

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Perencanaan merupakan suatu kegiatan yang sangat penting sebelum dilaksanakannya suatu proyek. Kesalahan pemasangan ataupun urutan proses yang tidak benar dapat menyebabkan terjadinya kerugian.

Perencanaan yang matang sebelum dimulainya suatu pekerjaan tidak hanya menghemat biaya tetapi juga dapat menghemat waktu dan tenaga. Terdapat tiga hal penting yang harus diperhatikan dalam perencanaan struktur antara lain beban, kekuatan bahan dan keamanan. Pada tahap perencanaan struktur gedung, perlu dilakukan studi pustaka untuk mengetahui susunan fungsional gedung dengan sistem struktural yang akan digunakan, disamping itu juga diharapkan mampu menyelesaikan suatu tahap pengerjaan struktur yang efektif dan efisien.

Pada bab ini akan dijelaskan tentang tata cara dan langkah-langkah perhitungan struktur mulai dari struktur atas yang meliputi rangka atap, pelat, balok, kolom, tangga sampai dengan perhitungan struktur bawah yang terdiri *sloof* dan pondasi. Studi pustaka dimaksudkan agar dapat memperoleh hasil perencanaan yang optimal dan akurat. Oleh karena itu, dalam bab ini pula akan dibahas mengenai konsep pemilihan sistem struktur dan konsep perencanaan struktur bangunannya, seperti konfigurasi denah dan pembebanan yang telah disesuaikan dengan syarat-syarat dasar perencanaan suatu gedung bertingkat yang berlaku di Indonesia sehingga diharapkan hasil yang akan diperoleh nantinya tidak akan menimbulkan kegagalan struktur.

2.2 Ruang Lingkup Perencanaan

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

1. Struktur Bangunan Atas (*Upper Structure*)

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

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

- 1) Perhitungan Pelat Beton
- 2) Perhitungan Tangga
- 3) Perhitungan Portal
- 4) Perhitungan Balok
- 5) 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

Dari kedua struktur tersebut, harus direncanakan kekuatannya terhadap pembebanan. Adapun jenis pembebanannya antara lain :

1. Beban Mati (Beban Tetap)

Adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala beban tambahan, *finishing*, mesin-mesin, serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut. (SNI 03-2847-2002).

Berat sendiri dari bahan-bahan bangunan penting dan dari beberapa komponen gedung yang harus ditinjau di dalam menentukan beban mati dari suatu gedung, harus diambil menurut Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

<i>BAHAN BANGUNAN</i>	
Baja	7850 kg/m ³
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1500 kg/m ³
Batu pecah	1450 kg/m ³
Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1650 kg/m ³
Beton	2200 kg/m ³
Beton bertulang	2400 kg/m ³
Pasir (jenuh air)	1800 kg/m ³
<i>KOMPONEN GEDUNG</i>	
Dinding pasangan bata merah	
- Satu batu	450 kg/m ²
- Setengah batu	250 kg/m ²
Langit-langit (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit) dari bahan asbes (eternit dan bahan lain sejenis) dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m ²
Adukan, per cm tebal, dari semen	21 kg/m ²

Penggantung langit-langit (dari kayu) dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 m	7 kg/m ²
Penutup atap dari genting dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50 kg/m ²
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24 kg/m ²

(Sumber : PPPRG 1987 : 5-6)

2. Beban Hidup (Sementara)

Beban hidup merupakan semua beban yang terjadi akibat pemakaian dan penghunian satu gedung, termasuk beban-beban dari lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah dan beban akibat air hujan pada atap. (SNI 03-2847-2002). Spesifikasi beban hidup pada lantai gedung dapat dilihat pada tabel 2.2.

a. Beban Hujan

Dalam perhitungan beban hujan diasumsikan sebagai beban yang bekerja tegak lurus terhadap bidang atap dan koefisien beban hujan ditetapkan sebesar $(40-0,8\alpha)$ kg/m² dan α sebagai sudut atap, dengan ketentuan bahwa beban tersebut tidak perlu diambil lebih besar dari 20 kg/m² dan tidak perlu ditinjau bila kemiringan atap lebih besar dari 50°. (Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983: hal 13 pasal 3.2 (2(a))).

b. Akibat Beban Pekerja

Dalam perhitungan reng, usuk/kaso, gording/gulung-gulung dan kuda-kuda dan utuk semua atap harus diperhitungkan satu muatan terpusat sebesar minimum 100 kg (berasal dari berat seorang pekerja atau seorang pemadam kebakaran dengan peralatannya). (Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983: hal 13 pasal 3.2 (2(b))).

Tabel 2.2 Beban Hidup Pada Lantai Gedung

a. Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b.	200 kg/m ²
b. Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan toko, pabrik atau bengkel.	125 kg/m ²
c. Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit.	250 kg/m ²
d. Lantai ruang olah raga.	400 kg/m ²
e. Lantai ruang dansa.	500 kg/m ²
f. Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain daripada yang disebut dalam a-e, seperti masjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap.	400 kg/m ²
g. Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri.	500 kg/m ²
h. Tangga, bordes dan gang dari yang disebut dalam c.	300 kg/m ²
i. Tangga, bordes dan gang dari yang disebut dalam d-g.	500 kg/m ²
j. Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam c-g.	250 kg/m ²

(Sumber : PPPRG 1987 : 12)

c. Beban Angin

Semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban memperhitungkan adanya tekanan positif dan negatif yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. (*Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983: hal 7 pasal 1 (3)*).

2.2.1 Dasar-dasar Perhitungan dan Perencanaan

Penyelesaian perhitungan dan perencanaan bangunan berpedoman kepada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia, diantaranya :

1. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03_2847-2002 dan Tata Cara Perhitungan Struktur Baja SNI – 03 – 1729 – 2002 oleh departemen Pekerjaan Umum dan Badan Standarisasi Nasional. Digunakan sebagai acuan dalam melakukan perencanaan bangunan gedung.
2. Struktur Beton Bertulang, oleh Istimawan Dipohusodo. Buku ini berisi dasar-dasar pengertian sistem struktur beton bertulang dan perilaku serta kekuatan komponen struktur beton bertulang pada khususnya.
3. Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang, oleh W.C Vis dan Gideon Kusuma. Buku ini membahas mengenai dasar-dasar perencanaan beton bertulang.
4. Analisa dan Desain Pondasi oleh Joseph E.Bowles. Buku ini membahas pengertian-pengertian umum dan cara perhitungan pondasi.
5. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG 1987).

2.3 Perhitungan Struktur Atas

2.3.1 Perencanaan Rangka Atap

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

1. Gording

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

Perencanaan gording menggunakan metode berikut :

a. Metode elastis

Suatu komponen struktur yang memikul lentur terhadap sumbu x harus memenuhi $M_{ux} \leq \phi M_n$

Keterangan :

M_{ux} = momen lentur terfaktor terhadap sumbu x

ϕ = faktor reduksi = 0,9

M_n = kuat nominal dari momen lentur penampang terhadap sumbu x

Suatu komponen struktur yang memikul lentur terhadap sumbu y harus memenuhi $M_{uy} \leq \phi M_n$

Keterangan :

M_{uy} = momen lentur terfaktor terhadap sumbu y

ϕ = faktor reduksi = 0,9

M_n = kuat nominal dari momen lentur penampang terhadap sumbu y

b. Metode plastis

Suatu komponen struktur yang dibebani momen lentur harus memenuhi $M_u \leq \phi M_n$

Momen nominal untuk penampang kompak yang memenuhi $\lambda \leq \lambda_p$, kuat lentur nominal penampang adalah : $M_n = M_p$

Untuk penampang tak kompak yang memenuhi $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$, kuat lentur nominal penampang ditentukan sebagai berikut :

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p}$$

Untuk penampang langsing yang memenuhi $\lambda_r < \lambda$, kuat lentur nominal penampang adalah : $M_n = M_r \left(\frac{\lambda_r}{\lambda} \right)^2$

(SNI 03-1729-2002 : 34-36)

2. Rangka Atap (Kuda-kuda)

Struktur rangka atap pada bangunan gedung Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil ini menggunakan bahan baja profil konvensional. Berikut adalah acuan-acuan yang digunakan dalam perencanaan struktur rangka atap bangunan tersebut:

a. Pembebanan Rangka Atap

1) Beban Mati

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

- a) Berat sendiri konstruksi kuda-kuda.
- b) Berat akibat penutup atap dan gording.
- c) Berat plafond + penggantung.

2) Beban hidup

Yang diperhitungkan dalam beban hidup untuk rangka atap gedung ini harus diambil dari yang paling menentukan di antara dua macam beban berikut :

- a) Beban air hujan sebesar $(40 - 0,8\alpha)$ kg/m^2 , dimana α adalah sudut kemiringan atap dalam derajat, dengan ketentuan tidak perlu diambil lebih besar dari 20 kg/m^2 , dan tidak perlu ditinjau bila kemiringan atapnya $>50^\circ$ (*PPPRG 1987 : 7*).
- b) Beban terpusat berasal dari seorang pekerja atau seorang pemadam kebakaran dengan peralatannya sebesar minimum 100 kg (*PPPRG 1987 : 8*).

3) Beban angin

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

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

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

Koef angin hisap : $-0,4$ (*PPPRG 1987 : 21*)

b. Perhitungan Gaya Batang

Dari pembebanan masing-masing beban di atas kemudian dapat dicari gaya-gaya batangnya. Gaya-gaya batang tersebut dapat dihitung dengan menggunakan SAP 2000.

c. Struktur Baja

1) Sifat Mekanis Baja Struktural

Sifat mekanis baja struktural seperti tercantum pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 - 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 : 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 :

Modulus Elastisitas : $E = 200.000 \text{ MPa}$

Modulus Geser : $G = 80.000 \text{ MPa}$

Nisbah Poisson : $\mu = 0,3$

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

(SNI 03-1729-2002 : 9)

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

$$N_n = A_g \cdot f_{cr} = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} \quad ; \quad f_{cr} = \frac{f_y}{\omega}$$

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

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

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

Keterangan :

A_g = luas penampang bruto, mm²

f_{cr} = tegangan kritis penampang, MPa

f_y = tegangan leleh material, MPa

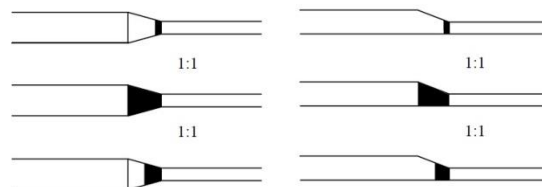
(SNI 03-1729-2002 : 27)

3. Sambungan

Sambungan terdiri dari komponen sambungan (pelat pengisi, pelat buhul, pelat pendukung, dan pelat penyambung) dan alat pengencang (baut dan las).

Dalam perencanaan sambungan ini penulis memilih sambungan menggunakan las. Adapun jenis-jenis las yang digunakan adalah sebagai berikut :

a. Las Tumpul



Gambar 2.1 – Las Tumpul

Kekuatan las tumpul (penetrasi penuh) ditetapkan sebagai berikut :

- 1) Bila sambungan dibebani gaya tarik atau gaya tekan aksial terhadap luas efektif, maka :

$$\phi_y \cdot R_{nw} = 0,9 \cdot t_t \cdot f_y \quad (\text{bahan dasar})$$

$$\phi_y \cdot R_{nw} = 0,9 \cdot t_t \cdot f_{yw} \quad (\text{las})$$

2) Bila sambungan dibebani dengan gaya geser terhadap luas efektif, maka :

$$\phi_y \cdot R_{nw} = 0,9 \cdot t_t \cdot (0,6 \cdot f_y) \quad (\text{bahan dasar})$$

$$\phi_y \cdot R_{nw} = 0,8 \cdot t_t \cdot (0,6 \cdot f_{yw}) \quad (\text{las})$$

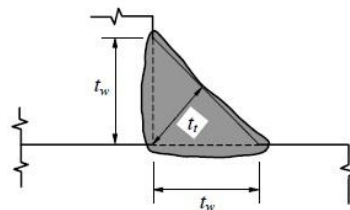
Keterangan :

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

f_y, f_u adalah tegangan leleh dan tegangan tarik putus.

(Sumber : SNI 03-1729-2002 : 106)

b. Las Sudut



Gambar 2.2 – Las Sudut

1) Ukuran minimum las sudut :

Tabel 2.4 - Ukuran Minimum Las Sudut

Tebal bagian paling tebal, t (mm)	Tebal minimum las sudut, t _w (mm)
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$15 < t$	6

(Sumber : SNI 03-1729-2002 hal. 108)

2) Kuat las sudut

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

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

dengan,

$$\phi_f \cdot R_{nw} = 0,75 \cdot t_t \cdot (0,6 \cdot f_{uw}) \quad (\text{las})$$

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

dengan $\phi_f = 0,75$ faktor reduksi kekuatan.

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

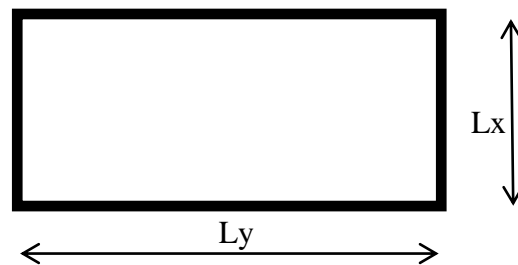
(Sumber : SNI 03-1729-2002 : 110)

2.3.2 Perencanaan Pelat Lantai

Pelat beton bertulang dalam suatu struktur bangunan biasanya dipakai pada konstruksi lantai dan atap. Suatu pelat yang ditumpu oleh balok pada keempat sisinya terbagi atas dua macam berdasarkan geometrinya, yaitu

1. Pelat Satu Arah

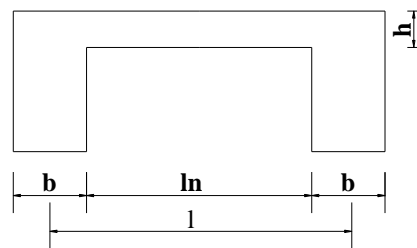
Suatu pelat dikatakan pelat satu arah apabila $\frac{L_y}{L_x} > 2$, dimana L_y dan L_x adalah panjang dari sisi-sisinya.



Gambar 2.3 Pelat Satu Arah

Secara umum, langkah-langkah perhitungan pelat satu arah didasarkan pada kriteria-kriteria berikut ini :

a. Menentukan bentang teoritis



Batang tarik pelat :

$$L = L_n + (2 \times \frac{1}{2} b)$$

- b. Menentukan tebal pelat yang digunakan. Seperti yang tertera pada tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Tebal minimum pelat dan balok mendukung 1 arah

Pelat 1 arah kondisi perletakan	Fy (Mpa)							
	400	240	400	240	400	240	400	240
	1/20 l	1/27 l	1/24 l	1/32 l	1/28 l	1/37 l	1/10 l	1/13 l
Balok mendukung 1 arah	1/16l	1/21l	1/18,5l	1/24,5l	1/21l	1/28l	1/8l	1/11l

(Sumber :SK-SNI T-15-1991-03 tabel 3.2.3 (a) hal. 16)

- c. Menghitung pembebanan

$$W_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

Keterangan :

DL = beban mati

LL = beban hidup

- d. Menentukan selimut beton, seperti yang ada pada tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.6 Tebal Selimut Beton

	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 Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau kawat ulir D16	50

dan yang lebih kecil	40
c) Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton tidak langsung berhubungan dengan tanah: <u>Pelat, dinding, pelat berusuk:</u> Batang D-44 dan D-56..... Batang D-36 dan yang lebih kecil	40 20
<u>Balok, kolom:</u> Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral	40

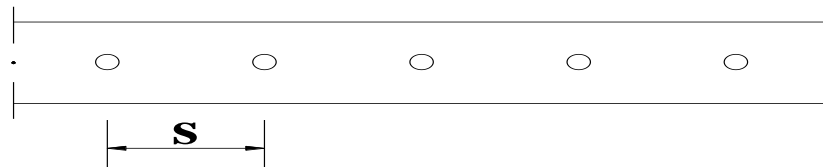
(Sumber : SNI-03-2847-2002 hal. 41)

e. Menentukan tulangan pelat

Tentukan nilai $k = \frac{Mu}{bd^2}$ untuk mendapatkan nilai ρ (rasio tulangan)

yang dapat ditentukan sebagaimana dalam buku Dasar-Dasar Perencanaan (Beton Bertulang Jilid 1 karangan *W.C Vis dan Gideon H.Kusuma.*)

f. Jarak tulangan-tulangan



Gambar 2.4 Jarak tulangan pelat

Sumber : (SK SNI T-15-1991-03 ayat 3.16.6 hal.149)

$$S_{\min} = 40 \text{ mm}$$

$$S_{\max} = 1,5 h \text{ atau } 250 \text{ mm (ambil terkecil)}$$

g. Tulangan Pembagi

A (luas tulangan) pembagi : 0,0018 bh untuk f_y : 400 Mpa

A (luas tulangan) pembagi : 0,0020 bh untuk f_y : 240 Mpa

h. Batasan tulangan pembagi

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \frac{0,85 f_c'}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

Geser tidak diperbolehkan , jika :

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$\leq \phi (V_c + V_s) ; V_s = 0 \text{ (tidak boleh pakai sengkang)}$$

$$\leq \phi V_c$$

$$V_u \leq \phi \frac{1}{6} \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

Keterangan :

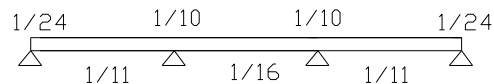
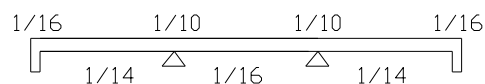
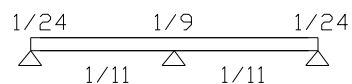
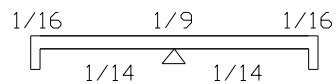
ϕ = faktor reduksi geser (0,75)

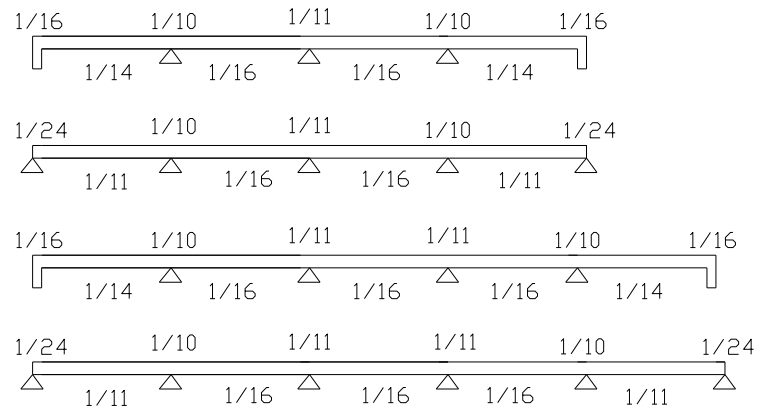
V_c = Kekuatan geser beton

V_s = Kekuatan geser tulangan

- i. Pendistribusian momen pada pelat dengan metode koefisien seperti pada gambar 2.3 di bawah ini dengan rumus umum momen, $M = \text{koef.}$

$W_u \cdot L_n$





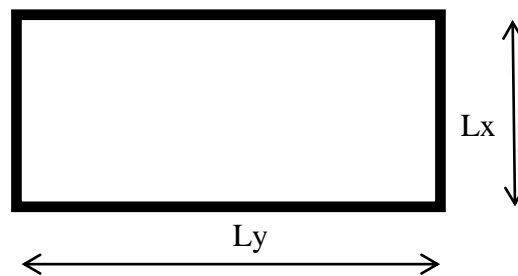
Gambar 2.5 Metode koefisien momen

Untuk momen lapangan, l_n = panjang bersih dari bentang yang ditinjau.

Untuk momen tumpuan, l_n = panjang bersih rata-rata dari dua bentang bersebelahan.

2. Pelat Dua Arah (*two way slab*)

Suatu pelat dikatakan pelat dua arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$, dimana L_y dan L_x adalah panjang pelat dan sisi-sisinya, dapat dilihat detailnya pada gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.6 Pelat dua arah

Langkah-langkah perhitungan pelat dua arah didasarkan pada kriteria-kriteria berikut ini :

a. Tebal Pelat

Menurut SNI tahun 2002 hal 65-66 adalah sebagai berikut :

- $\alpha_m \leq 2,0$ untuk : Pelat tanpa penebalan Minimum = 120 mm
Pelat dengan penebalan minimum = 100 mm

$$- \alpha_m \geq 2,0 < 2,0$$

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{fy}{1500})}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)}$$

tetapi tidak boleh kurang dari 120 mm

$$- \alpha_m > 2,0$$

$$h_{\min} = \frac{\ln(0,8 - \frac{fy}{1500})}{36 - 9\beta}$$

tetapi tidak boleh kurang dari 90 mm

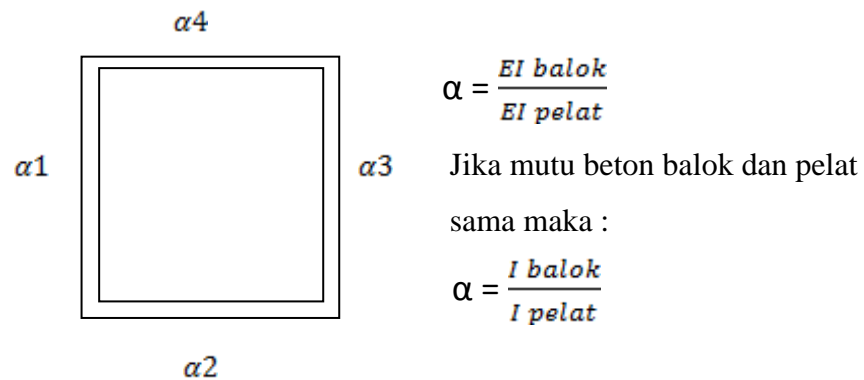
Keterangan :

L_n = Bentang bersih

$$\beta = \frac{\text{Bentang bersih yang panjang}}{\text{Bentang bersih yang pendek}}$$

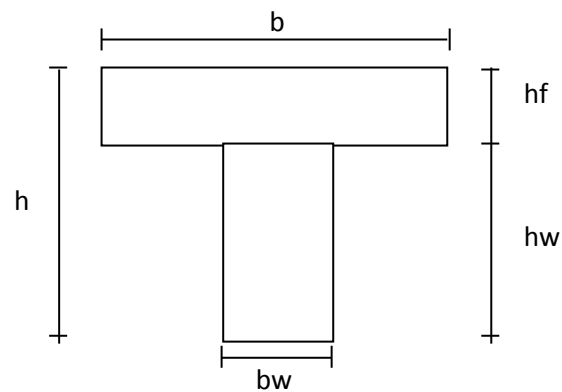
$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

- b. Mencari nilai α_m dari masing-masing panel untuk mengecek apakah pemakaian h_{coba} telah memenuhi persyaratan h_{\min} .



Kekakuan balok berdasarkan SNI 2002 hal 138 :

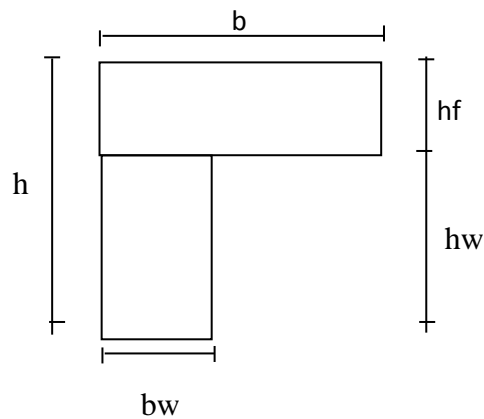
Balok – T :



Lebar efektif :

$$\left. \begin{aligned} b &= b_w + 2 h_w \\ b &= b_w + 8 h_f \end{aligned} \right\} \text{ ambil nilai terkecil}$$

Balok – L :



Lebar efektif :

$$\left. \begin{aligned} b &= b_w + h_w \\ b &= b_w + 4 h_f \end{aligned} \right\} \text{ ambil nilai terkecil}$$

- c. Menghitung beban yang bekerja pada pelat (beban mati dan beban hidup). Kemudian hasil perhitungan akibat beban mati dan beban hidup dikali dengan factor beban untuk mendapatkan nilai beban terfaktor.

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

- d. Mencari Momen

Mencari momen yang bekerja pada arah x dan y, dengan cara penyaluran “metode amplop” (*Gideon Kusuma, 1996*).

- e. Mencari tebal efektif pelat (SK SNI-03-2847-2002)

Rasio tulangan dalam beton (ρ) dan memperkirakan besarnya diameter tulangan utama dan untuk menentukan tinggi efektif arah x (d_x) adalah :

$$D_x = h - p - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan arah x}$$

$$Dy = h - p - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah } y - \emptyset x$$

- f. Mencari nilai koefisien tahanan (k)

Faktor reduksi $\Theta = 0,80$

$$K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

Keterangan :

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

Mu = Momen terfaktor pada penampang (KN / m)

b = lebar penampang (mm) diambil 1 m

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

\emptyset = faktor Kuat Rencana (*SNI 2002 Pasal 11.3,hal 61*)

- g. Mencari rasio penulangan (ρ)

Rasio penulangan ini didapat berdasarkan koefisien tahanan (k) yang telah didapat sebelumnya. Dengan menggunakan tabel A-11 (*Dipohusodo I, Struktur Beton Bertulang, Penerbit Gramedia Pustaka Utama hal 446*).

- h. Mencari luas tulangan (A_s)

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

Mencari jumlah tulangan (n)

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \pi \phi^2}$$

- i. Mencari jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{1000mm}{n}$$

- j. Memasang Tulangan

Untuk arah y sama dengan langkah-langkah pada arah x, hanya perlu diingat bahwa tinggi efektif arah y (d_y) tidak sama dengan yang digunakan dalam arah x $\rightarrow d_y = h - p - \emptyset_{\text{arah } x} - \frac{1}{2} \cdot \emptyset_{\text{arah } y}$

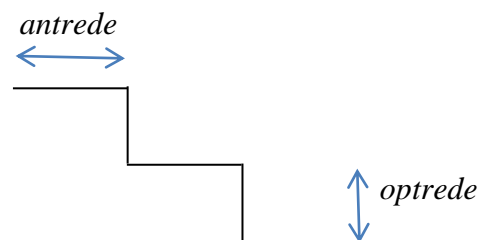
2.3.3 Perencanaan Tangga

Tangga adalah suatu konstruksi yang merupakan salah satu bagian dari bangunan yang berfungsi sebagai alat yang menghubungkan antara lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan bertingkat dalam keadaan tertentu. (Drs. IK. Sapribadi, 1993:10). Tangga secara umum terdiri dari :

1. Anak tangga

Yaitu bagian dari tangga yang berfungsi untuk memijakkan/melangkahkan kaki ke arah vertikal maupun horizontal (datar). anak tangga terdiri dari :

- a. Antrede adalah anak tangga dan pelat tangga dibidang horinzontal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.
- b. Optrede adalah selisih tinggi antara dua buah anak tangga yang berurut.



Gambar 2.7 Antrede dan optrede tangga

Ketentuan-ketentuan konstruksi Antrede dan Optrede, antara lain :

- 1) Untuk bangunan rumah tinggal
 - Antrede = 25 cm (minimum)
 - Optrede = 20 cm (maksimum)
- 2) Untuk perkantoran dan lain-lain
 - Antrede = 25 cm
 - Optrede = 17 cm
- 3) Syarat 1 (satu) anak tangga
 $2 \text{ Optrede} + 1 \text{ Antrede}$
- 4) Lebar tangga
 - Tempat umum ≥ 120 cm

- Tempat tinggal = 180 cm s.d 100 cm

5) Sudut kemiringan

- Maksimum = 45°
- Minimum = 25°

2. Ibu tangga

Yaitu bagian tangga berupa dua batang atau papan miring yang berfungsi menahan kedua ujung anak tangga.

3. Bordes

Yaitu bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila terasa lelah. Bordes dibuat apabila jarak tempuh tangga sangat panjang yang mempunyai jumlah trede lebih dari 20 buah atau lebar tangga cukup akan tetapi ruangan yang tersedia untuk tangga biasa/ tusuk tidak mencukupi.

Untuk menentukan panjang bordes (L) :

$$L = ln + a \text{ s/d } 2.a$$

Keterangan :

L = panjang bordes

ln = ukuran satu langkah normal datar

a = *Antrede*

Syarat- syarat umum tangga ditinjau dari :

a) Penempatan

- Diusahakan sehemat mungkin menggunakan ruangan
- Mudah ditemukan oleh semua orang
- Mendapat cahaya matahari diwaktu siang
- Tidak mengganggu lalu lintas orang banyak

b) Kekuatan

Kokoh dan stabil bila dilalui orang dan barang sesuai dengan perencanaan.

c) Bentuk

- Sederhana layak, sehingga mudah dan cepat pengerjaannya serta murah biayanya.

- Rapi, indah, serasi dengan keadaan sekitar tangga itu sendiri.

Langkah-langkah perhitungan tangga :

1. Mendesign tangga, antara lain :

a. Jumlah *Optrede* dan *Antrede* = $\frac{h}{\text{tinggi optrede}}$

b. Menentukan ukuran *Optrede* dan *Antrede*

c. Tinggi *Optrede* sebenarnya = $\frac{h}{\text{jumlah optrede}}$

$$\text{Antrede} = L_n - 2 \text{Optrede}$$

d. Sudut kemiringan tangga

$$\text{Arc tan } \theta = \frac{\text{Optrede}}{\text{Antrede}}$$

e. Panjang tangga , L

f. Menentukan tebal pelat tangga

$$h_{\text{min}} = \frac{1}{28} L$$

Menentukan pembebanan pada anak tangga

g. Beban Mati

- Berat sendiri bordes

- Berat anak tangga

$$Q = \left(\frac{\text{Antrede} \times \text{Optrede}}{2} \right) \left(\frac{\text{jumlah anak tangga}}{\text{panjang bentang tangga}} \right) \times 1$$

- Berat penutup lantai (ubin + spesi), berat adukkan

h. Beban Hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga yaitu 300 kg/cm² (*PPIUG*

1983) Dari hasil perhitungan akibat beban mati dan beban hidup, maka

didapat : $W_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$

2. Perhitungan tangga dengan menggunakan metode cross untuk mencari

gaya-gaya yang bekerja.

a. Kekakuan

$$K = \frac{4 EI}{L}$$

b. Faktor Distribusi

$$\mu = \frac{K}{\sum k}$$

Momen Primer

$$M_{AB} = \frac{1}{12} \times W_u \times L^2$$

Perhitungan tulangan pada tangga

$d_{\text{effektif}} = h - p - \emptyset$ sengkang – ½ tulangan utama

$$k = \frac{Mu}{\emptyset \times b \times d^2}$$

Nilai ρ dilihat dari tabel istimewa, Struktur Beton bertulang hal 462-500

$$P_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y}$$

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

Tulangan Pembagi :

A (luas tulangan) pembagi : 0,0018 bh untuk f_y : 400 Mpa

A (luas tulangan) pembagi : 0,0020 bh untuk f_y : 240 Mpa

2.3.4 Perencanaan Balok

Balok dapat didefinisikan sebagai salah satu dari elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal, sedangkan portal merupakan kerangka utama dari struktur bangunan, khususnya bangunan gedung. (Ali Asroni, 2010:39) Adapun langkah-langkah yang dapat digunakan dalam perencanaan balok yaitu :

1. Gaya lintang (beban)

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

Keterangan :

W_D = Jumlah beban mati (kg/m)

W_L = Jumlah beban hidup (kg/m)

2. Momen yang bekerja

$$M_u = \frac{1}{8} \times W_u \times l^2$$

Keterangan :

L = panjang bentang

3. Nilai ρ

$$\rho = \frac{1}{2} \times \left(1 - \sqrt{1 - 4 \left(\frac{f_y}{1,7 f'_c} \right) \cdot \left(\frac{M_u}{\emptyset \cdot b \cdot d^2 \cdot f_y} \right)} \right) \times \left(\frac{1,7 f'_c}{f_y} \right)$$

4. Tulangan lentur lapangan

$$d_{eff} = h - p - \emptyset s - \frac{1}{2} D$$

$$k = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

(didapat nilai ρ dari tabel Istimawan)

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

Keterangan :

A_s = Luas tulangan (mm²)

ρ = rasio penulangan

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

5. Tulangan lentur tumpuan

$$k = \frac{Mu}{\phi \cdot b_{eff} \cdot d^2}$$

$$A_s = \rho \cdot b_{eff} \cdot d$$

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

A_s = luas tulangan tarik non-prategang

ρ = rasio penulangan tarik non-prategang

b_{eff} = lebar efektif balok

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

6. Tulangan geser rencana

$$\frac{1}{6} \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d$$

$$\emptyset = 0,75 \cdot V_c$$

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

$V_u > \emptyset V_c$ (perlu tulangan geser)

7. Jarak tulangan

$$S = \frac{\emptyset \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{V_u - \emptyset V_c}$$

$$S_{maks} = \frac{d_{eff}}{2}$$

8. Luas tulangan

$$A_v = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4}$$

d_s = diameter sengkang

2.4.1 Perencanaan Portal Akibat Beban Mati dan Beban Hidup

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sebagai satu kesatuan yang lengkap. Pada Laporan ini, portal dengan menggunakan program SAP 2000 V14, Portal dihitung adalah portal akibat beban mati dan hidup.

1. Portal akibat beban mati

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang. Pembebanan pada portal yaitu :

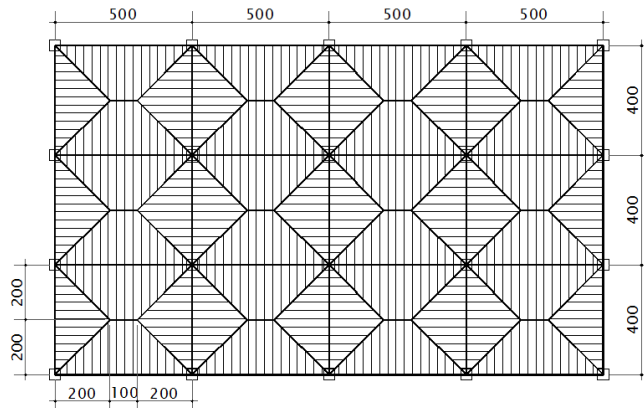
- a. Berat sendiri pelat.
- b. Berat plafond + penggantung.
- c. Berat penutup lantai.
- d. Berat adukan.
- e. Berat dari pasangan dinding bata.

2. Portal akibat beban hidup

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang. Pembebanan pada portal yaitu :

- a. Beban pelat atap.
- b. Beban orang atau pekerja.
- c. Lantai.

Semua beban mati atau hidup untuk merencanakan portal akan disederhanakan menggunakan rumus ekuivalen beban. Beban mati maupun beban hidup yang bekerja pada pelat lantai seperti gambar 2.4 di bawah ini yang akan disederhanakan.



Gambar 2.8 Pembagian beban pelat

Beban Tipe 1. Beban Trapesium

- Untuk balok bagian pinggir

Akibat beban trapesium : $q = \text{tinggi} \times \text{total berat}$

- Untuk balok bagian tengah $q = (\text{tinggi} \times \text{total berat}) \times 2$

Beban Tipe 2. Beban Segitiga

- Untuk balok bagian pinggir

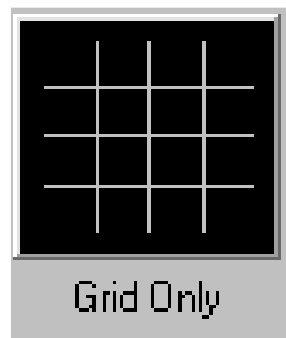
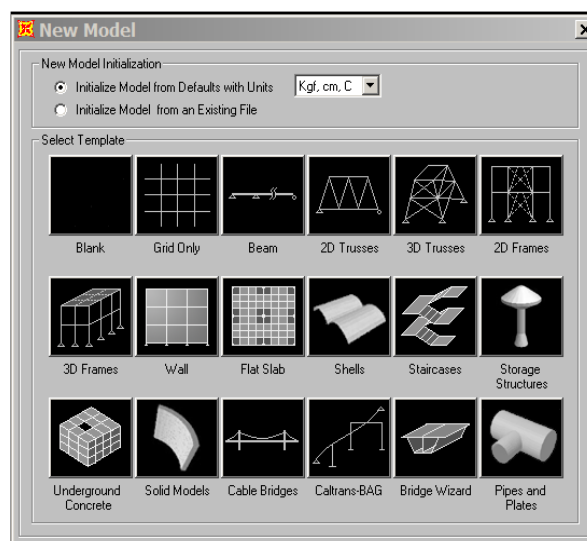
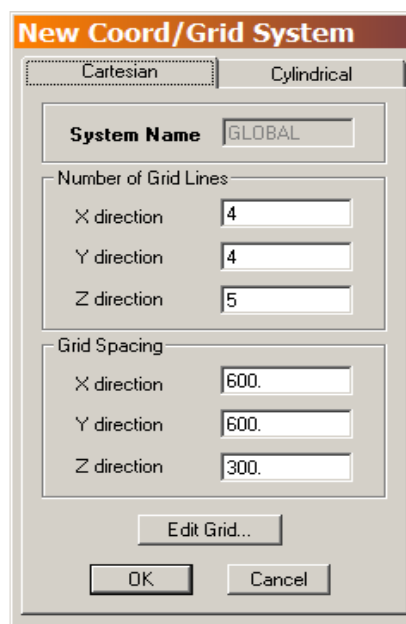
Akibat beban segitiga : $q = \text{tinggi} \times \text{total berat}$

- Untuk balok bagian tengah $q = (\text{tinggi} \times \text{total berat}) \times 2$

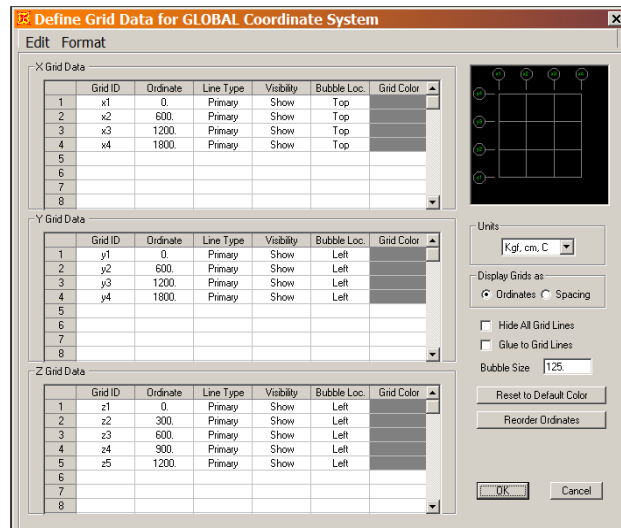
Setelah pembebanan portal selesai, portal dapat dianalisis menggunakan program SAP 200 V14.

Langkah-langkah menghitung portal dengan menggunakan program SAP 2000 V14 yaitu :

- 1) Buat model struktur klik File > New Model
- 2) Pilih unit yang sesuai dengan ketentuan, dalam contoh ini unit dalam Kg-cm, ini bisa Anda masukkan datanya pada *Instialize Model from Default with Units* : pilih Kgf,cm,C, kemudian pada *Select Template* ambil gambar *Grid Only*.

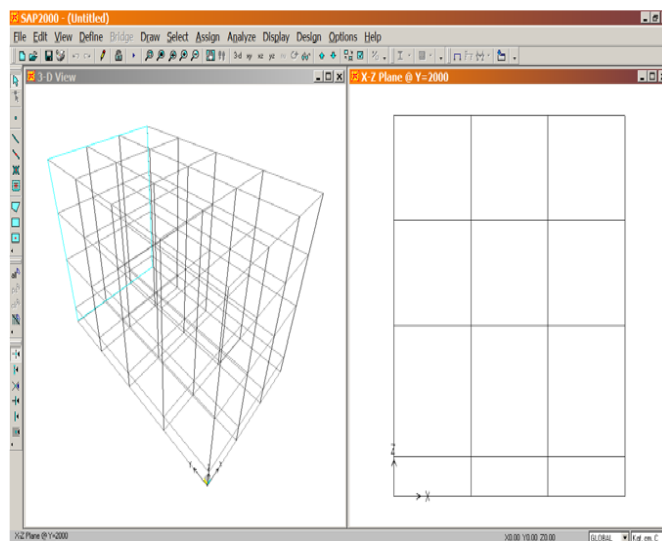
Gambar 2.9 *Grid only*Gambar 2.10 *Dialog box, new model*Gambar 2.11 *Dialog box, new coord/ grid sistem*

- 3) Kemudian klik *grid*, akan tampil *dialog box* “*Define Grid Data for Global Coordinate System*”



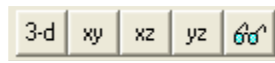
Gambar 2.12 *Define Grid Data for Global Coordinate System*

- 4) Setelah *grid* ditentukan klik OK
- 5) Layar monitor akan menampilkan windows dalam pandangan 3-D dan 2-D yang diatur secara vertikal. Window sebelah kanan menampilkan bidang XZ dari model struktur untuk $Y=0$, sedang window sebelah kiri menampilkan prespektif 3-D dari model struktur, seperti Gambar 2.13 di bawah ini.



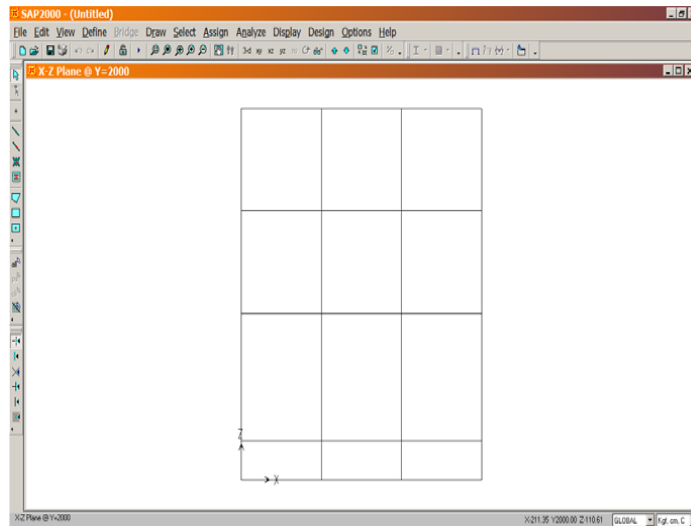
Gambar 2.13 Windows SAP

6) Untuk melihat penampilan bidang X-Z, Anda klik toolbar



pilih (xz) kemudian akan ditampilkan layar bidang

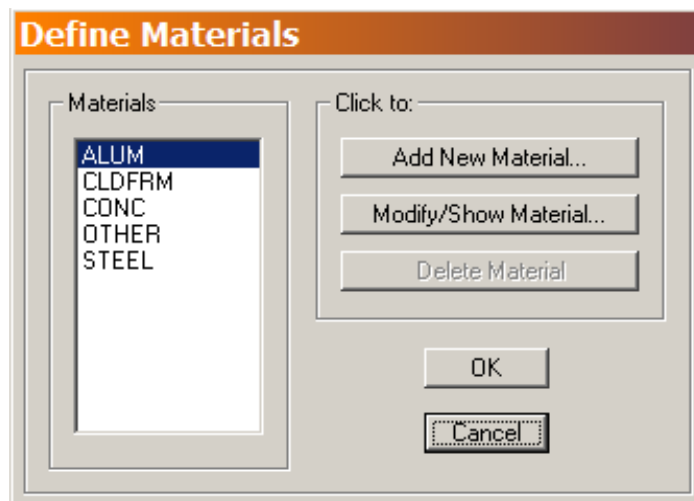
X-Z.



Gambar 2.14 Bentuk *grid* 2D XZ

Untuk menentukan material yang digunakan yaitu :

a) Pilih menu *Define/Materials*, maka akan muncul dialog *box Define Material*.



Gambar 2.15 *Dialog box define material*

b) Klik *Add New Material*, maka akan muncul dialog *box 'Material Property Data'* seperti Gambar 2.16 berikut.

Material Property Data

Material Name: MAT1

Display Color: [Cyan]

Type of Material: Isotropic Orthotropic Anisotropic

Type of Design: Design: Steel

Analysis Property Data:

Mass per unit Volume	8.004E-06
Weight per unit Volume	7.849E-03
Modulus of Elasticity	2038901.9
Poisson's Ratio	0.3
Coeff of Thermal Expansion	1.170E-05
Shear Modulus	784193.

Design Property Data (AISC-LRFD93):

Minimum Yield Stress, Fy	2531.0507
Minimum Tensile Stress, Fu	4077.8038

Advanced Material Property Data:

Time Dependent Properties...
Material Damping Properties...
Stress-Strain Curve Definitions...

OK Cancel

Gambar 2.16 Material properti data

c) Isikan *property material* seperti pada gambar

Material Property Data

Material Name: K270

Display Color: [Yellow]

Type of Material: Isotropic Orthotropic Anisotropic

Type of Design: Design: Concrete

Analysis Property Data:

Mass per unit Volume	2.400E-06
Weight per unit Volume	2.400E-03
Modulus of Elasticity	210000.
Poisson's Ratio	0.2
Coeff of Thermal Expansion	1.170E-05
Shear Modulus	60769.23

Design Property Data (ACI 318-02):

Specified Conc Comp Strength, Fc	270
Bending Reinf. Yield Stress, fy	3900.
Shear Reinf. Yield Stress, fys	2340

Lightweight Concrete
Shear Strength Reduc. Factor: 1.0

Advanced Material Property Data:

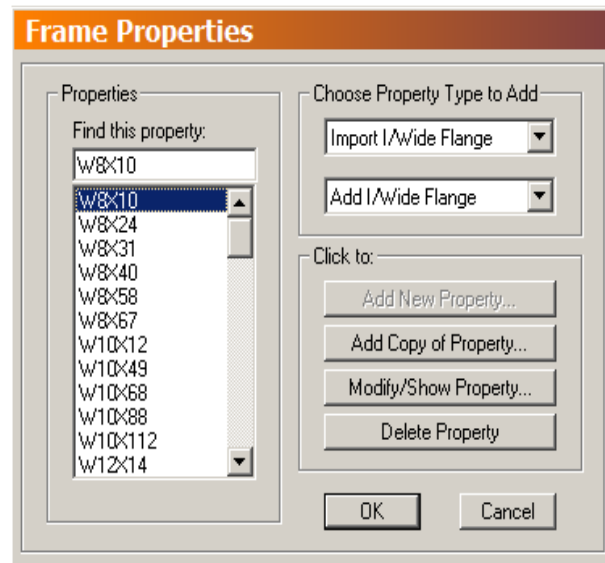
Time Dependent Properties...
Material Damping Properties...
Stress-Strain Curve Definitions...

OK Cancel

Gambar 2.17 Material properti data setelah data dimasukkan

d) Untuk menentukan penampang portal

Pilih menu *Define/Frame Sections*, maka akan ditampilkan dialog box *Frame Properties*. Kemudian masukkan ukuran kolom dan balok yang direncanakan.

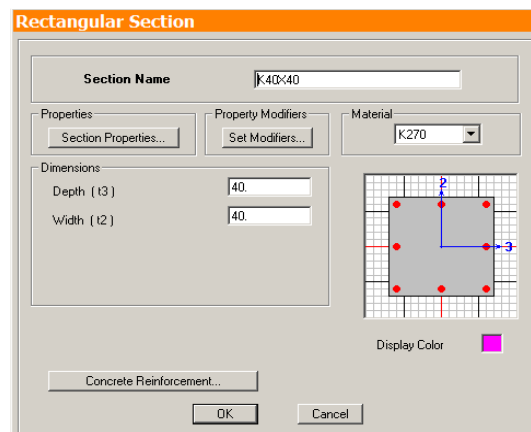


Gambar 2.18 Dialog box Frame properties

Untuk menentukan penampang kolom :

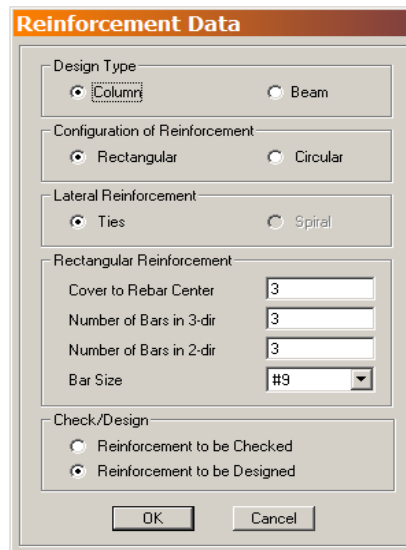
1. Masukkan ukuran kolom yang akan direncanakan

Pilih *Add I/Wide Flange* kemudian pilih '*Add Rectanglar*' kemudian klik *Add New Property..* maka akan ditampilkan dialog box '*Rectangular Section*' seperti Gambar 2.19 berikut.



Gambar 2.19 Dialog box rectangular section

2. Isikan nama profil *pada* *Section Name* dengan Kolom perencanaan penulis, untuk kolom pilih pada *drop down* menu *Material* dengan K225.
3. Isikan tinggi (t3) dengan 40 dan lebar (t2) dengan 40
4. Klik *Concrete Reinforcement*.

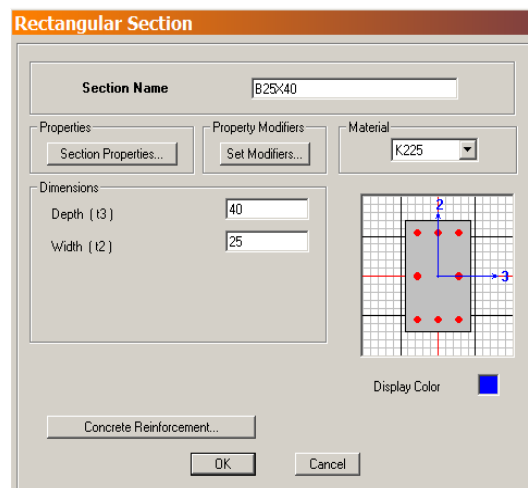


Gambar 2.20 Dialog box reinforcement data

Menentukan penampang balok :

- a. Masukkan ukuran balok yang penulis rencanakan

Pilih *Add I/Wide Flange* kemudian pilih '*Add Rectanglar*' kemudian klik *Add New Property*. maka akan ditampilkan dialog box '*Rectangular Section*' seperti Gambar 2.21 berikut.

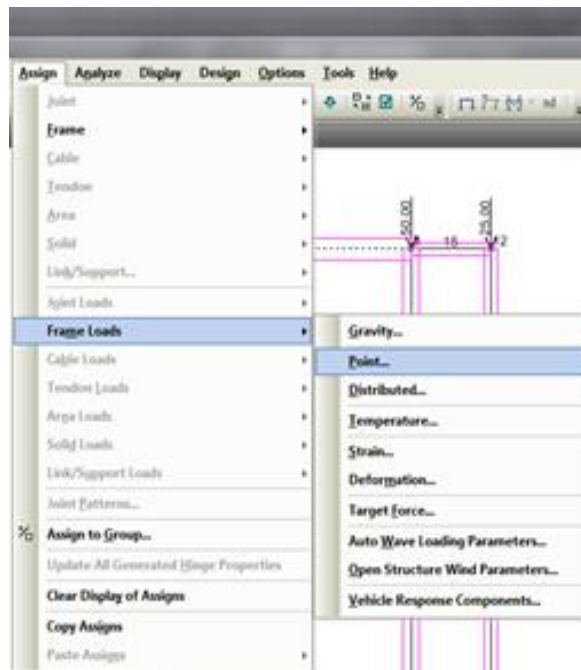


Gambar 2.21 Dialog box rectangular Election

- b. Isikan nama profil pada *Section Name* dengan B (balok) yang direncanakan, untuk balok pilih pada *drop down* menu Material dengan K220.
- c. Isikan tinggi (t3) dengan 40 dan lebar (t2) dengan 40
- d. Klik *Concrete Reinforcement*.

Menginput data akibat beban :

- 1) Pilih *Assign* pada *toolbar* - *Frame Load* – *Distributed*, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan. Seperti pada gambar 2.22, 2.23 dan 2.24 berikut.



Gambar 2.22 *Frame load*

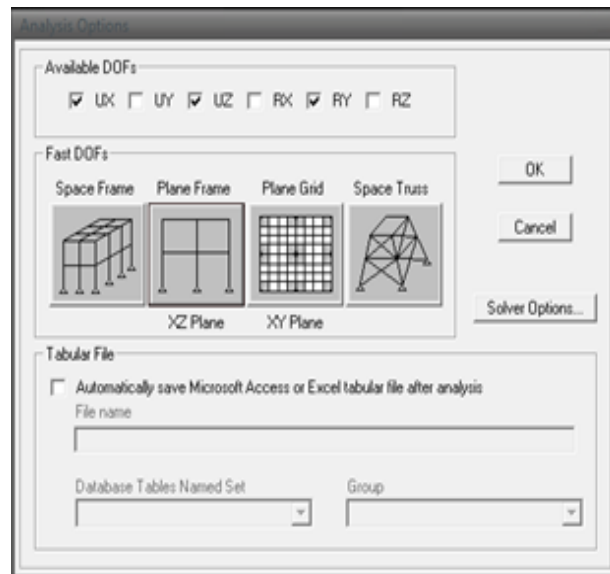
The screenshot shows the 'Frame Distributed Loads' dialog box for a load case named 'B.MATI'. The units are set to 'KN, m, C'. Under 'Load Type and Direction', 'Forces' is selected, 'Coord Sys' is 'GLOBAL', and 'Direction' is 'Gravity'. In the 'Options' section, 'Replace Existing Loads' is selected. The 'Trapezoidal Loads' section has four columns: 1. Distance: 0, Load: 0; 2. Distance: 0,25, Load: 0; 3. Distance: 0,75, Load: 0; 4. Distance: 1, Load: 0. The 'Relative Distance from End-I' option is selected. The 'Uniform Load' section has a 'Load' field set to 0. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom right.

Gambar 2.23 Beban akibat beban mati

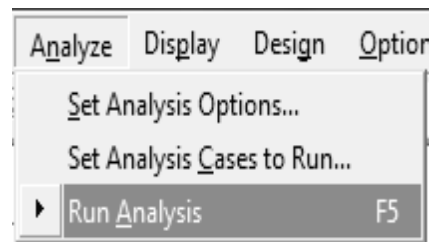
The screenshot shows the 'Frame Distributed Loads' dialog box for a load case named 'B.HIDUP'. The units are set to 'KN, m, C'. Under 'Load Type and Direction', 'Forces' is selected, 'Coord Sys' is 'GLOBAL', and 'Direction' is 'Gravity'. In the 'Options' section, 'Replace Existing Loads' is selected. The 'Trapezoidal Loads' section has four columns: 1. Distance: 0, Load: 0; 2. Distance: 0, Load: 0; 3. Distance: 0, Load: 0; 4. Distance: 0, Load: 0. The 'Absolute Distance from End-I' option is selected. The 'Uniform Load' section has a 'Load' field set to 0. 'OK' and 'Cancel' buttons are at the bottom right.

Gambar 2.24 Beban akibat beban hidup

- 2) Setelah beban akibat beban mati dan hidup di input portal tersebut siap untuk di analisis menggunakan Run Analisis. Seperti pada gambar 2.25 berikut.



Gambar 2.25 Set Analysis Options



Gambar 2.26 Run Analisis

2.3.6 Perencanaan 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 penyelesaian perencanaan kolom dapat dilakukan dengan langkah-langkah perhitungan berikut :

a. Beban kolom

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

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

Keterangan :

$M_D = \text{Momen akibat beban mati}$

$M_L = \text{Momen akibat beban hidup}$

b. Kolom bersengkang

$$P_n = 0,80 (0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y)$$

$$\phi P_n = \phi 0,80 (0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y)$$

$$\phi = 0,65$$

c. Kolom berspiral (bulat)

$$P_n = 0,85 (0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y)$$

$$\phi P_n = \phi 0,85 (0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y)$$

$$\phi = 0,70$$

$$A_g = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$A_{st} = A_g \times \text{jumlah tulangan}$

d. Deformasi

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

Keterangan :

β = Rasio bentang bersih arah memanjang

d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

e. Modulus elastisitas

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

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

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

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

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

Beban sentris

Metode pendekatan

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

Keterangan :

E = Eksentrisitas

M_u = Momen terfaktor yang bekerja pada penampang

P_u = Beban aksial terfaktor yang bekerja pada Penampang

$$\Psi = \frac{\sum \frac{E \cdot I_k}{L_k}}{\sum \frac{E \cdot I_b}{L_b}}$$

f. Rangka tanpa pengaku lateral

$$\frac{Klu}{r} < 22$$

g. Rangka dengan pengaku lateral

$$\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_{1-b}}{M_{2-b}} \right)$$

Keterangan :

K = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan nilai k didapat dari nomogram pada Istimawan halaman 333.

lu = Panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang.

r = Jari-jari putaran potongan lintang komponen struktur tekan.

h. Pembesaran momen

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

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

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

Kolom dengan pengaku

$$Cm = 0,6 + 0,4x \frac{M_{1B}}{M_{2B}} \geq 0,4$$

Kolom tanpa pengaku

$$Cm = 1,0$$

Keterangan :

M_c = Momen rencana yang diperbesar

δ = Faktor pembesaran momen

P_u = Beban rencana aksial terfaktor

P_c = Beban tekuk Euler

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

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

$$d = h - d'$$

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

$$a_b = \beta_1 x Cb$$

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

$$fs' = fy$$

$$\phi P_n = \phi (0,85 x f_c' x a_b x b + As' x fs' - As x fy)$$

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

2.4 Perhitungan Struktur Bawah

2.4.1 Perencanaan Sloof

Fungsi utama balok sloof adalah sebagai pengikat antar pondasi sehingga diharapkan bila terjadi penurunan pada pondasi, penurunan itu dapat tertahan atau akan terjadi secara bersamaan (Anugrah Pamungkas dan Erny Harianti 2013:97) Adapun penyelesaian perencanaan sloof dapat dihitung dengan langkah-langkah berikut :

1. Menentukan dimensi sloof
2. Menentukan pembebanan pada sloof :
 - a. Berat slof
 - b. Berat dinding
 - c. Berat plesteran
3. Perhitungan momen
4. Perhitungan penulangan

Menghitung nilai k

$$k = \frac{Mu}{\phi b d^2}$$

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, hal 61 butir ke 2*)

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{min} = \rho_{ada} < \rho_{maks}$$

5. Menghitung nilai A_s

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

A_s = Luas tulangan (mm²)

ρ = Rasio penulangan

d_{eff} = Tinggi efektif pelat (mm)

- a. Menentukan diameter tulangan yang dipakai (*Istimawan, Tabel A-4*)
- b. Mengontrol jarak tulangan sengkang
- c. Untuk menghitung tulangan tumpuan diambil 20% dari luas tulangan atas. Dengan Tabel A-4 (*Istimawan*) didapat diameter tulangan pakai.
- d. Cek apakah tulangan geser diperlukan
 $V_u < V_c$, tidak perlu tulangan geser
 $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$, digunakan tulangan praktis

2.4.2 Perencanaan pondasi

Pondasi umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah, dan telapak pondasi berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Sebagaimana yang menjadi tugasnya, telapak pondasi harus memenuhi persyaratan untuk mampu dengan aman menebarkan beban yang diteruskannya sedemikian rupa sehingga kapasitas atau daya dukung tanah tidak dilampaui (Istimawan Dipohusodo, 1994:342).

Tiang pancang bagian-bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton dan/ atau baja, yang digunakan untuk menentruskan (mentransmisikan) beban-beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah dalam massa tanah (Joseph E. Bowles, 1991:193).

Jenis-jenis penyaluran beban pada tiang pancang yaitu :

1. *End bearing*

Tiang yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung tiang.

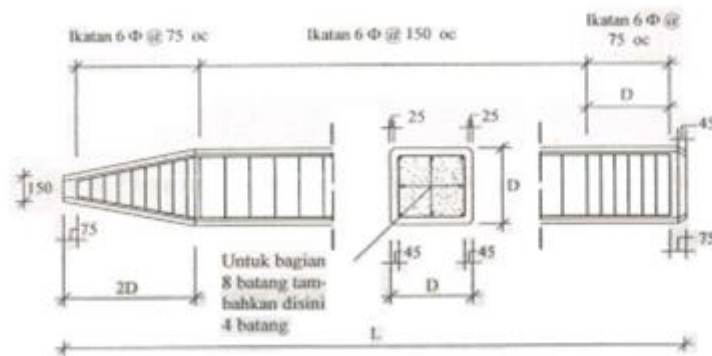
2. *Friction pile*

Tiang yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh perlawanan gesek antara dinding tiang dan tanah sekitarnya.

Tiang pancang dapat dibagi dalam 3 macam berdasarkan cara pembuatannya yaitu:

a. *Precast Reinforced Concrete Pile*

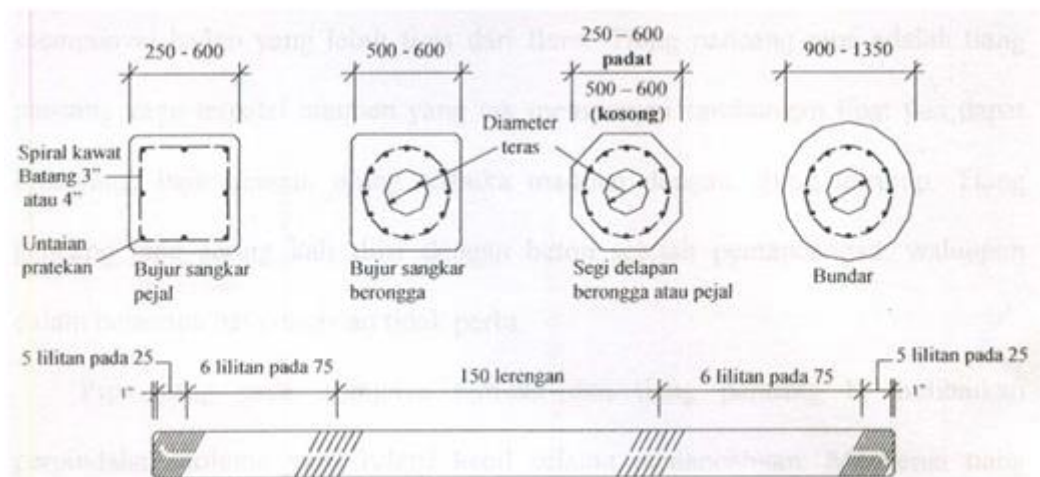
Precast Reinforced Concrete Pile adalah tiang pancang beton bertulang yang dicetak dan dicor dalam acuan beton (bekisting) yang setelah cukup keras kemudian diangkat dan dipancangkan.



Gambar 2.27 Tiang pancang beton *precast concrete pile*

b. *Precast Prestressed Concrete Pile*

Tiang pancang *Precast Prestressed Concrete Pile* adalah tiang pancang beton yang dalam pelaksanaan pencetakannya sama seperti pembuatan beton prestess, yaitu dengan menarik besi tulangnya ketika dicor dan dilepaskan setelah beton mengeras seperti dalam berikut.



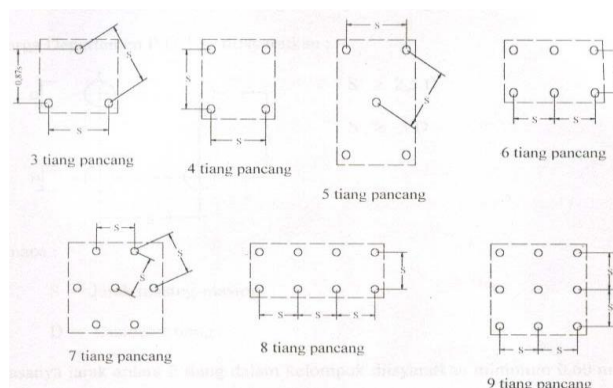
Gambar 2.28 Tiang pancang *Precast Prestressed Concrete Pile*

c. *Cast in Place*

Cast in Place merupakan tiang pancang yang dicor ditempat dengan cara membuat lubang ditanah terlebih dahulu dengan cara melakukan pengeboran. Pada *Cast in Place* ini dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu :

- 1) Dengan pipa baja yang dipancang ke dalam tanah, kemudian diisi dengan beton dan ditumbuk sambil pipa baja tersebut ditarik ke atas.
- 2) Dengan pipa baja yang dipancang ke dalam tanah, kemudian diisi dengan beton sedangkan pipa baja tersebut tetap tinggal di dalam tanah. (Joseph E.Bowles,1991:193).

Pada kenyataan sebenarnya jarang sekali ditemukan tiang pancang yang berdiri sendiri, akan tetapi kita sering mendapatkan pondasi tiang pancang dalam bentuk kelompok, seperti pada gambar berikut.



Gambar 2.29 Pengelompokan tiang pancang

Adapun penyelesaian perhitungan pondasi jenis ini dapat menggunakan langkah-langkah berikut :

Terhadap kekuatan bahan tiang

- a) Kekuatan izin tiang pancang

$$\bar{p} = \bar{\sigma} \times A_{\text{tiang}}$$

Keterangan :

$\bar{\sigma}$ = Tegangan izin bahan (Kg/cm²)

A = Luas penampang (cm²)

- b) Luas penampang tiang pancang

$$A = \frac{1}{2} a \cdot t$$

Keterangan :

t = Tinggi tiang

a = Alas

- c) Menentukan beban – beban yang bekerja pada pondasi,

- d) Menentukan diameter yang digunakan.
- e) Menentukan daya dukung ijin tiang berdasarkan hasil pengujian sondir, daya dukung ijin pondasi tiang dapat dihitung dengan rumus :

$$Q \text{ ijin} = \frac{q_c \times A_b}{F_b} + \frac{JHP \times O}{F_s}$$

Keterangan :

- Q ijin = Daya dukung ijin tiang (kg)
- Qc = Nilai tahanan konus di ujung tiang (kg/cm²)
- Ab = Luas penampang ujung tiang (cm²)
- JHP = Jumlah hambatan pelekat (kg/cm)
- O = Keliling penampang tiang (cm)
- Fb = Faktor keamanan daya dukung ujung (Fb = 3)
- Fs = Faktor keamanan daya dukung gesek (Fs = 5)

- f) Menentukan jarak tiang yang digunakan, $1,5D < S < 3,5D$
- g) Menentukan efisiensi kelompok tiang,

Persamaan dari Uniform Building Code:

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

Keterangan :

- m = Jumlah baris
- n = Jumlah tiang dalam satu baris
- $\theta = \text{Arc tan } \frac{d}{s}$ (derajat)
- d = Diameter tiang
- s = Jarak antar tiang (as ke as)

- h) Menentukan kemampuan tiang terhadap sumbu x dan sumbu y

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

Keterangan :

- Pmax = Beban yang diterima oleh tiang pancang
- $\sum V$ = Jumlah total beban
- Mx = Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus pada sumbu x

- My = Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus pada sumbu Y
- n = Banyak tiang pancang dalam kelompok tiang pancang
- Xmax = Absis terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang
- Ymax = Ordinat terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang
- ny = Banyaknya tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu Y
- nx = Banyaknya tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu X
- $\sum X^2$ = Jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang
- $\sum Y^2$ = Jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang

i) Menentukan tebal tapak pondasi Tinggi efektif (d_{eff}) = $h - p - D - \frac{1}{2}D$

Untuk aksi satu arah :

Gaya geser terfaktor

$$V_u = n \cdot P_u$$

Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \cdot \frac{1}{6} b_w \cdot d \cdot \sqrt{f_c'} ; b_w = B$$

$\phi V_c > V_u$ (tebal pelat mencukupi untuk memikul gaya geser tanpa memerlukan tulangan geser).

j) Penulangan Poer

$$\rho = \frac{1}{2} \cdot \left(1 \sqrt{1 - 4 \times \frac{f_y}{1,7 \cdot f_c'} \times \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2 \cdot f_y}} \right) \cdot \frac{1,7 \cdot f_c'}{f_y}$$

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

k) Perhitungan Tulangan Sengkang

$$A_v = 2 \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$A_v = \frac{1}{3} + \frac{b_w S}{f_y}$$

$$S = \frac{3 A_v f_y}{350}$$

Syarat $S_{max} = \frac{1}{2} d$ atau 600 mm

2.5 Pengelolaan Proyek

Manajemen diartikan sebagai kemampuan untuk memperoleh hasil dalam rangka mencapai tujuan melalui kegiatan sekelompok orang. Berdasarkan para ahli disimpulkan bahwa manajemen dapat didefinisikan dari beberapa aspek. Meskipun demikian, pengertian manajemen pada dasarnya mencangkup suatu metode/teknik atau proses untuk mencapai suatu tujuan tertentu secara sistematis dan efektif, melalui tindakan-tindakan perencanaan (*planning*), pengorganisasian (*organizing*), pelaksanaan (*actuating*) dan pengendalian (*controlling*) dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara efisien. (Irika Widiasanti dan Lenggogeni 2013:23).

2.5.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)

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.

Untuk dapat menyusun rencana kerja dan syarat-syarat yang baik dibutuhkan :

1. Gambar kerja proyek
2. Rencana anggaran biaya pelaksanaan proyek
3. Bill Of Quality (BOQ) atau daftar volume pekerjaan
4. Data lokasi proyek berada
5. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub kontraktor yang tersedia di sekitar lokasi pekerjaan proyek berlangsung
6. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub kontraktor yang harus didatangkan ke lokasi proyek
7. Data kebutuhan tenaga kerja dan ketersediaan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan
8. Data cuaca atau musim di lokasi pekerjaan proyek

9. Data jenis transportasi yang dapat digunakan di sekitar lokasi proyek
10. Metode kerja yang digunakan untuk melaksanakan masing- masing item pekerjaan
11. Data kapasitas produksi meliputi peralatan, tenaga kerja, sub kontraktor, material
12. Data keuangan proyek meliputi arus kas, cara pembayaran pekerjaan, tenggang waktu pembayaran progress, dll.

2.5.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

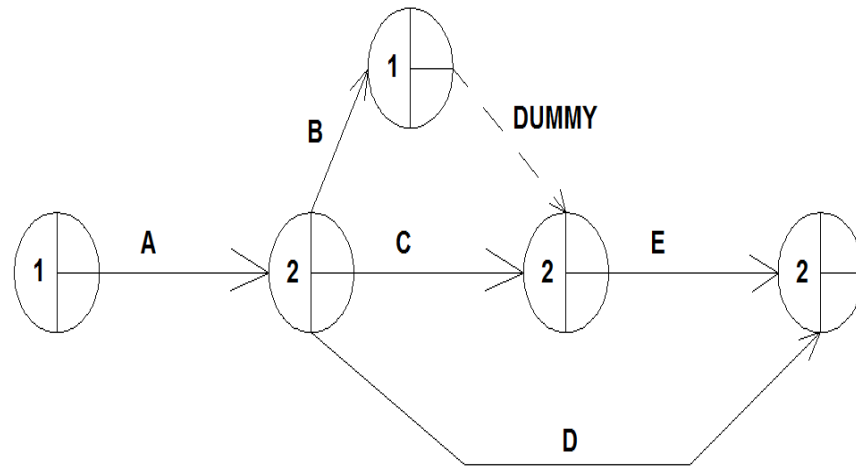
Menurut Sugeng Djojowirono, 1984, Rencana Anggaran Biaya (RAB) Proyek merupakan perkiraan biaya yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi sehingga akan diperoleh biaya total yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek.

2.5.3 Rencana Pelaksanaan

Rencana pelaksanaan proyek bangunan terbagi menjadi 3 yaitu :

1. NWP (*Network Planning*)

Menurut Sofwan Badri (1997 : 13) dalam bukunya “Dasar-Dasar Network Planning” adalah sebagai berikut: “*Network planning* pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (variabel) yang digambarkan / divisualisasikan dalam diagram *network*”. Dengan demikian diketahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, bila perlu dilembur (tambah biaya), pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan yang lain, pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga alat dan tenaga dapat digeser ke tempat lain demi efisiensi. Berikut contoh gambar *Network Planning*.



Gambar 2.30 Network planning

2. Diagram Batang (Barchart)

Dalam dunia konstruksi, teknik penjadwalan yang paling sering digunakan adalah *Barchart* atau diagram batang atau bagan balok. *Barchart* adalah sekumpulan aktivitas yang ditempatkan dalam kolom vertikal, sementara waktu ditempatkan dalam baris horizontal. Waktu mulai dan selesai setiap kegiatan beserta durasinya ditunjukkan dengan menempatkan balok horizontal dibagian sebelah kanan dari setiap aktivitas. (Irika Wideasanti dan Lenggogeni 2013:77).

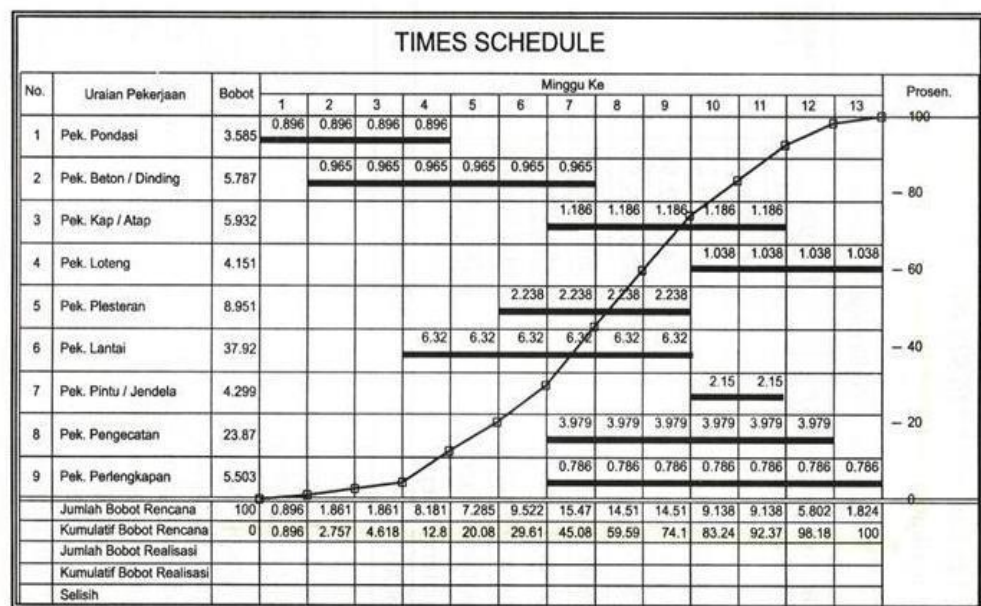
JADWAL WAKTU PELAKSANAAN (TIME SCHEDULE)																		
No	Uraian pekerjaan	Bobot (%)	Waktu Pelaksanaan								Keterangan							
			Minggu ke	1	2	3	4	5	6	7		8						
1	Pekerjaan pengukuran	0,0984	0,10															
2	Pekerjaan Bowplank	0,2461	0,25															
3	Pekerjaan Galian	0,8038																
4	Urugan bekas galian	0,1837			0,05	0,05	0,05	0,05										
5	Pek.Pasangan Fondasi Batu kali	8,6119		0,18	0,18	0,18	0,18											
6	Pekerjaan Sloof	1,9884			0,43	0,43	0,43	0,43										
7	Pekerjaan Kolom	0,8202			0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12							
8	Pek.pasangan Bata	20,5046			0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42								
9	Pek.ring balk	0,6661																
10	pek.pasang kusen	4,9211				0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82							
11	pek.daun pintu dan jendela	3,4448									0,73	0,73						
12	Pek.plesteran dan acian	12,3027																
13	Pekerjaan rangka atap	19,8844									9,84	9,84						
14	pekerjaan penutup atap	5,4132																
15	pekerjaan keramik lantai	4,9211																
16	pekerjaan keramik dinding wc	0,3937												0,39				
17	Instalasi listrik	2,2965					0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38						
18	Instalasi air bersih	1,4927																
19	Instalasi air kontor	1,8864		0,04	0,04													
20	Pek.pasang plafond	4,2650								1,42	1,42	1,42						
21	Pek.Pengecatan	4,1009											1,37	1,37				
22	pek.akhir	0,9842												0,98				
	Jumlah	100	0,10	1,46	3,63	2,81	7,05	9,30	7,14	6,60	7,10	7,10	5,89	14,74	15,34	9,39	1,37	0,98
	Kumulatif		0,10	1,56	5,19	8,00	15,04	24,34	31,48	38,08	45,19	52,29	58,18	72,92	86,26	97,65	99,02	100,00

Gambar 2.31 Barchart

3. Kurva S

Kurva S adalah grafik yang dibuat dengan sumbu vertikal sebagai nilai kumulatif biaya atau penyelesaian (*progress*) kegiatan dan sumbu horizontal sebagai waktu. (Irika Widiasanti dan Lenggogeni 2013:152). Kegunaan kurva S adalah :

- Untuk menganalisis kemajuan/progres suatu proyek secara keseluruhan.
- Untuk mengetahui pengeluaran dan kebutuhan biaya pelaksanaan proyek.
- Untuk mengontrol penyimpangan yang terjadi pada proyek dengan membandingkan kurva S rencana dengan kurva S aktual.



Gambar 2.32 Kurva S