

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Uraian Umum

Pada perencanaan suatu konstruksi bangunan gedung diperlukan beberapa landasan teori berupa analisis struktur, ilmu tentang kekuatan bahan serta hal lain yang berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia. Ilmu teoritis di atas tidaklah cukup karena analisis secara teoritis tersebut hanya berlaku pada kondisi struktur yang ideal sedangkan gaya-gaya yang dihitung hanya merupakan pendekatan dari keadaan yang sebenarnya atau yang direncanakan terjadi.

Perencanaan adalah bagian yang penting dari pembangunan suatu gedung atau bangunan lainnya. Survei dan *soil investigation* merupakan tahap awal dari proyek. Perencanaan dari suatu konstruksi bangunan harus memenuhi berbagai syarat konstruksi yang telah ditentukan yaitu kuat, kaku, bentuk yang serasi, dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang ekonomis tetapi tidak mengurangi mutu bangunan tersebut, sehingga dapat digunakan sebagaimana fungsinya.

2.2. Ruang Lingkup Perencanaan

Ruang lingkup dari Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran Perusahaan Gas Negara Palembang ini meliputi beberapa tahapan yaitu persiapan, studi kelayakan, mendesain bangunan (perencanaan), dilanjutkan dengan perhitungan struktur, lalu perhitungan biaya, dan progres kerja yang diwujudkan melalui NWP dan kurva S.

2.2.1. Dasar – dasar Perencanaan Konstruksi

Pada perhitungan untuk Perencanaan Struktur Gedung Perkantoran Perusahaan Gas Negara Palembang ini, penulis mengambil acuan pada referensi yang berisi mengenai peraturan dan tata cara perencanaan bangunan gedung, seperti berikut:

1. *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPPRG) 1987 atau SNI 1727-1989-F*

Pedoman ini digunakan dalam penentuan beban yang diizinkan dalam sebuah perencanaan gedung, dan memuat ketentuan-ketentuan beban yang diizinkan dalam perhitungan sebuah konstruksi bangunan.

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

Dalam tata cara ini terdapat persyaratan-persyaratan dan ketentuan dalam teknis perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung sebagai pedoman atau acuan dalam perencanaan dan pelaksanaan untuk mendapatkan struktur yang aman dan ekonomis.

3. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002)*

Dalam tata cara ini terdapat persyaratan-persyaratan dan ketentuan dalam teknis perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung sebagai pedoman atau acuan dalam perencanaan untuk mendapatkan struktur yang aman dan ekonomis.

2.2.2. Klasifikasi Pembebanan

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

1. **Beban Mati**

Beban mati adalah berat 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.

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 (keriing 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

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada 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. Khusus pada

atap, ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh butiran air.

Beban hidup pada lantai gedung harus diambil menurut Tabel 2.2. Ke dalam beban hidup tersebut sudah termasuk perlengkapan ruang sesuai kegunaan lantai ruang yang bersangkutan, dan juga dinding-dinding pemisah ringan dengan berat tidak lebih dari 100 kg/m^2 . Beban-beban berat, misalnya yang disebabkan oleh lemari-lemari arsip dan perpustakaan serta oleh alat-alat, mesin-mesin dan barang-barang lain tertentu yang sangat berat harus ditentukan tersendiri. Lantai-lantai gedung yang diharapkan akan dipakai untuk berbagai tujuan, harus direncanakan terhadap beban terberat yang mungkin dapat terjadi.

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
k. Parkir	800 kg/m ²

(Sumber : PPPRG 1987)

3. Beban Angin

Semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban memperhitungkan adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan) yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Tekanan tiup harus diambil minimum 25 kg/m². Apabila dapat dijamin suatu gedung terlindung efektif terhadap angin dari suatu jurusan tertentu oleh gedung-gedung lain, hutan-hutan pelindung atau penghalang-penghalang lain, maka tekanan tiup dapat dikalikan koefisien reduksi sebesar 0,5. (PPPRG 1987)

2.3. Metode Perhitungan Dimensi

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

2.3.1 Perencanaan pelat

Pelat adalah suatu lantai beton yang sistem pendukungnya (berupa balok) berada disisi kiri dan kanannya. Pelat beton ini sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai diafragma/unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal. Ketebalan bidang pelat ini relatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya. Pelat beton bertulang dalam suatu struktur bangunan dipakai pada lantai dan atap. Pada pelat yang ditumpu oleh balok pada keempat sisinya, terbagi dua berdasarkan geometrinya, yaitu :

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

Syarat-syarat dalam perencanaan pelat beton sebagai berikut :

- a. Tebal minimum untuk pelat satu arah (SNI-03-2847-2002)

Tebal minimum untuk pelat satu arah ditentukan (dapat dilihat dalam tabel 2.1)

Tabel 2.1 Tebal minimum balok non pra tekan atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung.

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Dua tumpuan sederhana	Satu ujung menerus	Dua ujung menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau pelat rusuk satu arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8

(Sumber: SNI-03-2847-2002)

Catatan :

Panjang bentang dalam mm

Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal ($w_c = 2400 \text{ kg/m}^3$) dan tulangan BJTD 40. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasi sebagai berikut :

- Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis diantara 1500 kg/m^3 sampai 2000 kg/m^3 , nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003 w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09 dimana w_c adalah berat jenis dalam kg/m^3 .

- Untuk f_y selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.
(SNI-03-2847-2002;63)

b. Untuk tebal pelat :

1.) Tebal minimum pelat tanpa balok :

- Flat Plate (Pelat datar), $h_{\min}$ 120 mm, atau dari tabel 2.3 (ambil nilai yang paling besar)
- Flat Slab = $h_{\min}$ 100 mm, atau dari tabel 2.3 (ambil nilai yang paling besar)

2.) Tebal minimum pelat dengan balok :

- Untuk $\alpha_m < 2,0$ yaitu 120mm
- Untuk $\alpha_m > 2,0$ yaitu 90mm

c. Spasi tulangan (SK SNI-03-2847-2002)

- 1) Jarak bersih antara tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari db ataupun 25 mm.
- 2) Bila tulangan sejajar tersebut diletakkan dalam dua lapis atau lebih, tulangan pada lapis atas harus diletakkan tepat di atas tulangan di bawahnya dengan spasi bersih antar lapisan tidak boleh kurang dari 25 mm.
- 3) Pada komponen struktur tekan yang diberi tulangan spiral atau sengkang pengikat, jarak bersih antar tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari $1,5db$ ataupun 40 mm.
- 4) Pembatasan jarak bersih antar batang tulangan ini juga berlaku untuk jarak bersih antara suatu sambungan lewatan dengan sambungan lewatan lainnya atau dengan batang tulangan yang berdekatan.
- 5) Pada dinding dan pelat lantai yang bukan berupa konstruksi pelat rusuk, tulangan lentur utama harus berjarak tidak lebih dari tiga kali tebal dinding atau pelat lantai.
- 6) Bundel tulangan:
 - Kumpulan dari tulangan sejajar yang diikat dalam satu bundel sehingga bekerja dalam satu kesatuan tidak boleh terdiri lebih dari empat tulangan per bundel.

- Bundel tulangan harus dilingkupi oleh sengkang atau sengkang pengikat.
 - Masing-masing batang tulangan yang terdapat dalam satu bundel tulangan yang berakhir dalam bentang komponen struktur lentur harus diakhiri pada titik-titik yang berlainan, paling sedikit dengan jarak 40 *db* secara berselang.
 - Jika pembatasan jarak dan selimut beton minimum didasarkan pada diameter tulangan *db*, maka satu unit bundel tulangan harus diperhitungkan sebagai tulangan tunggal dengan diameter yang didapat dari luas ekuivalen penampang gabungan.
- d. Selimut beton pada tulangan harus memenuhi ketentuan dan standar (SNI-03-2847-2002)

Tabel 2.2 Tebal selimut beton minimum untuk beton bertulang

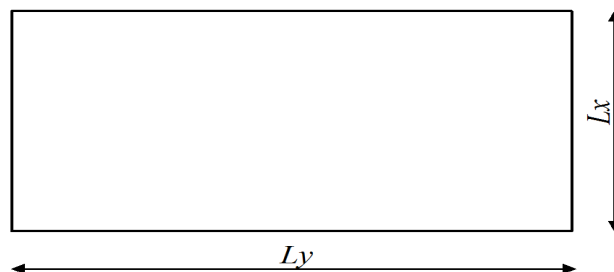
	Tebal selimut beton minimum (mm)
a) Beton yang dicor langsung diatas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca : Batang D-19 atau D-56.....	50
Batang D-16 atau jaring kawat polos P16 atau kawat ulir D16 yang lebih kecil.....	40
c) Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton yang tidak langsung berhubungan dengan tanah : <u>Pelat, Dinding, Pelat rusuk</u> Batang D-44 dan D-56.....	40

Batang D-36 dan batang yang lebih kecil.....	20
<u>Balok, Kolom</u>	
Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral.....	40
<u>Komponen struktur cangkang, pelat lipat :</u>	
Batang D-19 yang lebih besar.....	20
Batang D-16, jarring kawat polos P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil.....	15

(Sumber: SNI-03-2847-2002)

1. Pelat satu arah (*One way slab*)

Pelat satu arah yaitu suatu pelat yang memiliki panjang lebih besar atau lebih lebar yang bertumpu menerus melalui balok-balok. Maka hampir semua beban lantai dipikul oleh balok-balok yang sejajar. Suatu pelat dikatakan pelat satu arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \geq 2$, dimana L_y dan L_x adalah panjang dari sisi-sisinya.



Gambar 2.1 Tinjauan arah L_y dan L_x

Dalam perencanaan struktur pelat satu arah, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- Menentukan tebal pelat
- Menghitung beban mati pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung momen rencana (W_u).

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

$$W_D = \text{Jumlah beban mati (kg/m)}$$

$$W_L = \text{Jumlah beban hidup (kg/m)}$$

c. Menghitung momen rencana (M_u) baik dengan cara tabel atau analisis.

d. Perkiraan tinggi efektif (d_{eff})

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

$$d_{eff} = h - p - \phi s - \frac{1}{2} D - \text{jarak tulangan minimum} - \frac{1}{2} D$$

e. Menentukan rasio penulangan (ρ)

Jika $\rho > \rho_{min}$ → ambil nilai ρ

Jika $\rho < \rho_{min}$ → ambil nilai ρ_{min}

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

f. Hitung A_s yang diperlukan

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

$$A_s = \text{Luas tulangan (mm}^2\text{)}$$

ρ = rasio penulangan

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

g. Tulangan susut/pembagi

$$A_s = 0,0020 \cdot b \cdot h \quad (\text{untuk } f_y = 400 \text{ MPa})$$

$$A_s = 0,0018 \cdot b \cdot h \quad (\text{untuk } f_y = 240 \text{ MPa})$$

b = lebar satuan pelat

h = tebal pelat

2. Pelat dua arah (*Two way slab*)

Berikut adalah langkah-langkah dalam perhitungan pelat dua arah :

a.) Menghitung h minimum Pelat.

1.) Untuk $\alpha_m \leq 0,2$, harus menggunakan tabel berikut :

Tabel 2.3 - Tebal Minimum dari Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan Leleh f_y (MPa)	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel Luar		Panel dalam	Panel Luar		Panel dalam
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
300	$L_n/33$	$L_n/36$	$L_n/36$	$L_n/36$	$L_n/40$	$L_n/40$
400	$L_n/30$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/36$	$L_n/36$
500	$L_n/30$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/36$	$L_n/36$

(Sumber : SNI-03-2847-2002;66)

2) Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0

Tebal pelat minimum harus memenuhi :

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

dan tidak boleh kurang dari 120 mm

3) Untuk $\alpha_m > 2,0$

Tebal pelat minimum harus memenuhi :

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

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

Dimana :

$$\alpha_m = E_{cb}I_b / E_{cs}I_s$$

E_{cb} = Modulus elastis balok beton E_{cs} = Modulus elastis pelat

I_b = inersia balok $[(bh^3/12) + bh.y^2]$

I_s = inersia pelat $(Int^3/12)$

I_n = jarak bentang bersih

h = tinggi balok

T = tebal pelat

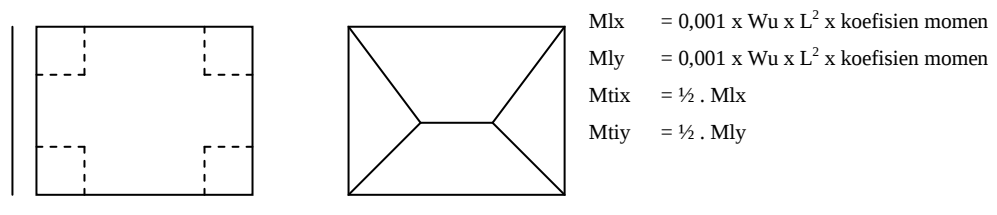
β = rasio bentang panjang bersih terhaap bentang pendek bersih pelat

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

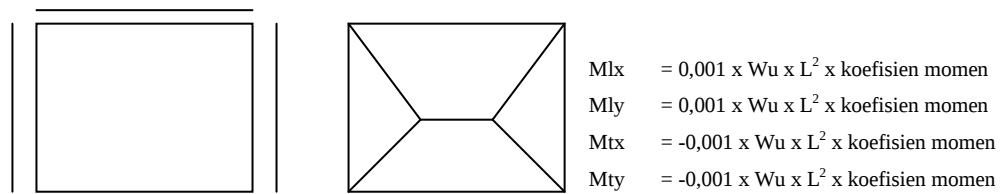
$$W_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

5) Mencari momen

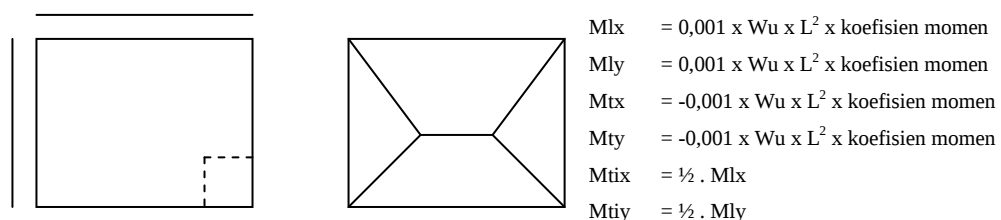
Mencari momen yang bekerja pada arah x dan y, dengan cara penyaluran “metode amplop”.



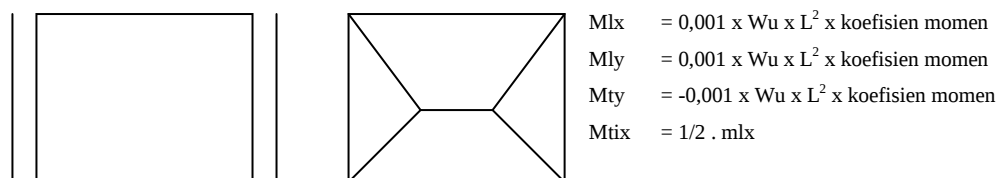
Gambar 2.3 Mencari momen arah x dan y cara 1



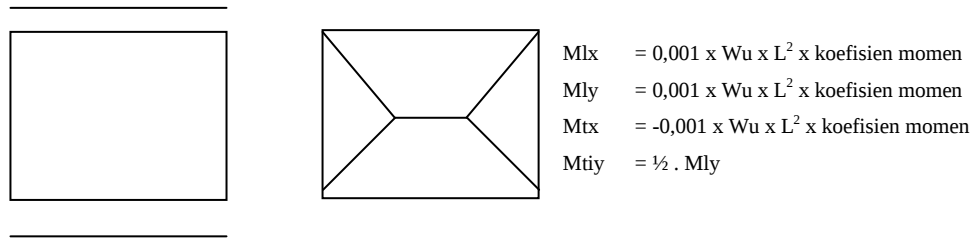
Gambar 2.4 Mencari momen arah x dan y cara 2



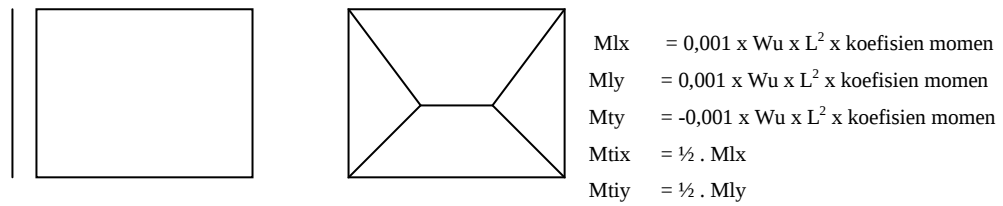
Gambar 2.5 Mencari momen arah x dan y cara 3



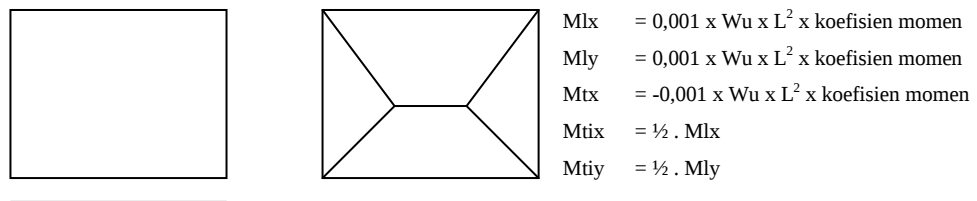
Gambar 2.6 Mencari momen arah x dan y cara 4



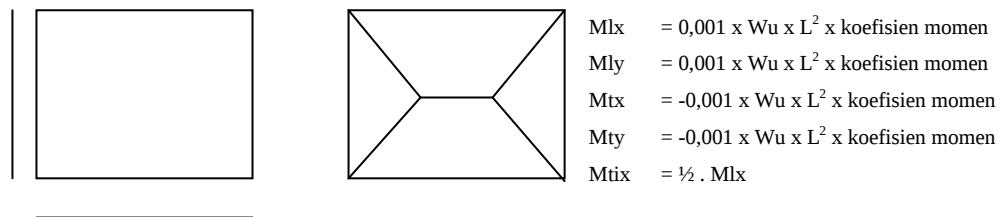
Gambar 2.7 Mencari momen arah x dan y cara 5



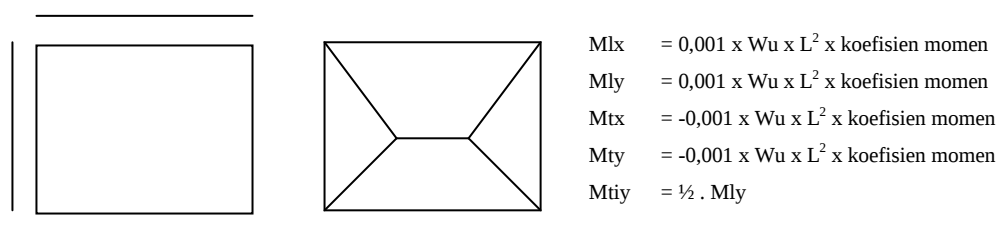
Gambar 2.8 Mencari momen arah x dan y cara 6



Gambar 2.9 Mencari momen arah x dan y cara 7



Gambar 2.10 Mencari momen arah x dan y cara 8



Gambar 2.11 Mencari momen arah x dan y cara 9

6) Mencari tebal efektif pelat

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

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

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

7) Mencari rasio penulangan (ρ)

Jika $\rho > \rho_{min}$ → ambil nilai ρ

Jika $\rho < \rho_{min}$ → ambil nilai ρ_{min}

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

8) Menghitung as yang diperlukan

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

9) Mencari jumlah tulangan (n)

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

10) Mencari jarak antar tulangan (s)

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

11) 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 → $d_y = h - p - \emptyset_{\text{arah x}} - \emptyset_{\text{arah y}}$

2.3.2 Tangga

Tangga adalah suatu konstruksi yang menghubungkan antara tempat yang satu dan tempat lainnya yang mempunyai ketinggian berbeda, dan dapat dibuat dari kayu, pasangan batu bata, baja, dan beton. Tangga terdiri dari anak tangga dan pelat tangga. Anak tangga terbagi menjadi 2 bagian, yaitu :

1. *Antrade*, yaitu bagian dari anak tangga pada bidang horizontal yang merupakan bidang tempat pijakan kaki.
2. *Optrade*, yaitu bagian dari anak tangga pada bidang vertikal yang merupakan selisih tinggi antara 2 buah anak tangga yang berurutan.

Syarat-syarat umum tangga :

1. Tangga harus mudah dijalani atau dinaiki
2. Tangga harus cukup kuat dan kaku
3. Ukuran tangga harus sesuai dengan sifat dan fungsinya
4. Material yang digunakan untuk pembuatan tangga terutama pada gedung-gedung umum harus berkualitas baik, tahan dan bebas dari bahaya kebakaran
5. Letak tangga harus strategis
6. Sudut kemiringan tidak lebih dari 45°

Syarat-syarat khusus tangga :

1. Untuk bangunan rumah tinggal
 - a. *Antrade* = 25 cm (minimum)
 - b. *Optrade* = 20 cm (maksimum)
 - c. Lebar tangga = 80-100 cm
2. Untuk perkantoran dan lain-lain
 - a. *Antrade* = 25 cm (minimum)
 - b. *Optrade* = 17 cm (maksimum)
 - c. Lebar tangga = 120-200 cm
3. Syarat langkah

$$2 \text{ optrade} + 1 \text{ antrade} = 57 - 65 \text{ cm}$$
4. Sudut kemiringan

Maksimum = 45°

minimum = 25°

Tabel 2.4 Daftar Ukuran Lebar Tangga Ideal

No	Digunakan untuk	Lebar efektif (cm)	Lebar total (cm)
1	1 orang	± 65	± 85
2	1 orang + anak	± 100	± 120

3	1 orang + bagasi	± 85	± 150
4	2 orang	120 - 130	140 - 150
5	3 orang	180 - 190	200 - 210
6	> 3 orang	> 190	> 210

(sumber : SNI T-15-1991)

Bordes adalah bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila merasa lelah.

Untuk menentukan panjang bordes (L) :

$$L = \ell n + a \text{ s/d } 2a$$

Dimana :

L = Panjang bordes

ℓn = Ukuran satu langkah normal datar

a = Antrede

Langkah-langkah perencanaan tangga :

1. Perencanaan tangga

a. Penentuan ukuran antrede dan optrede

$$\text{Tinggi optrede sebenarnya} = \frac{h}{\text{jumlah_optrede}}$$

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

$$\text{b. Penentuan jumlah antrede dan optrede} = \frac{h}{\text{tinggi_optrede}}$$

$$\text{c. Panjang tangga} = \text{jumlah optrede} \times \text{lebar antrede}$$

$$\text{d. Sudut kemiringan tangga, Arc tan } \Theta = \frac{\text{Optrede}}{\text{Antrede}}$$

$$\text{e. Penentuan tebal pelat tangga, } h_{\min} = \frac{1}{28} l$$

2. Penentuan pembebanan pada anak tangga

a. Beban mati (W_D)

- Berat sendiri bordes

- Berat sendiri pelat

Berat pelat (Q) per m'

$$Q = \left(\frac{\text{AntredexOptrede}}{2} \right) \left(\frac{\text{jmlh.anak.tangga}}{\text{pjg.btg.tangga}} \right) \times 1 \text{ m} \times \gamma_{\text{beton}} \times \cos \alpha$$

- b. Beban hidup (W_L)

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

- a. Kekakuan

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

- b. Faktor distribusi

$$M = \frac{K}{\Sigma K}$$

- c. Momen primer

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

4. Perhitungan tulangan tangga dan bordes

- a. Menentukan tinggi efektif (d_{eff})

$$d = h - h/2 \phi \text{ tulangan pokok}$$

- b. Menentukan rasio penulangan (ρ)

Jika $\rho > \rho_{\text{min}} \rightarrow$ ambil nilai ρ

Jika $\rho < \rho_{\text{min}} \rightarrow$ ambil nilai ρ_{min}

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

- c. Menghitung A_s yang diperlukan

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

5. Untuk tulangan suhu susut dihitung berdasarkan peraturan SNI 2002 Pasal

9.12, yaitu :

- a. Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014 :
 - Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 0,0020
 - Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jarring kawat las (polos atau ulir) mutu 400 0,0018
 - Pelat yang menggunakan batang tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35% $0,0018 \times 400/f_y$
- b. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang
- c. Untuk balok bordes : menghitung tulangan torsi dan geser.

2.3.3 Portal Akibat Beban Mati dan Hidup

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang paling berhubungan dan berfungsi menahan beban sebagai satu kesatuan lengkap. Sebelum merencanakan portal terlebih dahulu kita harus mendimensi portal.

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

1. Pendimensian balok

Tebal minimum balok ditentukan dalam SK SNI 03-2847-2002;63 adalah untuk balok dengan dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum $l/16$, untuk balok dengan satu ujung menerus memiliki tebal minimum $l/18,5$, untuk balok dengan kedua ujung menerus memiliki tebal minimum $l/21$, untuk balok kantilever $l/8$.

2. Pendimensian kolom

3. Analisa pembebanan

4. Menentukan gaya-gaya dalam

Dalam menghitung dan menentukan besarnya momen yang bekerja pada suatu struktur bangunan, kita mengenal metode perhitungan dengan metode cross, takabeya, ataupun metode dengan menggunakan bantuan computer yaitu

menggunakan program SAP 2000 14. Berikut adalah cara menghitung besarnya momen dengan menggunakan :

1. Perencanaan portal dengan menggunakan SAP 2000 14

d. Perencanaan portal akibat beban mati

Langkah-langkah menentukan pembebanan pada portal adalah sebagai berikut :

- Beban pelat
- Beban balok
- Beban penutup lantai dan adukan
- Berat balok
- Berat pasangan dinding (jika ada)
- Beban plesteran dinding

e. Perencanaan portal akibat beban hidup

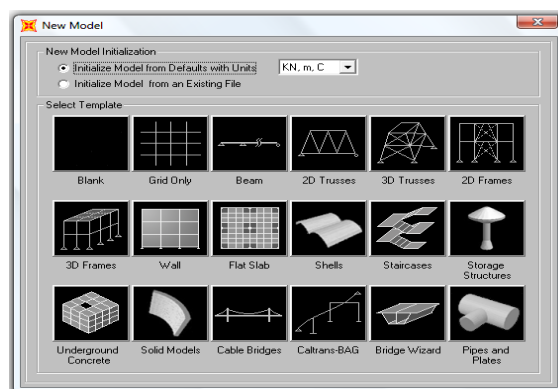
Untuk merencanakan portal akibat beban hidup perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

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

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

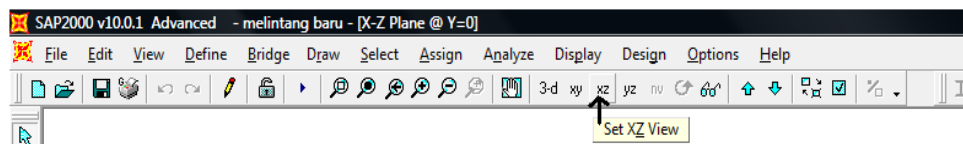
a. Buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup

Langkah pertama yang dilakukan adalah memilih model perhitungan yang akan digunakan. Di mana model yang digunakan adalah model *Grid Only*, pilih units satuan dalam satuan KN M C.



Gambar 2.12 Membuat Model Struktur.

Kemudian dilanjutkan dengan mengatur grid penghubung garis atau *frame*. Dimana nilai xz diisi, x untuk arah horizontal dan z untuk arah vertical (y diisi 1 untuk bangunan 2 dimensi). Selanjutnya pilih *Edit grid* untuk mengatur panjang vertical dan horizontal tiap *frame*. Setelah selesai pilih OK, kemudian set view dalam arah xz yaitu dengan mengklik menu xz pada toolbar.



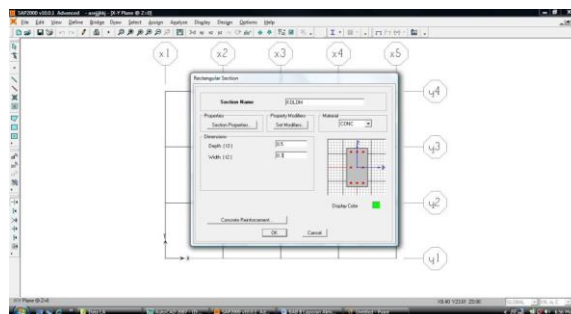
Gambar 2.13 Memilih Tampilan (Arah Tinjau)

b. Input data perencanaan

- Dimensi kolom
- Dimensi balok
- Mutu beton (f_c')
- Mutu baja (f_y)

Cara memasukkan nilai dimensi kolom dan balok pada umumnya sama, yaitu :

- Blok frame kolom/balok, lalu pilih menu pada toolbar, *Define – Frame section*, setelah memilih menu diatas akan tampil toolbar *Frame Properties*. *Choose Property Type to Add*, pilih *Add Rectangular* (untuk penampang berbentuk segiempat), klik *Add New Property* hingga muncul toolbar seperti gambar dibawah ini :



Gambar 2.14 Memasukkan Data Perencanaan.

ganti *section name* dengan nama Balok (untuk balok), Kolom (untuk kolom). ganti ukuran tinggi (*Depth*) dan lebar (*Width*) Balok /Kolom sesuai dengan perencanaan. Kemudian klik *Concrete Reinforcement*, klik *Column* (untuk kolom), *Beam* (untuk balok) lalu klik OK.

Untuk menentukan frame tersebut balok atau kolom yaitu dengan cara memblok frame kemudian pada toolbar pilih menu *Assign – Frame/Cable/Tendon – Frame Section –* pilih Balok atau Kolom.

Cara memasukkan nilai F_y , F_c dan Modulus Elastisitas :

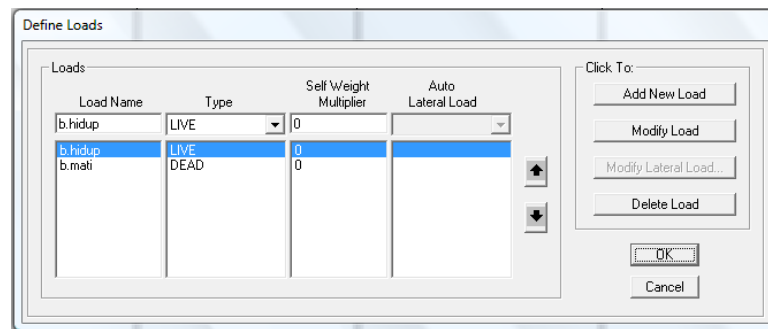
- Blok semua frame, lalu pilih menu pada toolbar Define – Material – pilih Con (“concrete”, untuk beton) – klik Modify/Show Material. Seperti gambar dibawah ini :

Gambar 2.15 Memasukkan Nilai F_y , F_c dan Modulus Elastisitas.

Ganti nilai *Weight per unit volume* dengan 24 (nilai ini adalah nilai dari berat jenis beton). ubah nilai *Modulus of Elasticity* dengan rumus $4700 \sqrt{f_c} \cdot 1000$, serta ubah juga nilai F_c dan F_y sesuai dengan perencanaan dengan masing-masing dikali 1000, klik OK.

c. Membuat cases beban mati dan beban hidup.

Pilih menu pada toolbar, *Define – Load Cases* – buat nama pembebanan, tipe pembebanan dan nilai koefisiennya diisi dengan nilai 0. Seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini :

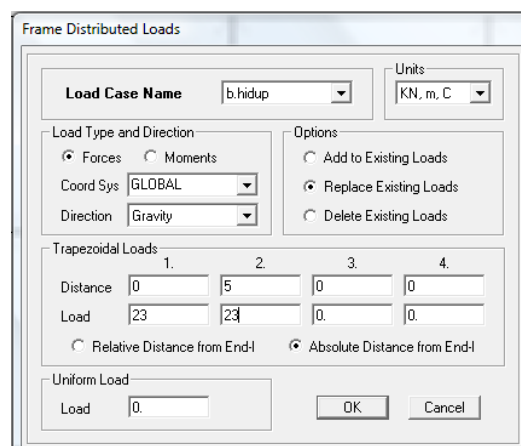


Gambar 2.16 Membuat cases beban mati dan beban hidup.

d. Input nilai beban mati dan beban hidup

- Akibat beban merata

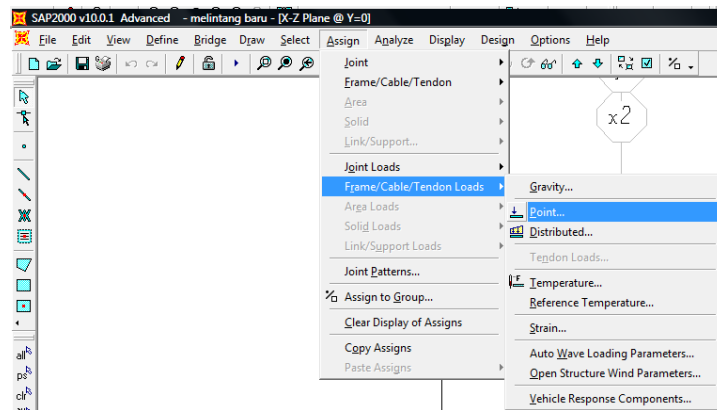
Blok frame yang akan di input, lalu pilih menu pada toolbar, *Assign – Frame/Cable/Tendon Loads – Distributed* - pilih beban mati atau beban hidup untuk pembebanan tersebut pada *Load Case Name*– klik *absolute distance from end-1* (agar dapat mengatur jarak yang diinginkan) – atur jarak (*distance*) di titik 1 diisi = 0 dan di titik 2 diisi = panjang frame, serta isi nilai bebannya pada 2 titik tersebut.



Gambar 2.17 Memasukkan Nilai Beban Mati dan Beban Hidup.

- Akibat beban terpusat

Sama halnya seperti menginput data pada pembebanan merata, hanya saja setelah memilih menu *Frame/Cable/Tendon Loads* – selanjutnya yang dipilih adalah *Points*.



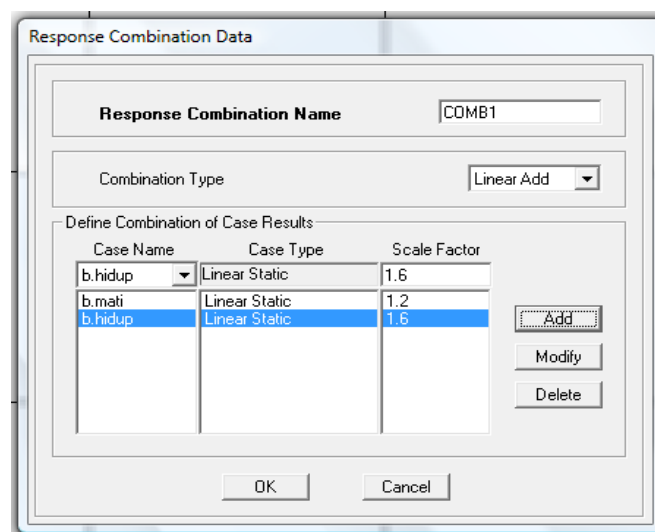
Gambar 2.18 Memasukkan Nilai Beban Terpusat.

Cara memasukkan nilai beban terpusat sama saja halnya seperti memasukkan nilai pada beban merata.

e. Input *Load Combination* (beban kombinasi), yaitu

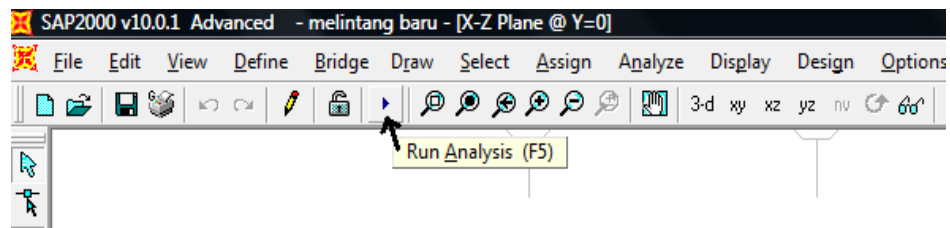
1,2 beban mati + 1,6 beban hidup

blok seluruh frame yang akan di kombinasi, kemudian pilih menu pada toolbar, Define – Combinations – add new combo, kemudian akan terlihat seperti



Gambar 2.19 Memasukkan Nilai Beban Kombinasi.

- f. Run analisis, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.20 Run Analisis.

2.3.3.1 Perencanaan Portal Akibat Gempa

Struktur gedung beraturan dapat direncanakan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan struktur gedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Akibat pengaruh gempa rencana struktur gedung secara keseluruhan harus masih berdiri, walaupun sudah berada didalam kondisi ambang keruntuhan. Gempa rencana ditetapkan mempunyai periode ulang 500 tahun, agar probabilitas terjadinya terbatas pada 10% selama umur gedung 50 tahu.

Struktur gedung beraturan dapat direncanakan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam arah masing-masing sumbu utama denah struktur tersebut, berupa beban gempa nominal static equivalen, yang ditetapkan lebih lanjut dalam pasal-pasal berikut : (SNI/1726/2002 “Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung).

- a. Apabila kategori gedung memiliki Faktor Keutamaan I dan strukturnya untuk suatu arah sumbu utama denah struktur dan sekaligus arah pembebanan gempa rencana memiliki faktor reduksi gempa R dan waktu getar alami fundamental T_1 , maka beban geser dasar nominal static equivalen V yang terjadi di tingkat dasar dapat dihitung menurut persamaan :

$$V = \frac{C_1 I_e}{R} W_t$$

Dimana C_1 adalah nilai faktor Respons Gempa yang didapat dari Spektrum Respons Rencana, untuk waktu getar alami fundamental T_1 , sedangkan W_t adalah berat total gedung, termasuk beban hidup yang sesuai.

$$I = I_1 I_2$$

Dimana I_1 adalah Faktor Keutamaan untuk menyesuaikan perioda ulang gempa berkaitan dengan penyesuaian probabilitas terjadinya gempa itu selama umur gedung, sedangkan I_2 adalah Faktor Keutamaan untuk menyesuaikan perioda ulang gempa berkaitan dengan penyesuaian umur gedung tersebut. Faktor-Faktor Keutamaan I untuk I_1 , I_2 dan I ditetapkan menurut table dibawah ini.

Kategori Gedung	Faktor Keutamaan		
	I_1	I_2	I
Gedung Umum seperti untuk penghunian, perniagaan dan perkantoran	1,0	1,0	1,0
Monumen dan bangunan monumental	1,0	1,6	1,6
Gedung penting pasca gempa seperti rumah sakit, instalasi air bersih, pembangkit tenaga listrik, pusat penyelamatan dalam keadaan darurat,, fasilitas radio dan televisi.	1,4	1,0	1,4
Gedung untuk menyimpan bahan berbahaya seperti gas, produk minyak bumi, asam, bahan beracun.	1,6	1,0	1,6
Cerobong, tangki di atas menara	1,5	1,0	1,5

Tabel 2.4 Faktor Keutamaan I untuk berbagai kategori Gedung dan Bangunan

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental T_1 dari struktur gedung harus dibatasi, bergantung

pada koefisien ζ untuk wilayah Gempa tempat struktur gedung berada dan jumlah tingkatnya n menurut persamaan.

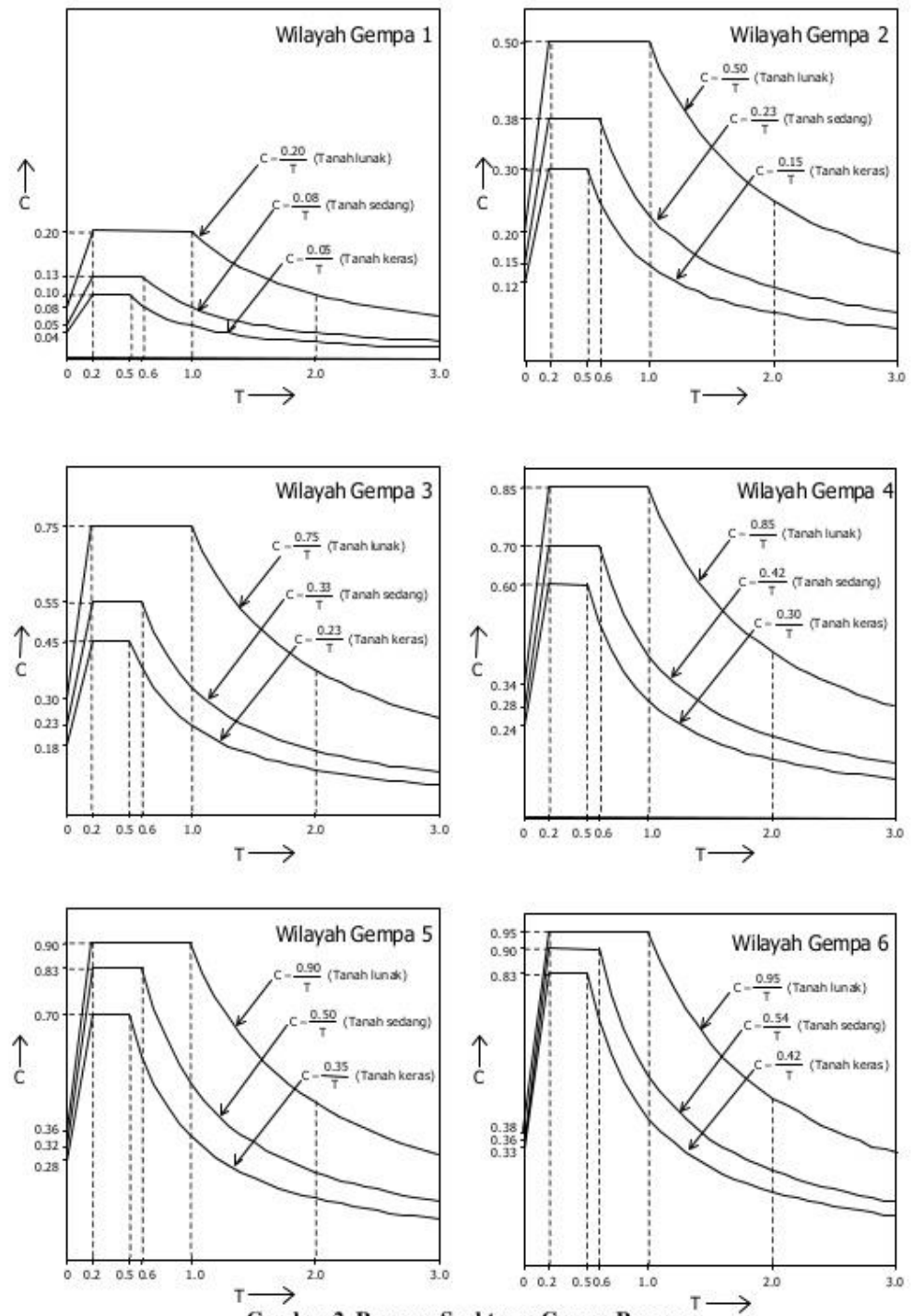
$$T_1 < \zeta n$$

Dimana koefisien ζ ditetapkan menurut tabel dibawah ini.

Tabel Koefisien ζ yang Membatasi Waktu Getar Alami Fundamental Struktur Gedung.

Wilayah Gempa	ζ
1	0,20
2	0,19
3	0,18
4	0,17
5	0,16
6	0,15

SNI-1726-2002



Gambar 2 Respons Spektrum Gempa Rencana

2.3.4 Balok

Balok merupakan batang horizontal dari rangka struktur yang memikul beban tegak lurus sepanjang batang tersebut biasanya terdiri dari dinding, pelat atau atap bangunan dan menyalurkannya pada tumpuan atau struktur dibawahnya.

Perencanaan balok ini dilakukan untuk menentukan balok anak dan balok induk yang akan digunakan dalam suatu struktur gedung. Sistem struktur yang menggunakan balok anak dan balok induk ini bertujuan untuk memperoleh bentangan sepanjang mungkin dengan beban mati sekecil mungkin untuk pelat atap maupun pelat lantai, dimana pelat akan bertumpu pada balok induk serta kolom sebagai penopang struktur keseluruhan.

Langkah-langkah perencanaan balok :

- a. Menentukan mutu beton dan mutu baja serta dimensi balok.
- b. Mengambil momen-momen maksimum yang terjadi pada setiap tingkat portal
- c. Menentukan d_{efektif}

$$d = h - p - \phi \text{Sengkang} - \frac{1}{2} \phi \text{Tul. Pokok}$$

$$d' = p + \frac{1}{2} \text{Tul. Pokok} + \phi \text{Sengkang}$$
- d. Menentukan Momen Rencana
 - Momen kombinasi akibat beban mati dan hidup

$$M_{k1} = 1,2. M_D + 1,6. M_L$$
 - Momen kombinasi akibat beban mati dan beban gempa

$$M_{k2} = 0,9. M_D + M_E$$
 - Momen kombinasi akibat beban mati, beban hidup dan gempa

$$M_{k2} = 1,05. (M_D + 0,9. M_L + M_E)$$
- e. Bila momen yang terjadi pada balok yang ditinjau ditumpu akibat momen negatif, maka penulangan berdasarkan balok biasa (segi empat) dan bila momen terjadi dilapangan akibat momen positif maka penulangan balok berdasarkan balok T dan balok L.
- f. Menentukan p_{syarat} untuk menentukan R_n .

Tulangan Tumpuan negative

$$\frac{\rho'}{\rho} = \frac{M^-_{tumpuan}}{M^+_{tumpuan}}$$

$$\frac{\rho'}{\rho} = 0,5 \text{ (Persyaratan gempa)}$$

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

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'c'}}{4 f_y}$$

Tulangan Tumpuan Positif

$$\frac{\rho'}{\rho} = \frac{M^-_{tumpuan}}{M^+_{tumpuan}}$$

$$\frac{\rho'}{\rho} = 1 \text{ (Persyaratan gempa)}$$

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

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f'c'}}{4 f_y}$$

- g. Menghitung tulangan yang dibutuhkan

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

$$As' = 0,5 As$$

- h. Perencanaan tulangan geser

$$V_{ujung} = \frac{V_{ub} - V_{ub_{terpakai}}}{d} \cdot Ln$$

$$Vs = \frac{V_{ub_{terpakai}}}{\phi}$$

$$s = \frac{Av \cdot f_y \cdot d}{Vs}$$

$$s < \frac{d}{4}$$

2.3.5 Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok dan meneruskannya ke konstruksi pondasi. Kolom beton bertulang mempunyai tulangan longitudinal, yang paralel dengan arah kerja beban dan disusun menurut pola segi-empat, bujur sangkar dan lingkaran.

Perencanaan struktur kolom pada laporan akhir ini adalah kolom berbentuk segi-empat dan beban yang bekerja merupakan beban sentris dan eksentris.

Langkah-langkah perhitungan struktur kolom, yaitu :

1. Menentukan momen design rencana untuk kolom

Mu kx atas arah memanjang

$$Mu, K_{lti} = \frac{h}{hn} \cdot 0,7 \cdot \omega d \cdot \varphi \cdot \alpha ka \left[\frac{1}{ln} (\sum M_{nak, bx} + 0,3 \cdot \sum M_{nak, by})_{lti} \right]$$

Mu kx bawah arah memanjang

$$Mu, K_{lti} = \frac{h}{hn} \cdot 0,7 \cdot \omega d \cdot \varphi \cdot \alpha ka \left[\frac{1}{ln} (\sum M_{nak, bx} + 0,3 \cdot \sum M_{nak, by})_{lti} \right]$$

Mu ky atas arah melintang

$$Mu, K_{lti} = \frac{h}{hn} \cdot 0,7 \cdot \omega d \cdot \varphi \cdot \alpha ka \left[\frac{1}{ln} (0,3 \cdot \sum M_{nak, bx} + \sum M_{nak, by})_{lti} \right]$$

Mu ky bawah arah melintang

$$Mu, K_{lti} = \frac{h}{hn} \cdot 0,7 \cdot \omega d \cdot \varphi \cdot \alpha ka \left[\frac{1}{ln} (0,3 \cdot \sum M_{nak, bx} + \sum M_{nak, by})_{lti} \right]$$

2. Menentukan momen design maksimum untuk kolom

Mencari nilai momen maksimum kolom

Mu kx atas arah memanjang

$$= 1,05 \sum [M_D + M_L + \frac{4}{K} (M_E + 0,3 \cdot M_E)]$$

Mu kx bawah arah memanjang

$$= 1,05 \sum [M_D + M_L - \frac{4}{K} (M_E + 0,3 \cdot M_E)]$$

Mu ky atas arah melintang

$$= 1,05 \sum [M_D + M_L + \frac{4}{K} (0,3 \cdot M_E + M_E)]$$

Mu ky bawah arah melintang

$$= 1,05 \sum [M_D + M_L - \frac{4}{K} (0,3 \cdot M_E + M_E)]$$

3. Menentukan gaya aksial rencana untuk kolom

Nu, kx atas

$$1,05 \cdot N_g \cdot k + 0,7 \cdot \frac{\emptyset}{1} ((M_{nak, bx \text{ ki}} - M_{nak, bx \text{ ka}}) + (0,3(M_{nak, by \text{ ki}} - M_{nak, by \text{ ka}})))$$

Nu, kx bawah

$$1,05 \cdot N_g \cdot k - 0,7 \cdot \frac{\emptyset}{1} ((M_{nak, bx \text{ ki}} - M_{nak, bx \text{ ka}}) + (0,3(M_{nak, by \text{ ki}} - M_{nak, by \text{ ka}})))$$

Nu, ky atas

$$1,05 \cdot N_g \cdot k + 0,7 \cdot \frac{\emptyset}{1} ((M_{nak, bx \text{ ki}} - M_{nak, bx \text{ ka}}) + (0,3(M_{nak, by \text{ ki}} - M_{nak, by \text{ ka}})))$$

Nu, ky bawah

$$1,05 \cdot N_g \cdot k - 0,7 \cdot \frac{\emptyset}{1} ((M_{nak, bx \text{ ki}} - M_{nak, bx \text{ ka}}) + (0,3(M_{nak, by \text{ ki}} - M_{nak, by \text{ ka}})))$$

(Gideon Kusuma “Desain Struktur Rangka Beton Bertulangan di Daerah Rawan Gempa)

4. Menentuakn gaya aksial maksimum untuk kolom

$$\text{Nu, kx atas} = 1,05 [N_g \cdot k + \frac{4}{K} (N_E \cdot kx + 0,3 \cdot N_E \cdot ky)]$$

$$\text{Nu, kx bawah} = 1,05 [N_g \cdot k - \frac{4}{K} (N_E \cdot kx + 0,3 \cdot N_E \cdot ky)]$$

$$\text{Nu, ky atas} = 1,05 [N_g \cdot k + \frac{4}{K} (0,3 \cdot N_E \cdot kx + N_E \cdot ky)]$$

$$\text{Nu, ky bawah} = 1,05 [N_g \cdot k + \frac{4}{K} (0,3 \cdot N_E \cdot kx + N_E \cdot ky)]$$

5. Menentukan penulangan kolom arah melintang

$$\frac{Mu, ky}{\phi \cdot Ag \cdot 0,85 \cdot f'c' \cdot h}$$

$$\frac{Nu, ky}{\phi \cdot Ag \cdot 0,85 \cdot f'c' \cdot h}$$

Maka gunakan table Gideon

$f_y = 400$ MPa,

$f_c = 30$ MPa, dan untuk (d'/h) untuk koordinat menentukan koordinat.

Dari titik koordinat pada grafik didapatkan nilai $\rho = r \cdot \beta$

Dimana β untuk $f_c' = 30$ MPa adalah 1,2

$$AS_{Total} = \rho \cdot Ag$$

6. Menentukan lintang rencana kolom

$$Vu, kx = 1,05[V_{D,k} + V_{L,k} + \frac{4}{K}(V_{E,kx} + 0,3 \cdot V_{E,ky})]$$

$$Vu, ky = 1,05[V_{D,k} + V_{L,k} + \frac{4}{K}(0,3 \cdot V_{E,kx} + V_{E,ky})]$$

Diambil Vu, k terkecil

$$V_c = \left[1 + \frac{Nu,k}{14 \cdot Ag}\right] \left[\frac{1}{6} \sqrt{f'c'}\right] \cdot bw \cdot d$$

$$V_s = \frac{Vu,k}{\phi} - V_c$$

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

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

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

$Vu, k < Vs$ jadi dipakai sengkang praktis

2.3.6 Sloof

Sloof adalah balok yang menghubungkan pondasi sebagai tempat untuk menyalurkan beban dinding diatasnya. Hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan dan perhitungan sloof :

1. Penentuan dimensi sloof

2. Penentuan pembebanan pada sloof
 1. Berat sloof
 2. Berat dinding
 3. Berat plesteran
3. Perhitungan momen (menggunakan program SAP 2000 V14)
4. Perhitungan Penulangan

- a. Menghitung nilai k

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

Ket :

Mu = Momen terfaktor pada penampang (KN/m)

b = lebar penampang (mm) diambil 1 m

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

Ø = faktor kuat rencana

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

$$\rho_{\min} = \rho_{\text{ada}} < \rho_{\max}$$

- b. Menghitung nilai As

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

Ket :

$$As = \text{Luas tulangan (mm}^2\text{)}$$

= rasio tulangan

$$d_{\text{eff}} = \text{tinggi efektif pelat (mm)}$$

- c. Menentukan diameter tulangan yang dipakai.
- d. Mengontrol jarak tulangan sengkang
- e. Untuk menghitung tulangan tumpuan diambil 20% dari luas tulangan atas.
5. Cek apakah tulangan geser diperlukan

$V_u < V_c$, tidak perlu tulangan geser

$V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$, diperlukan tulangan praktis.

2.3.7 Pondasi

Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Hal yang dipertimbangkan dalam menentukan jenis pondasi :

- 1) Keadaan tanah pondasi
- 2) Jenis konstruksi bangunan
- 3) Kondisi bangunan disekitar pondasi
- 4) Waktu dan biaya pengerjaan

Secara umum dalam perencanaan pondasi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a) Tegangan kontak pada tanah tak melebihi daya dukung tanah yang diizinkan.
- b) *Settlement* (penurunan) dari struktur masih termasuk dalam batas yang diijinkan, jika ada kemungkinan yang melebihi dari perhitungan awal, maka ukuran pondasi dapat dibuat berbeda dan dihitung secara sendiri-sendiri sehingga penurunan yang terjadi menjadi persamaan.

Pondasi merupakan bagian dari struktur bangunan yang terletak di bawah bangunan yang berfungsi memikul beban dari struktur bangunan yang ada diatasnya dan mendistribusikannya ke lapisan tanah pendukung sehingga struktur bangunan dalam kondisi aman. Fungsi pondasi adalah sebagai berikut :

1. Untuk menyalurkan beban bangunan ke tanah
2. Mencegah terjadinya penurunan bangunan
3. Memberikan kestabilan pada bangunan di atasnya

- Berdasarkan jenisnya, pondasi ada 2 macam, yaitu :

1. Pondasi dangkal (*Shallow footing*)

Pondasi yang berada pada lapisan tanah keras yang letaknya dekat dengan permukaan tanah. Seperti pondasi telapak (setempat) dan pondasi menerus (*Continous footing*).

2. Pondasi dalam (*Deep footing*)

Pondasi yang berada pada lapisan tanah keras yang letaknya jauh dengan permukaan tanah. Seperti pondasi sumuran, pondasi tiang pancang, dan pondasi tiang bor.

- Berdasarkan kondisi tanahnya dibedakan menjadi:

1. Pondasi langsung adalah jenis pondasi yang berada langsung menyentuh lapisan tanah keras, pondasi jenis ini dapat berupa pondasi dangkal, maupun pondasi dalam.
2. Pondasi tak langsung adalah jenis pondasi yang tidak langsung sampai menyentuh tanah keras, pondasi jenis ini dapat berupa pondasi dangkal, maupun pondasi dalam.

Berdasarkan data hasil tes tanah (sondir) pada Lokasi Pembangunan Gedung Perkantoran PGN yang dijadikan sebagai materi Laporan Akhir ini, maka jenis pondasi yang digunakan adalah pondasi *boarpile*. Pondasi tiang bor merupakan jenis pondasi tiang yang dicor di tempat, yang sebelumnya dilakukan pengeboran dan penggalian terlebih dahulu. Keuntungan penggunaan pondasi ini adalah :

- Tidak menimbulkan kebisingan yang berarti
- Tidak menimbulkan getaran yang kuat terhadap bangunan di sekitarnya karena pembuatannya dengan sistem bor dan diisi dengan beton cair.

Adapun prosedur yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan Kriteria perencanaan, seperti beban-beban yang bekerja pada dasar tumpuan (*poer*), parameter tanah, situasi dan kondisi bangunan disekitar lokasi, besar pergeseran yang diijinkan, tegangan iin dari bahan-bahan pondasi.
2. Memperkirakan diameter, jenis, panjang, jumlah dan susunan tiang.

3. Menghitung daya dukung vertikal tiang tunggal (*single pile*), baik untuk kondisi pembebanan normal maupun pada waktu gempa.
4. Menghitung faktor efisiensi dalam kelompok tiang dan daya dukung vertikal yang diijinkan untuk sebuah tiang dalam kelompok tiang.
5. Menghitung beban vertikal yang bekerja pada setiap tiang dalam kelompok tiang.
6. Memeriksa beban yang bekerja pada setiap tiang masih termasuk dalam batas daya dukung yang diijinkan, yang dihitung pada langkah no.4 diatas. Bila hasil melampaui daya dukung yang diijinkan untuk setiap tiang, maka perkiraan diameter, jumlah atau susunan tiang harus diganti. Selanjutnya perhitungan diulang kembali mulai dari no. 2.
7. Menghitung daya dukung mendatar sebuah tiang dalam kelompok.
8. Menghitung beban horizontal yang bekerja pada setiap tiang dalam kelompok.
9. Menghitung penurunan (bila diperlukan)
10. Merencanakan struktur tiang.

Langkah - langkah perhitungan pondasi *borpile* :

1. Menentukan daya dukung ijin tanah melalui perhitungan dengan berdasarkan data-data yang ada.

Berdasarkan kekuatan bahan borpil :

$$Q_{tiang} = 0,3 \times F'c \times A_{tiang}$$

Berdasarkan kekuatan tanah :

$$Q_{ijin} = \frac{NK \times Ab}{Fb} + \frac{JHP \times O}{Fs}$$

Dimana : NK = Nilai Korus

JHP = Jumlah Hambatan Pekat

Ab = Luas Tiang Bor

O = Keliling Tiang Bor

Fb = Faktor Keamanan daya dukung ujung =3

Fs = Faktor Keamanan daya dukung gesek = 5

2. Menentukan jumlah *borpile*.

$$N = \frac{P_{total}}{Q_{terkecil}}$$

3. Menentukan jarak antar tiang

Apabila setelah dilakukan perhitungan jumlah *borpile*, langkah perencanaan selanjutnya adalah menentukan jarak antara masing-masing *borpile*.

$$S = 2,5d - 3d$$

4. Menentukan Efisiensi Kelompok Tiang

Menentukan efisiensi kelompok tiang dilakukan setelah mengetahui hasil perhitungan jumlah *borpile*. Perhitungan efisiensi kelompok tiang ini dilakukan apabila setelah didapat hasil perhitungan jumlah tiang yang lebih dari satu buah tiang. Nilai efisiensi *borpile* (E_g) dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$E_g = 1 - \frac{\theta}{90} \left\{ \frac{(m-1)n + (n-1)m}{m.n} \right\} \rightarrow \arctan \frac{d}{s}$$

Dimana : d = Ukuran tiang

S = Jarak antar tiang

5. Menentukan kemampuan *borpile* terhadap sumbu X dan Y

$$P = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{max}}{n_y \cdot \sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{max}}{n_x \cdot \sum y^2}$$

Dimana :

P = Beban yang diterima oleh tiang bor

$\sum V$ = Jumlah total beban

M_x = Momen yang bekerja pada tiang yang tegak lurus sumbu X

M_y = Momen yang bekerja pada tiang yang tegak lurus sumbu Y

- N = Banyak tiang pancang dalam kelompok tiang (pilegroup)
 X_{max} = Absis terjauh tiang bor terhadap titik berat kelompok *borpile*.
 Y_{max} = Ordinat terjauh tiang bor terhadap titik berat kelompok *borpile*
 N_y = Banyak tiang bor dalam satu baris dalam arah sumbu Y
 N_x = Banyak tiang bor dalam satu baris dalam arah sumbu X
 $\sum X^2$ = Jumlah kuadrat absis-absis tiang bor.
 $\sum Y^2$ = Jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang bor.

Kontrol Kemampuan tiang bor.

$$\rho_{ijin} = \frac{\rho}{n}$$

$$\rho_{ijin} < \rho$$

6. Penulangan Tiang bor

a. Tulangan Pokok Tiang Bor

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

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

Menentukan jumlah tulangan

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

b. Tulangan Geser Tiang Bor

V_u rencana didapat dari pola pengangkutan sebagai berikut :

$$\phi V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$V_u > 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$ (Diperlukan Tulangan Geser)

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

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

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

Syarat Sengkang ($S_{maks} = \frac{1}{2} \cdot d$ eff)

7. Perhitungan Pile Cap

Pile cap merupakan bagian yang mengikat dan mengunvi posisi tiang bor.

Langkah-langkah perencanaan pile cap :

a. Menentukan beban yang bekerja

$$P_u = 1,2 \text{ WD} + 1,6 \text{ WL}$$

b. Menentukan dimensi pile cap

Menentukan panjang pile cap

$$L_w = (k+1) \times D + 300$$

Menentukan lebar pile cap

$$B_w = D + 300$$

Dimana : L_w = Panjang pile cap (mm)

D = Diameter tiang (mm)

K = Variabel jarak pile cap

c. Kontrol Kekuatan Geser

a. Kontrol kekuatan geser secara kelompok

Untuk aksi dua arah :

- Gaya geser berfaktor :

$$V_u = n \cdot P_u$$

- Gaya geser nominal :

$$\phi V_c = 0,17(1 + \frac{2}{\beta}) \lambda \sqrt{f'_c} b_o . d$$

Dimana : a_1 = Ukuran kolom terkecil

a_2 = Ukuran kolom terbesar

(Diambil ϕV_c yang terkecil)

$$V_u < \phi V_c$$

Tebal pelat mencukupi untuk memikul gaya geser, tanpa memerlukan tulangan geser.

Untuk aksi satu arah :

- Gaya geser berfaktor :

$$V_u = m . P_u$$

- Gaya geser nominal :

$$\phi V_c = \frac{1}{6} b_w . d \sqrt{f'_c} .$$

$$V_u < \phi V_c$$

Tebal pelat mencukupi untuk memikul gaya geser, tanpa memerlukan tulangan geser.

8. Kontrol kekuatan geser secara individual

$$Keliling = b_o = \pi(\phi pile + d)$$

$$\text{Gaya geser berfaktor} = V_u = 1 . P_u$$

$$\text{Gaya geser nominal} = V_c = \frac{1}{3} b_o . d \sqrt{f'_c} .$$

9. Perhitungan momen lentur akibat beban terfaktor.

$$P_u = X1 . P_u (S - (a/2))$$

10. Perhitungan luas tulangan

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

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

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

11. Perhitungan tulangan pasak

Kekuatan tekanan rencana kolom :

$$\Phi P_n > P_u$$

Ini berarti beban pada kolom dapat dipindahkan dengan dukungan saja.

Tetapi diisyaratkan untuk menggunakan tulangan pasak minimum sebesar:

$$A_{s_{\min}} = 0,005 \cdot A_g \text{ (Luas kolom pondasi)}$$

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

12. Kontrol panjang penyaluran pasak.

Tulangan pasak yang didapatkan harus disalurkan dan dibawah pertemuan dari kolom dan telapak.

Panjang penyaluran (L_d) yang harus diisyaratkan untuk memikul gaya :

$$L_{db} = \frac{0,25 \cdot f_y \cdot d \cdot b}{\sqrt{f'_c}}$$

Panjang penjangkaran di bawah pertemuan kolom dengan pondasi L_1 yang tersedia adalah :

$$L_1 = h - p - (2 \cdot \phi_{\text{pondasi}}) - \phi_{\text{pasak}}$$

$$L_1 > L_d \text{ (Ok!)}$$

2.4 Pengelolaan Proyek

Pengelolaan proyek dibagi menjadi tiga bagian pekerjaan. Tiga bagian pekerjaan tersebut adalah RKS (Rencana Kerja dan Syarat-Syarat), RAB (Rencana Anggaran Biaya), dan Rencana Pelaksanaan yang terbagi atas *Network Planning*, *Barchart*, dan kurva S.

2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat

Rencana kerja dan syarat-syarat adalah segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh para kontraktor pada saat akan mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan nantinya.

2.4.2 RAB

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah pekerjaan bentuk bangunan yang memenuhi syarat, menentukan biaya dan menyusun tata cara pelaksanaan teknik dan administrasi. Tujuan RAB adalah untuk memberikan gambaran yang pasti mengenai bentuk konstruksi, besar biaya dan pelaksanaan atau penyelesaian.

2.4.3 Rencana Pelaksanaan

1. NWP (*Network Planning*)

Dalam menyelesaikan pekerjaan konstruksi dibutuhkan suatu perencanaan waktu yang akan diperlukan untuk menyelesaikan tiap bagian pekerjaan yang akan dilaksanakan. NWP adalah suatu alat pengendalian pekerjaan di lapangan yang ditandai dengan simbol tertentu berupa urutan kegiatan dalam suatu proyek yang berfungsi untuk memperlancar pekerjaan.

2. *Barchart*

Menguraikan tentang uraian setiap pekerjaan mulai dari tahap awal sampai berakhirnya pekerjaan. bobot pekerjaan dan waktu pelaksanaan pekerjaan.

3. Kurva “S”

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