

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

2.1.1 Standar Perancangan

Proses perancangan dan konstruksi suatu struktur bangunan pada umumnya diatur oleh suatu aturan tertentu, sesuai lokasi struktur bangunan tersebut berada. Pada umumnya tiap negara memiliki peraturan masing-masing. Di Indonesia sendiri peraturan desain struktur beton diatur dalam SNI 2847:2013 *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*, yang disusun dengan mengacu pada peraturan ACI. Konsep perancangan yang dianut oleh SNI adalah berbasis kekuatan, atau yang lebih sering dikenal sebagai metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*). Dengan menggunakan konsep ini, maka persyaratan dasar yang harus dipenuhi dalam desain adalah:

Kuat Rencana \geq Kuat Perlu

$$\phi (\text{Kuat Nominal}) \geq U \quad (2.1)$$

Kuat nominal menggambarkan tingkat kekuatan elemen struktur yang dapat dihitung dengan metode-metode konservatif yang telah distandarkan dalam peraturan, sedangkan kuat tekan perlu, U , dihitung dengan mempertimbangkan faktor beban sesuai jenis beban yang bersangkutan, seperti beban mati D , beban hidup L , beban angin W , atau beban gempa E . Persamaan 1.1 berlaku secara umum untuk setiap elemen struktur yang dihitung. Secara khusus untuk elemen struktur yang memikul momen lentur, gaya geser, dan gaya aksial, maka persamaan 1.1 dapat dituliskan secara lebih khusus sebagai berikut:

$$\phi M_n \geq M_u \quad (2.1.a)$$

$$\phi V_n \geq V_u \quad (2.1.b)$$

$$\phi P_n \geq P_u \quad (2.1.c)$$

Indeks n menunjukkan kuat momen lentur, kuat geser dan kuat aksial nominal dari elemen yang ditinjau. Indeks u menunjukkan beban

terfaktor dari momen lentur, gaya geser, dan gaya aksial yang harus dipikul oleh elemen struktur tersebut. Untuk menghitung beban terfaktor pada sisi kanan persamaan tersebut, maka besarnya masing-masing beban dikalikan dengan faktor beban yang bersesuaian dan dikombinasikan sesuai dengan standar peraturan yang berlaku.

2.1.2 Beban

Beban adalah gaya luar yang bekerja pada suatu struktur. Besar beban yang bekerja pada suatu struktur diatur oleh peraturan pembebanan yang berlaku. Beberapa jenis beban yang sering dijumpai antara lain:

- a. Beban mati adalah beban gravitasi yang berasal dari berat semua komponen gedung/bangunan yang bersifat permanen selama masa layan struktur tersebut. Tabel 2.1 menampilkan contoh berat dari komponen bangunan penting yang digunakan untuk menentukan besarnya beban mati.

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

Bahan Bangunan	Berat
Baja	7850 kg/m ³
Beton	2200 kg/m ³
Beton bertulang	2400 kg/m ³
Kayu (kelas I)	1000 kg/m ³
Pasir (kering udara)	1600 kg/m ³
Komponen Gedung	
Spesi dari semen, per cm tebal	21 kg/m ²
Dinding bata merah 1/2 batu	250 kg/m ²
Penutup atap genting	50 kg/m ²
Penutup lantai ubin semen per cm tebal	24 kg/m ²

(Sumber: Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung, 1983)

- b. Beban hidup termasuk ke dalam kategori beban gravitasi, yaitu jenis beban yang timbul akibat penggunaan suatu gedung selama masa layan

gedung tersebut. Contoh beban hidup berdasarkan fungsi suatu bangunan ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Beban Hidup pada Lantai Gedung

Kegunaan Bangunan	Berat
Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana	125 kg/m ²
Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama, rumah sakit	250 kg/m ²
Lantai ruang olah raga	400 kg/m ²
Lantai pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, ruang mesin dan lain-lain	400 kg/m ²
Lantai gedung parkir bertingkat, untuk lantai bawah	800 kg/m ²

(Sumber: Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung, 1983)

- c. Beban angin adalah beban yang timbul akibat adanya tekanan dari gerakan angin. Intensitas tekanan tiup yang direncanakan dapat diambil minimum sebesar 25 kg/m².

2.2 Dasar-dasar Perhitungan dan Perancangan

Adapun peraturan yang dipakai sebagai acuan dalam perhitungan gedung dan berbagai jenis buku, sebagai berikut:

- a. Tata Cara Perancangan Struktur Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)
- b. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG 1987).
- c. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2013)
- d. Perancangan Struktur Beton Bertulang oleh Agus Setiawan
- e. Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Revisi oleh Wulfram I. Ervianto

2.3 Struktur Atas

2.3.1 Pelat

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

a. Pelat Atap

Struktur pelat atap sama dengan struktur pelat lantai, hanya saja berbeda dalam hal pembebanannya karena beban yang bekerja pada pelat atap lebih kecil bila dibanding dengan pelat lantai.

Beban-beban yang bekerja pada pelat atap, yaitu:

1) Beban Mati (W_D)

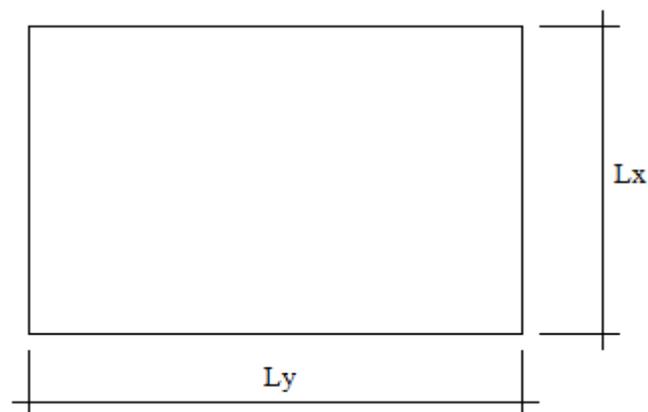
- Beban sendiri pelat atap
- Berat mortar

2) Beban Hidup (W_L)

- Beban hidup untuk pelat atap diambil 100 kg/m^2 (PPURG,1987)

b. Pelat Lantai

Pelat beton bertulang dalam suatu struktur dipakai pada lantai, pada pelat ruang ditumpu balok pada keempat sisinya. Pada perhitungan struktur menggunakan pelat dua arah (*Two Way Slab*). Contoh pelat dua arah seperti gambar 3.1



Gambar 3.1 Pelat Dua Arah

Pelat dikatakan dua arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$, dimana L_y adalah panjang sisi panjang dan L_x adalah panjang sisi pendek.

Langkah-langkah perencanaan pelat dua arah sebagai berikut :

1. Penentuan tebal minimum pelat. Tebal minimum pelat dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- Untuk $0,2 < \alpha_{fm} < 2,0$

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{fy}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$$

namun tidak kurang dari 125 mm.

- Untuk $\alpha_{fm} > 2,0$

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{fy}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$$

namun tidak kurang dari 90 mm

- Untuk $\alpha_{fm} < 0,2$

h = ketebalan minimum pelat tanpa balok (Tabel 3.1)

dengan :

ln = panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah, diukur dari muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok, dan muka kemuka balok atau tumpuan lain pada kasus lainnya (mm)

β = rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap arah pendek dari pelat dua arah

α_{fm} = nilai rata-rata α_f untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu pelat

α_f = rasio kekakuan lentur penampang balok ($E_{cb}I_b$) terhadap kekakuan lentur pelat ($E_{cs}I_s$), yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah dari pelat-pelat yang bersebelahan pada tiap sisi balok

$$\alpha_f = \frac{E_{cb}I_b}{E_{cs}I_s}$$

I_b = momen inersia bruto dari penampang balok terhadap sumbu berat, penampang balok mencakup pula bagian pelat pada

setiap sisi balok sebesar proyeksi balok yang berada di atas atau di bawah pelat, namun tidak lebih dari empat kali tebal pelat

$$\left(\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3\right)$$

I_s = momen inersia bruto dari penampang pelat

$$\left(\frac{1}{12} \cdot l_n \cdot t^3\right)$$

Tabel 3.1 Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Dalam

f_y (Mpa)	Tanpa Penebalan Panel			Dengan Penebalan Panel		
	Panel Luar		Panel Dalam	Panel Luar		Panel Dalam
	Tanpa Balok Tepi	Dengan Balok Tepi		Tanpa Balok Tepi	Dengan Balok Tepi	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

(Sumber : SNI 2847:2013)

Tebal minimum pelat tanpa balok tidak boleh kurang dari 120 mm (untuk pelat tanpa penebalan panel), atau tidak kurang dari 100 mm (untuk pelat dengan penebalan panel). Panel dengan tepi tidak menerus, maka balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α yang tidak kurang dari 0,8.

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

$$q_U = 1,2q_D + 1,6q_L$$

dengan :

q_D = beban mati pelat (KN/m)

q_L = beban hidup pelat (KN/m)

3. Mencari momen rencana pada tabel penentuan momen pelat (PBI-1971).

4. Menghitung tinggi efektif (d_{eff})

$$d_{\text{eff}x} = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan arah } x}$$

$$d_{\text{eff}y} = h - \text{tebal selimut beton} - \phi_{\text{tulangan arah } x} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan arah } y}$$

5. Menghitung ρ (rasio tulangan)

$$\rho = \frac{f_{c'}}{f_y} \left[0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \left(\frac{1,7}{\phi \cdot f_{c'}} \right) \frac{M_u}{b d^2}} \right]$$

dengan :

ρ = rasio tulangan

M_u = momen terfaktor pada penampang (KN/m)

b = lebar penampang (mm)

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

ϕ = faktor kuat tekan rencana (0,9)

6. Hitung A_s yang diperlukan.

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_x$$

dengan :

A_s = luas penampang (mm²)

b = lebar penampang (mm)

ρ = rasio penulangan

7. Dengan menggunakan tabel tulangan, pilih tulangan pokok yang akan dipasang

8. Pilih tulangan susut dan suhu

2.3.2 Tangga

Untuk umum (sekolah, kantor, bioskop, pasar dll)

- Antrade minimum 25 cm
- Optrade maksimum 17 – 20 cm

Lebar tangga :

- Untuk rumah tempat tinggal = 80 – 100 cm
- Untuk tempat umum = 120 – 200 cm

Langkah-langkah perancangan tangga :

1. Rencanakan tinggi oprade dan lebar antrade serta ketebalan pelat tangga dan pelat bordes
2. Mencari beban tangga

(a)Beban Mati :

- Berat sendiri bordes

Berat sendiri bordes = tebal pelat bordes x γ beton x 1 meter

- Berat anak tangga

Berat satu anak tangga (Q) dalam per m'

- Berat spesi dan ubin
- Berat dinding diatasnya

(b)Beban Hidup :

Beban hidup rencana minimum pada tangga gedung sekolah/ kuliah sebesar 300 kg/m².

Dari hasil perhitungan akibat beban mati dan beban hidup, maka didapat:

$$W_U = 1,2W_D + 1,6W_L$$

3. Penulangan Bordes

$$\rho = \frac{f_c'}{f_y} \left[0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \left(\frac{1,7}{\phi \cdot f_c'} \right) \frac{M_u}{bd^2}} \right]$$

dengan :

ρ = rasio tulangan

M_u = momen terfaktor pada penampang (KN/m)

b = lebar penampang (mm)

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

ϕ = faktor kuat tekan rencana (0,9)

Tulangan pokok : $A_s l = \rho \cdot b \cdot d$

$$\text{Jarak tulangan : } S = \frac{\frac{1}{4}\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_s \cdot u}$$

$$S = \frac{1}{n}$$

$$S \leq (3 \cdot h)$$

Luas tulangan : $A_s = n \cdot \frac{1}{4}\pi \cdot D^2$

Tulangan bagi : $A_{sb} = 0,002 \times b \times h$

$$\text{Jarak tulangan : } S = \frac{\frac{1}{4}\pi \cdot D^2 \cdot S}{A_s \cdot u}$$

$$S = \frac{1}{n}$$

$$S \leq (5 \cdot h)$$

Dipilih yang terkecil

Luas Tulangan : $A_s = n \cdot \frac{1}{4}\pi \cdot D^2$

4. Penulangan badan tangga

$$\rho = \frac{f_c'}{f_y} \left[0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \left(\frac{1,7}{\phi \cdot f_c'} \right) \frac{M_u}{b d^2}} \right]$$

dengan :

ρ = rasio tulangan

M_u = momen terfaktor pada penampang (KN/m)

b = lebar penampang (mm)

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

ϕ = faktor kuat tekan rencana (0,9)

Tulangan pokok : $A_s l = \rho \cdot b \cdot D$

(langkah selanjutnya seperti mencari tulangan bordes)

2.3.3 Balok

Menurut H. Ali Asroni (2010), perancangan balok dilakukan untuk menentukan balok anak dan balok induk yang akan digunakan dalam suatu struktur gedung. Sistem struktur yang menggunakan balok anak dan balok induk ini bertujuan untuk memperoleh bentangan sepanjang mungkin dengan beban mati sekecil mungkin untuk pelat atap maupun lantai, dimana pelat akan menumpu pada balok induk serta kolom sebagai penopang struktur keseluruhan.

Langkah-langkah perancangan balok :

1. Menentukan mutu beton serta dimensi balok
2. Menentukan gaya lintang balok maksimum

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

dengan :

U = gaya geser terfaktor pada penampang

D = beban mati

L = beban hidup

3. Menentukan momen desain balok maksimum

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

dengan :

M_{DL} = momen akibat beban mati

M_{LL} = momen akibat beban hidup

$$MR \max = \phi \times b \times deff \times k \max$$

4. Menentukan penulangan lentur lapangan dan tumpuan

(a) Penulangan lentur tumpuan

- Tentukan $deff = h - \text{tebal selimut beton} - \phi_{\text{sengkang}} - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan}}$

$$- \rho = \frac{f_c'}{f_y} \left[0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \left(\frac{1,7}{\phi \cdot f_c'} \right) \frac{M_u}{bd^2}} \right]$$

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

- Pilih tulangan dengan syarat $A_s \text{ terpasang} \geq A_s \text{ direncanakan}$

- Cek kelelahan

$$\epsilon_s \geq \epsilon_y$$

- Momen tahanan

$$M_r = \phi \cdot M_n \geq M_u$$

(b) Penulangan lentur lapangan

- Tentukan $d_{eff} = h - \text{tebal selimut beton} - \phi_{sengkang} - \frac{1}{2} \phi_{tulangan}$

$$\rho = \frac{f_c'}{f_y} \left[0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \left(\frac{1,7}{\phi \cdot f_c'} \right) \frac{M_u}{b d^2}} \right]$$

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

dengan:

A_s = luas tulangan tarik non prategang

b = lebar efektif

ρ = rasio penulangan tarik non prategang

d = jarak dari serat terluar ke pusat tulangan tarik

- Pilih tulangan dengan syarat $A_s \text{ terpasang} \geq A_s \text{ direncanakan}$

- Cek kelelahan

$$\epsilon_s \geq \epsilon_y$$

- Momen tahanan

$$M_r = \phi \cdot M_n \geq M_u$$

5. Menentukan tulangan geser rencana

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

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

Dasar perancangan tulangan geser adalah $V_u \leq \phi V_n$

$V_n = V_c + V_s$, sehingga $V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

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

dengan :

V_c = kuat geser nominal yang diberikan beton

V_u = kuat geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = kuat geser nominal

A_v = luas penampang tulangan geser total

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

$A_v = 2 \cdot A_s$

A_s = luas penampang tulangan sengkang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

2.3.4 Kolom

Kolom adalah salah satu komponen struktur vertikal yang secara khusus difungsikan untuk memikul beban aksial tekan (dengan atau tanpa adanya momen lentur) dan memiliki rasio tinggi/panjang terhadap dimensi terkecilnya sebesar 3 atau lebih. Adapun langkah-langkah perhitungan kolom :

1. Penentuan dimensi
2. Pembebanan kolom (gaya tekan dari sumbu dan momen)
3. Mencari tulangan kolom

(a) Cek kelangsingan kolom

$$\Psi = \frac{\sum \frac{EIK}{I_c}}{\sum \frac{EIB}{I_b}} \quad (k = \text{faktor panjang efektif})$$

Nilai k didapat dari grafik Nomogram faktor panjang efektif suatu kolom tanpa pengaku.

$$\frac{k \cdot l_u}{r} < 22 \quad (\text{Jika tidak memenuhi, maka kelangsingan diperhitungkan})$$

(b) Mencari nilai P_c (beban tekuk kolom)

$$P_c = \frac{\pi^2 \times E I k}{(k \times l_u)^2}$$

(c) Mencari nilai momen rencana terfaktor (M_c)

Nilai $C_m = 1$ (dikarenakan struktur kolom tanpa pengaku)

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 \times P_c}} \geq 1,0$$

$$M_c = \delta_{ns} \times M_u$$

(d) Tulangan pokok

Rasio penulangan 1% - 8 %

As total = $\rho \times b \times d$

(e) Tulangan geser

Jarak spasi sengkang tidak boleh lebih dari :

- 16 x diameter tulangan pokok
- 48 x diameter tulangan sengkang
- Lebar kolom

(f) Periksa P_u terhadap keadaan seimbang

$$c_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$a_b = 0,85c_b =$$

$$f's' = 600 \left(\frac{c_b - d'}{c_b} \right) > 400 \text{ MPa}$$

Sehingga $f's = f_y = 400 \text{ Mpa}$

$$P_{nb} = 0,85f_c' \cdot b \cdot a_b$$

$$\phi P_{nb} = 0,65P_n$$

Karena $\phi P_{nb} < P_u$, maka beton mengalami keruntuhan tekan

Karena $\phi P_{nb} > P_u$, maka beton mengalami keruntuhan tarik

- Periksa kekuatan penampang berdasarkan keruntuhan tekan

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

$$\phi P_n = 0,65 P_n > P_u$$

- Periksa kekuatan penampang berdasarkan keruntuhan Tarik

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

$$\phi P_n = 0,65 P_n > P_u$$

2.3.5 Sloof

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan dan perhitungan sloof, yaitu:

1. Penentuan dimensi sloof
2. Menentukan pembebanan pada sloof

- Berat sendiri sloof
- Berat dinding
- Berat plesteran

3. Perhitungan momen

4. Menentukan penulangan lentur lapangan dan tumpuan

(a) Penulangan lentur tumpuan

- Tentukan $d_{eff} = h - \text{tebal selimut beton} - \phi_{sengkang} - \frac{1}{2} \phi_{tulangan}$

$$\rho = \frac{f_c'}{f_y} \left[0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \left(\frac{1,7}{\phi \cdot f_c'} \right) \frac{M_u}{bd^2}} \right]$$

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

dengan:

A_s = luas tulangan tarik non prategang

b = lebar efektif

ρ = rasio penulangan tarik non prategang

d = jarak dari serat terluar ke pusat tulangan tarik

- Pilih tulangan dengan syarat $A_s \text{ terpasang} \geq A_s \text{ direncanakan}$

(b) Penulangan lentur lapangan

- Tentukan $d_{eff} = h - \text{tebal selimut beton} - \phi_{sengkang} -$

$\frac{1}{2} \phi_{tulangan}$

$$\rho = \frac{f_c'}{f_y} \left[0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \left(\frac{1,7}{\phi \cdot f_c'} \right) \frac{M_u}{bd^2}} \right]$$

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

dengan:

A_s = luas tulangan tarik non prategang

b = lebar efektif

ρ = rasio penulangan tarik non prategang

d = jarak dari serat terluar ke pusat tulangan tarik

- Pilih tulangan dengan syarat $A_s \text{ terpasang} \geq A_s \text{ direncanakan}$

5. Menentukan tulangan geser rencana

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

$$V_u \leq \phi V_c \text{ (tidak perlu tulangan geser)}$$

Dasar perancangan tulangan geser adalah $V_u \leq \phi V_n$

$$V_n = V_c + V_s, \text{ sehingga } V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

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

dengan:

V_c = kuat geser nominal yang diberikan beton

V_u = kuat geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = kuat geser nominal

A_v = luas penampang tulangan geser total

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

$A_v = 2 \cdot A_s$

A_s = luas penampang tulangan sengkang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

2.3.6 Pondasi

Menurut Agus Setiawan (2016:298), Proses desain struktur pondasi memerlukan analisis yang cukup lengkap, meliputi kondisi/jenis struktur atas, beban-beban kerja pada struktur, profil dari lapisan tanah tempat bangunan/struktur tersebut berada, serta kemungkinan terjadinya penurunan (*settlement*)

Langkah-langkah perancangan pondasi tiang pancang:

1. Menentukan beban-beban yang bekerja pada pondasi
2. Menentukan dimensi-dimensi tiang pancang yang digunakan
3. Kapasitas dukung izin pondasi tiang dapat dihitung dengan rumus :

Kekuatan bahan tiang pancang

$$Q_{\text{bahan}} = 0,3 \times F_c' \times A_{\text{tiang}}$$

Kekuatan tanah

$$Q_{\text{ijin}} = \frac{A_{\text{tiang}} \times q_c}{f_b} + \frac{JHP \times \text{keliling penampang}}{f_s}$$

diambil nilai yang terkecil dari kedua Q tersebut.

dengan :

q_c = Nilai tekanan ujung konus (kg/cm^2)

A = Luas penampang pondasi (cm^2)

JHP = Daya dukung yang diijinkan (kg/cm^2)

3, 5 = Nilai factor keamanan

4. Menentukan jumlah tiang

$$Q = (P \times 10\%) + P + \text{berat poer}$$

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

5. Menentukan efisien kelompok tiang (Eg)

$$Eg = 1 - \frac{\theta}{90} \left[\frac{(n-1).m + (m-1).n}{m.n} \right] \quad \text{arc. tan } \frac{d}{s} \text{ (derajat)}$$

dengan :

Eg = efisiensi kelompok tiang

d = ukuran Pile/tiang (m)

s = jarak antar tiang (m)

m = jumlah baris tiang dalam kelompok tiang

n = jumlah kolom tiang dalam kelompok tiang

6. Penulangan tiang pancang

Penulangan tiang pancang dihitung berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkatan

(a) Tulangan pokok tiang pancang

$$\rho = \frac{f_c'}{f_y} \left[0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \left(\frac{1,7}{\phi.f_c'} \right) \frac{M_u}{bd^2}} \right]$$

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

dengan :

A_s = luas tulangan tarik non prategang

b = lebar efektif

ρ = rasio penulangan tarik non prategang

d_{eff} = jarak dari serat terluar ke pusat tulangan tarik

(b) Menentukan tulangan geser rencana

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

$$V_u \leq \phi V_c \text{ (tidak perlu tulangan geser)}$$

Dasar perancangan tulangan geser adalah $V_u \leq \phi V_n$

$$V_n = V_c + V_s, \text{ sehingga } V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

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

dengan:

V_c = kuat geser nominal yang diberikan beton

V_u = kuat geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = kuat geser nominal

A_v = luas penampang tulangan geser total

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

$A_v = 2 \cdot A_s$

A_s = luas penampang tulangan sengkang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

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.

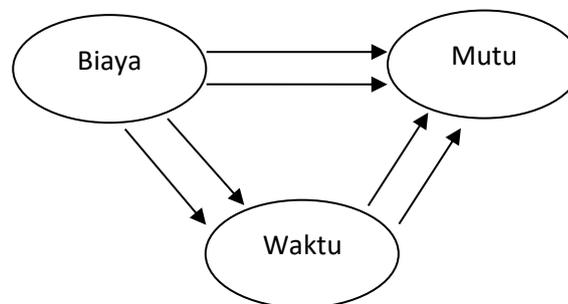
2.4.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah pekerjaan menghitung volume bangunan, menentukan biaya dan menyusun tata cara pelaksanaan teknik dan administrasi. Tujuan RAB adalah untuk memberikan gambaran yang pasti mengenai besarnya biaya pelaksanaan atau penyelesaian.

2.4.3 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 pengendali pekerjaan di lapangan yang ditandai dengan simbol tertentu berupa urutan kegiatan dalam suatu proyek yang berfungsi untuk memperlancar pekerjaan. Adapun diagram NWP seperti Gambar 2.1 berikut ini :

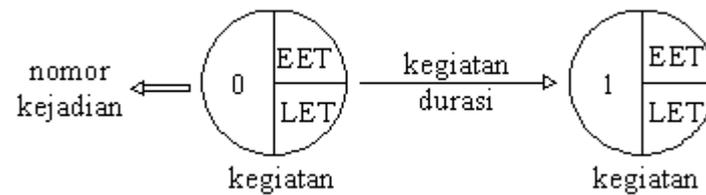


Gambar 2.1 Diagram NWP

Beberapa pedoman dalam CPM (*Critical Path Method*) adalah berikut :

- 1) Dalam penggambaran, CPM harus jelas dan mudah untuk dibaca.
- 2) Harus dimulai dari event/kejadian dan diakhiri pada event/kejadian.
- 3) Kegiatan disimbolkan dengan anak panah dan digambar garis lurus dan tidak boleh patah.
- 4) Tidak boleh terjadinya perpotongan antar anak panah.
- 5) Diantara dua kejadian, hanya boleh ada satu anak panah.
- 6) Penggunaan kegiatan semu ditunjukkan dengan garis putus-putus dan pemakaiannya seperlunya saja.

Jika digambarkan bisa dilihat melalui gambar 2.2 berikut ini :



Gambar 2.2 CPM (Critical Path Method)

b. Kurva "S"

Dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dari tahap awal sampai berakhirnya pekerjaan. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapatkan dari perbandingan harga pekerjaan dan harga total keseluruhan dari jumlah penawaran.