

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Uraian Umum

Pada saat merencanakan suatu bangunan, hal yang sangat penting dan harus diperhatikan yaitu konstruksi dan struktur dari bangunan tersebut. Konstruksi suatu bangunan adalah suatu kesatuan dari rangkaian dari beberapa elemen yang direncanakan agar mampu menerima beban dari luar maupun berat sendiri tanpa mengalami perubahan bentuk yang melampaui batas persyaratan.

Pada perencanaan suatu konstruksi bangunan gedung diperlukan beberapa landasan teori berupa analisa struktur, ilmu tentang kekuatan bahan serta hal lain yang berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia. Perencanaan dari konstruksi bangunan juga harus memenuhi berbagai syarat konstruksi yang telah ditentukan yaitu kuat, kaku, bentuk yang serasi dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang ekonomis tapi tidak mengurangi mutu bangunan tersebut, sehingga dapat digunakan sesuai dengan fungsi utama yang diinginkan oleh perencana.

Cara atau metode konstruksi tidak terlepas dari penggunaan teknologi sebagai pendukung dan mempercepat proses pembuatan suatu bangunan, agar kegiatan pembangunan dapat berjalan sebagai mana mestinya sesuai dengan yang diharapkan dan lebih ekonomis dalam biaya pemakaian bahan.

2.2 Tahapan Perencanaan (*Design*) Konstruksi

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

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

Pada tahap ini ahli struktur harus mampu membantu arsitek memilih komponen-komponen struktur penting, baik dimensi maupun posisinya.

2. Tahap Perencanaan

Meliputi :

a. Perencanaan bentuk arsitektur bangunan

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

b. Perencanaan struktur (konstruksi) bangunan

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

Struktur adalah suatu kesatuan dan rangkaian dari beberapa elemen yang direncanakan agar mampu menerima beban luar maupun berat sendiri tanpa mengalami batas persyaratan. Ada dua struktur pendukung bangunan, yaitu :

1. Struktur bangunan atas (*Upper Structure*)

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

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

Dari kriteria-kriteria tersebut, maka sebagai komposisi struktur utama dari bangunan *Showroom* Chevrolet Palembang ini menggunakan struktur beton bertulang.

Adapun perhitungan perencanaan untuk struktur atas bangunan tersebut adalah :

- Perhitungan atap
- Perhitungan pelat
- 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 di bawahnya. Perhitungan perencanaan struktur bagian bawah (*Sub Structure*) ini meliputi:

- a. Perhitungan sloof
- b. Perhitungan pondasi

2.3 Dasar-dasar Perencanaan

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

- a. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung, (SKBI-1.3.53.1987). Oleh Departemen Pekerjaan Umum.
- b. Tata cara perhitungan struktur beton bertulang gedung, (SNI 03-2847-2002). Oleh Badan Standardisasi Nasional.

Untuk menyelesaikan perhitungan struktur gedung dalam pembahasan ini penulis menggunakan beberapa cara yaitu antara lain :

- Untuk perhitungan pelat menggunakan cara koefisien momen.
- Untuk perhitungan portal akibat beban mati dan beban hidup menggunakan SAP 2000 14.
- Untuk perhitungan tangga menggunakan metode *cross*.
- Untuk perhitungan penulangan beton (kolom, balok, sloof, pelat dan tangga) menggunakan metode LRFD.
- Untuk perhitungan pondasi menggunakan prinsip-prinsip mekanika tanah.

2.4 Perencanaan Struktur

2.4.1 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 pelat dua arah yaitu dalam segala hal tebal minimum pelat tidak boleh kurang dari harga berikut :
 - 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 dibawahnya 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 40 dari 278.
- 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, ataupun 500 mm.
- 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.
 - Pada balok, tulangan yang lebih besar dari D-36 tidak boleh dibundel.
 - 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)

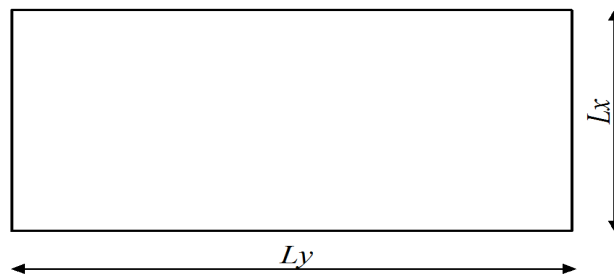
Tabel 2.2 Tebal selimut beton minimum untuk beton bertulang

| | 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, 41)

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).

$$W_u = 1,2 W_D + 1,6 W_L \dots\dots\dots(2.1)$$

W_D = Jumlah beban mati (kg/m)

W_L = Jumlah beban hidup (kg/m)

- Menghitung momen rencana (M_u) baik dengan cara tabel atau analisis.
- Perkiraan tinggi efektif (d_{eff})

$$d_{eff} = h - p - \emptyset s - \frac{1}{2} D \quad (1 \text{ lapis})$$

$$d_{eff} = h - p - \emptyset s - \frac{1}{2} D - \text{jarak tulangan minimum} - \frac{1}{2} D \quad (2 \text{ Lapis})$$

- Menghitung K_{perlu}

$$k = \frac{M_u}{\emptyset b \cdot d_{eff}^2} \dots\dots\dots(2.2)$$

k = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

M_u = Momen terfaktor pada penampang (N/mm)

b = lebar penampang (mm)

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

ϕ = faktor kuat rencana (0,8)

f. Menentukan rasio penulangan (ρ) dari tabel. (*Istimawan : 462 dst.*)

g. Hitung A_s yang diperlukan

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{\text{eff}} \dots \dots \dots (2.3)$$

A_s = Luas tulangan (mm^2)

ρ = rasio penulangan

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

h. 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

(*Istimawan : 47*)

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

Berikut adalah langkah-langkah dalam perhitungan pelat dua arah :

a. Mendimensi balok

Tebal minimum tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya, harus memenuhi ketentuan dari tabel 2.3

Tabel 2.3 - Tebal Minimum dari Pelat Tanpa Balok Interior

| Tegangan Leleh f_y^a (Mpa) | Tanpa penebalan ^b | | | Dengan penebalan ^b | | |
|------------------------------------|------------------------------|---|----------------|-------------------------------|---|----------------|
| | Panel Luar | | Panel dalam | Panel Luar | | Panel dalam |
| | Tanpa balok pinggir | Dengan balok pinggir ^b | | Tanpa balok pinggir | Dengan balok pinggir ^b | |
| 300 | Ln/33 | Ln/36 | Ln/36 | Ln/36 | Ln/40 | Ln/40 |
| 400 | Ln/30 | Ln/33 | Ln/33 | Ln/33 | Ln/36 | Ln/36 |
| 500 | Ln/30 | Ln/33 | Ln/33 | Ln/33 | Ln/36 | Ln/36 |

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

b. Menentukan tebal pelat

1) Untuk $\alpha_m \leq 0,2$

Pelat tanpa penebalan, tebal pelat minimum 120 mm.

Pelat dengan penebalan, tebal pelat minimum 100 mm.

2) Untuk $0,2 < \alpha_m \leq 2,0$

Tebal pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} \dots\dots\dots(2.4)$$

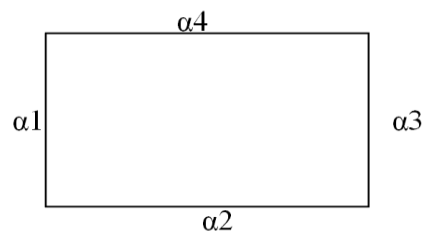
dan tidak boleh < 120 mm (SNI 03-2847-2002;66)

3) Untuk $\alpha_m > 2,0$

Tebal pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36\beta + 9\beta} \dots\dots\dots(2.5)$$

dan tidak boleh < 90 mm (SNI 03-2847-2002;66)

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

Gambar 2.2 Panel pelat yang ditinjau

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \frac{I_{x-x} \text{ balok}}{I_{x-x} \text{ pelat}}$$

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4} \dots\dots\dots(2.6)$$

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

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

d. Cek nilai h_{aktual} dari hasil nilai α_m yang telah didapat

$$h = \frac{\ln \left[0,8 + \frac{f_y}{1500} \right]}{36 + 5\beta(\alpha m - 0,2)} \dots\dots\dots(2.7)$$

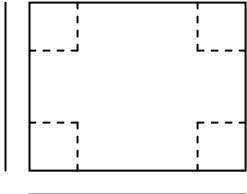
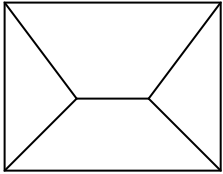
Nilai h boleh dipakai apabila lebih besar dari h_{aktual}. Apabila dalam perhitungan nilai h_{beton} lebih kecil, maka nilai tebal pelat yang dicoba direncanakan ulang (diperbesar) dan perhitungannya diulangi kembali.

- e. 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.


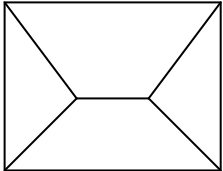
$$W_u = 1,2 DL + 1,6 LL \dots\dots\dots (2.8)$$

- f.. Mencari momen


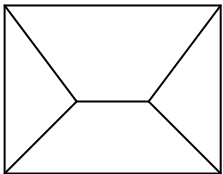
Mencari momen yang bekerja pada arah x dan y, dengan cara penyaluran “metode amplop” (Gideon Kusuma, 1996).

| | | |
|---|---|--|
|  |  | $M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$ |
|---|---|--|

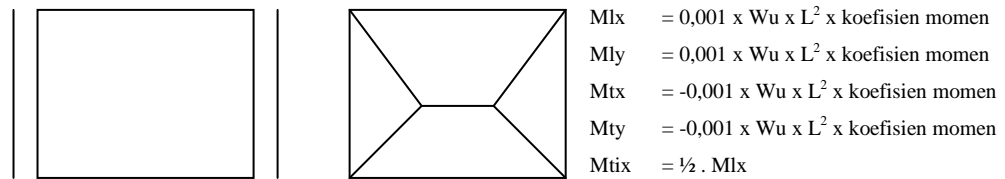
Gambar 2.3 Mencari momen arah x dan y cara 1

| | | |
|---|---|--|
|  |  | $M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ |
|---|---|--|

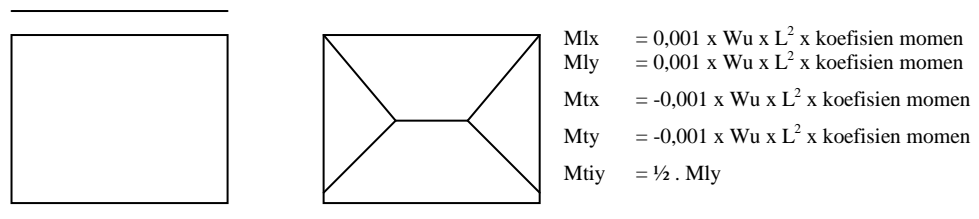
Gambar 2.4 Mencari momen arah x dan y cara 2

| | | |
|---|---|--|
|  |  | $M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$ |
|---|---|--|

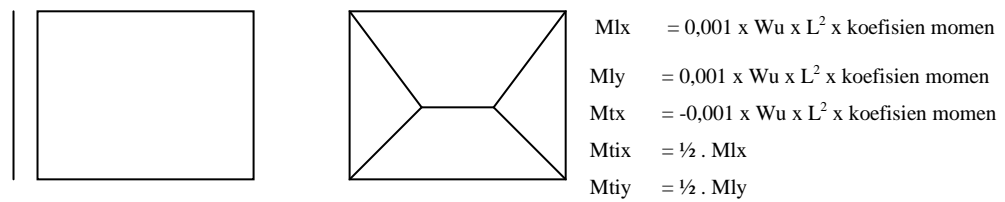
Gambar 2.5 Mencari momen arah x dan y cara 3



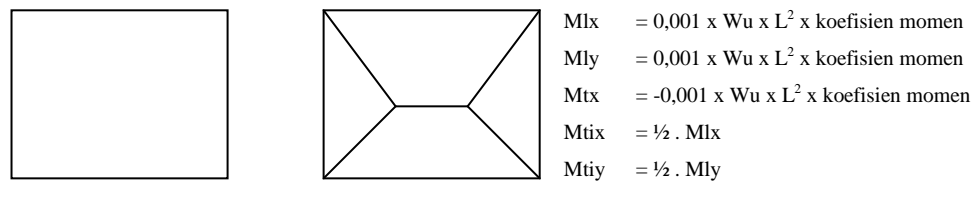
Gambar 2.6 Mencari momen arah x dan y cara 4



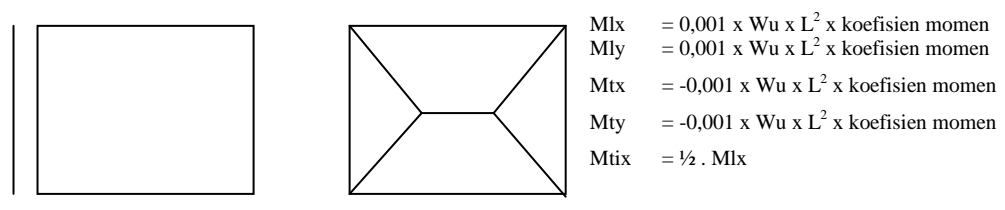
Gambar 2.7 Mencari momen arah x dan y cara 5



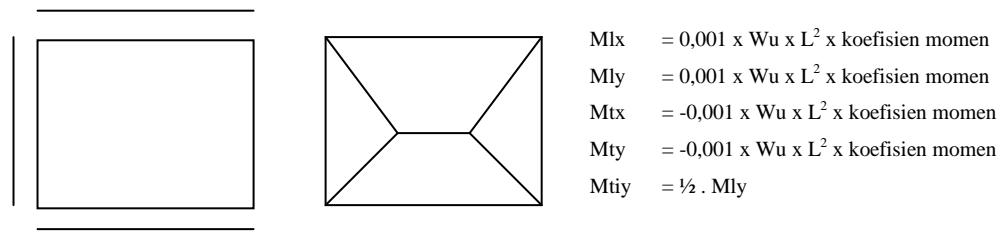
Gambar 2.8 Mencari momen arah x dan y cara 6



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

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

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

$$D_x = h - p - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan arah x} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$D_y = h - p - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan arah y} - \varnothing_x \dots\dots\dots (2.10)$$

h. Mencari nilai koefisien tahanan (k)

Faktor reduksi $\Theta = 0,80$

$$k = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \dots\dots\dots (2.11)$$

i. 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)

j. Mencari luas tulangan (A_s)

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.12)$$

k. Mencari jumlah tulangan (n)

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \pi \phi^2} \dots\dots\dots (2.13)$$

l. Mencari jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{1000mm}{n} \dots\dots\dots (2.14)$$

m. 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 $\rightarrow d_y = h - p - \emptyset_{\text{arah x}} - \emptyset_{\text{arah y}}$

2.4.2 Perencanaan 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

$$2 \text{ optrede} + 1 \text{ antrade} = 57 - 65 \text{ cm}$$

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) :

$$L = \ell n + a \text{ s/d } 2a \quad (\text{Drs.IK.Sapribadi. 1993. Ilmu Bangunan Gedung; 17})$$

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

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

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

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

c. Panjang tangga = jumlah optrede x lebar antrede

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

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

2. Penentuan pembebanan pada anak tangga

a. Beban mati

- Berat sendiri bordes
- Berat sendiri anak tangga

Berat 1 anak tangga (Q) per m²

$$Q = \left(\frac{AntredexOptrede}{2} \right) \left(\frac{jmlh.anak.tangga}{pjpg.btg.tangga} \right) \times 1 \text{ m} \times \gamma_{beton} \times \cos \alpha \dots (2.15)$$

- Berat spesi dan ubin

b. Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga yaitu 300 kg/cm² (PPIUG 1983;17)

c. Beban hidup

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

a. Kekakuan

$$K = \frac{4EI}{L} \dots \dots \dots (2.16)$$

b. Faktor distribusi

$$M = \frac{K}{\Sigma K} \dots \dots \dots (2.17)$$

c. Momen primer

$$M_{AB} = \frac{1}{12} \times W_u \times L^2 \dots \dots \dots (2.18)$$

(Metode Distribusi Momen/Metode Cross hal 5, Diktat Kuliah Mekanika Rekayasa Polstri)

4. Perhitungan tulangan tangga

- Perhitungan momen yang bekerja
- Penentuan tulangan yang diperlukan
- Menentukan jarak tulangan
- Kontrol tulangan

2.4.3 Perencanaan portal

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

a. 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

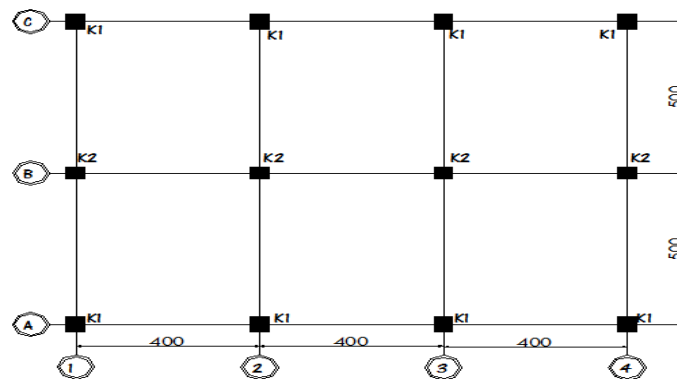
b. Perencanaan portal akibat beban hidup

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

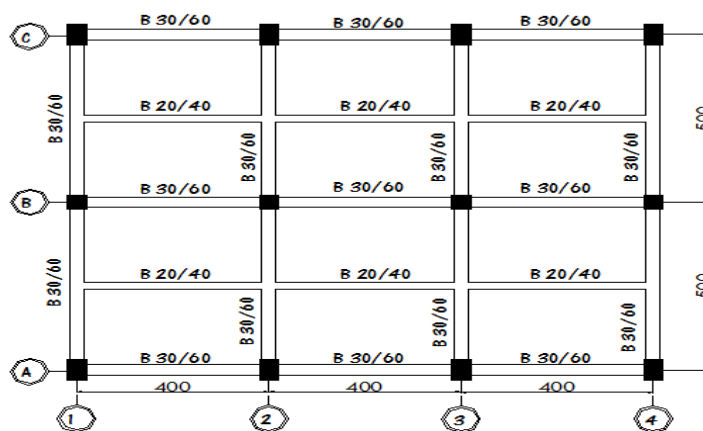
- Menentukan pembebanan pada portal
- Perhitungan akibat beban hidup = perhitungan akibat beban mati

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

Contoh :



Gambar 2.12 Denah kolom



Gambar 2.13 Denah pembalokan lantai 2 dan atap

Keterangan : $K1 = 40/60$ cm, $K2 = 40/40$ cm

Lt 2 = beban mati : 10 KN/m

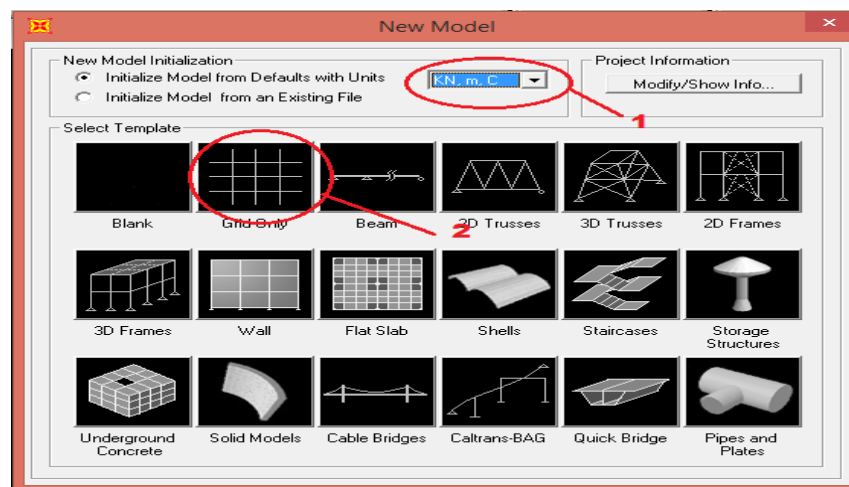
Beban hidup : 2,5 KN/m

Lt atap = beban mati : 13,5 KN/m

Beban hidup : 1 KN/m

▪ Langkah 1

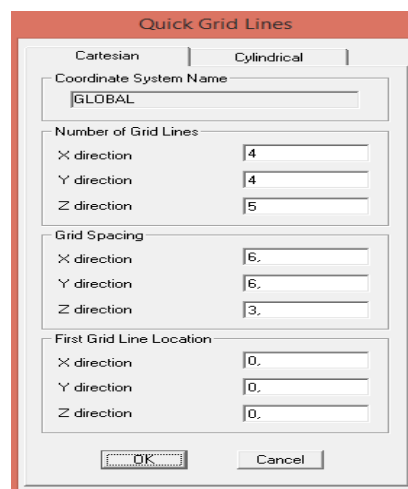
Klik *new model*, ubah satuan jadi KN.m.C / Kgf.cm.C kemudian pilih grid only



Gambar 2.14 Pemilihan *New model*

▪ Langkah 2

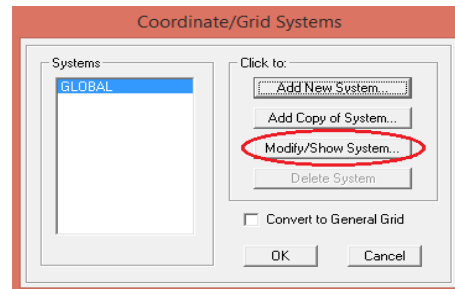
Kemudian muncul dialog : Lalu klik oke



Gambar 2.15 *Quick grid lines*

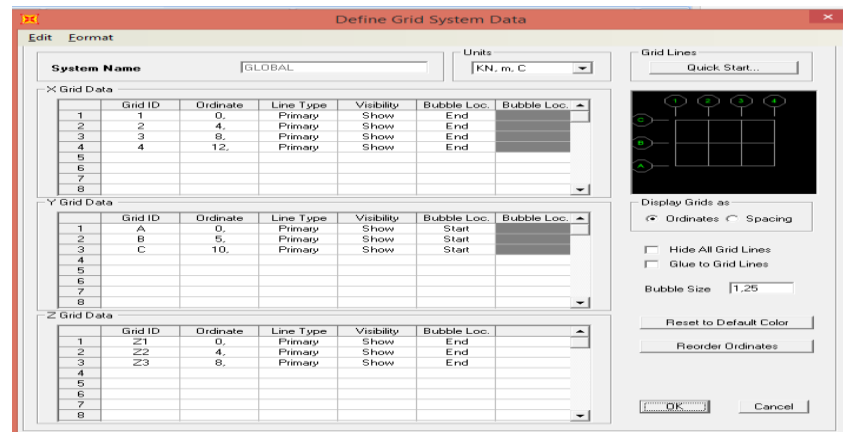
▪ Langkah 3

Klik kanan kemudian pilih edit grid data, muncul dialog kemudian pilih modify/show system



Gambar 2.16 Dialog *grid system*

Muncul dialog : isi ordinate pada grid, kemudian klik oke



Gambar 2.17 Memasukan data grid

Z : untuk jumlah tingkatan

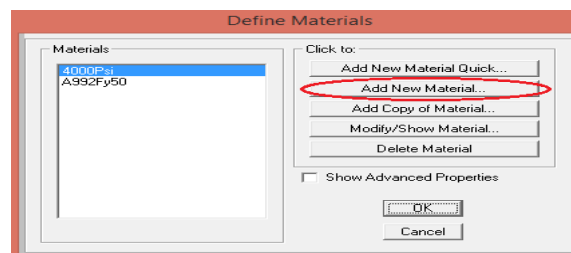
X : arah melintang

Y : arah memanjang

▪ Langkah 4

Menentukan material :

Klik define pilih materials, kemudian muncul box dialog. Pilih add new material



Gambar 2.18 *Define material*

Kemudian muncul dialog : tentukan untuk K250, klik oke

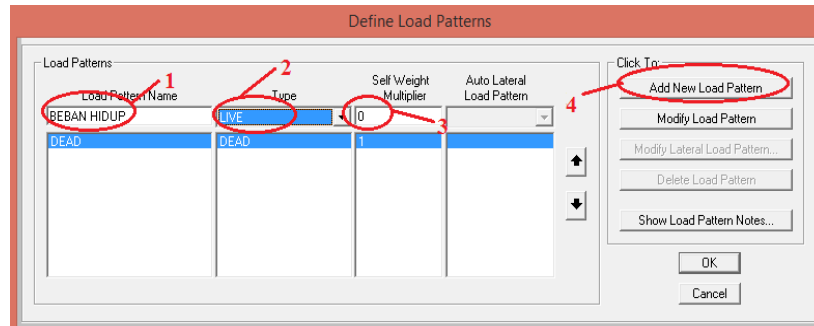
Gambar 2.19 Data-data yang harus dimasukkan untuk mutu beton
Kemudian klik add new material lgi Tentukan untuk pelat : Modulus of elastitictiy, E diabaikan

Gambar 2.20 Data-data yang harus dimasukkan untuk pelat
Kemudian klik oke :

Gambar 2.21 Klik oke setelah *define material* selesai

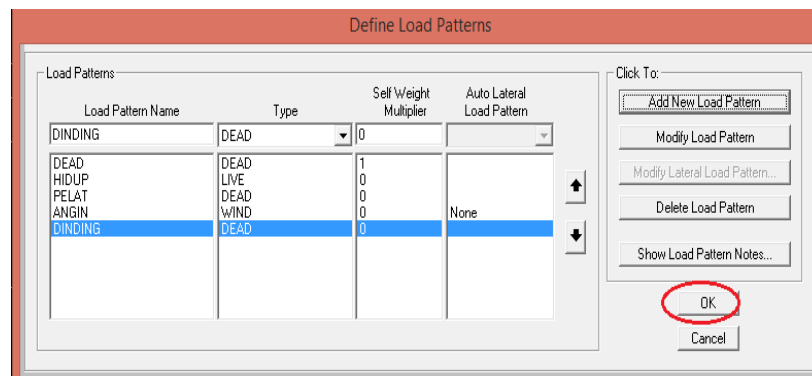
▪ Langkah 5

Klik define dan pilih load patterns, maka akan muncul dialog :



Gambar 2.22 Tahap pemasukan beban-beban

| <u>Load patterns name</u> | <u>Type</u> | <u>Self weight multiplier</u> |
|---------------------------|-------------|-------------------------------|
| Dead | Dead | 1 |
| Beban hidup | Live | 0 |
| Pelat | Dead | 0 |
| Angin | Wind | 0 |
| dinding | dead | 0 |



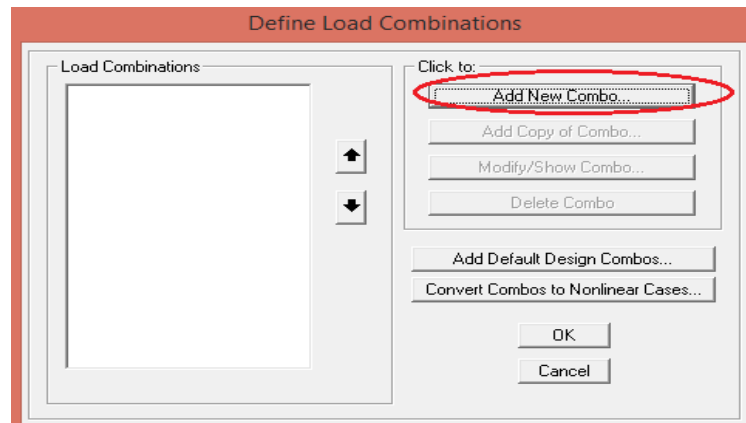
Gambar 2.23 Klik oke setelah *define load patterns* selesai

Setelah semua data dimasukkan kemudian Klik ok

▪ Langkah 6

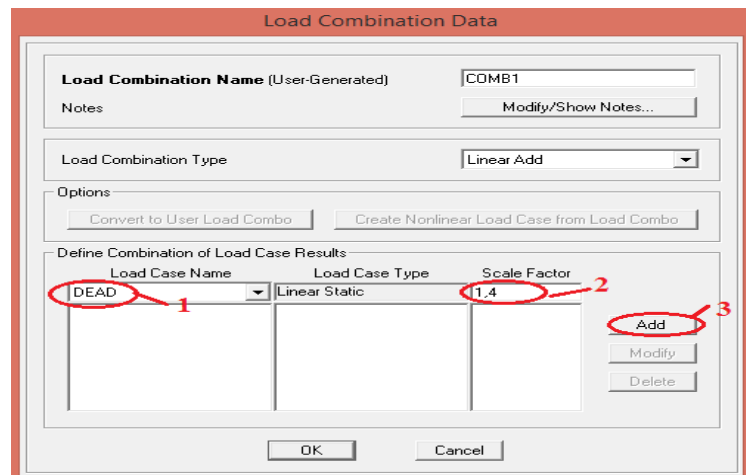
Menentukan kombinasi

Pilih difine klik load combination, maka muncul dialog : kemudian pilih add new combo.



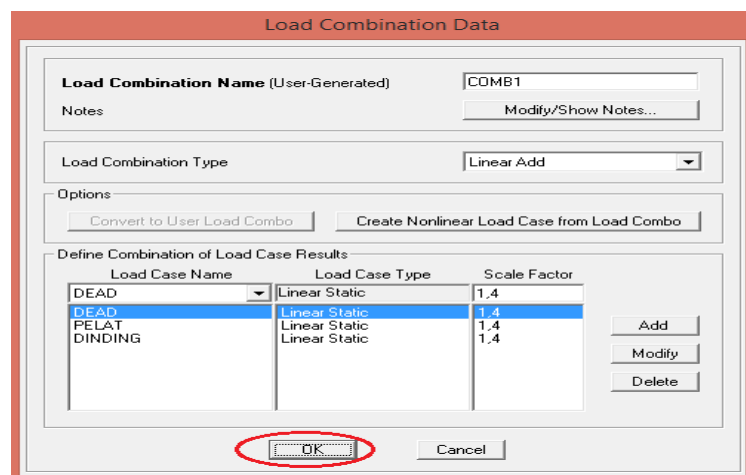
Gambar 2.24 Define load combinations

Maka akan muncul dialog : masukkan data untuk COMB 1



Gambar 2.25 Tahap pemasukan define load combinations

Setelah semua data untuk COMB 1 dimasukkan klik ok.



Gambar 2.26 Data untuk COMB 1

Setelah itu klik add new combo lagi untuk memasukan data COMB 2, lakukan cara yang sama seperti COMB 1 :

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated): COMB2

Notes: Modify/Show Notes...

Load Combination Type: Linear Add

Options: Convert to User Load Combo, Create Nonlinear Load Case from Load Combo

Define Combination of Load Case Results

| Load Case Name | Load Case Type | Scale Factor |
|----------------|----------------|--------------|
| DEAD | Linear Static | 1.2 |
| PELAT | Linear Static | 1.2 |
| HIDUP | Linear Static | 1.6 |
| DINDING | Linear Static | 1.2 |

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

Gambar 2.27 Data untuk COMB 2

Data COMB 3 :

Load Combination Data

Load Combination Name (User-Generated): COMB3

Notes: Modify/Show Notes...

Load Combination Type: Linear Add

Options: Convert to User Load Combo, Create Nonlinear Load Case from Load Combo

Define Combination of Load Case Results

| Load Case Name | Load Case Type | Scale Factor |
|----------------|----------------|--------------|
| DEAD | Linear Static | 0.9 |
| PELAT | Linear Static | 0.9 |
| ANGIN | Linear Static | 1.6 |
| DINDING | Linear Static | 0.9 |

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

Gambar 2.28 Data untuk COMB 3

Setelah semua data untuk COMB 1, 2 dan 3 selesai dimasukan klik oke pada dialog kotak awal :

Define Load Combinations

Load Combinations: COMB1, COMB2, COMB3

Click to:

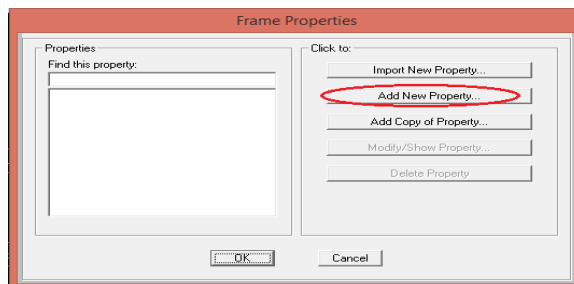
Buttons: Add New Combo..., Add Copy of Combo..., Modify/Show Combo..., Delete Combo, Add Default Design Combos..., Convert Combos to Nonlinear Cases..., OK, Cancel

Gambar 2.29 Klik oke setelah data kombinasi beban selesai

▪ Langkah 7

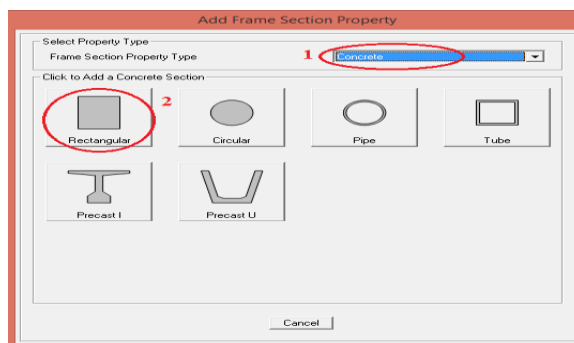
Menentukan penampang portal

Pilih menu define → section properties → frame sections.... maka akan ditampilkan dialog box “*frame section*” :



Gambar 2.30 *Frame properties*

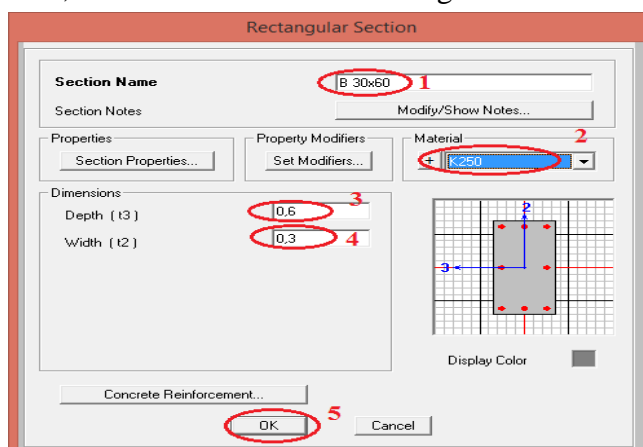
Pilih add new property dan muncul dialog : pilih type properties “concrete” dan “*rectangular*”



Gambar 2.31 Pemilihan tipe *properties* untuk *concrete*

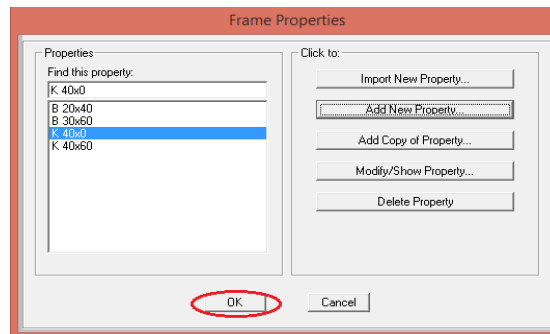
Kemudian akan muncul lagi dialog “*rectangular section*” .

Misal untuk balok dengan ukuran 30/60, lakukan step sesuai gambar, kemudian klik oke, maka akan kembali ke dialog awal.



Gambar 2.32 Tahapan pengisian data *rectangular section*

Lakukan hal yang sama seperti balok 30x60 untuk balok yg lain dan kolom serta sloof. Setelah semua penampang portal selesai. Maka klik oke pada dialog “Frame properties”

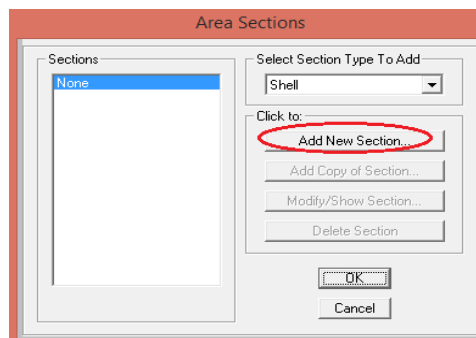


Gambar 2.33 Klik oke setelah data *frame properties* selesai

▪ Langkah 8

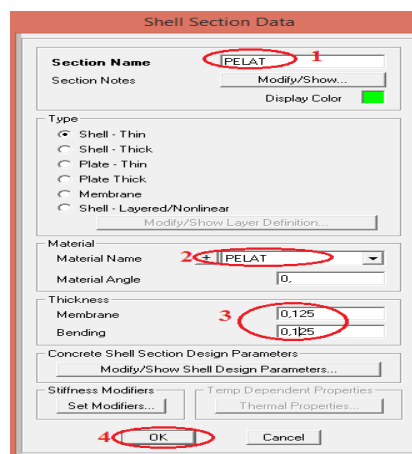
Menentukan penampang untuk Pelat

Klik Define → Sections properties → area sections... maka akan muncul dialog “area sections”. Pilih add new section.



Gambar 2.34 Area section

Maka muncul dialog “shell section data”



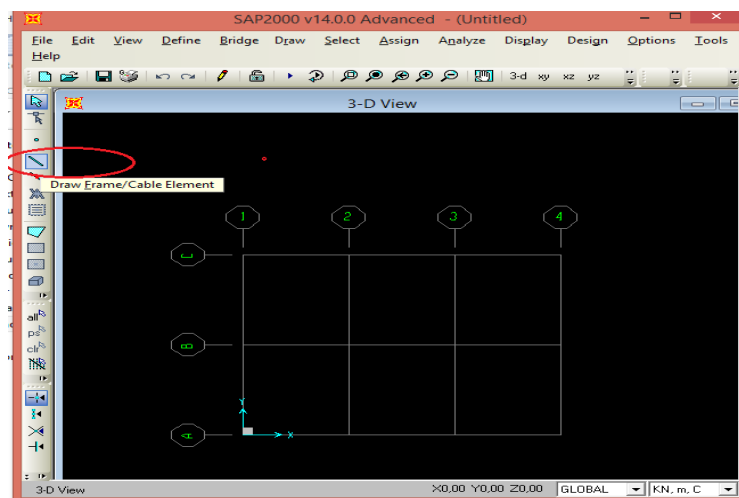
Gambar 2.35 Shell section data

1. Buat section name >> PELAT
2. Pada kolom material name pilih >> PELAT
3. Untuk Thickness : membrane dan bending >> adalah tebal pelat
4. Klik oke

Maka muncul dialog box awal “area section” lalu klik oke

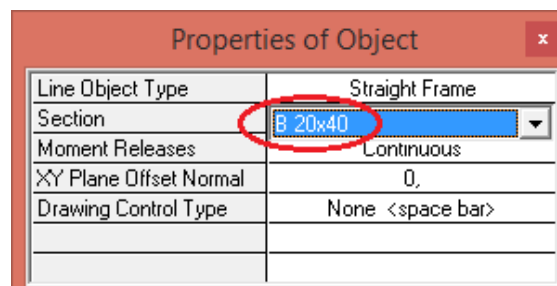
▪ Langkah 9

Masukan batang balok dan kolom pada grid yang telah ditentukan. Klik draw frame



Gambar 2.36 Cara memasukan batang balok dan kolom pada grid

Maka akan muncul :

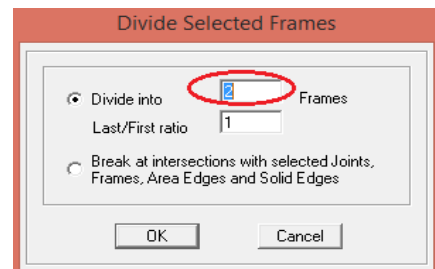


Gambar 2.37 *Properties of object*

Pilih section yang akan dimasukan pada grid

▪ Langkah 10

Untuk membuat balok anak, pilih bentang yang akan dibuat balok anak, kemudian pilih edit → edit lines → divide frames... maka muncul dialog box “divide selected frames”. Tentukan divided into last : 2 atau 3 dll. Klik oke.

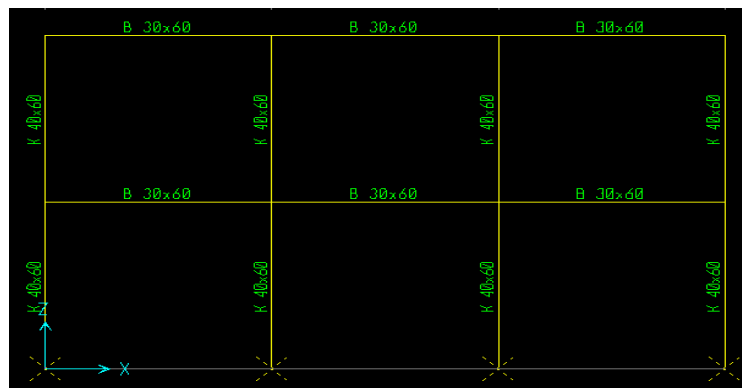


Gambar 2.38 *Divide selected frames*

▪ Langkah 11

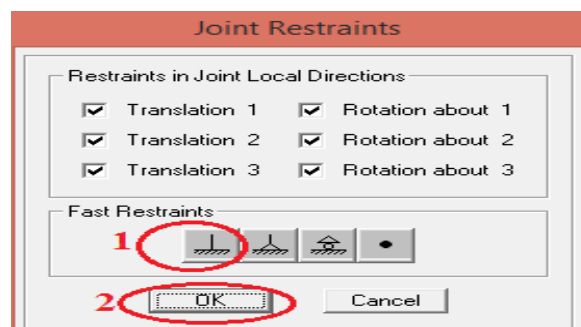
Menentukan perletakan pada portal :

Klik titik pada kaki kolom yang akan dibuat perletakan,



Gambar 2.39 Titik pada kaki kolom untuk perletakan

Pilih *Assign* → *joint* → *restraints* maka muncul dialog “*Joint Restraints*”



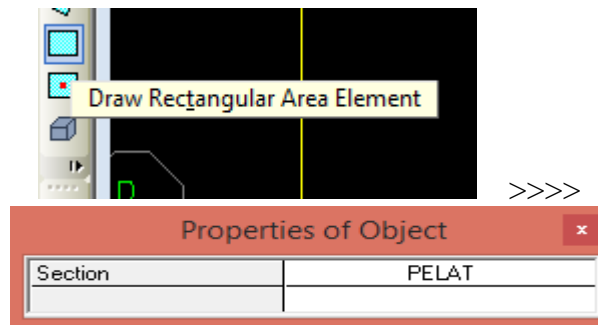
Gambar 2.40 *Joint restraints*

Pilih fast Restraints yang jepit, dan klik oke

▪ Langkah 12

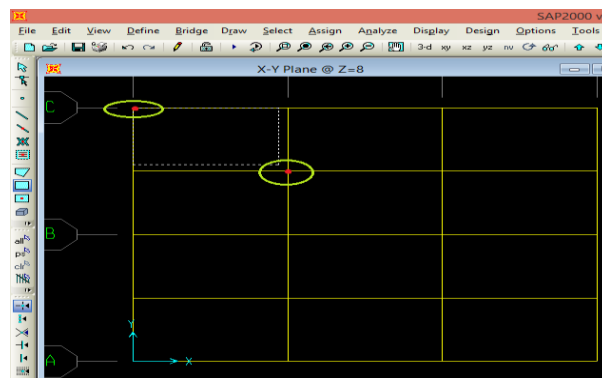
Memasukan pembebanan pada pelat

Pilih *draw rectangular area element* dan akan muncul dialog “*Properties of object*”



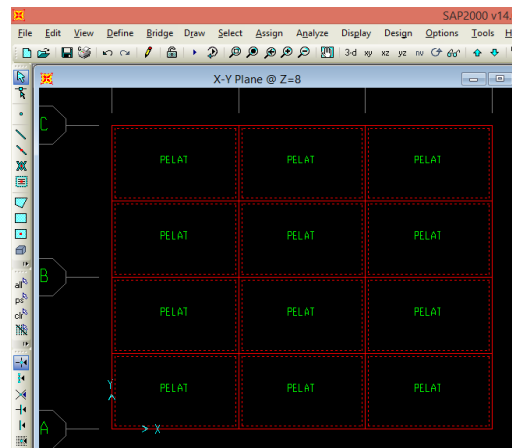
Gambar 2.41 *Properties of object pelat*

Klik pada setia sudut pelat ke pelat :



Gambar 2.42 Posisi sudut pelat

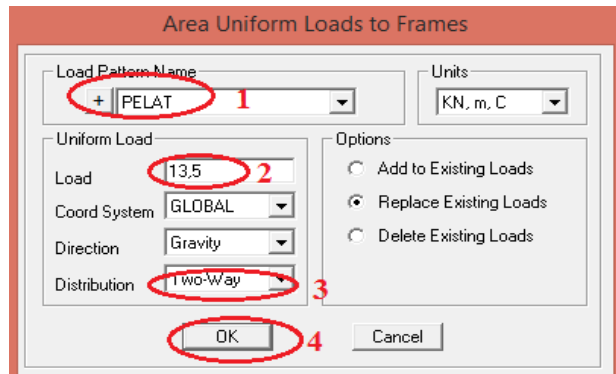
Lalu klik pada tengah tengah pelat,



Gambar 2.43 Pelat yang sudah diklik tengah

setelah itu ,Pilih assign → Area load → uniform to frame maka muncul dialog “area uniform loads to frames”.

Untuk load : adalah beban



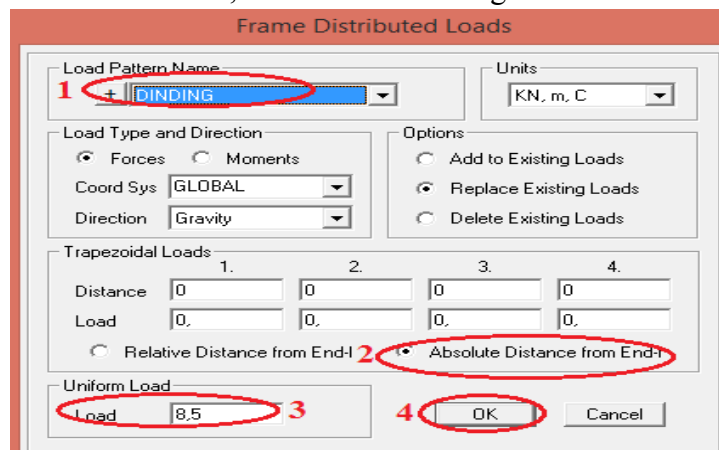
Gambar 2.44 Area uniform load to frames

Klik oke. Lakukan hal yang sama untuk memasukan beban mati pada pelat.

▪ Langkah 13

Memasukan beban pada dinding :

Klik batang yang akan dimasukan pembebanan dinding, pilih assign → Frame loads → distributed, maka muncul dialog “frame distributed loads”

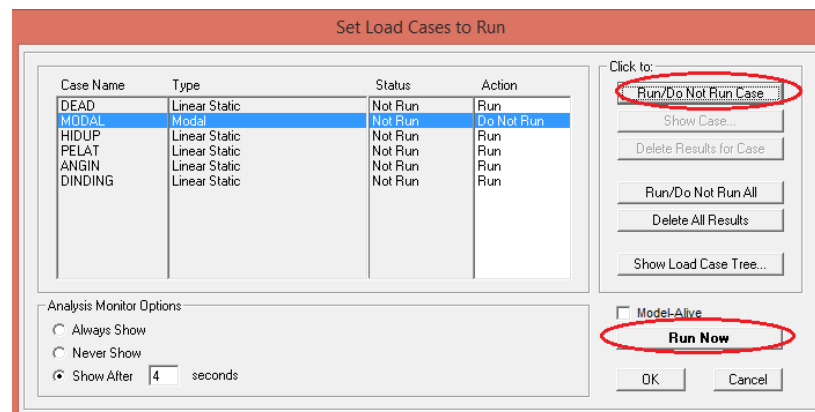


Gambar 2.45 Tahap pemasukan pembebanan merata

▪ Langkah 14

Analisis model

Setelah semua selesai, untuk mengetahui gaya normal, lintang dan momen pada portal maka : pilih Analyze → Run Analisis, maka akan muncul dialog box “Set load cases to run”.



Gambar 2.46 Set load cases to run

Untuk modal diklik dan di do not run case, kemudian *RUN NOW*.

2.4.4 Perencanaan balok

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

Beberapa jenis balok beton bertulang berdasarkan perencanaan lentur dan berdasarkan tumpuannya.

A. Berdasarkan perencanaan lentur jenis balok dibedakan sebagai berikut :

1. Balok persegi dengan tulangan tunggal

Balok persegi dengan tulangan tunggal merupakan balok yang hanya mempunyai tulangan tarik saja dan dapat mengalami keruntuhan akibat lentur.

2. Balok persegi dengan tulangan rangkap

Apabila besar penampang suatu balok dibatasi, mungkin dapat terjadi keadaan dimana kekuatan tekan beton tidak dapat memikul tekanan yang timbul akibat bekerjanya.

3. Balok “ T ”

4. Balok “ T “ merupakan balok yang berbentuk huruf T dan bukan berbentuk persegi, sebagian dari pelat akan bekerja sama dengan bagian atas balok untuk memikul tekan.

B. Berdasarkan Tumpuannya, balok dibagi menjadi 2 antara lain:

1. Balok induk

Balok Induk adalah balok yang bertumpu pada kolom. Balok ini berguna untuk memperkecil tebal pelat dan mengurangi besarnya lendutan yang terjadi. Balok anak direncanakan berdasarkan gaya maksimum yang bekerja pada balok yang berdimensi sama.

Untuk merencanakan balok induk perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- 1) Menentukan mutu beton yang akan digunakan
- 2) Menghitung pembebanan yang terjadi, seperti :
 - a. Beban mati
 - b. Beban hidup
 - c. Beban balok
- 3) Menghitung beban ultimate
 - a. Gaya lintang desain balok maksimum, (Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo halaman 40) :

$$U = 1,2D + 1,6L \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan : U = gaya geser terfaktor pada penampang
 D = beban mati terfaktor per unit luas
 L = beban hidup terfaktor per unit luas
 - b. Momen desain balok maksimum, (Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo halaman 40) :

$$Mu = 1,2 M_{DL} + 1,6 M_{LL} \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan : Mu = momen terfaktor pada penampang
 M_{DL} = momen akibat beban mati
 M_{LL} = momen akibat beban mati
- 4) Penulangan lentur lapangan dan tumpuan
 - a. Penulangan lentur lapangan:
 - Tentukan $d_{eff} = h - p - \emptyset$ sengkang - $\frac{1}{2} \emptyset$ tulangan utama
 - $K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \rightarrow$ didapat nilai ρ dari tabel $\dots\dots\dots (2.21)$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.22)$$

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

b. Penulangan lentur pada tumpuan

$$- K = \frac{Mu}{\phi \cdot b_{eff} \cdot d^2} \rightarrow \text{didapat nilai } \rho \text{ dari tabel} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$- A_s = \rho \cdot b_{eff} \cdot d \dots\dots\dots (2.24)$$

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

Keterangan :

A_s = Luas tulangan tarik non prategang

ρ = rasio penulangan tarik non prategang

b_{eff} = lebar efektif balok

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

5) Tulangan geser rencana

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_w \times d \dots\dots\dots (2.25)$$

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo;113) :

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo;114) :

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

(Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo;122).

$$- S_{perlu} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \dots\dots\dots (2.26)$$

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = gaya geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = luas penampang tulangan geser total pada daerah sejarak s , $2 A_s$

dimana A_s = luas penampang batang tulangan sengkang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

2. Balok anak

Balok anak adalah balok yang bertumpu pada balok induk atau tidak bertumpu langsung pada kolom. Untuk merencanakan balok anak yaitu :

a. Menentukan mutu beton dan baja yang digunakan

b. Menghitung pembebanan yang terjadi, seperti :

- Beban Hidup
- Beban Mati
- Beban Sendiri Balok
- Sumbangan Pelat

c. Menghitung beban *ultimate*

$$W_u = 1,2 W_d + 1,6 W_l$$

d. Menghitung momen dan gaya geser

e. Menghitung momen lentur maksimum dengan cara :

- Menentukan momen maksimum
- Menentukan d efektif = $h - p - \emptyset$.sengkang - $\frac{1}{2}\emptyset$ tulangan utama
- Menentukan momen $K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$
- Menentukan ρ

f. Perencanaan tulangan geser

2.4.5 Perencanaan kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok dan meneruskannya ke konstruksi pondasi. Adapun urutan-urutan dalam menganalisis kolom :

1. Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris berdasarkan kombinasi Pu dan Mu. Untuk satu batang kolom dan dua kombinasi pembebanan yaitu pada ujung atas dan ujung bawah pada setiap *freebody*, masing-masing dihitung tulangnya dan diambil yang terbesar.
2. Beban desain kolom maksimum (Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo;40) :

$$U = 1,2D + 1,6L \dots\dots\dots (2.27)$$

3. Momen desain kolom maksimum untuk ujung atas dan ujung bawah (Struktur Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo;40) :

$$Mu = 1,2 M_{DL} + 1,6 M_{LL} \dots\dots\dots (2.28)$$

4. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi (Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma;186) :

$$\beta.d = \frac{1,2.D}{(1,2.D + 1,6L)} \dots\dots\dots (2.29)$$

5. Modulus Elastisitas

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'} \dots\dots\dots(2.30)$$

f_c' = kuat tekan beton

6. Nilai kekakuan kolom dan balok (Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, W.C. Vis dan Gideon Kusuma;186)

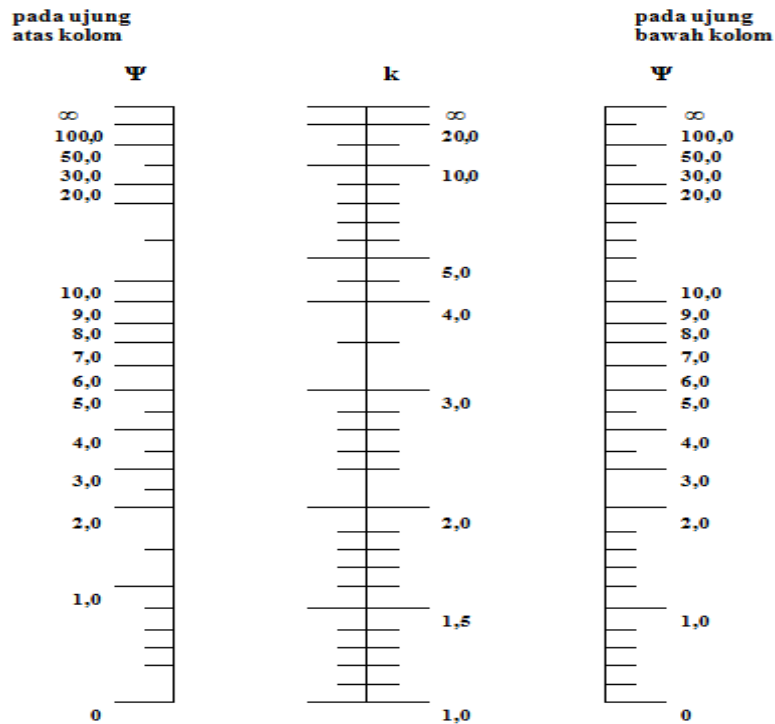
$$I_k = 1/12 b h^3$$

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

$$E.I_k = \frac{E_c.I_g}{2,5(1 + \beta.d)} \rightarrow \text{untuk kolom} \dots\dots\dots (2.31)$$

$$E.I_b = \frac{E_c.I_g}{5(1 + \beta.d)} \rightarrow \text{untuk balok} \dots\dots\dots (2.32)$$

7. Faktor panjang efektif kolom



Gambar 2.47 Diagram nomogram untuk menentukan tekuk dari kolom

8. Nilai eksentrisitas (Istimawan Dipohusodo; 302) :

$$e = \frac{M_U}{P_U} \dots\dots\dots (2.33)$$

9. Menentukan Psi a dan Psi b (W.C Vis dan Gideon Kusum; 188) :

$$\varphi = \frac{\left(\frac{E.I_K}{I.I_K} \right)}{\left(\frac{E.I_b}{E.I_b} \right)} \dots\dots\dots (2.34)$$

10. Angka kelangsingan kolom (Istimawan Dipohusodo; 331) :

Kolom langsing dengan ketentuan :

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

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

Menurut SNI 03–2847-2002, 78 ayat 12.10.1 butir 5 :

- untuk semua komponen struktur tekan dengan $\frac{Klu}{r} > 100$ harus digunakan analisa pada Tata cara perhitungan struktur beton bertulang gedung
- apabila $\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_{1-b}}{M_{2-b}} \right)$ atau $\frac{Klu}{r} > 22$ maka perencanaan harus menggunakan metode pembesaran momen.

11. Perbesaran momen (Istimawan Dipohusodo; 335 dan 336) :

$$M_c = \delta_b \times M_{2b} + \delta_s \times M_{2s} \dots\dots\dots (2.35)$$

$$\delta_b = \frac{Cm}{1 - \frac{Pu}{\phi P_c}} \geq 1,0 \dots\dots\dots (2.36)$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu}{\phi \sum P_c}} \geq 1,0 \dots\dots\dots (2.37)$$

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

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

12. Desain penulangan (Istimawan Dipohusodo; 325) :

Hitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 2% luas kolom

$$\rho = \rho' = \frac{As}{bxd} \quad \rightarrow As = As' \dots\dots\dots (2.38)$$

13. Tentukan tulangan yang dipakai

$$\rho = \rho' = \frac{As_{pakai}}{bxd} \dots\dots\dots (2.39)$$

14. Memeriksa Pu terhadap beban seimbang

$$d = h - d'$$

$$Cb = \frac{600d}{600 + fy} \dots\dots\dots (2.40)$$

$$a_b = \beta_1 \times Cb \dots\dots\dots (2.41)$$

$$f_s' = \left(\frac{Cb - d}{Cb} \right) \times 0,003 \dots \dots \dots (2.42)$$

$$f_s' = f_y$$

$$\phi P_n = \phi (0,85 \times f_c' \times a_b \times b + A_s' \times f_s' - A_s \times f_y)$$

(Istimawan Dipohusodo; 324)

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

$\phi P_n < P_u \rightarrow$ beton hancur pada daerah tarik

15. Memeriksa kekuatan penampang

a. Akibat keruntuhan tarik

$$P_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot \left[\left(\frac{h}{2} - e \right) + \sqrt{\left(\frac{h}{2} - e \right)^2 + \frac{2 \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d - d')}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}} \right] \dots \dots \dots (2.43)$$

b. Akibat keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\left(\frac{e}{d - d'} \right) + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\left(\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} \right) + 1,18} \dots \dots \dots (2.44)$$

Keterangan :

ρ = rasio penulangan tarik non-prategang

ρ' = rasio penulangan tekan non-prategang

A_s = luas tulangan tarik non-prategang yang dipakai

A_s' = luas tulangan tekan non-prategang yang dipakai

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

d' = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan

b = lebar daerah tekan komponen struktur

h = diameter penampang

f_c = mutu beton

f_y = mutu baja

e = eksentrisitas

2.4.6 Perencanaan sloof

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

1. Penentuan dimensi sloof
2. Penentuan pembebanan pada sloof
 - a. Berat sloof
 - b. Berat dinding
 - c. Berat plesteran
3. Perhitungan momen (menggunakan program SAP 2000 V14)
4. Penulangan
5. Cek penulangan

$V_u < V_c$, tidak perlu tulangan geser

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

2.4.7 Perencanaan 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.

Pemilihan bentuk pondasi yang didasarkan pada daya dukung tanah, perlu diperhatikan beberapa hal sebagai berikut :

1. Bila tanah keras terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter di bawah permukaan tanah, maka pondasi yang dipilih sebaiknya jenis pondasi dangkal (pondasi jalur atau pondasi tapak).
2. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 10 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang *minipile* dan pondasi sumuran atau *borpile*.
3. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 20 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang pancang.

Adapun urutan-urutan dalam menganalisis pondasi (Sardjono HS; 55; 61; 65) :

1. Menentukan beban-beban yang bekerja pada pondasi
2. Menentukan diameter tiang yang digunakan
3. Menentukan jarak tiang yang digunakan
4. Menentukan efisiensi kelompok tiang (Persamaan dari *Uniform Building Code*)

$$Eff. \eta = 1 - \frac{\theta}{90} \left\{ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{m.n} \right\} \dots\dots\dots (2.45)$$

5. Menentukan daya dukung ijin 1 tiang pancang

$$Q_{tiang} = \frac{A_{tiang} \cdot xP}{3} + \frac{Oxc}{5} \dots\dots\dots (2.46)$$

6. Menentukan kemampuan tiang terhadap sumbu X dan sumbu Y

$$P_{max} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{max}}{n_y \cdot \sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{max}}{n_x \cdot \sum Y^2} \dots\dots\dots (2.47)$$

Pondasi merupakan bagian dari struktur bangunan yang terletak di bawah bangunan yang berfungsi memikul beban dari struktur bangunan yang ada di atasnya 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

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan jenis pondasi :

1. Keadaan tanah pondasi
2. Jenis konstruksi bangunan
3. Kondisi bangunan di sekitar lokasi
4. Waktu dan biaya pekerjaan

Berdasarkan letak lapisan tanah keras, 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 (*Continuous 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.

Dalam laporan akhir ini, pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang. Langkah-langkah untuk menghitung pondasi tiang pancang yaitu sebagai berikut :

1. Menentukan daya dukung ijin tiang pancang

$$P = \frac{Nk.A}{3} + \frac{JHP.keliling}{5} \dots\dots\dots(2.48)$$

2. Menentukan beban-beban yang bekerja pada pondasi
3. Perhitungan tiang pancang
4. Pola pengangkatan tiang pancang
5. Penulangan tiang pancang
6. Penulangan geser tiang pancang
7. Perhitungan *poer*

2.5 Pengelolaan Proyek

2.5.1 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.

2.5.2 Volume pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada, dan dihitung dalam setiap jenis pekerjaan. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek.

2.5.3 Analisa harga satuan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Guna dari harga satuan ini agar kita dapat mengetahui harga-hara satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari hasil perkalian dengan volume pekerjaan. Analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

2.5.4 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 di masing-masing daerah disebabkan karena perbedaan harga bahan upah tenaga kerja. Tujuan dari pembuatan RAB itu sendiri adalah untuk memberikan gambaran yang pasti tentang besarnya biaya.

2.5.5 Network planning (NWP)

Dalam menyelesaikan pekerjaan konstruksi dibutuhkan suatu perencanaan waktu yang akan diperlukan untuk menyelesaikan tiap pekerjaan yang akan dilaksanakan. NWP adalah suatu cara pengendalian pekerjaan lapangan yang ditandai dengan simbol tertentu berupa urutan kegiatan dalam suatu proyek yang berfungsi untuk memperlancar pekerjaan. Proyek konstruksi membutuhkan perencanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek. Tujuannya adalah menyalurkan antara biaya proyek yang optimal mutu pekerjaan yang baik/berkualitas, dan waktu pelaksanaan yang tepat. Karena ketiganya adalah 3 elemen yang saling mempengaruhi yaitu biaya, mutu dan waktu.

Ilustrasi dari 3 *circles* diagram diatas adalah Jika biaya proyek berkurang (atau dikurangi) sementara waktu pelaksanaan direncanakan tetap, maka secara otomatis anggaran belanja material akan dikurangi dan mutu pekerjaan akan berkurang → secara umum proyek rugi. Jika waktu pelaksanaan mundur/terlambat, sementara tidak ada rencana penambahan anggaran, maka mutu pekerjaan juga akan berkurang → secara umum proyek rugi. Jika mutu ingin dijaga, sementara waktu pelaksanaan mundur/terlambat, maka akan terjadi peningkatan anggaran belanja → secara umum proyek juga rugi.

Inti dari 3 komponen proyek konstruksi tersebut adalah bagaimana menjadwalkan dan mengendalikan pelaksanaan proyek agar berjalan sesuai dengan *schedule* yang telah ditetapkan, selesai tepat pada waktunya, sehingga tidak terjadi pengurangan mutu pekerjaan atau penambahan anggaran belanja.

2.5.6 Barchart dan kurva S

Barchart menguraikan tentang uraian setiap pekerjaan mulai dari tahap awal sampai berakhirnya pekerjaan, bobot pekerjaan dan pelaksanaan pekerjaan. Sedangkan kurva “S” adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progres pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva “S” dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dari awal sampai berakhirnya pekerjaan. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapatkan dari perbandingan harga pekerjaan dan harga total keseluruhan dari jumlah penawaran.