harus memenuhi persyaratan :

- (1) Batang–batang harus kaku dan simpul.
- (2) Sambungan pada titik buhul/simpul engsel tidak terjadi geseran.
- (3) Penyambungan batang adalah sentris yakni sumbu–sumbu batang bertemu pada satu titik.
- (4) Pembebanan yang menyebar dapat dipindahkan pada titik simpul yang bersangkutan.

b. Ritter

Cara ini biasanya digunakan untuk mengontrol pekerjaan dari cara *cremona* dan langsung menghitung gaya batang yang lain. Cara memotong rangka konstruksi harus benar-benar lepas satu sama lain. Gaya–gaya terpotong yang belum diketahui arah besarnya maka dianggap gaya tarik

D. Kontrol dimensi batang kuda-kuda

Batang kuda-kuda, baik batang tarik maupun batang tekan harus dikontrol terhadap kombinasi gaya-gaya yang terjadi. Gaya batang yang terjadi tidak boleh melebihi kuat tarik atau tekan izin dari batang tersebut.

- 1) Menurut SNI 03-1729-2002 pasal 9.1 (2002:55), komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor (N_u) harus memenuhi :

$$N_u \leq \phi N_n$$

Dimana :

ϕ adalah faktor reduksi kekuatan = 0,9

N_n adalah kuat tekan nominal komponen struktur yang ditentukan pada pasal 7.6.2 :

$$N_n = \frac{A_g \cdot f_y}{w}$$

Faktor tekuk (w) ditentukan dengan :

untuk $\lambda_c \leq 0,25$, maka $w = 1$

untuk $0,25 < \lambda_c < 1,2$, maka $w = 1,43 / (1,6 - 0,7 \lambda_c)$

untuk $\lambda_c \geq 1,2$, maka $w = 1,25^2$

Parameter kelangsingan (λ_c) ditentukan dengan :

$$\lambda_c = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{L_k}{r} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E_s}}$$

Panjang tekuk (L_k) ditentukan dengan :

$$L_k = L \cdot K_c$$

Nilai K_c adalah:

- a) 0,5 jika kedua ujung komponen terjepit.
- b) 0,7 jika satu ujung komponen terjepit dan ujung lainnya sendi.
- c) 1,0 jika kedua ujung komponen berupa sendi.
- d) 2,0 jika salah satu komponen terjepit dan ujung lainnya bebas.

2) Untuk komponen struktur tarik, nilai $L_k/r < 200$

Menurut SNI 03-1729-2002 pasal 10.1 (2002:70), komponen struktur yang mengalami gaya tarik aksial terfaktor (N_u) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

$$N_u < N_n \quad (\phi = 0,9 ; N_n = A_g \cdot f_y)$$

$$N_u < N_n \quad (\phi = 0,75 ; N_n = A_e \cdot f_u)$$

Dimana A_g = luas penampang bruto profil baja mm^2

A_e = luas penampang efektif (mm^2)

F_u = tegangan tarik putus (Mpa)

F_y = tegangan leleh baja (Mpa)

Ketentuan penampang efektif menurut SNI-03-1729-2002 pasal 10.2 (2002:70)

d = diameter lubang (mm)

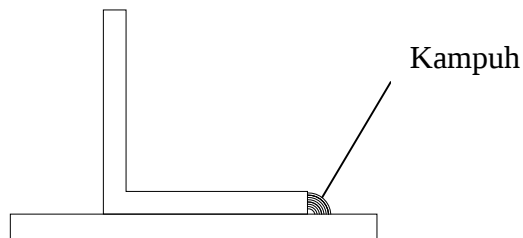
t = tebal penampang (mm)

E. Sambungan

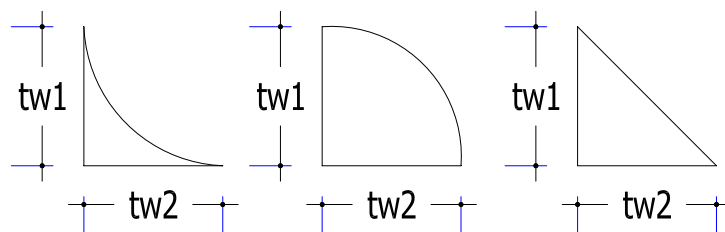
1) Sambungan Las

Pengelasan untuk konstruksi sipil harus dilakukan dengan las listrik

- a. Las Sudut ditentukan dengan panjang kaki las. Panjang kaki las harus ditentukan sebagai tw_1 dan tw_2 dari sisi yang terletak sepanjang kaki segitiga yang dibentuk dalam penampang melintang las.



Gambar 2.2
Las Sudut



Gambar 2.3
Macam-macam las sudut (Cekung, Cembung dan Datar)

$tw_1 = tw_2$ = las sama kaki

Tebal las = $tw_1 = 0,707$

Tabel 2.1 tebal 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 03-1729-2002 pasal 13.5-2 (2002:108)

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

$$R_u \leq R_{nw} \text{ dengan,}$$

$$\Phi f R_{nw} = 0,75tt \text{ (0,6 } f_{uw} \text{) (las)}$$

$$\Phi f R_{nw} = 0,75tt \text{ (0,6 } f_u \text{) (bahan dasar)}$$

Dengan $\Phi f = 0,75$ faktor reduksi kekuatan saat fraktur

Keterangan :

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

f_u adalah tegangan tarik putus bahan dasar, Mpa

tt adalah tebal rencana las, mm

(diatur dalam tata cara perencanaan baja untuk bangunan gedung SNI 03-1729-2002 pasal 13.5.10.hal 110)

Dari kedua perhitungan kuat rencana las sudut diatas diambil nilai yang paling kecil untuk mencari nilai L_w

$$\Phi R_{nw} \cdot L_w \geq R_u$$

$$L_w = \frac{R_u}{\Phi R_{nw}}$$

Kemudian cek gaya-gaya pada penampang dengan menggunakan persamaan;

$$R_{u1} + R_{u2} = R_u$$

Sehingga

$$L_{w_{total}} = l_{w1} + l_{w2}$$

$$L_{w1} = \frac{R_{u1}}{\Phi R_{nw}}$$

2.3.2 Struktur Baja

Baja adalah salah satu dari bahan konstruksi yang paling penting yang mempunyai sifat utama dalam penggunaan konstruksi yang berkekuatan tinggi dibandingkan terhadap setiap bahan lainnya dan juga memiliki sifat keliatan (*ductility*) yang mempunyai kemampuan untuk berdeformasi secara nyata baik dalam tegangan maupun dalam kompresi.

Karakteristik dari baja struktur :

Tabel 2.1 Sifat mekanis baja struktural

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, f_u (Mpa)	Tegangan leleh minimum, f_y (Mpa)	Peregangan minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

(Sumber: Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03- 1729-2002, 11)

Tegangan putus dan leleh untuk perencanaan tidak boleh diambil melebihi nilai yang ada ditabel tersebut. Sifat-sifat mekanis baja lainnya yang ditetapkan sebagai berikut (Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 halaman 9) :

$$E \text{ (Modulus Elastisitas)} = 200.000 \text{ MPa}$$

$$G \text{ (Modulus Geser)} = 80.000 \text{ MPa}$$

$$\mu \text{ (Nisbah Poisson)} = 0,3$$

$$\alpha \text{ (Koefisien Pemuaian)} = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$$

Untuk penampang yang mempunyai perbandingan lebar terhadap tebalnya lebih kecil daripada nilai λ_r , daya dukung nominal komponen struktur tekan dihitung sebagai berikut (Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002 halaman 27) :

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \frac{f_y}{w} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$f_{cr} = \frac{f_y}{w} \dots\dots\dots(2.2)$$

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

Untuk $0,25 < \lambda_c < 1,2$ maka $w = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c}$

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

2.3.2 Pelat

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

1. Pelat Atap

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

Beban-beban yang bekerja pada pelat atap, yaitu:

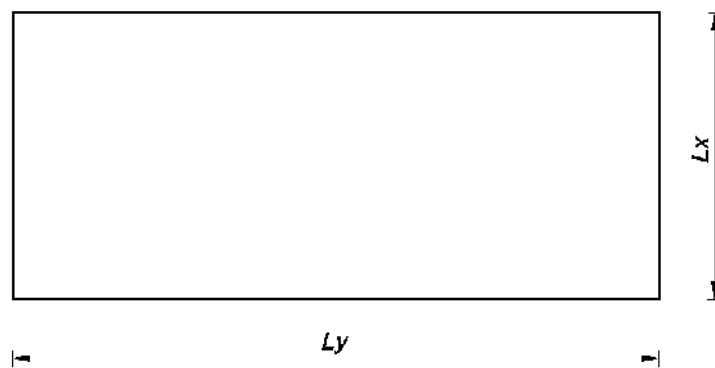
- a) Beban Mati (W_D)
 - Bebat sendiri pelat atap
 - Berat mortar
- b) Beban Hidup (W_L)
 - Beban hidup untuk pelat atap diambil 100 kg/m^2
(PPPRG 1987 hal.7 Pasal 2.1.2.2 ayat (1))

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 2.4
Pelat Satu Arah

Keterangan:

L_y, L_x = panjang pelat

$$\frac{L_y}{L_x} \geq 2$$

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 2.3 dan untuk selimut beton pada tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.3 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	$\ell / 20$	$\ell / 24$	$\ell / 28$	$\ell / 10$
Balok atau pelatrusuksatu arah	$\ell / 16$	$\ell / 18,5$	$\ell / 21$	$\ell / 8$

*Sumber : Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Bangunan Gedung (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 $1500 - 2000 \text{ kg/m}^3$, nialai 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 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).

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

$$WDD = \text{Jumlah beban Mati Pelat (KN/m)}$$

$$WLL = \text{Jumlah beban Hidup Pelat (KN/m)}$$

- 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 tulangannya hanya direncanakan untuk memikul gaya-gaya dalam satu arah, selama:

- 1) Jumlah minimum bentang yang ada haruslah minimum dua,
 - 2) 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,
 - 3) Beban yang bekerja merupakan beban terbagi rata,
 - 4) Beban hidup per satuan panjang tidak melebihi tiga kali beban mati per satuan panjang, dan
 - 5) 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 2.2 berikut:

Tabel 2.4 : Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan berikut :

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

*Sumber : Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Bangunan Gedung (SNI-03-2847-2002 hal 41)

- e. Menghitung k_{perlu}

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

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 2002 Pasal 11.3, butir ke- 2 hal 61)

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

Jika ρ , maka pelat dibuat lebih tebal.

- g. Hitung A_s yang diperlukan.

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

A_s = Luas tulangan (mm²)

ρ = rasio penulangan

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

- h. 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%..... 0,0018x400/fy

- 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 2.5

Tabel 2.5 : Tebal Minimum dari Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan Leleh f_y^a (Mpa)	Tanpa Penebalan ^b			Dengan Penebalan ^b		
	Panel Luar		Panel Dalam	Panel Luar		Panel Dalam
	Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir ^c		Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir ^c	
300	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

^a Untuk tulangan dengan tegangan leleh diantara 300 Mpa dan 400 Mpa atau di antara 400 Mpa dan 500 Mpa, gunakan interpolasi linear.

^b Penebalan panel didefinisikan dalam 15.3 (7(1)) dan 15.3(7(2))

^c Pelat dengan balok diantara kolom-kolomnya di sepanjang tepi luar.

Nilai α untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8

*Sumber : Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI-03-2847-2002 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 :

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

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

3. Mencari α_m dari masing-masing panel

Mencari α_m 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.

$$a_1 = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}}$$

$$am = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}{n}$$

(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 meter

M_y = momen sejauh Y meter

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

Tentukan nilai $K = \frac{Mu}{fb.d^2}$ untuk mendapatkan nilai ρ (rasio tulangan) yang didapat dari tabel.

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

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

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

(Dipohusodo hal. 37 & 39)

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

Keterangan : k = faktor panjang efektif

M_u = momen terfaktor pada penampang

ϕ = faktor reduksi kekuatan (0,8)

b = lebar daerah tekan komponen struktur

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

$\rho_{\min}$ = rasio penulangan tarik non-prategang minimum

A_s = luas tulangan tarik non-prategang

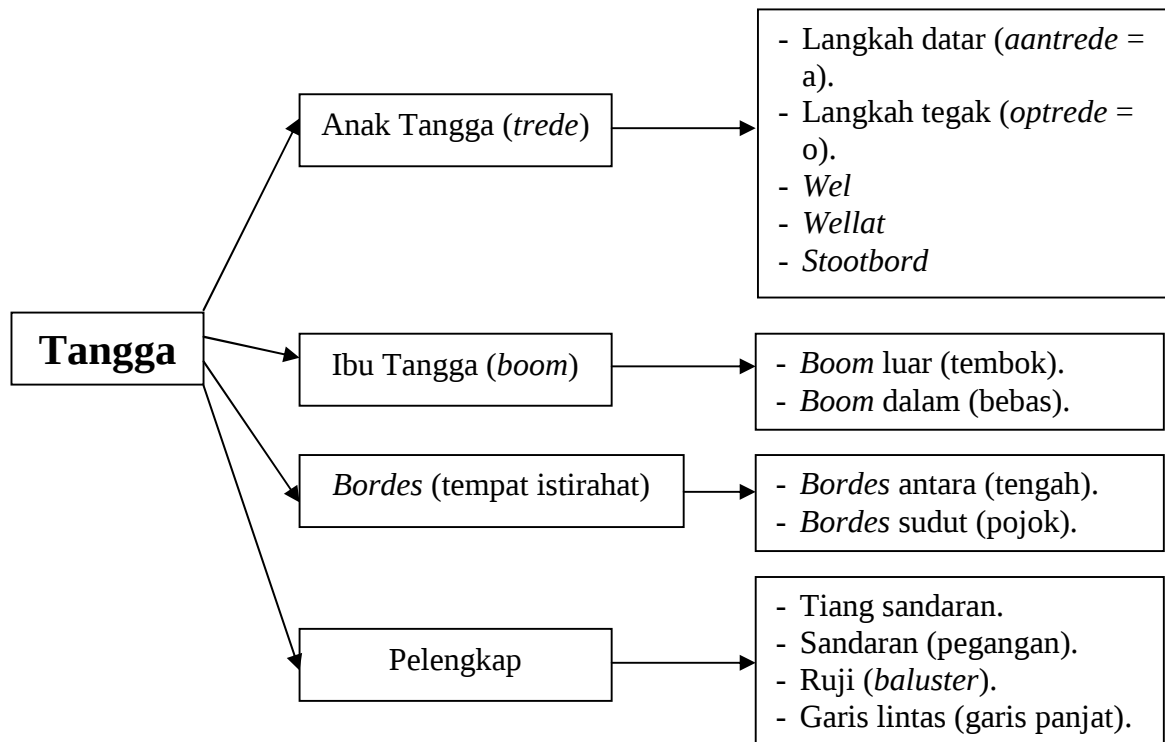
f_y = mutu baja

f_c' = mutu beton

2.3.3 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

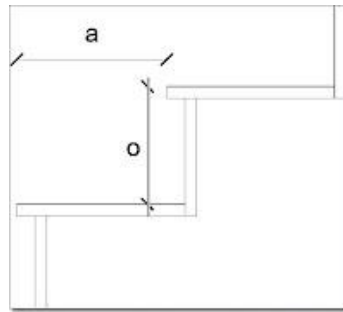
dengan lantai yang ada di atasnya dalam suatu kegiatan, maka digunakan alat penghubung tangga. Tangga terdiri dari anak tangga dan pelat tangga.



Gambar 2.5
Nama Bagian dan Susunan Tangga
(Sumber: Ilmu Bangunan Gedung)

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.



Gambar 2.6
Antrede dan Optrede anak tangga

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.

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 2.6 : Jenis-jenis Bahan Untuk Tangga

No.	Bahan	Tinjauan	
		Keuntungan	Kerugian
1	Kayu	- Bahannya mudah didapat. - Bobotnya ringan. - Relatif lebih murah. - Indah bila dipropil dan dipolitur. Untuk tangga rumah tinggal, villa, tangga sementara.	- Konstruksi agak sulit dibuat kaku. - Lama pengerjaannya. - Lekas aus dan mudah dimakan rayap. - Licin dilalui bila tanpa makai alas/karpet.
2	Baja	- 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	- Mudah dibentuk sesuai selera. - Kokoh, stabil. - Tidak mudah aus maupun terbakar. - Tidak licin. - Banyak digunakan untuk tangga rumah tinggal yang permanen atau tempat keramaian lainnya.	- Bobotnya tinggi $\pm 2,4$ ton per m³. - Harganya mahal. - Pengerjaannya lama karena memerlukan bekisting. - Proses pengikatan dan pengeringan cukup lama ± 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 m³. - Konvensional/kuno.

*Sumber: Ilmu Bangunan Gedung, 1986

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

1. Tangga harus mudah dijalani 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
 Maksimum = 45°
 Minimum = 25°

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
 - 1) Berat sendiri bordes
 - 2) Berat sendiri anak tangga

Berat 1 anak tangga (Q) per m'

$$Q = \text{antrede} \times \text{optrede} \times 1 \text{ m} \times \gamma_{\text{beton}} \times \text{jumlah anak tangga dalam 1 m}$$
 - 3. Berat spesi dan ubin
- b. Beban hidup
- 3. Perhitungan tangga dengan metode cross untuk mencari gaya-gaya yang bekerja
- 4. Perhitungan tulangan tangga
 - a. Perhitungan momen yang bekerja
 - b. Penentuan tulangan yang diperlukan
 - c. Menentukan jarak tulangan
 - d. Kontrol tulangan

2.3.4 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.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pendimensian portal adalah sebagai berikut :

1. Pendimensian balok

Tebal minimum balok ditentukan dalam SK SNI 03-2847-2002 hal. 63 adalah untuk balok dengan dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum $\ell/16$, untuk balok dengan satu ujung menerus

memiliki tebal minimum $\ell/18,5$, untuk balok dengan kedua ujung menerus memiliki tebal minimum $\ell/21$, untuk balok kantilever $\ell/8$.

2. Pendimensian kolom
3. Analisa pembebanan
4. Menentukan gaya-gaya dalam

Dalam menghitung dan menentukan besarnya momen yang bekerja pada suatu struktur bangunan, kita mengenal metode perhitungan dengan metode *cross*, takabeya, ataupun metode dengan menggunakan bantuan komputer yaitu menggunakan program SAP2000 V.14.

1. Perencanaan portal dengan menggunakan takabeya
 - a. Perencanaan portal akibat beban mati

Langkah-langkah perencanaan adalah sebagai berikut

- 1) Menentukan pembebanan pada portal
 - a) Beban hidup
 - b) Beban pelat
 - c) beban penutup lantai dan adukan
 - d) Berat balok
 - e) Berat pasangan dinding (jika ada)
 - 2) Menghitung momen inersia kolom dan balok

$$I = 1/12 b.h^3$$
 - 3) Menghitung kekakuan kolom dan balok

$$k_y = \frac{I_y}{L_y}$$
 - 4) Menghitung koefisien distribusi (ρ)

$$\rho = 2.\Sigma k_y \longrightarrow (k_y = k \text{ total pada titik yang ditinjau})$$
 - 5) Menghitung faktor distribusi (γ)

$$\gamma_y = \frac{K_y}{r_i}$$
 - 6) Menghitung momen primer (M)
 - 7) Menghitung jumlah momen primer pada tiap titik (τ)
-

$$\tau = (\Sigma \overline{M})$$

- 8) Menghitung momen goyangan (M°)

$$M^\circ = \frac{t}{r}$$

- 9) Perataan momen

$$M_i^n = \frac{t_i}{r_i} + g_{ij} \times M_i$$

- 10) Menghitung momen final

- 11) Penggambaran *freebody* dan bidang gaya dalam

- b. Perencanaan portal akibat beban hidup

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

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

2.3.5 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

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

(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

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

(Dipohusodo, hal. 40)

Keterangan : M_u = momen terfaktor pada penampang

M_{DL} = momen akibat beban mati

M_{LL} = momen akibat beban hidup

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Penulangan lentur lapangan

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

$$K = \frac{M_u}{f \cdot b \cdot d^2} \rightarrow \text{didapat nilai } r \text{ dari tabel}$$

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

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

b. Penulangan lentur pada tumpuan

$$K = \frac{M_u}{f \cdot b \cdot d^2} \rightarrow \text{didapat nilai } r \text{ dari tabel}$$

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

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

Keterangan :

A_s = luas tulangan tarik non-prategang

r = 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)

- $V_u \leq \emptyset V_n$

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

(Dipohusodo, hal.116)

- $V_n = V_c + V_s$

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

(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

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = luas tulangan geser pada daerah sejarak s

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

f_y = mutu baja

b_w = lebar balok

2.3.6 Kolom

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

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

(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.

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

(Dipohusodo, hal. 40)

Keterangan : M_u = momen terfaktor pada penampang

M_{DL} = momen akibat beban mati

M_{LL} = momen akibat beban hidup

4. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi.

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

(Gideon hal.186)

Keterangan : β = rasio bentang bersih arah memanjang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

5. Modulus Elastisitas

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'} \quad f_c' = \text{kuat tekan beton}$$

6. Nilai kekakuan kolom dan balok

$$I_k = 1/12 b h^3 \quad I_b = 1/12 b h^3$$

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

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

(Gideon hal.186)

7. Nilai eksentrisitas

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

(Dipohusodo, hal.302)

Keterangan : e = eksentrisitas

M_u = momen terfaktor pada penampang

P_u = beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan

8. Menentukan Ψ_a dan Ψ_b

$$j = \frac{\left(\frac{E \cdot I_K}{I \cdot I_K} \right)}{\left(\frac{E \cdot I_b}{E \cdot I_b} \right)}$$

(Gideon hal.188)

9. Angka kelangsingan kolom

Kolom langsing dengan ketentuan :

- rangka tanpa pengaku lateral = $\frac{Klu}{r} < 22$
- 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

$$M_c = d_b \times M_{2b} + d_s \times M_{2s}$$

$$d_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{f P_c}} \geq 1,0$$

$$d_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{f \sum P_c}} \geq 1,0$$

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

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

(Dipohusodo, hal.335 dan 336)

Keterangan : M_c = momen rencana yang diperbesar

δ = faktor pembesaran momen

P_u = beban rencana aksial terfaktor

P_c = beban tekuk Euler

11. Desain penulangan

Hitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 2% luas kolom

$$r = r' = \frac{A_s}{b \times d} \quad \rightarrow A_s = A_s'$$

(Dipohusodo hal.325)

12. Tentukan tulangan yang dipakai

$$r = r' = \frac{A_{s_{pakai}}}{b \times d}$$

13. Memeriksa P_u terhadap beban seimbang

$$d = h - d'$$

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

$$a_b = b_1 \times C_b$$

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

$$f_s' = f_y$$

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

(Dipohusodo hal. 324)

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

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

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

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

(Dipohusodo hal.320 dan 322)

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

e = eksentrisitas

2.3.7 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
 - a. Berat sendiri sloof
 - b. Berat dinding dan plesteran

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

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

Keterangan : U = beban terfaktor per unit panjang bentang balok

D = beban mati

L = beban hidup

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan
 - Tentukan $d_{eff} = h - p - \emptyset$ sengkang - $\frac{1}{2} \emptyset$ tulangan
 - $K = \frac{Mu}{f.b.d^2} \rightarrow$ didapat nilai r dari tabel

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

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
- $K = \frac{Mu}{f.b.d^2} \rightarrow$ didapat nilai r dari tabel

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

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

Keterangan :

A_s = luas tulangan tarik non-prategang

r = rasio penulangan tarik non-prategang

b_{eff} = lebar efektif balok

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

4. Tulangan geser rencana

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

(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)

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

f_y = mutu baja

2.3.8 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 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 kelapisan 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*.

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 :

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

Keterangan : m = jumlah baris
 n = jumlah tiang dalam satu baris
 $\theta = \text{Arc tan } \frac{d}{s}$ (derajat)
 d = diameter tiang
 s = jarak antara tiang (as ke as)

6. Menentukan daya dukung ijin 1 tiang pancang

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

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

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

Keterangan :	P_{max}	= beban yang diterima oleh tiang pancang
	ΣV	= 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 (pile group)
	X_{max}	= absis terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang
	Y_{max}	= ordinat terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang
	n_y	= banyaknya tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu Y
	n_x	= banyaknya tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu X
	ΣX^2	= jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang
	ΣY^2	= jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang Pancang

2.4 Pengelolaan Proyek

2.4.1 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.

2.4.2 RAB

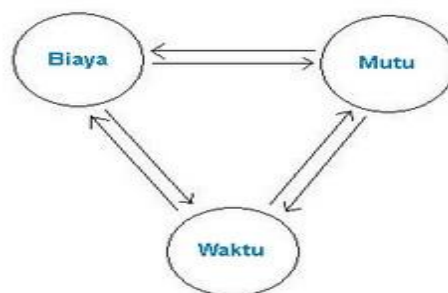
Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

2.4.3 Rencana Pelaksanaan

a. NWP (*Network Planning*)

Dalam menyelesaikan pekerjaan konstruksi dibutuhkan suatu perencanaan waktu yang akan diperlukan untuk menyelesaikan tiap pekerjaan yang akan dilaksanakan. NWP adalah suatu cara pengendalian pekerjaan lapangan yang ditandai dengan simbol tertentu berupa urutan kegiatan dalam suatu proyek yang berfungsi untuk memperlancar pekerjaan. Proyek konstruksi membutuhkan perencanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek. Tujuannya adalah menyelaraskan antara biaya proyek yang optimal mutu pekerjaan yang baik/berkualitas, dan waktu pelaksanaan yang tepat. Karena ketiganya adalah 3 elemen yang saling mempengaruhi yaitu biaya, mutu dan waktu.



Gambar 2.7
Diagram NWP

Ilustrasi dari 3 *circles* diagram diatas adalah jika biaya proyek berkurang (atau dikurangi) sementara waktu pelaksanaan direncanakan tetap, maka secara otomatis anggaran belanja material akan dikurangi dan mutu pekerjaan akan berkurang → secara umum proyek rugi. Jika waktu pelaksanaan mundur/terlambat, sementara tidak ada rencana penambahan anggaran, maka mutu pekerjaan juga akan berkurang → secara umum proyek rugi. Jika mutu ingin dijaga, sementara waktu pelaksanaan mundur/terlambat, maka akan terjadi peningkatan anggaran belanja → secara umum proyek juga rugi.

Inti dari 3 komponen proyek konstruksi tersebut adalah bagaimana menjadwalkan dan mengendalikan pelaksanaan proyek agar berjalan sesuai dengan *schedule* yang telah ditetapkan, selesai tepat pada waktunya, sehingga tidak terjadi pengurangan mutu pekerjaan atau penambahan anggaran belanja.

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.