

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 Rumah Sakit Khusus Mata Palembang ini meliputi beberapa tahapan, antara lain :

2.2.1 Tahapan perencanaan (desain) konstruksi

Perencanaan sebuah konstruksi merupakan sebuah sistem yang sebaiknya dilakukan dengan tahapan-tahapan tertentu agar konstruksi yang dihasilkan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.

Adapun tahapan-tahapan yang dimaksud adalah :

1. Tahap Pra-perencanaan (*Preliminary Design*)

Pada tahap ini ahli struktur harus mampu membantu arsitek untuk memilih komponen-komponen struktur penting, baik dimensi maupun posisinya. Pada pertemuan pertama biasanya arsitek akan datang membawa informasi mengenai :

- a. Sketsa denah, tampak dan potongan-potongan.
- b. Penjelasan dari fungsi setiap lantai dan ruangan.
- c. Konsep awal dari sistem komponen vertikal dan horizontal dengan informasi mengenai luas tipikal dari lantai gedung dan informasi awal mengenai rencana pengaturan denah lantai tipikal, daerah *entrance*, *function room* ruang tangga dan lain-lain.
- d. Rencana dari komponen-komponen non-struktural, misalnya dinding arsitektural yang berfungsi sebagai partisi.

Berbekal dari informasi di atas seorang ahli arsitektur harus mampu memberikan masukan mengenai :

- a. Pengaturan komponen vertikal, termasuk jarak kolom, ukuran kolom dan penempatan kolom.
- b. Sistem komponen horizontal termasuk sistem balok dan sistem lantai.
- c. Sistem pondasi.
- d. Usulan mengenai komponen non-struktural.

2. Tahap Perencanaan, meliputi :

a. Perencanaan bentuk arsitektur bangunan

Dalam perencanaan arsitektur bangunan ini, seorang perencana belum memperhitungkan kekuatan bangunan sepenuhnya. Dalam perencanaan arsitektur ini, perencana merealisasikan keinginan-keinginan dari pemilik bangunan sesuai dengan desain yang diinginkannya.

b. Perencanaan struktur (konstruksi) bangunan

Dalam perencanaan struktur ini, perencana mulai menghitung komponen-komponen struktur berdasarkan dari bentuk arsitektural yang telah didapat. Perencana mulai mendimensi serta menyesuaikan komponen-komponen struktur tersebut agar memenuhi syarat-syarat konstruksi yang aman, kuat dan nyaman untuk ditempati namun masih berdasarkan prinsip-prinsip yang ekonomis.

Struktur adalah suatu kesatuan dan rangkaian dari beberapa elemen yang direncanakan agar mampu menerima beban luar maupun berat sendiri tanpa mengalami perubahan bentuk yang melampaui batas persyaratan.

Ada 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 penggunanya. Untuk itu, bahan bangunan yang nantinya akan digunakan sebagai bahan dasar dari konstruksi hendaknya memenuhi kriteria sebagai berikut :

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

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

Perhitungan perencanaan untuk bangunan struktur atas ini meliputi :

- a. Perhitungan Pelat Lantai.
- b. Perhitungan Tangga.
- c. Perhitungan Portal.
- d. Perhitungan Balok.

- e. 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:

- a. Perhitungan Sloof.
- b. Perhitungan pondasi

2.2.2 Dasar – dasar perencanaan

Dalam perencanaan bangunan, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang telah ditetapkan dan berlaku di Indonesia. Peraturan-peraturan yang dijadikan pedoman tersebut antara lain :

1. *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. *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.

3. *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.

4. *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.

5. *Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung, SNI 03-1729-2002*

Buku yang memuat seluruh peraturan-peraturan konstruksi baja yang digunakan secara ekonomis dan aman.

6. *Pondasi Tiang Pancang Jilid I, oleh Sardjono, HS.*

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

2.2.3 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 1987:1)

2. **Beban Hidup (beban sementara)**

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat pemakaian dan penghunian suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah dan atau beban akibat air hujan pada atap. Jenis beban hidup antara lain:

- **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/m^2 dan tidak perlu ditinjau apabila kemiringan atap lebih besar 50°

- 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)

- 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

Pada penyelesaian perhitungan untuk perencanaan bangunan gedung Rumah Sakit Khusus Mata Palembang ini, penulis mengambil acuan pada referensi yang berisi mengenai peraturan dan tata cara perencanaan bangunan gedung, seperti berikut:

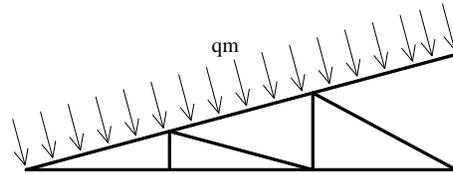
2.3.1 Rangka atap

Struktur rangka atap pada bangunan gedung Rumah Sakit khusus Mata Palembang ini menggunakan Atap Rangka baja. Berikut adalah acuan-acuan yang digunakan dalam perencanaan struktur rangka atap bangunan tersebut :

a. Beban mati

Beban mati yang diperhitungkan dalam perencanaan rangka atap gedung Rumah sakit ini adalah :

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



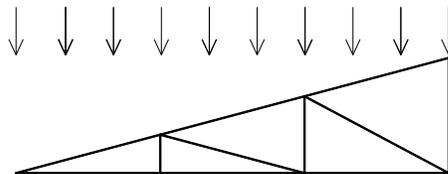
Gambar 2.1 Pembebanan Mati

b. Beban Hidup

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

- Beban pekerja
- Beban air hujan

Koefisien beban hujan = $(40 - 0,8\alpha)$ kg/m² (PPPRG 1987:7)



Gambar 2.2 Pembebanan Hidup

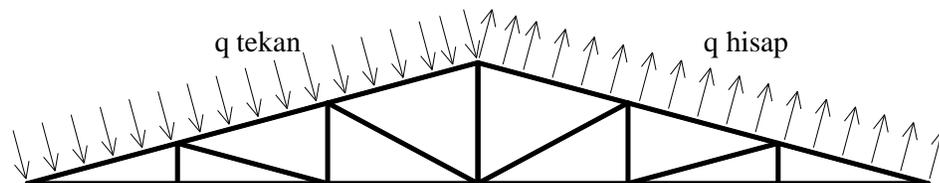
- Beban angin

Untuk atap segitiga majemuk ($\alpha < 65^\circ$)

Angin tekan = $(0,02\alpha - 0,4) w$ 2-1

Angin hisap = $w \cdot -0,4$ 2-2

$w = \min 25 \text{ kg/m}^2$ (PPIUG 1987, hal 6)



Gambar 2.3 Pembebanan Angin

c. Gording

Gording adalah balok atap yang berfungsi sebagai pengikat yang menghubungkan antar kuda-kuda. Gording juga menjadi dudukan untuk kasau dan balok jurai dalam.

Struktur gording direncanakan pembebanannya berdasarkan 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 dan terjadi momen pada sumbu x dan sumbu y yaitu M_x dan M_y .

1) Kontrol Kekuatan

$$\frac{M_{max}}{\phi \cdot b.M_{max}} + \frac{M_{uy}}{\phi \cdot b.M_{uy}} \leq 1 \quad \dots\dots\dots 2-3$$

2) Kontrol Lendutan

$$\Delta = \frac{1}{48} \cdot \left(\frac{P \cdot L^5}{E \cdot I} \right) \quad \longrightarrow \text{untuk beban terpusat ditengah bentang}$$

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

$$\Delta = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2} \leq \frac{L}{240} \quad \dots\dots\dots 2-4$$

2.3.2 Perencanaan pelat

Struktur pelat pada gedung Rumah Sakit ini 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

dibandingkan 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)
 - Beban sendiri pelat atap
 - Berat mortar
- b. Beban Hidup (W_L)
 - Beban hidup untuk pelat atap diambil 100 kg/m² (PPPRG 1987:7)

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:

1. Pelat satu arah (*One Way Slab*)
2. Pelat dua arah (*Two Way Slab*)

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan pelat beton :

1. Pelat satu arah
 - a. Penentuan tebal pelat.

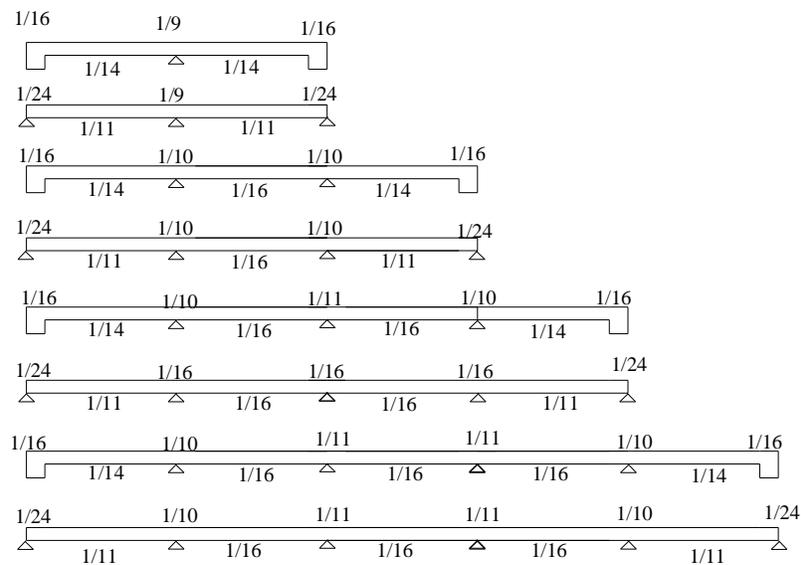
Tebal minimum yang ditentukan dalam Tabel 2.1 berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menahan atau bersatu dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan.

Tabel 2.1
Tabel Minimum Balok Atau Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung

Komponen Struktur	TEBAL MINIMUM, h			
	Dua Tumpuan	Satu Ujung Menerus	Kedua Ujung menerus	Kantilever
	Komponen tidak mendukung atau menyatu dengan partisi atau konstruksi lain yang akan rusak karena lendutan yang besar			
Pelat Masif Satu Arah	$\ell/20$	$\ell/24$	$\ell/28$	$\ell/10$
Balok Atau pelat rusuk satu arah	$\ell/16$	$\ell/18.5$	$\ell/21$	$\ell/8$

(Sumber : Tata cara perencanaan struktur beton bangunan gedung /SNI-03-2847-2002:63)

- Pembebanan pelat lantai dengan memakai metode beban terfaktor.
- Disribusi momen pelat dilakukan dengan cara tabel atau dengan perhitungan analitis.
- Pendistribusian momen dengan metode koefisien momen dengan rumus umum : $M = koefisien. Wu. l_n^2$

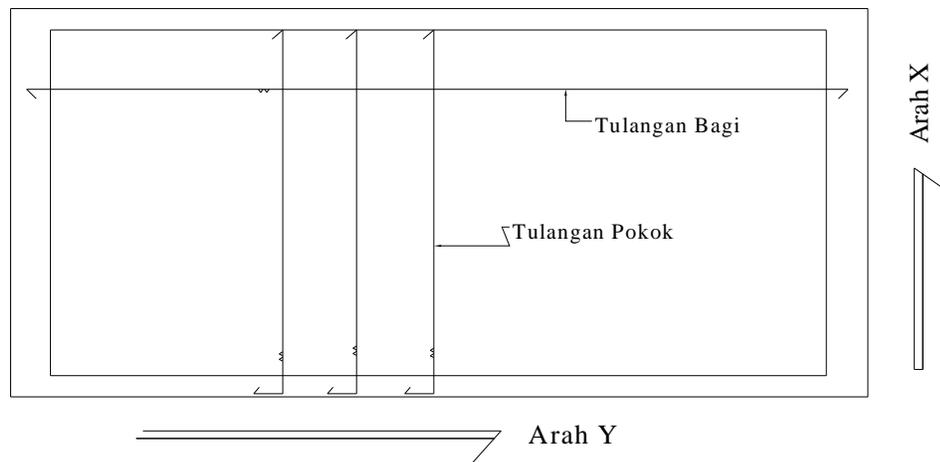


(Sumber : SK SNI T-15-1991-03)

Adapun syarat – syarat untuk menentukan distribusi gaya- gaya dalam pelat satu arah :

- Jumlah bentang paling sedikit harus dua
- Panjang bentang bersebelahan yang paling besar dibagian sebelah kiri dan kanan tumpuan, tidak boleh 1,2 kali lipat lebih besar dari panjang bentang bersebelahan yang paling pendek.
- Beban harus merupakan beban terbagi rata (distribusi)
- Beban hidup harus tiga kali lebih kecil dari beban mati
- Penggunaan koefisien momen untuk bentang dapat berdasarkan
 - a. Untuk momen lapangan : beban bersih I_n diantara tumpuan
 - b. Untuk momen tumpuan : bentang bersih rata – rata I_n pada sebelah kiri dan kanan tumpuan.

e. Penggambaran tulangan



Gambar 2.4 Penulangan Plat Satu Arah

2. Pelat dua arah

a. Penentuan tebal minimum dari pelat atau konstruksi dua arah lainnya yang direncanakan berdasarkan ketentuan yang berlaku sebagai berikut:

- 1) Ketentuan untuk merencanakan sistem pelat yang ditulangi terhadap lentur dalam arah lebih dari satu dengan atau tanpa balok diantara tumpuan.
- 2) Sistem pelat dapat ditumpukan pada kolom atau dinding. Bila ditumpu oleh kolom, maka pelebaran ujung kolom yang berupa kepala kolom atau konsol pendek yang terletak di luar lingkaran konus, piramida kanan, atau undakan miring yang bidangnya berorientasi dalam batas 45 derajat terhadap kolom, tidak boleh diperhitungkan untuk keperluan struktural.
- 3) Pelat masif dan pelat berongga atau berkantong yang dibuat dengan menggunakan cetakan pengisi permanen atau yang dapat dilepas yang dipasang diantara rusuk balok atau joist dua arah merupakan hal yang dicakup dalam ketentuan yang berlaku.
- 4) Tebal minimum plat yang direncanakan berdasarkan ketentuan yang telah ditetapkan. (SNI-03-2847-2002:63)

b. Cara perencanaan pelat dua arah yang harus diikuti.

c. Tebal minimum tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya, harus memenuhi ketentuan dari tabel 2.2.

Tabel 2.2
Tabel Minimum Dari Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan Leleh f_y (mpa)	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel Exterior		Panel interior	Panel Exterior		Panel interior
	Balok pinggir			Balok pinggir		
	Ya	Tidak		Ya	Tidak	
300	$l_n/36$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/36$	$l_n/40$
400	$l_n/33$	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/33$	$l_n/36$
500	$l_n/33$	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung /SNI-03-2847-2002:66)

- d. Tebal dari pelat dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan dan tidak boleh kurang dari nilai yang didapat dari :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 5\beta\left(\alpha_m - 0,12\left\{1 + \frac{1}{\beta}\right\}\right)}$$

Tetapi tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 9\beta}$$

Dan tidak boleh lebih dari :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36}$$

(SKSNI T-15-1991-03:18-19)

Dalam segala hal, tebal minimum pelat tidak boleh kurang dari harga berikut :

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

Untuk $\alpha_m < 2,0$ tebal minimum adalah 90 mm

(SKSNI T-15-1991-03:19)

- e. Pembebanan pelat dengan beban ultimate

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

(Dipohusodo I, *Struktur Beton Bertulang*, Penerbit Gramedia Pustaka Utama:208)

- f. Penentuan momen yang bekerja pada arah x dan y

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

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

(Kusuma G, *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang*. Penerbit Erlangga:4.2.a)

g. Penentuan tulangan dari momen yang didapat :

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

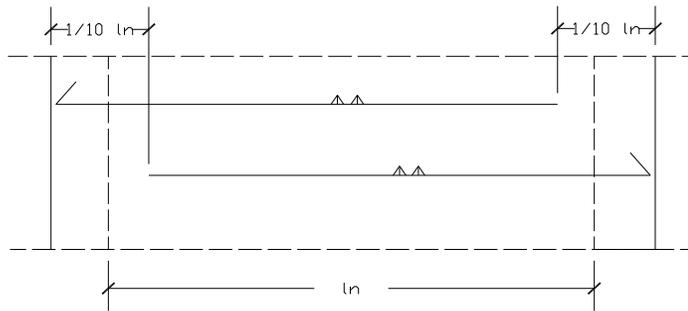
$$A_s = \rho \times b \times d$$

Apabila $\rho < \rho_{\min}$ maka dipakai tulangan ρ_{\min}

h. Penggambaran tulangan pelat

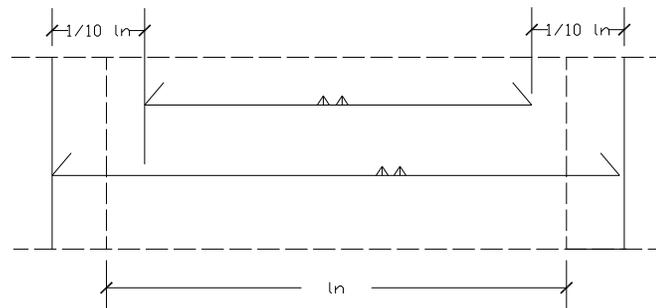
1) Tulangan lapangan

a. Desain 1



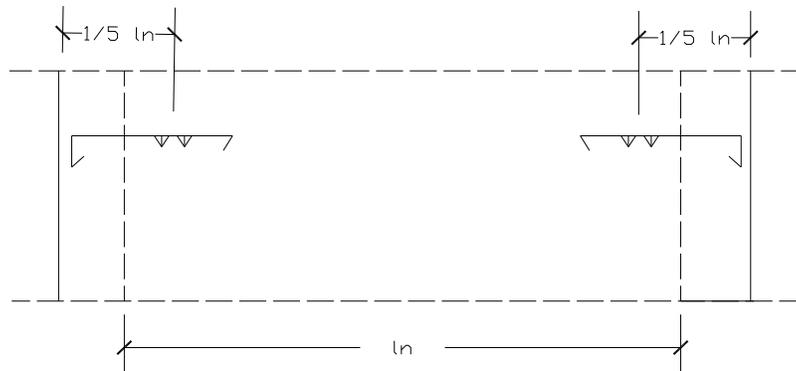
Gambar 2.5 Penulangan Plat Dua Arah

b. Desain 2



Gambar 2.6 Penulangan Plat Dua Arah

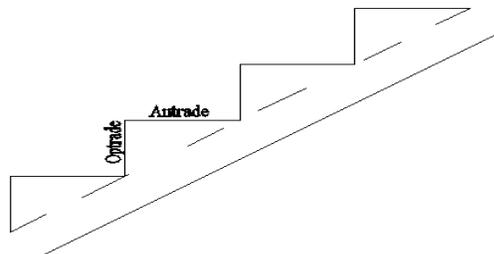
2) Tulangan Tumpuan



Gambar 2.7 Tulangan Tumpuan

2.3.3 Perencanaan 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 2.8 Anak Tangga

Tangga terdiri dari anak tangga dan pelat tangga. Anak tangga terbagi menjadi dua bagian yaitu :

1. Atrade, yaitu dari anak tangga dan pelat tangga bidang horizontal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.
2. Optrede, yaitu selisih tinggi antara dua buah anak tangga yang berurutan.

Ketentuan-ketentuan konstruksi antrede dan optrede, antara lain :

1. Untuk bangunan rumah tinggal :
 - a. Antrede = 25 cm (minimum)
 - b. Optrede = 20 cm (maksimum)
2. Untuk perkantoran dan lain-lain :
 - a. Antrede = 25 cm
 - b. Optrede = 17 cm
3. Syarat 1 anak tangga :
 $2 \text{ Optrede} + 1 \text{ Antrede} = 58 \text{ cm} - 64 \text{ cm}$
4. Lebar tangga untuk :
 - a. Tempat umum $\geq 120 \text{ cm}$
 - b. Tempat tinggal = 180 cm – 100 cm

Syarat-syarat umum tangga :

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 membuat pembuatan tangga terutama pada gedung-gedung umum harus tahan dan bebas dari bahaya kebakaran
5. Letak tangga harus cukup strategis
6. Sudut kemiringan tidak lebih dari 45°

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan tangga :

1. Perencanaan tangga, antara lain :
 - a. Penentuan ukuran antrede dan optrede
 - b. Penentuan jumlah antrede dan optrede
 - c. Panjang tangga = jumlah optrede x lebar antrede
 - d. Sudut kemiringan tangga = tg (tinggi tangga : panjang tangga)
 - e. Penentuan tebal pelat

2. Penentuan pembebanan pada anak tangga
 - a. Beban mati
 - Berat sendiri bordes
 - Berat anak tangga

Berat satu anak tangga (Q) dalam per m'

$$Q = \text{antrede} \times \text{optrede} \times 1 \text{ m} \times \gamma_{\text{beton}} \times \text{jml.anak tangga dalam 1 m}$$
 - Berat spesi dan ubin
 - b. Beban hidup
3. Perhitungan tangga menggunakan metode *Cross* untuk mencari gaya-gaya yang bekerja
4. Perhitungan tulangan tangga :
 - a. Penentuan momen yang bekerja
 - b. Penentuan tulangan yang diperlukan
 - c. Kontrol tulangan
 - d. Penentuan jarak (spasi) tulangan
 - e. Perencanaan tulangan geser

2.3.4 Perencanaan balok anak

Balok anak adalah balok yang bertumpu pada balok induk atau tidak bertumpu langsung pada kolom. Untuk merencanakan balok anak perlu diperhatikan hal - hal sebagai berikut :

1. Menentukan mutu beton dan baja yang digunakan
2. Menghitung pembebanan yang terjadi, seperti :
 - Beban Hidup
 - Beban Mati
 - Beban Sendiri Balok
 - Sumbangan Pelat
3. Menghitung beban ultimate

$$W_u = 1,2 W_d + 1,6 W_l$$
4. Menghitung momen dan gaya geser

5. Menghitung momen lentur maksimum dengan cara :
 - Menentukan momen maksimum
 - Menentukan d efektif = $h - p - \emptyset$.sengkan - $\frac{1}{2}\emptyset$ tulangan utama
 - Menentukan momen $K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2}$
 - Menentukan ρ
6. Perencanaan tulangan geser

2.3.5 Perencanaan portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang paling berhubungan dan berfungsi menahan beban sebagai satu kesatuan lengkap. Portal dihitung dengan menggunakan program SAP 2000, portal dihitung adalah portal akibat beban mati dan beban hidup.

1. Pembebanan portal
 - a. Portal akibat beban mati

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang.

Pembebanan pada portal, yaitu :

 2. Berat sendiri pelat
 3. Berat plafond + penggantung
 4. Berat penutup lantai
 5. Berat adukan
 6. Berat dari pasangan dinding bata
 - b. Portal akibat beban hidup

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan portal akibat beban hidup adalah sebagai berikut:

 1. Penentuan pembebanan pada portal

Beban hidup diambil 250 kg/m^2 (PPIUG 1983:17)
 2. Perhitungan akibat beban hidup sama dengan perhitungan akibat beban mati.

2 Perencanaan portal dengan menggunakan metode SAP 2000 V.14

Langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode SAP 2000 V.14 yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

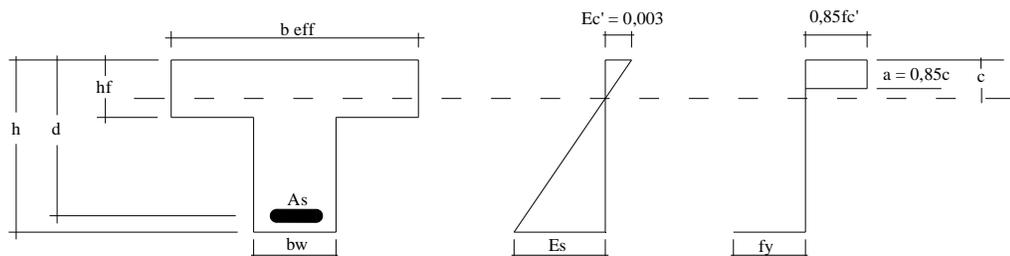
- a. Buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup
- b. Input data perencanaan
- c. Input nilai beban mati dan beban hidup
- d. Input *Load Combination* (beban kombinasi), yaitu 1,2 beban mati + 1,6 beban hidup
- e. Input nilai reduksi kekuatan
- f. Analisis struktur
- g. *Run analysis*

2.3.6 Perencanaan 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, $U = 1,2 D + 1,6 L$
(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo:40)
2. Momen design balok maksimum
 $Mu = 1,2 MDL + 1,6 MLL$
(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo:40)
3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan



Gambar 2.9 Penampang Balok

a. Penulangan lentur lapangan

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

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

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

(Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma:54)

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

b. Penulangan lentur pada tumpuan

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

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

(Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma:54)

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

4. Tulangan geser rencana

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

(Tata cara perhitungan struktur beton bertulang gedung, SNI 03-2847-2002:89)

- $V \leq \emptyset V_c$ (tidak perlu tulangan geser)

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo:113)

- $V_u \leq \emptyset V_n$

- $V_n = V_c + V_s$

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo:114)

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo:122)

2.3.7 Perencanaan kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok dan meneruskannya ke konstruksi pondasi.

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 tulangnya dan diambil yang terbesar.

2. Beban design kolom maksimum

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo:40)

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

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo:40)

4. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi.

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

(Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma:186)

5. Modulus Elastisitas

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'}$$

f_c' = kuat tekan beton

6. Nilai kekakuan kolom dan balok

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

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

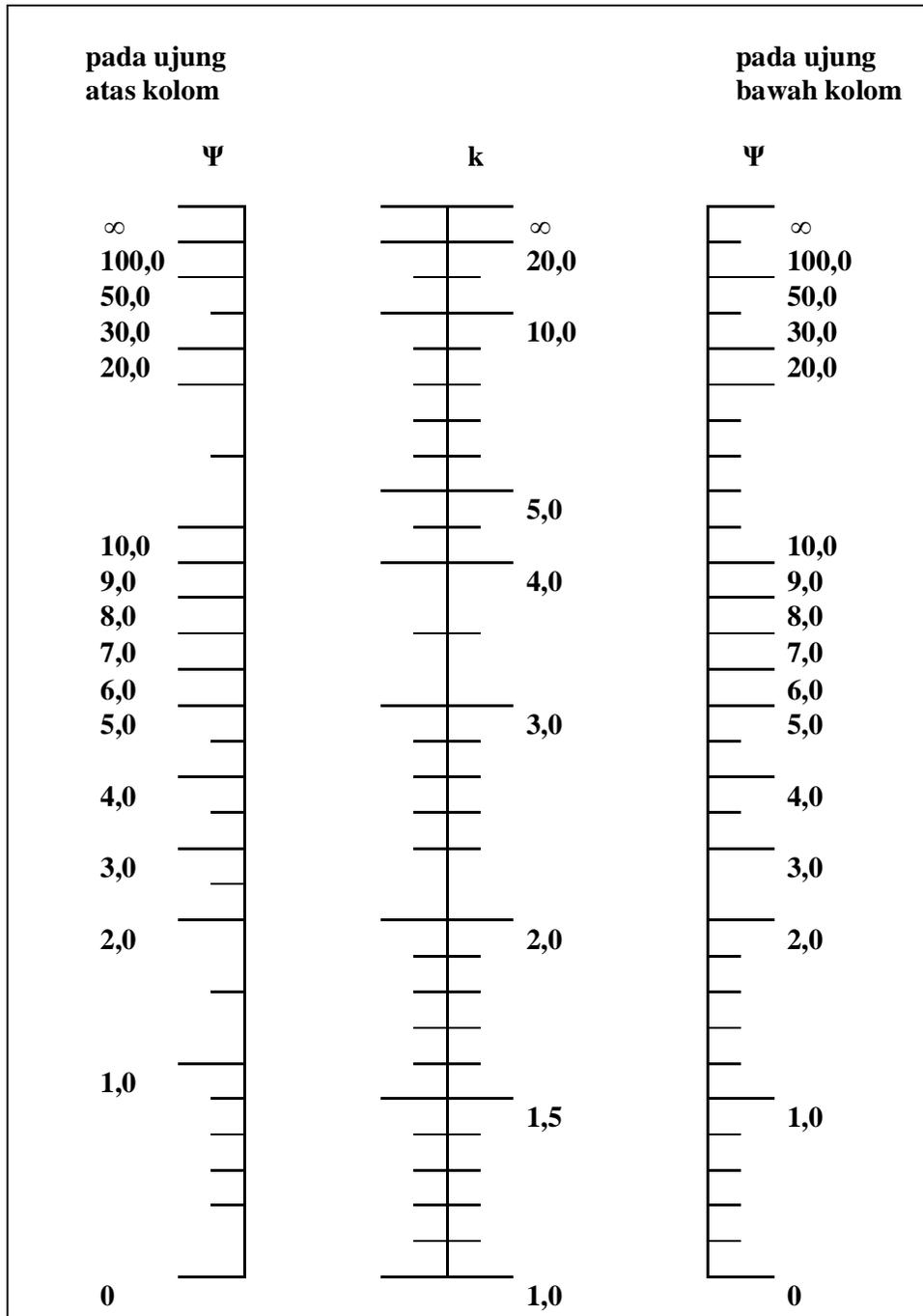
$$E.I_k = \frac{E_c \cdot I_g}{2,5(1 + \beta \cdot d)} \rightarrow \text{untuk kolom}$$

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

(Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma:186)

1. Faktor panjang efektif kolom

Tabel 2.3
 Nilai komponen struktur bergoyang



(Sumber : Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang Istimawan Dipohusodo)

2. Nilai eksentrisitas

$$e = \frac{M_U}{P_U}$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo:302)

3. Menentukan Ψ_a dan Ψ_b

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

(Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma:188)

4. Angka kelangsingan kolom

Kolom langsing dengan ketentuan :

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

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo)

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

analisa pada Tata cara perhitungan struktur beton bertulang gedung, 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.

5. Perbesaran momen

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

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

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

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

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo:335-336)

6. Design penulangan

Hitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 2% luas kolom

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo:325)

7. Tentukan tulangan yang dipakai

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

2.3.8 Perencanaan *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.

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo:40)

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

Penulangan lentur lapangan

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

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

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

(Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma: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

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

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

(Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma:54)

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

4. Tulangan geser rencana

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

(Tata cara perhitungan struktur beton bertulang gedung, SNI 03-2847-2002:89)

- $V \leq \emptyset V_c$ (tidak perlu tulangan geser)
(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo:113)
- $V_u \leq \emptyset V_n$
- $V_n = V_c + V_s$

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo:114)

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo:122)

2.3.9 Perencanaan pondasi

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

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan jenis pondasi :

- 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.

Berdasarkan data hasil tes tanah pada lokasi pembangunan Gedung Rumah Sakit Khusus Mata Palembang yang dijadikan sebagai materi dalam laporan akhir ini, maka jenis pondasi yang dipilih adalah pondasi dalam yaitu tiang pancang.

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

Persamaan dari Uniform Building Code :

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

(Pondasi Tiang Pancang Jilid I, Sardjono, HS:61)

5. Menentukan daya dukung ijin 1 tiang pancang

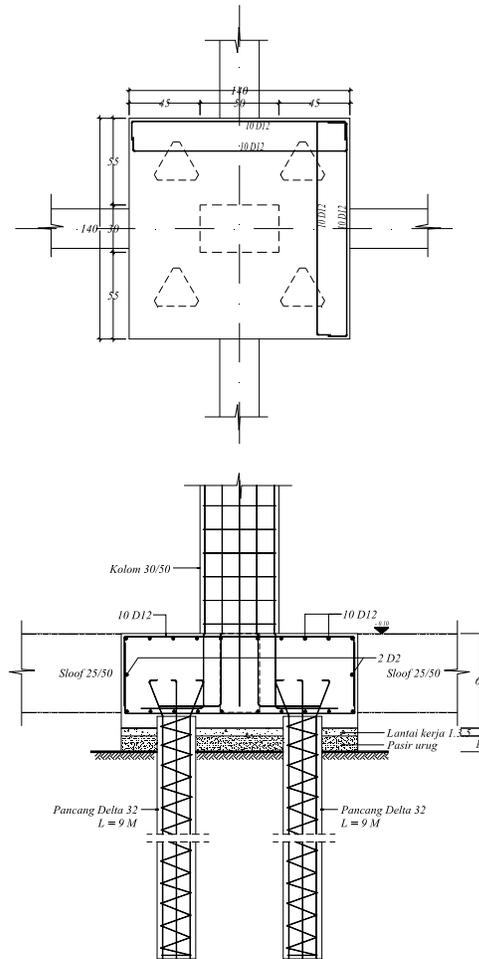
$$Q_{tiang} = \frac{A_{tiang} \cdot xP}{3} + \frac{Oxc}{5}$$

(Pondasi Tiang Pancang Jilid I, Sardjono, HS:65)

6. Menentukan kemampuan tiang terhadap sumbu X dan sumbu Y

$$P_{\max} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{\max}}{n_y \cdot \sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{\max}}{n_x \cdot \sum Y^2}$$

(Pondasi Tiang Pancang Jilid I, Sardjono, HS:55)



Gambar 2.10 Pondasi 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 Volume pekerjaan

Volume pekerjaan ialah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan. Volume juga disebut sebagai kubikasi pekerjaan. Jadi volume (kubikasi) suatu pekerjaan, bukanlah merupakan volume (isi sesungguhnya), melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam satu kesatuan.

Sementara yang dimaksud dengan uraian volume pekerjaan, ialah menguraikan secara rinci besar volume atau kubikasi suatu pekerjaan. Menguraikan berarti menghitung besar volume masing-masing pekerjaan sesuai dengan gambar bestek dan gambar detail.

Sebelum menghitung volume masing-masing pekerjaan, lebih dulu harus dikuasai membaca gambar bestek berikut gambar detail/penjelasan. Untuk itu perhatikan gambar mulai dari Denah sampai Rencana Sanitasi, masing-masing gambar dilengkapi dengan simulasi dan gambar isometrik, guna memudahkan melihat bagian penting yang tidak terlihat pada gambar bestek.

2.4.3 Analisa harga satuan pekerjaan

Harga satuan pekerjaan ialah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat di pasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapatkan dilokasi dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah.

Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda-beda. Jadi dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu bangunan/proyek, harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di pasaran dan lokasi pembangunan proyek.

2.4.4 Rencana anggaran biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) terdiri dari tiga kata yaitu Rencana, Anggaran, dan Biaya. Dari masing-masing kata tersebut dapat didefinisikan menjadi :

Rencana adalah himpunan rencana termasuk detail / penjelasan dan tata cara pelaksanaan (pembuatan) sebuah bangunan yang terdiri dari bestek dan gambar bestek.

Anggaran adalah perkiraan atau perhitungan biaya suatu bangunan berdasarkan bestek, dan Biaya adalah jenis / besarnya pengeluaran yang ada hubungannya dengan pekerjaan yang tercantum dalam persyaratan yang terlampir.

Jadi, pengertian Rencana Anggaran Biaya (RAB) suatu bangunan atau proyek adalah perhitungan banyaknya biaya 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 di masing-masing daerah disebabkan karena perbedaan harga bahan upah tenaga kerja. Tujuan dari pembuatan RAB itu sendiri adalah untuk memberikan gambaran yang pasti tentang besarnya biaya.

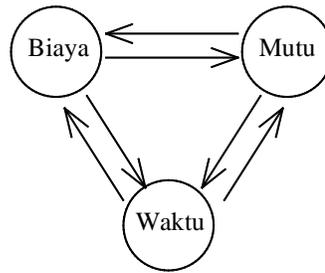
2.4.5 *Network Planning* (NWP)

Dalam menyelesaikan pekerjaan konstruksi dibutuhkan suatu perencanaan waktu yang akan diperlukan untuk menyelesaikan tiap pekerjaan yang akan dilaksanakan.

Network Planning juga merupakan suatu alat pengendalian pekerjaan di lapangan yang ditandai dengan simbol-simbol tertentu berupa urutan pekerjaan dalam suatu proyek kegunaan dari *Network Planning* adalah sebagai berikut:

- 1) Mengkoordinasi antar satu kegiatan dengan kegiatan yang lainnya
- 2) Mengetahui ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan lainnya
- 3) Mengetahui pekerjaan yang harus diselesaikan terlebih dahulu
- 4) Mengetahui berapa lama proyek dapat diselesaikan

Pengendalian proyek konstruksi ini juga diharapkan dapat menyelaraskan antara biaya proyek yang ekonomis, menghasilkan mutu pekerjaan yang baik/berkualitas dan selesai tepat waktu karena ketiganya adalah 3 elemen yang saling mempengaruhi, seperti terlihat pada gambar 2.12 di bawah ini.

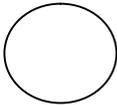


Gambar 2.11 Siklus Biaya, Mutu dan Waktu (BMW)

Ilustrasi siklus di atas menunjukkan bahwa apabila biaya proyek berkurang/dikurangi, sementara waktu pelaksanaan tetap maka secara otomatis anggaran belanja material akan dikurangi dan mutu pekerjaan akan berkurang. Secara umum proyek akan merugi. Akan tetapi, jika waktu pelaksanaan mundur/terlambat, sementara tidak ada rencana penambahan anggaran, maka mutu pekerjaan juga akan berkurang. Secara umum proyek akan merugi.

Namun, jika mutu ingin dijaga, sementara waktu pelaksanaan mundur/terlambat, maka akan terjadi peningkatan anggaran belanja. Secara umum proyek akan merugi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa inti dari 3 komponen proyek konstruksi di atas bagaimana menjadwalkan dan mengendalikan pelaksanaan proyek agar berjalan sesuai dengan schedule yang telah ditetapkan, selesai tepat waktu dan tidak terjadi pengurangan mutu pekerjaan ataupun penambahan anggaran biaya.

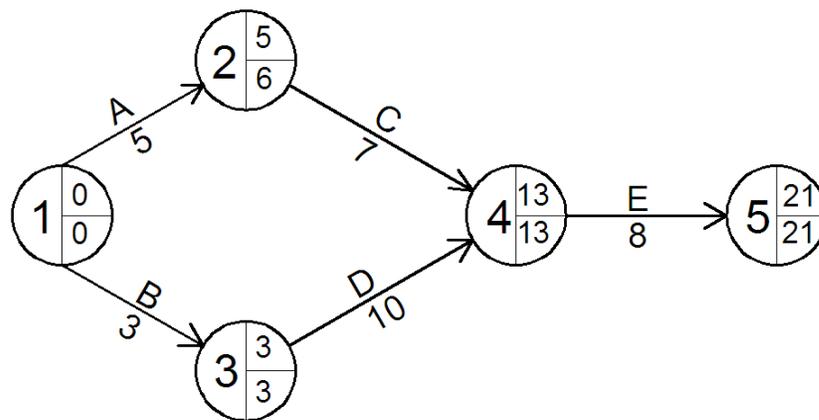
Pada perkembangannya yang terakhir dikenal 2 bahasa/symbol diagram network, yaitu:

- 1) Even on the node, yaitu peristiwa yang digambarkan dalam lingkaran
- 2) Activity on the node, yaitu kegiatan yang digambarkan dalam lingkaran
- 3) \longrightarrow **Arrow**, bentuknya berupa anak panah yang berarti aktivitas/kegiatan, dimana suatu pekerjaan penyelesaiannya membutuhkan *duration* (jangka waktu tertentu) dan *resources* (tenaga, equipment, material dan biaya) tertentu.
- 4)  **Node/event**, bentuknya berupa lingkaran bulat yang berarti saat, peristiwa atau kejadian, permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan.

- 5) \Longrightarrow **Double arrow** berupa anak panah sejajar yang berarti lintasan kritis (*Critical Path*)
- 6) $\cdots\cdots\cdots\rightarrow$ **Dummy** berupa anak panah putus-putus yang berarti kegiatan semu atau aktivitas semu. *Dummy* bukan merupakan aktivitas/kegiatan tetapi dianggap kegiatan/aktivitas hanya saja tidak membutuhkan duration dan resources tertentu.
- 7) \longrightarrow **Jalur kritis**, merupakan jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat.

Sebelum menggambarkan diagram *Network Planning*, perlu diingat beberapa hal, yaitu:

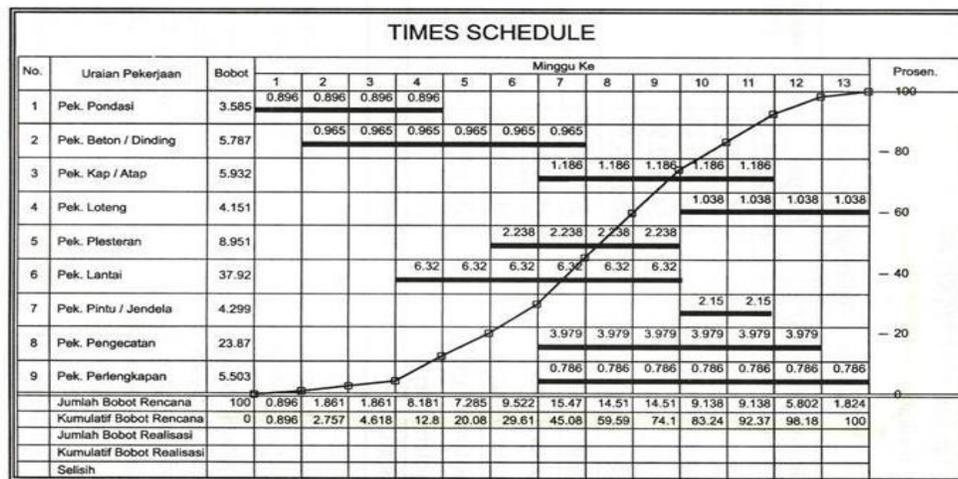
- 1) Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya duration maupun resources yang dibutuhkan.
- 2) Aktivitas-aktivitas yang mendahului dan aktivitas-aktivitas yang mengikuti.
- 3) Aktivitas-aktivitas yang dapat dilakukan bersama-sama.
- 4) Aktivitas-aktivitas yang dibatasi waktu mulai dan waktu selesainya.
- 5) Waktu, biaya dan resources yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas tersebut.
- 6) Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari tiap kegiatan.
- 7) Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.



Gambar 2.12 Contoh gambar diagram *Net Work Planning*

2.4.6 Barchart dan kurva S

Barchart menguraikan tentang uraian setiap pekerjaan mulai dari tahap awal sampai berakhirnya pekerjaan, bobot pekerjaan dan pelaksanaan pekerjaan. Sedangkan kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dari awal sampai berakhirnya pekerjaan. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapatkan dari perbandingan harga pekerjaan dan harga total keseluruhan dari jumlah penawaran.



Gambar 2.13 Contoh gambar *barchart* dan kurva S