

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Uraian Umum

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

Perencanaan adalah bagian yang terpenting dari pembangunan suatu bangunan. Perencanaan dapat didefinisikan sebagai campuran antara seni dan ilmu pengetahuan yang dikombinasikan dengan intuisi seorang ahli struktur mengenai perilaku struktur dengan dasar-dasar pengetahuan dalam statika, dinamika, mekanika bahan, dan analisa struktur, untuk menghasilkan suatu struktur yang ekonomis dan aman, selama masa layannya (*Setiawan, 2008:1*).

Didalam suatu perencanaan harus memenuhi berbagai syarat konstruksi yang telah ditentukan sesuai dengan peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia, yaitu:

1. Kuat

Struktur gedung harus direncanakan kekuatan batasnya terhadap pembebanan.

2. Kokoh

Struktur gedung harus direncanakan kokoh agar deformasi yang terjadi tidak melebihi deformasi yang telah ditentukan.

3. Ekonomis

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

4. Artistik (Estetika)

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

2.2 Ruang Lingkup Perencanaan

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

1. Struktur Bangunan Atas (*Upper Structure*)

Struktur bangunan atas harus sanggup mewujudkan perencanaan dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi keamanan maupun kenyamanan bagi 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 baja.

Perhitungan perencanaan untuk bangunan struktur atas ini meliputi :

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

2. Struktur Bangunan Bawah (*Sub Structure*)

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

Perhitungan perencanaan struktur bagian bawah (*sub structure*) ini meliputi :

- Perhitungan Sloof
- Perhitungan Pondasi

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 unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin, serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu. (*Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983: hal 7 pasal 1 (1)*).

2. Beban Hidup (Sementara)

Beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan didalamnya termasuk beban-beban dari lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap kedalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air. (*Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983: hal 7 pasal 1 (3)*).

3. Beban Hujan

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

4. 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)*).

5. Beban Gempa

Semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan pada analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya didalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu. (*Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983: hal 7 pasal 1 (3)*).

6. Beban Khusus

Semua yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang terjadi akibat selisih suhu, pengangkatan dan pemasangan, penurunan pondasi, susut, gaya-gaya tambahan yang berasal dari beban hidup seperti gaya rem yang berasal dari keran, gaya sentrifugal dan gaya dinamis yang berasal dari mesin-mesin, serta pengaruh-pengaruh khusus lainnya. (*Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983: hal 7 pasal 1 (3)*).

2.3 Dasar-dasar Perencanaan

Dalam menyelesaikan perhitungan struktur bangunan Showroom Yamaha di jalan kapten A. Rivai Palembang, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang telah ditetapkan dan berlaku di Indonesia. Peraturan-peraturan yang dijadikan pedoman tersebut antara lain :

1. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2013).

2. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPIUG 1983).
3. Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung (SNI-1729-2002).

Dalam pekerjaan suatu konstruksi bangunan, diperlukan beberapa teori perhitungan agar hasil dari perhitungan dapat menjadi acuan dan konstruksi dapat menahan beban dengan sempurna, baik itu beban sendiri maupun pembebanan lainnya. Berikut struktur bangunan yang memerlukan metode perhitungan yaitu :

2.4. Perencanaan Atap

1. Gording

Gording membagi bentangan atap dalam jarak-jarak yang lebih kecil pada proyeksi horizontal. Gording meneruskan beban dari penutup atap, beban angin, beban air hujan pada titik-titik buhul kuda-kuda. Struktur gording direncanakan kekuatannya berdasarkan pembebanan dari beban mati, dan beban hidup.

a. Pembebanan

Adapun beban yang bekerja pada gording sebagai berikut :

1) Beban mati (q_D), Terdiri dari :

- Berat sendiri gording
- Berat atap

2) Beban hidup (q_L), Terdiri dari

- Beban air hujan

$$q_H = (40 - 0,8 \alpha) \text{ kg/m}^2$$

Dengan ketentuan bahwa beban tersebut tidak perlu diambil lebih besar dari 20 kg/m^2 dan tidak perlu ditinjau apabila kemiringan atapnya lebih besar dari 50° (PPIUG 1983).

- Beban pekerja

Beban terpusat merupakan beban dari seorang pekerja atau seorang pemadam kebakaran dengan peralatannya sebesar 100 kg. (PPIUG 1983)

3) Beban angin (w)

$$Q_w = \text{Koef. Angin} \times W \times l_g$$

$$\text{Koefisien angin tekan} = (0,02 \alpha - 0,4) \quad (\text{PPIUG 1983})$$

$$\text{Koefisien angin hisap} = 0,4 \quad (\text{PPIUG 1983})$$

Dimana,

W = tekanan angin tiup

l_g = jarak gording

Apabila dalam perhitungan Q_w bernilai negatif, maka dalam perhitungan mengabaikan beban angin.

b. Kombinasi pembebanan :

- 1) Kuat perlu (U) yang menahan beban mati (D) dan beban hidup (L) paling tidak harus sama dengan :

$$U = 1,2 D + 1,6 L \dots\dots\dots \text{SNI 03-1729-2002 hal 13}$$

- 2) Kuat perlu (U) yang sama menahan beban angin (W), beban mati (D) dan beban hidup (L)

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,8 W \dots\dots\dots \text{SNI 03-1729-2002 hal 13}$$

- 3) Kuat perlu (U) yang menahan beban angin (W), beban mati (D) dan beban hidup (L) kosong

$$U = 0,9 D + 1,3 W \dots\dots\dots \text{SNI 03-1729-2002 hal 13}$$

c. Cek kekompakan penampang

Plat sayap

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f} \quad (\text{SNI 03-1729-2002})$$

Plat badan

$$\lambda_\omega = \frac{h}{t_w} \quad (\text{SNI 03-1729-2002})$$

Dimana :

λf = Perbandingan antara lebar dan tebal flens

$\lambda \omega$ = Perbandingan antara tinggi dan tebal web

Untuk mengetahui kekompakan penampang yang dipakai, maka perhitungan masing-masing λf dan $\lambda \omega$ dibandingkan dengan λp dan λr , **untuk plat sayap :**

$$\lambda p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \dots\dots \text{SNI 03-1729-2002 hal 30}$$

$$\lambda r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} \dots\dots \text{SNI 03-1729-2002 hal 30}$$

Untuk plat badan :

$$\lambda p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \dots\dots \text{SNI 03-1729-2002 hal 31}$$

$$\lambda r = \frac{2250}{\sqrt{f_y}} \dots\dots \text{SNI 03-1729-2002 hal 31}$$

Dimana :

λp = lamda plastis

λr = lamda langsing

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

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

$$M_n = M_p = Z_x \cdot f_y \dots\dots\dots \text{SNI 03-1729-2002 hal 36}$$

- 2) Penampang tidak kompak $\lambda p < \lambda < \lambda r$

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \cdot \frac{\lambda - \lambda p}{\lambda r - \lambda p} \dots\dots \text{SNI 03-1729-2002 hal 36}$$

- 3) Penampang langsing $\lambda r \leq \lambda$

$$M_n = M_r \cdot (\lambda r / \lambda)^2$$

d. Kontrol kekuatan lentur

$$\left(\frac{Mu_x}{\phi b M n_x} \right)^\zeta + \left(\frac{Mu_y}{\phi b M n_y} \right)^\zeta \leq 1,0 \dots (\text{SNI 03-1729-2002 Pasal 11.3.1})$$

Dengan ketentuan :

Untuk $bf / d < 0,5$: $\zeta = 1,0$

Untuk $0,5 \leq bf / d \leq 1,0$: $\zeta = 1,6$

Dimana :

M_p = Momen Plastis

M_y = Momen leleh

M_u = Momen rencana

M_n = Momen nominal

ϕ = Reduksi kekuatan

e. Kontrol kekakuan

$$\Delta = \frac{1}{48} \left(\frac{P.L^3}{E.I} \right) \longrightarrow \text{untuk beban terpusat di tengah bentang}$$

(Beban Pekerja)

$$\Delta = \frac{5.q.l^4}{384.E.I} \longrightarrow \text{untuk beban merata}$$

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

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

2. Trekstang

Dalam perhitungan trekstang diambil dari kombinasi pembebanan gording dan menggunakan beban terfaktor. Setelah pembebanan selanjutnya perhitungan kondisi leleh dan kondisi fraktur untuk mendapatkan diameter trekstang.

a. Kontrol leleh , $\phi = 0,9$

$$\phi N_n = A_g \cdot f_y \quad (\text{SNI 03-1729-2002})$$

- b. Kontrol putus, $\phi = 0,75$

$$\phi N_n = A_e \cdot f_u \quad (\text{SNI 03-1729-2002})$$

$$A_e = A \cdot U$$

Keterangan:

A_g = luas penampang bruto, mm²

A_e = luas penampang efektif, mm²

f_y = Tegangan leleh, Mpa

f_u = Tegangan putus, Mpa

- c. Diameter trekstang

$$d = \sqrt{\frac{A_g \cdot 4}{\pi}}$$

3. Ikatan Angin

Pada hubungan gording dengan ikatan angin harus dianggap pada gaya P' yang arahnya sejajar dengan sumbu gording, yang besarnya

$$P' = 0,01 \times P_{\text{portal}} + 0,005 \times n \times q \times I_k \times I_g$$

Keterangan :

P' = Gaya pada gording ikatan angin

P_{portal} = Gaya tepi dimana gording itu berada

N = Jumlah trave antara 2 bentang ikatan angin

q = beban vertikal terbagi rata

I_k = jarak kuda-kuda

I_g = jarak gording

- a. Bentang ikatan angin

- 1) Ikatan angin dinding harus diperhitungkan selain beban vertikal dari atap, juga terhadap gaya horizontal yang besar.

$$Q' = 0,0025 \times Q$$

- 2) Pada bentang yang ikatan anginnya harus memenuhi syarat

$$\frac{h}{i} > \sqrt{\frac{0,25 \cdot q}{E \cdot A}}$$

Keterangan :

h = jarak kuda-kuda pada bentang ikatan angin

I = panjang tepi atas kuda-kuda

$Q = n \cdot q \cdot 1 \cdot ik$

A = luas penampang profil

2.5 Pelat Beton

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 (*One Way Slab*)

Pelat satu arah yaitu suatu lantai beton yang sistem pendukungnya (berupa balok) berada di sisi kiri dan kanan pelat.

Ciri-cirinya adalah :

- a. Pelat ditumpu pada sisi yang saling berhadapan
- b. Pelat persegi yang mempunyai balok pendukung pada keempat sisinya dengan perbandingan antar sisi panjang pelat atau bentang panjang (l_y) dan sisi lebar pelat atau bentang pendek (l_x) $> 2,0$

atau secara matematis dapat ditulis $\frac{l_y}{l_x} > 2,0$

Langkah-langkah perencanaan pelat satu arah :

- a. Menentukan tebal minimum pelat satu arah seperti pada tabel 2.1,
- b. Pembebanan,

Pembebanan sama seperti balok, $W_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$ meliputi :

1) Beban mati

- Berat beton bertulang 2400 kg/m^3
- Berat penutup lantai dari ubin tanpa adukan yaitu 24 kg/m^3
- Berat adukan spesi, per cm tebal yaitu 21 kg/m^2

- Langit-langit (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), dengan tebal maksimum 4 mm yaitu 11 kg/m^2 .
- Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak minimum 0,80 m yaitu 7 kg/m^2 .
(PPIUG 1983)

2) Beban hidup

- Untuk lantai pabrik, gudang, bengkel, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri dengan minimum 400 kg/m^2 (PPIUG 1983).
- c. Kontrol apakah bisa menggunakan metode koefisien momen, sesuai dengan persyaratan penggunaan metode koefisien momen yang telah diuraikan sebelumnya.,
- d. Pendistribusian momen dengan metode koefisien momen dengan rumus, $M = \text{koefisien} \times W_u \times L_n^2$,
- e. Menentukan tulangan pelat,

Tentukan nilai $k = \frac{M_u}{bd^2}$ 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. Menentukan diameter tulangan pembagi seperti pada tabel 2.2.
- As (luas tulangan) pembagi : $0,0018.b.h$ untuk $f_y : 400 \text{ Mpa}$
- As (luas tulangan) pembagi : $0,0020.b.h$ untuk $f_y : 240 \text{ Mpa}$

Tabel 2.1 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Komponen Struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu Sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	L/20	L/24	L/28	L/10
Balok atau pelat rusuk satu arah	L/16	L/18,5	L/21	L/18
CATATAN: Panjang bentang dalam mm. Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan mutu 420 Mpa. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasikan sebagai berikut : (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (<i>equilibrium density</i>), W_c , diantara 1440 sampai 1840 kg/m ³ , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003W_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09 (b) Untuk f_y selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.				

*Sumber : Tata cara perencanaan beton bangunan gedung (SNI-03-2847-2013 hal 70)

Nilai diatas berlaku untuk $f_y = 240$ dan 400 Mpa

Untuk nilai f_y lain di kalikan dengan faktor $[0,4 + \frac{f_y}{700}]$

Misal : $h_{min} = \text{Koefisien } f_y \times L_{teoritis} \times \left[0,4 + \frac{f_y}{700} \right]$

Keterangan : L = Panjang Teoritis

Tabel 2.2 Diameter Minimum Tulangan Pembagi

Diameter Minimum	$F_y = 240$	$F_y = 400$
Tulangan utama	Ø 8 mm	Ø 6 mm
Tulangan Pembagi atas	Ø 8 mm	Ø 6 mm
Tulangan pembagi bawah	Ø 6 mm	Ø 6 mm

Sumber : Beton Bertulang Jilid 1 karangan W.C Vis dan Gideon H.Kusuma

2. Pelat dua arah (*TwoWay Slab*)

$$\text{Syarat : } \frac{l_y}{l_x} \leq 2$$

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

a) Tebal Pelat

Menurut SNI tahun 2013 hal 72 adalah sebagai berikut :

- Untuk α_{fm} yang sama atau lebih kecil dari 0,2, harus menggunakan tabel 2.4 sebagai berikut :

Tabel 2.3 Tebal minimum pelat tanpa balok interior

Tegangan leleh, f_y Mpa	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

Untuk konstruksi dua arah, l_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.
 Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.
 Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5.
 Pelat dengan balok diantara kolom kolomnya disepanjang tepi eksterior. Nilai α_f untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0.8.

*Sumber : Tata cara perencanaan beton bangunan gedung (SNI-03-2847-2013 hal 72)

- Untuk α_{fm} lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

- Untuk α_{fm} lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

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

dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

Dimana :

$$\alpha_{fm} = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s}$$

E_{cb} = Modulus elastisitas balok beton

E_{cs} = Modulus elastisitas pelat beton

I_b = Inersia balok

I_s = Inersia pelat

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) 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.

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

- c) Mencari Momen

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

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

Tebal minimum pada penutup beton dapat dilihat pada tabel 2.4 untuk menentukan tinggi efektif arah x (dx) dan arah y (dy) adalah :

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

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

Tabel 2.4 Tebal Minimum 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:	50
Batang D-19 hingga D-56.....	40
Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau kawat ulir D16 dan yang lebih kecil	
c) Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton tidak langsung berhubungan dengan tanah:	
Pelat, dinding, pelat bertitik:	
Batang D-11 dan D-56.....	40
Batang D-36 dan yang lebih kecil	20
Balok, kolom:	
Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral.....	40
Komponen struktur cangkang, pelat lipat:	
Batang D-19 dan yang lebih besar	20
Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil	15

*Sumber : Tata cara perencanaan beton bangunan gedung (SNI-03-2847-2013 hal 51)

e) Mencari nilai koefisien tahanan (k)

Faktor reduksi $\Theta = 0,80$

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

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)

f) 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*).

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

$$\rho_{\max} = 0,75 \frac{0,85 f_c'}{f_y} b_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

Tabel 2.5 Nilai – nilai $\rho_{\max}$ pada nilai f_y dan f_c' tertentu

	Fc'				
	15	20	25	30	35
Fy = 240	0,0242	0,0323	0,0404	0,0484	0,0538
Fy = 400	0,0122	0,0163	0,0203	0,0244	0,0271

Sumber : *Beton Bertulang Jilid 1* karangan W.C Vis dan Gideon H.Kusuma

g) Mencari luas tulangan (A_s)

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

h) Mamasang 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 $\rightarrow d_y = h - p - \emptyset_{\text{arah x}} - \emptyset_{\text{arah y}}$

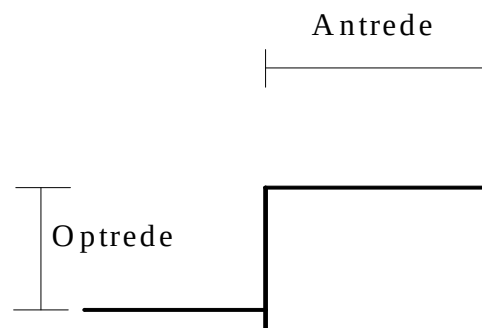
2.6 Tangga

Tangga adalah suatu konstruksi yang merupakan salah satu bagian dari bangunan yang berfungsi sebagai alat yang menghubungkan antara lantai bawah dengan lantai yang ada diatasnya pada bangunan bertingkat dalam keadaan tertentu. (*Ilmu Bangunan Gedung.1993. Drs. IK. Sapribadi.hal 10*).

Tangga secara umum terdiri :

1. Anak Tangga (*Trede*)

Adalah bagian dari tangga yang berfungsi untuk memijakkan/ melangkahkan kaki ke arah vertikal maupun horizontal (datar). Bidang trede datar yang merupakan tempat berpijaknya telapak kaki dinamakan *Aantrede*, sedangkan bidang trede tegak yang merupakan selisih tinggi antara dua *trede* yang berurutan dinamakan *Optrede* (langkah tegak/naik) seperti pada gambar .



Gambar 2.1 Anak Tangga (menjelaskan posisi optride antride)

Adapun ketentuan-ketentuan konstruksi tangga yaitu :

a. Untuk bangunan rumah tinggal

Antrede = 25 cm (minimum)

Optrede = 20 cm (maksimum)

Lebar tangga = 80 – 100 cm

b. Untuk perkantoran dan lain-lain

Antrede = 25 cm (minimum)

Optrede = 17 cm (maksimum)

Lebar tangga = 120 - 200 cm

c. Syarat langkah 1 anak tangga

$$2 \text{ optrede} + 1 \text{ antrede} = 55 - 65 \text{ cm}$$

d. Sudut kemiringan

Maksimum = 45°

Minimum = 25°

Tabel 2.6 Daftar ukuran lebar Tangga Ideal

No.	Digunakan Untuk	Lebar Efektif (cm)	Lebar Total
1	1 orang	± 65	± 85
2	1 orang + anak	± 100	± 120
3	1 orang + bagasi	± 85	± 105
4	2 orang	120 – 130	140 -150
5	3 orang	180 – 190	200 – 210
6	> 3 orang	> 190	> 210

(Sumber : Supribadi, 1993 : 17)

2. Ibu Tangga (*Boom*)

Adalah bagian tangga berupa dua batang atau papan miring yang berfungsi menahan kedua ujung anak tangga (*trade*)

3. Bordes

Adalah 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) :

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

Dimana : L = panjang bordes

l_n = ukuran satu langkah normal datar

a = *Antrede*

Syarat Umum Tangga :

a. Penempatannya

- Penempatan tangga diusahakan sehemat mungkin menggunakan ruangan

- Ditempatkan sedemikian rupa sehingga mudah ditemukan oleh banyak orang (bagi yang memerlukannya) dan mendapat sinar pada waktu siang hari.
- Diusahakan penempatannya tidak mengganggu/ menghalangi lalu lintas orang banyak (untuk tangga ditempat-tempat yang ramai seperti tangga gedung bioskop, pasar dan lain-lain)

b. Kekuatannya

- Bila menggunakan bahan kayu hendaknya memakai kelas I atau II, agar nantinya tidak terjadi pelenturan /goyang
- Kokoh dan stabil bila dilalui oleh sejumlah orang + barangnya sesuai dengan perencanaan

c. Bentuknya

- Bentuk konstruksi tangga diusahakan sederhana, layak, sehingga dengan mudah dan cepat dikerjakan serta murah biayanya.
- Bentuknya rapih, indah dipandang dan serasi dengan keadaan disekitar tangga itu berada.

Langkah-langkah perhitungan tangga :

1. Mendesign tangga, antara lain :

$$\text{b. Jumlah Optrede dan Antrede} = \frac{h}{\text{Tinggi optrede}}$$

c. Menentukan ukuran *Optrede* dan *Antrede*

$$\text{Tinggi Optrede sebenarnya} = \frac{h}{\text{Jumlah optrede}}$$

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

d. Sudut kemiringan tangga

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

e. Menentukan tebal pelat tangga

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

2. Menentukan pembebanan pada anak tangga

f. Beban Mati

- Berat sendiri bordes
- Berat anak tangga

$$Q = \left(\frac{\text{antrede} \times \text{optrede}}{2} \right) \left(\frac{\text{jumlah anak tangga}}{\text{panjang bentang tangga}} \right) \times 1 \text{ m} \times \gamma_{\text{beton}} \times \cos \alpha$$

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

g. Beban Hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga yaitu 300 kg/cm^2 (PPIUG 1983). Dari hasil perhitungan akibat beban mati dan beban hidup, maka didapat :

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

3. Perhitungan tangga dengan menggunakan metode cross untuk mencari gaya-gaya yang bekerja.

a. Kekakuan

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

b. Faktor Distribusi

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

c. Momen Primer

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

4. Perhitungan tulangan pada tangga

$$d_{\text{efektif}} = h - p - \phi_{\text{sengkan}} - \frac{1}{2} \text{ tulangan utama}$$

$$k = \frac{M_u}{f b d^2}$$

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

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

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

Tulangan pembagi :

A_s (luas tulangan) pembagi : $0,0018.b.h$ untuk f_y : 400 Mpa

A_s (luas tulangan) pembagi : $0,0020.b.h$ untuk f_y : 240 Mpa

5. Perhitungan tulangan geser untuk balok tangga dan bordes

- Jika nilai $V_u < \phi V_c$ maka perencanaan beton mampu menahan gaya geser namun tetap diberi sengkang praktis dengan jarak maksimum
- Jika nilai $V_u > \phi V_c$, maka harus diperhitungkan tulangan geser.

2.7 Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sebagai satu kesatuan yang lengkap. Portal dihitung dengan menggunakan bantuan program SAP2000, portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati, hidup, dan beban angin. Langkah-langkah perencanaan portal akibat beban mati dan beban hidup :

1. Portal Akibat Beban Mati

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang. Pembebanan pada portal akibat beban mati, yaitu :

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

2. Portal akibat beban hidup

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang. Perhitungan portal menggunakan cara yang sama dengan perhitungan portal akibat beban mati.

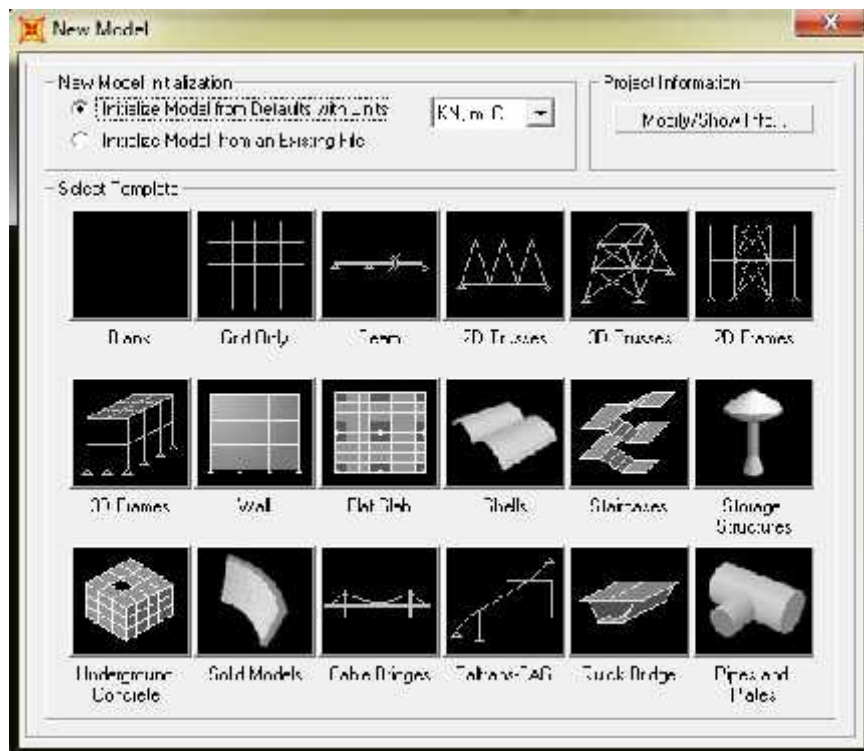
Pembebanan pada portal akibat beban hidup, yaitu :

- Beban hidup untuk pelat lantai diambil sebesar 400 kg/m^2 (*Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung SKBI-1.3.53.19876. hal 12*)
- Beban hidup pada atap diambil sebesar 100 kg/m^2 .

Langkah- langkah menghitung portal dengan menggunakan Program SAP2000 :

1) Buat model struktur memanjang

- Mengklik file pada program untuk memilih model portal.



Gambar 2.2 Model Struktur Konstruksi

- Pilih model grid 2D pada model diatas dan masukkan data-data sesuai perencanaan.

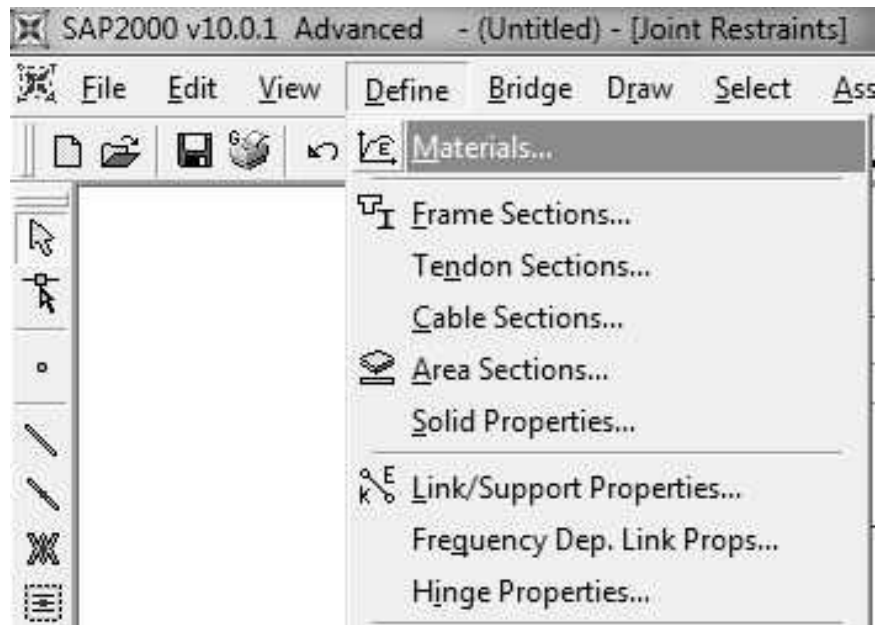
The image shows a software dialog box titled "New Coord./Grid System". It has two tabs: "Cartesian" and "Cylindrical", with "Cylindrical" currently selected. The dialog contains the following fields and values:

- System Name:** GLCEAL
- Number of Grid Lines:**
 - X direction: 8
 - Y direction: 1
 - Z direction: 6
- Grid Spacing:**
 - X direction: 238.
 - Y direction: 238.
 - Z direction: 144.

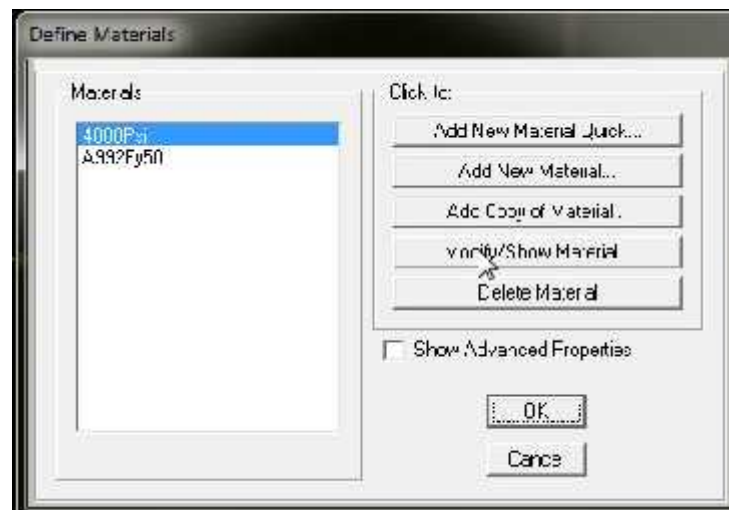
At the bottom of the dialog are three buttons: "OK", "Cancel", and "Help".

2.3 Gambar Grid System

Define - material – Add New Material – pilih Concrete –
 masukkan data sesuai dengan perencanaan.



Gambar 2.6 Input Material



Material Property Data

General Data:

Material Name and Display Color: BJ37 [Color Picker]

Material Type: Steel [Dropdown]

Material Notes: [Text Area] Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7350

Mass per Unit Volume: 830.4772

Units

Units: kN, m, C [Dropdown]

Isotropic Property Data:

Modulus of Elasticity, E: 2.039E+10

Poisson's Ratio, ν : 0.3

Coefficient of Thermal Expansion, α : 1.170E-05

Shear Modulus, G: 7.644E+09

Other Properties for Steel Material:

Minimum Yield Stress, F_y : 24473189

Minimum Tensile Stress, F_u : 37729499

Effective Yield Stress, F_{ye} : 24473189

Effective Tensile Stress, F_{ue} : 37729499

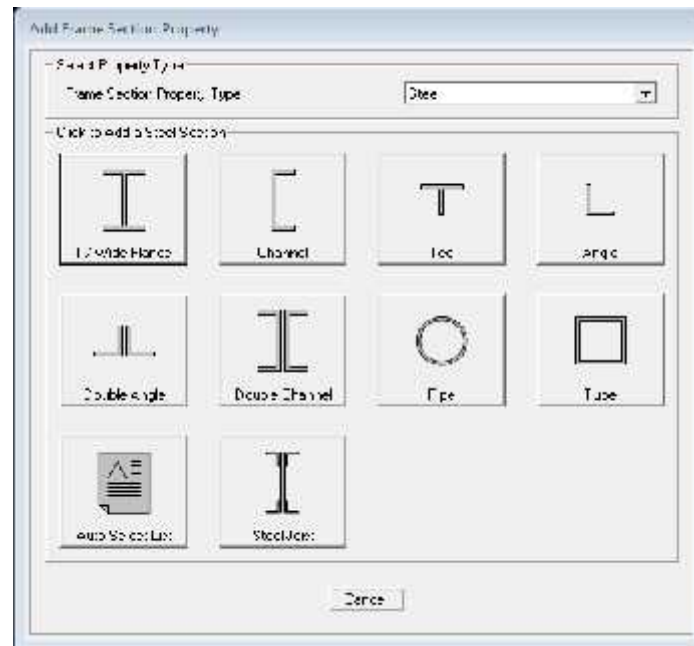
☐ Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

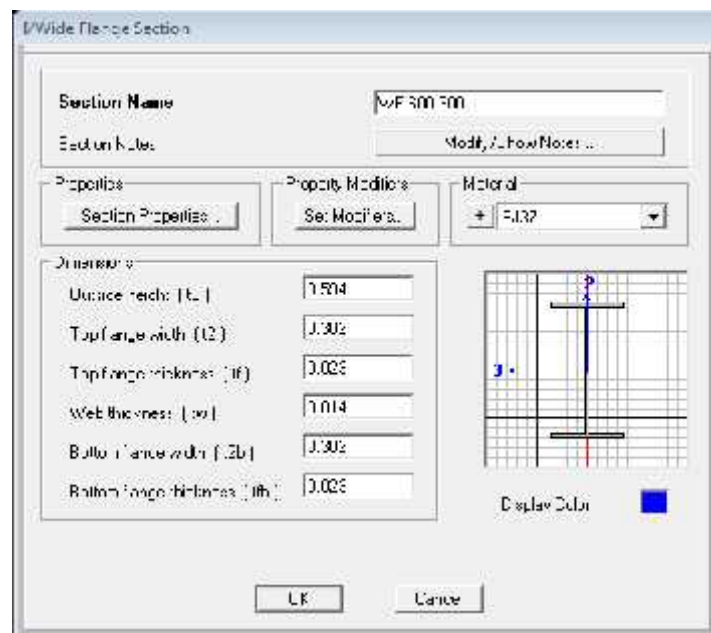
Gambar 2.7 Data-Data Material

3) Input data dimensi struktur

Masukkan data-dara dengan mengklik **Define - Section Properties - Frame Section – Add New Property – Section Name (balok)** setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



Gambar 2.8 Frame Properties

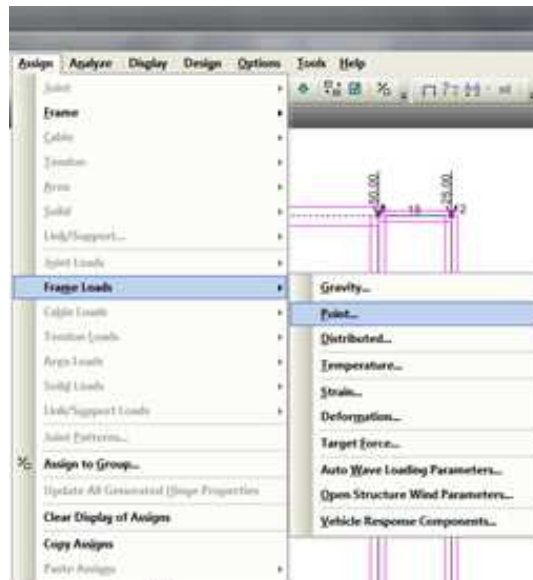


Gambar 2.9 Wide Flange Section

4) Input data akibat beban mati (Dead)

Untuk menginput data akibat beban mati klik batang portal pada model – pilih **Assign** pada toolbar - **Frame Load** – **Distributed**,

setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



Gambar 2.10 Frame Loads

Frame Distributed Loads

Load Pattern Name: Units:

Load Type and Direction: ☒ Forces ☐ Moments
 Coord Sys:
 Direction:

Options: ☐ Add to Existing Loads ☒ Replace Existing Loads ☐ Delete Existing Loads

Trapezoidal Loads:

	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	0.25	0.75	1.
Load	0.	0.	0.	0.

☒ Relative Distance from End1 ☐ Absolute Distance from End1

Uniform Load:

OK Cancel

Gambar 2.11 Beban Akibat Beban Mati

5) Input data akibat beban hidup (Live)

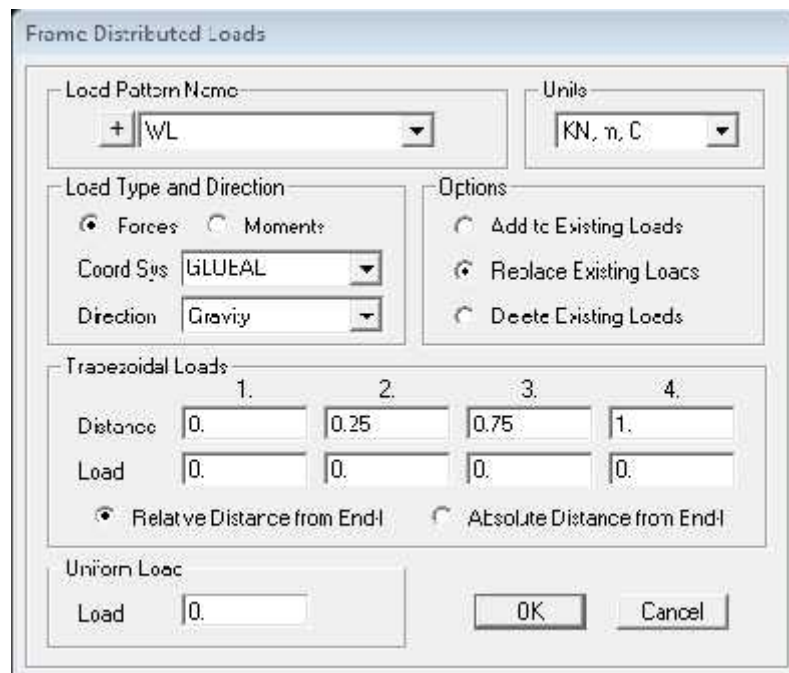
Untuk menginput data akibat beban hidup klik batang portal pada model –**pilih Assign pada toolbar- Frame Load–Distributed**, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.

Trapezoidal Loads				
	1.	2.	3.	4.
Distance	0.	0.25	0.75	1.
Load	0.	0.	0.	0.

Gambar 2.12 Beban Akibat Beban Hidup

6) Input data akibat beban angin (Wind)

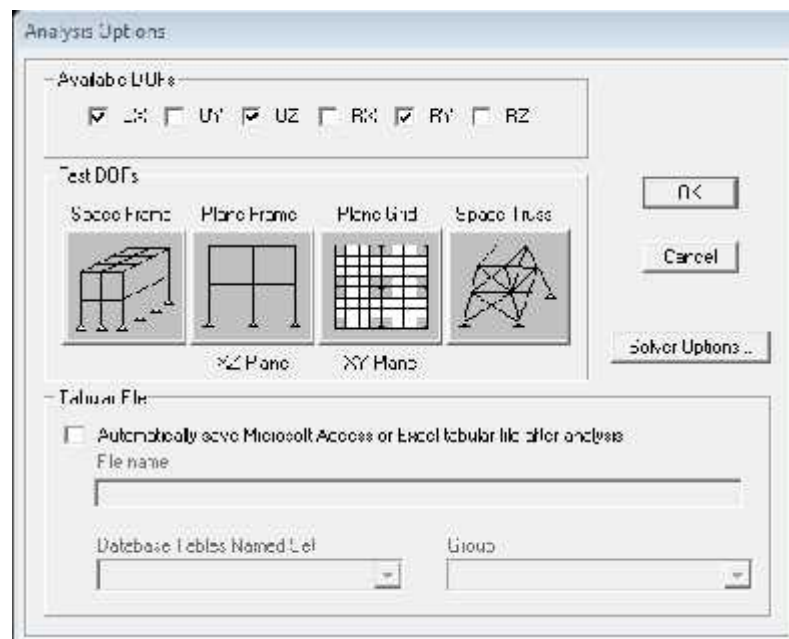
Untuk menginput data akibat beban hidup klik batang portal pada model –**pilih Assign pada toolbar- Frame Load–Distributed**, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



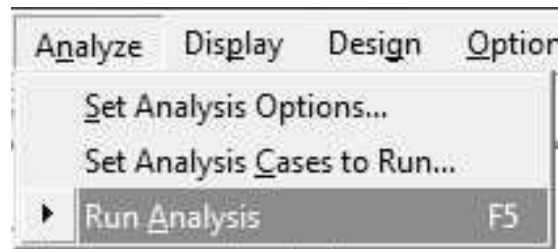
Gambar 2.13 Beban Akibat Beban Angin

7) Run analisis

Setelah beban akibat beban mati dan hidup di input portal tersebut siap untuk di analisis menggunakan **Run Analisis**.



Gambar 2.14 Set Analysis Options



Gambar 2.15 Run Analisis

2.7.1 Kontrol Penampang Single Beam

- a. Momen nominal arah x dan arah y

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

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

- b. Kontrol tegangan penampang balok

$$L_k = L \cdot K_c$$

$$\frac{i}{\pi} \cdot \frac{L_k}{\gamma} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E_s}}$$

Sumber : (SNI 03-1729-2002 hal 32)

Keterangan :

f_y = tegangan leleh baja

E_s = modulus elastisitas baja = $2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

$r = I =$ jari-jari kelembaman (jari-jari girasi)

L_k = panjang tekuk

Sumber : (SNI 03-1729-2002 hal 27-28)

Gaya tekan nominal = N_n , dapat ditentukan sebagai berikut :

$$- N_n = \frac{A_g \cdot f_y}{\omega}$$

Keterangan :

A_g = luas penampang kotor (A =tabel), mm^2

f_y = tegangan leleh material baja, Mpa

ω = faktor tekuk

Sumber : (SNI 03-1729-2002 hal 59)

c. Cek terhadap tarik dan lentur

Komponen struktur yang mengalami momen lentur dan gaya aksial tarik harus direncanakan dengan memenuhi ketentuan sebagai berikut :

untuk $\frac{Nu}{\phi Nn} \leq 0,2$

$$\frac{Nu}{2\phi Nn} + \frac{Mu}{\phi_b . Mn_x} \leq 1,0$$

untuk $\frac{Nu}{\phi Nn} \geq 0,2$

$$\frac{Nu}{2\phi Nn} + \frac{8}{9} \left(\frac{Mu}{\phi_b . Mn_x} \right) \leq 1,0$$

Sumber : (SNI 03-1729-2002 hal 75-76)

Keterangan :

Nu = gaya aksial (tarik atau tekan) terfaktor, N

Nn = kuat nominal penampang untuk Nu gaya aksial tarik, N

ϕ = faktor reduksi kekuatan

Mnx= Kuat nominal lentur penampang terhadap sumbu x

$\phi_b = 0,9$ = terfaktor reduksi kuat lentur

d. Cek terhadap geser

Kuat geser nominal pelat badan harus dihitung dengan rumus :

- $V_n = 0,6 \times f_y \times A_w$

- $V_n = \phi V_n$

Sumber : (SNI 03-1729-2002 hal 45-46)

Keterangan :

Vn = kuat geser nominal

Fy = tegangan leleh baja

Vu = gaya geser perlu

Aw = luas kotor pelat

ϕ = faktor reduksi

e. Aksi kolom

$$k = 0,65 \text{ (jepit-jepit)}$$

$$\lambda = \frac{kl}{ry}$$

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \frac{lk}{ry} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \dots \geq 1,2$$

$$\omega = 1,25 \lambda_c^2$$

$$N_n = A_g \left(\frac{fy}{w} \right)$$

$$\frac{Nu}{\phi \cdot Nu}$$

Sumber : (SNI 03-1729-2002 hal 27)

f. Aksi balok

$$\frac{bf}{2 \cdot tf}$$

$$\frac{Nu}{\phi \cdot Nu} = \frac{Nu}{\phi \cdot fy \cdot A_g} \leq 0,125$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{fy}} \left[1 - \frac{2,75 \cdot Nu}{\phi_b \cdot Ny} \right]$$

$$\lambda = \frac{h}{tw} \text{ (untuk menentukan penampang kompak/tidak kompak)}$$

$$L_p = 1,76 \cdot r \cdot y \cdot \sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$L_r = \frac{ry \cdot X_1}{(fy - fr)} \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 (fy - fr)^2}}$$

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{EGJA}{2}}$$

$$X_1 = 4 \cdot \frac{I_w}{I_y} \cdot \left(\frac{S_x}{GJ} \right)^2$$

$$L_p < L < L_r$$

$$M_n = C_b \left[M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right] \leq M_p$$

$$M_p = Z_x \cdot fy$$

2.7.2 Perencanaan Sambungan

Dalam pelaksanaan kerja proyek ini menggunakan 2 macam sambungan yaitu dengan cara menggunakan baut dan las. Pemilihan cara tersebut dikarenakan logam baja mudah untuk pelaksanaan pengelasan, teguh dan liat terhadap struktur yang berbutir halus yang dapat memikul beban baik dalam keadaan angin maupun panas. Tebal pelat dicoba-coba disesuaikan dengan diameter baut yang akan digunakan. Pelat ini digunakan sebagai pelat pembantu dalam penyambungan antara profil sehingga profil tersebut menjadi satu kesatuan dengan baut dan las.

1. Sambungan dengan las

Langkah-langkah perhitungan :

$$F_u = F_{u1} + F_{u2}$$

$$F_{u1} = (0,6 \cdot f_u \cdot 0,707 \cdot t_w \cdot L_{w1}) (1 + 0,5 \sin^{1,5} \alpha)$$

$$F_{u2} = (0,6 \cdot f_u \cdot 0,707 \cdot t_w \cdot L_{w1}) (1 + 0,5 \sin^{1,5} \alpha)$$

$$A_w = L_w \cdot t_w$$

$$F_u < F_n$$

Ukuran minimum las sudut

Tabel 2.7 ukuran minimum las sudut

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

Sumber (tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung hal 108)

2. Sambungan dengan baut

Langkah-langkah perhitungan

Jarak minimum :

$$S_1 > 0,75d$$

$$S > 3d$$

Jarak maksimum :

$$S1 < 150$$

$$S1 < (4t_p + 100 \text{ mm})$$

$$S < 200 \text{ mm}$$

Dipakai Baja Bj. 37

$$F_y = 240 \text{ MPa}$$

$$= 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_u = 370 \text{ MPa}$$

$$= 3700 \text{ kg/cm}^2$$

Kuat geser baut

$$R_n = 0,5 \cdot F_u \cdot A_b$$

Lintang dipikul bersama oleh baut

$$V_i = \frac{V}{n} (R_{uv})$$

Momen didistribusikan Sesuai pengisi baut

$$T_i = \frac{M \cdot y_i}{E y_i^2} (R_{vt})$$

$$\left(\frac{R_{uv}}{\phi_v \cdot R_{nv}} \right)^2 + \left(\frac{R_{ut}}{\phi_t \cdot R_{nt}} \right)^2 < 1,0$$

Keterangan :

ϕ = faktor reduksi 0,75

R_{nv} = kuat geser nominal baut

R_{nt} = kuat tarik nominal baut

R_{uv} = kuat geser terfaktor rencana

R_{ut} = kuat tarik terfaktor rencana

a. Sambungan pada balok

Langkah-langkah perhitungan perencanaan :

Sambungan pada pelat sayap

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

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

Sambungan pada pelat badan

$$M = V_u \cdot E_x$$

Ns dipikul bersama oleh sistem baut, gaya masing-masing baut

$$N_i = \frac{N_u}{n}$$

Vs dipikul bersama oleh sistem baut, gaya masing-masing baut

$$V_i = \frac{V_u}{n}$$

momen didistribusikan sesuai posisi baut

$$\sum r_i^2 = \sum x_i^2 + \sum y_i^2$$

gaya akibat M sejajar sumbu X :

$$F_{m1}X = \frac{m_u X_2}{\sum y_i^2}$$

$$F_{m2}X = \frac{m_u X_1}{\sum y_i^2}$$

gaya akibat M sejajar sumbu y :

$$F_{m1}y = \frac{m_u y_2}{\sum x_i^2}$$

$$F_{m2}y = \frac{m_u y_1}{\sum x_i^2}$$

resultan gaya-gaya pada setiap baut, R_u :

$$R_u = \sqrt{(F_{mi}Y + V_i)^2 + (F_{mi}X + N_i)^2}$$

b. Sambungan pada pelat dasar kolom

Syarat :

$$P_u < \phi P_n$$

$$\phi P_n = \phi 0,85 \cdot f_c' \cdot A_g$$

Menentukan nilai N (lebar pelat) dan B (panjang pelat)

$$\phi P_n = \phi 0,85 \cdot f_c' \cdot A_g$$

$$\text{menentukan tebal pelat dengan rumus : } t = \sqrt{\frac{2 \cdot P_u \cdot n^2}{B N \cdot (0,9) \cdot f_y}}$$

$$\text{dengan ketentuan : } \phi M_n > M_u \quad M_u = \frac{P_u}{B N} \left(\frac{N \cdot n^2}{2} \right)$$

$$\phi M_n = \phi M_p = \phi \cdot z \cdot f_y = 0,9 \cdot \left(\frac{N \cdot t^2}{4} \right) \cdot f_y$$

2.8 Balok

Balok komposit adalah sebuah balok yang kekuatannya bergantung pada interaksi mekanis diantara dua atau lebih bahan. Beberapa jenis balok komposit antara lain :

a. Balok komposit penuh

Pada balok komposit penuh, penghubung geser harus disediakan dalam jumlah yang memadai sehingga balok mampu mencapai kuat lentur maksimumnya. Pada penentuan distribusi tegangan elastis, slip antara baja dan beton dianggap tidak terjadi (SNI 03-1729-2002 Ps.12.2.6).

b. Balok komposit parsial

Pada balok komposit parsial, kekuatan balok dalam memikul lentur dibatasi oleh kekuatan penghubung geser. Perhitungan elastis untuk balok seperti ini, seperti pada penentuan defleksi atau tegangan akibat beban layan, harus mempertimbangkan pengaruh adanya slip antara baja dan beton (SNI 03-1729-2002 Ps. 12.2.7).

c. Balok baja yang diberi selubung beton

Walaupun tidak diberi angker, balok baja yang diberi selubung beton disemua permukaannya dianggap bekerja secara komposit dengan beton (SNI 03-1729-2002 Ps. 12.2.8)..

Langkah-langkah perhitungan dan merencanakan balok komposit :

1. Menentukan mutu bahan dan dimensi balok

2. Menentukan letak balok yang akan di tinjau dan menghitung ekivalen pembebanan.
3. Menghitung beban-beban yang bekerja pada balok
 - a) Beban mati (DL) :
 - Berat Balok = $b \cdot h \cdot \gamma_{\text{beton}}$
 - Berat sumbangan pelat = beban mati pelat/ $\text{m}^2 \times h$
 - b) Beban hidup (LL)

Beban Rencana (W_u), $W_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$
4. Menghitung momen dan gaya geser rencana
5. Mengecek kekompakkan penampang

Plat sayap

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f} \quad (\text{SNI 03-1729-2002})$$

Plat badan

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} \quad (\text{SNI 03-1729-2002})$$

Dimana :

λ_f = Perbandingan antara lebar dan tebal flens

λ_w = Perbandingan antara tinggi dan tebal web

Untuk mengetahui kekompakan penampang yang dipakai, maka perhitungan masing-masing λ_f dan λ_w dibandingkan dengan λ_p dan λ_r ,**untuk plat sayap** :

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

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

Untuk plat badan :

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

$$\lambda_r = \frac{2250}{\sqrt{f_y}}$$

Dimana :

λ_p = lamda plastis

λ_r = lamda langsing

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

- a. Penampang kompak $\lambda < \lambda_p$

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

- b. Penampang tidak kompak $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$

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

- c. Penampang langsing $\lambda_r \leq \lambda$

$$M_n = M_r \cdot (\lambda_r / \lambda)^2$$

6. Perhitungan balok komposit

- a. Menghitung lebar efektif balok komposit

- Untuk balok interior

$$b_e \leq \frac{L}{4}$$

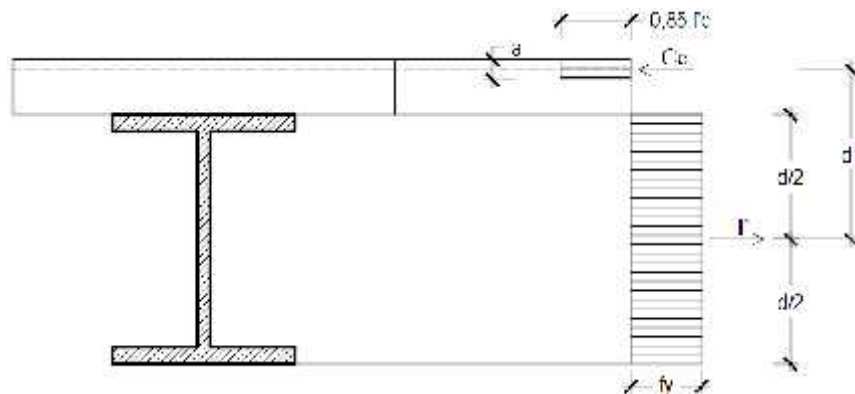
$$b_e \leq b_o$$

- Untuk balok eksterior

$$b_e \leq \frac{L}{8} + (\text{jarak pusat balok ke tepi pelat})$$

$$b_e \leq \frac{1}{2} b_o + (\text{jarak pusat balok ke tepi pelat})$$

b. Menentukan letak garis netral



Gambar 2.16 PNA jatuh di pelat beton

- Besar gaya tekan :

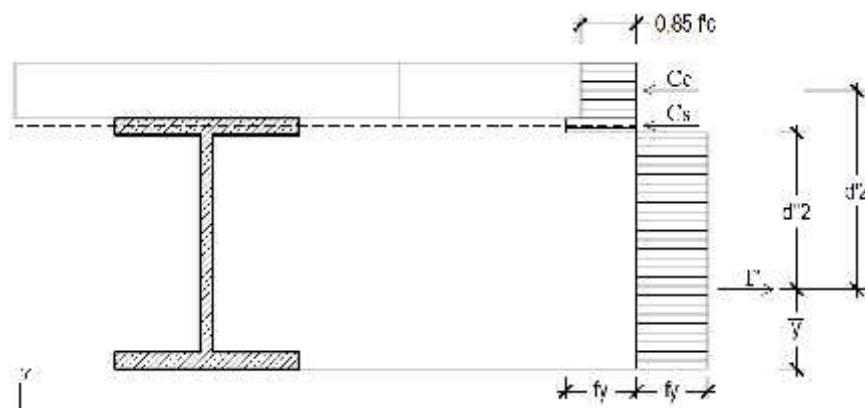
$$Cc = 0,85 \cdot f'_c \cdot b_E \cdot a$$

- Besar gaya tarik :

$$T = A_s \cdot f_y$$

Dari keseimbangan gaya diperoleh $Cc = T$, maka diperoleh :

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b_E}$$



Gambar 2.17 PNA jatuh di profil baja

- Besar gaya tekan di beton :

$$Cc = 0,85 \cdot f'_c \cdot b_E \cdot t_s$$

- Besar gaya tekan di baja :

$$Cs = \frac{A_s \cdot f_y - Cc}{2}$$

Dari keseimbangan gaya diperoleh , maka diperoleh hubungan:

$$T' = Cc + Cs$$

c. Menghitung lengan momen

- Garis netral jatuh pada beton

$$d_1 = \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2}$$

- Garis netral jatuh pada baja

$$d_2' = d - \bar{y} + \frac{t_s}{2}$$

$$d_2'' = \frac{d}{2} - \bar{y} - \frac{a - t_s}{2}$$

d. Menghitung momen nominal

- Garis netral jatuh pada beton

$$Mn = Cc.d_1$$

- Garis netral jatuh pada baja

$$Mn = Cc.d_2' + Cs.d_2''$$

e. Perhitungan *stud connector*

- Kuat geser satu buah *stud connector*

$$Q_n \leq A_{sc} \cdot fu \dots (\text{SNI 03-1729-2002})$$

- Jumlah *stud* yang diperlukan

$$N = \frac{V_h}{Q_n}$$

f. Kontrol lendutan

$$\text{Batas lendutan} = \frac{L}{360} \dots (\text{SNI 03-1729-2002})$$

$$\Delta = \frac{5.q.L^4}{384.E.I_x}$$

2.9 Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (frame) yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang dibawahnya hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi.

Karena kolom merupakan komponen tekan, maka kegagalan pada satu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan keruntuhan lantai yang bersangkutan dan juga keruntuhan total seluruh struktur. Oleh karena itu dalam merencanakan kolom perlu lebih waspada yaitu dengan memberikan kekuatan cadangan yang lebih tinggi dari balok.

Adapun jenis-jenis kolom yaitu :

- Kolom segi empat atau bujur sangkar dengan sengkang
- Kolom bulat dengan sengkang dan spiral
- Kolom komposit (beton dan profil baja)

Perencanaan struktur kolom pada laporan akhir ini adalah kolom komposit. Kolom komposit didefinisikan sebagai “kolom baja yang dibuat dari potongan baja giling (rolled) built-up dan di cor dalam beton struktural atau terbuat dari tabung atau pipa baja daan diisi dengan beton struktural (Salmon & Jonson, 1996).

Prosedur perhitungan struktur kolom komposit diatur dalam SNI 03-1729-2002 pasal 12.3.2. dalam pasal ini dinyatakan bahwa kuat rencana kolom komposit yaitu :

$$N_u = \phi_c \cdot N_n$$

dengan : $\phi_c = 0,85$

$$N_n = A_s \cdot f_{cr} = \frac{f_{my}}{\omega}$$

Nilai dari ω ditentukan sebagai berikut :

untuk $\lambda_c < 0,25$ maka $\omega = 1$

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

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

dimana:

$$\lambda_c = \frac{k_c \cdot L}{r_m \cdot \rho} \sqrt{\frac{f_{my}}{E_m}}$$

$$f_{my} = f_y + c_1 \cdot f_{yr} \cdot \left(\frac{A_r}{A_s} \right) + c_2 \cdot f_c' \cdot \left(\frac{A_c}{A_s} \right)$$

$$E_m = E + c_3 \cdot E_c \cdot \left(\frac{A_c}{A_s} \right)$$

$$E_c = 0,0041 \cdot w^{1,5} \cdot \sqrt{f_c'}$$

Dengan :

A_c adalah luas penampang beton, mm²

A_r adalah luas penampang tulangan longitudinal, mm²

A_s adalah luas penampang profil baja, mm²

E adalah modulus elastisitas baja, Mpa

E_c adalah modulus elastisitas beton, Mpa

E_m adalah modulus elastisitas kolom komposit, MPa

f_{cr} adalah tegangan kritis, Mpa

f_{my} adalah tegangan leleh kolom komposit, MPa

f_y adalah tegangan leleh profil baja, Mpa

f_c' adalah kuat tekan karakteristik beton, MPa

k_c adalah faktor panjang efektif kolom

L adalah panjang komponen struktur, mm

r_m adalah jari-jari girasi kolom komposit

w adalah berat jenis beton, kg/m³

λ_c adalah parameter kelangsingan

ϕ_c adalah faktor reduksi beban aksial tekan

ω adalah faktor tekuk

Koefisien c_1 , c_2 , dan c_3 ditentukan sebagai berikut :

- Untuk pipa baja yang diisi beton :

$$c_1 = 1,0 \quad c_2 = 0,85 \quad c_3 = 0,4$$

- Untuk profil baja yang dibungkus beton :

$$c_1 = 0,7 \quad c_2 = 0,6 \quad c_3 = 0,2$$

2.10 Sloof

Sloof merupakan salah satu struktur bawah suatu bangunan yang menghubungkan pondasi dan berfungsi sebagai penerima beban dinding diatasnya. Sloof merupakan salah satu struktur bawah suatu bangunan yang menghubungkan pondasi dan berfungsi sebagai penerima beban dinding diatasnya.

Langkah-langkah perhitungan dalam merencanakan sloof :

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

Menghitung nilai k

$$k = \frac{M_u}{f b d^2}$$

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)

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

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

5. Menghitung nilai A_s

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

A_s = Luas tulangan (mm²)

ρ = rasio penulangan

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

6. Menentukan diameter tulangan yang dipakai (Istimawan, Tabel A-4)

7. Untuk menghitung tulangan tumpuan diambil 20% dari luas tulangan atas. Dengan Tabel A-4 (*Istimawan*) didapat diameter tulangan pakai.

8. Cek apakah tulangan geser diperlukan

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

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times b_w \times d \quad (\text{dipohusodo, hal 112})$$

$$A_v = \frac{1}{3} + \frac{b.s}{f_y}$$

$$S = \frac{3 \times A_v \times f_y}{b}$$

Spasi tulangan geser dipasang tegak lurus terhadap sumbu komponen struktur tidak boleh melebihi $\frac{d}{2}$ pada komponen struktur non-prategang.

2.11 Pondasi

Pondasi merupakan suatu konstruksi yang berfungsi sebagai penopang bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*Upper structure*) ke lapisan tanah yang cukup kuat daya dukungnya. . Pada laporan akhir ini pondasi yang digunakan yaitu berupa pondasi tiang (*pile*), pondasi tiang (*pile*) adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya porthogonal ke sumbu tiang dengan jalan menyerap lenturan. digunakan untuk :

- Menopang bangunan dimana tanah pendukungnya terdiri dari tanah lunak atau mempunyai daya dukung yang rendah
- Menopang bangunan dimana lapisan tanah pendukung yang kuat letaknya cukup dalam
- Menopang bangunan yang terletak diatas air, seperti pilar jembatan, dermaga, dan bangunan air lainnya.
- Menopang bangunan yang berada diatas tanah timbunan yang tebal, yang dapat menimbulkan penurunan yang besar.

Jenis pondasi yang digunakan dalam laporan ini yaitu pondasi tiang beton pra cetak (*pre-cast concrete pile*) yang berbentuk segitiga yaitu pondasi tiang yang terbuat dari beton bertulang yang dicetak terlebih dahulu, kemudian setelah beton mengeras dan mencapai umur, lalu dipancang ditempat yang telah ditentukan. Oleh karena itu pondasi tiang beton pra cetak disebut juga pondasi tiang pancang beton (*driven concrete pile*).

Perencanaan pondasi tiang pancang beton harus menentukan :

- 1) Beban ijin dan panjang pondasi untuk tiang pancang beton
- 2) Daya dukung pondasi tiang pancang
 - a. Bila tiang pancang dipancang masuk kedalam tanah sampai mencapai lapisan tanah keras dan daya dukungnya ditekankan pada tahanan ujung tiang maka disebut pondasi tiang pancang dengan daya dukung ujung atau *end bearing pile* atau *point bearing pile*.
 - b. Bila tiang pancang dipancang tidak mencapai lapisan tanah keras dan untuk menahan beban dipikul oleh tahanan yang ditimbulkan oleh gesekan antara tiang dengan tanah, maka disebut pondasi tiang pancang dengan daya dukung gesek atau *friction bearing pile*.

Evaluasi daya dukung pondasi tiang berdasarkan pengujian dilapangan yaitu dengan Pengujian Sondir.

Adapun urutan – urutan dalam menganalisis pondasi:

1. Menentukan beban – beban yang bekerja pada pondasi,
2. Menentukan diameter yang digunakan.
3. Menentukan daya dukung ijin tiang berdasarkan hasil pengujian sondir, daya dukung ijin pondasi tiang dapat dihitung dengan rumus :

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

Dimana :

- Q_{ijin} = daya dukung ijin tiang (kg)
 Q_c = nilai tahanan konus di ujung tiang (kg/cm²)
 A_b = luas penampang ujung tiang (cm²)

- JHP = jumlah hambatan pelek (kg/cm)
 O = keliling penampang tiang (cm)
 Fb = faktor keamanan daya dukung ujung (Fb = 3)
 Fs = faktor keamanan daya dukung gesek (Fs = 5)

4. Menentukan jarak tiang yang digunakan, 2,5D atau 3D
5. Menentukan efisiensi kelompok tiang,

Persamaan dari Uniform Building Code:

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

Keterangan:

- m = jumlah baris
 n = jumlah tiang dalam satu baris
 $\theta = \text{Arc tan } d/s$ (derajat)
 d = diameter tiang
 s = jarak antar tiang (as ke as)

6. Menentukan kemampuan tiang terhadap sumbu x dan sumbu y

$$Q_n = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_x \cdot Y_i}{\sum y^2} \pm \frac{M_y \cdot X_i}{\sum x^2}$$

Keterangan:

- Q_n = beban yang bekerja pada tiang nomor n
 $\sum V$ = total beban vertikal yang bekerja
 M_x = momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus pada sumbu x
 M_y = momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus pada sumbu Y
 n = jumlah tiang
 X_i = jarak tiang nomor i terhadap sumbu Y diukur sejajar sumbu X
 Y_i = jarak tiang nomor i terhadap sumbu X diukur sejajar sumbu Y
 $\sum X^2$ = jumlah kuadrat jarak seluruh tiang terhadap sumbu Y
 $\sum Y^2$ = jumlah kuadrat jarak seluruh tiang terhadap sumbu X

7. Penulangan tiang pondasi

$$k = \frac{M_u}{f b d^2}$$

k dilihat Dari tabel A-10 (Istimawan) didapat nilai ρ

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

dengan :

b = Ukuran tiang

d = Tinggi efektif

Menentukan jumlah tulangan :

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

Dengan :

A_s = Luas tulangan

D = Diameter tiang

8. Menentukan tebal tapak pondasi

$$\text{Tinggi efektif (d}_{\text{eff}}) = h - p - D - \frac{1}{2}D$$

Untuk aksi dua arah:

Gaya geser terfaktor

$$\phi V_u = n \cdot P_u$$

Gaya geser nominal:

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

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

Untuk aksi satu arah:

Gaya geser terfaktor

$$V_u = n \cdot P_u$$

Gaya geser nominal

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

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

Tulangan sengkang :

$$A_v = \frac{p \cdot d^2}{4}$$

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

$$S = \frac{3 \times A_v \times f_y^2}{b_w}$$

$$S_{maks} = \frac{d}{2}$$

9. Penulangan Poer

$$k = \frac{M_u}{f b d^2}$$

k dilihat Dari tabel A-10 (Istimawan) didapat nilai ρ

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

dengan :

b = Ukuran tiang

d = Tinggi efektif

10. Tulangan Pasak

Kekuatan tekanan rencana kolom :

$$f P_n = f \cdot 0,85 \cdot f'c \cdot A_g$$

$$f P_n > P_u$$

ini berarti beban pada kolom dapat dipindahkan dengan dukungan saja, tetapi disyaratkan untuk menggunakan tulangan pasak minimum sebesar :

$$A_{smin} = 0,005 \cdot A_g$$

$$A_g = \text{Luas kolom}$$

2.12 Teori Pengelolaan Proyek

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

2.12.1 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.

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 (BQ) 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.

2.12.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

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

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

2.12.3 Rencana Pelaksanaan

1. NWP (Network Planning)

Network planning adalah hubungan ketergantungan antara bagian – bagian pekerjaan (variabels) yang digambarkan / divisualisasikan dalam diagram network. Dengan demikian diketahui bagian – bagian pekerjaan yang 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 orang dapat digeser ke tempat lain demi efisiensi.

Macam – macam network planning :

- 1) CMD : Chart Method Diagram
- 2) NMT : Network Management Technique
- 3) PEP : Program evaluation Procedure
- 4) CPA : Critical Path analysis
- 5) CPM : Critical Path Method
- 6) PERT : Program Evaluation and review Technique

2. Barchart

Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal. Kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat secara jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang.

Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

- 1) Daftar item kegiatan, yaitu berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- 2) Urutan pekerjaan, dari daftar item kegiatan tersebut diatas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilakukan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.
- 3) Waktu pelaksanaan pekerjaan, adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.

3. Kurva “S”

Kurva “S” adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progress pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva tersebut dibuat berdasarkan rencana atau pelaksanaan progress pekerjaan dari setiap pekerja.