

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Uraian Umum

Perencanaan merupakan tahapan yang terpenting dari pembangunan suatu gedung atau bangunan yang lainnya. Perencanaan dapat didefinisikan sebagai sebuah langkah untuk menyusun, mengatur, atau mengorganisasikan suatu hal atau topic sehingga menghasilkan output (hasil) yang sesuai dengan rencana. Perencanaan dari suatu konstruksi bangunan harus memenuhi berbagai syarat konstruksi yang telah ditentukan yaitu kuat (kokoh), bentuk yang serasi dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang ekonomis tetapi tidak mengurangi mutu dari konstruksi tersebut, sehingga dapat digunakan sesuai dengan fungsi yang diinginkan. Adapun tingkat perencanaan adalah sebagai berikut :

- Pra Rencana (Preliminary Design)
Terdiri dari gambar-gambar yang merupakan outline dari bagan dan perkiraan biaya bangunan.
- Rencana
Tahap rencana terdiri dari gambar perencanaan bentuk arsitek bangunan dan perencanaan konstruksi bangunan.

Dalam penyelesaian perhitungan untuk perencanaan gedung kantor cabang PT. ASSA (Adi Sarana Armada) Palembang, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang dibuat badan standarisasi yang berlaku di Indonesia dan berbagai jenis buku, diantaranya :

1. Tata cara perhitungan Struktur beton untuk bangunan gedung (SNI 03-2847-2002).

Pedoman ini digunakan sebagai acuan bagi perencanaan dan pelaksana dalam melakukan pekerjaan perencanaan dan pelaksanaan struktur beton dengan ketentuan minimum untuk hasil struktur yang aman dan ekonomis. Pedoman ini memuat persyaratan-persyaratan umum serta ketentuan-ketentuan teknis perencanaan dan pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung.

2. Tata cara perhitungan struktur baja untuk bangunan gedung (SNI 03-1729-2002)
Pedoman ini memuat mengenai persyaratan-persyaratan umum serta ketentuan-ketentuan teknis perencanaan dan pelaksanaan struktur baja untuk bangunan.
3. Tata cara perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung (SNI 03-1727-1987)
Peraturan ini digunakan untuk menentukan beban yang diijinkan untuk merencanakan suatu bangunan. Pedoman ini memuat mengenai ketetapan beban yang harus diperhitungkan dalam perencanaan suatu bangunan.
4. Struktur beton bertulang, oleh Istimawan Dipohusodo.
5. Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang, oleh W.C Vis dan Gideon Kusuma.

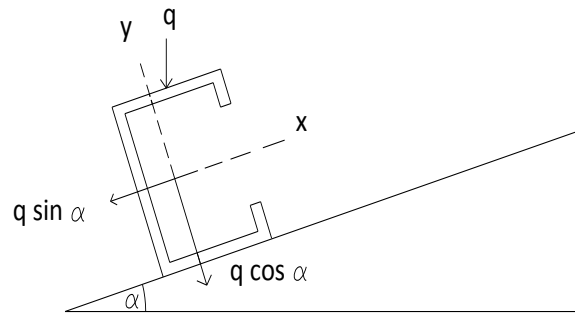
2.2 Metode Perhitungan

Dalam pekerjaan suatu konstruksi bangunan, di perlukan beberapa metode perhitungan. Agar hasil dari perhitungan dapat menjadi suatu acuan dan konstruksi dapat menahan beban dengan sempurna, baik itu beban sendiri maupun pembebanan yang lainnya. Berikut adalah struktur bangunan yang memerlukan metode perhitungan.

2.2.1 Perencanaan Atap

Gording

Gording membagi bentangan atap dalam jarak-jarak yang lebih kecil pada proyeksi horizontal. Gording meneruskan beban dari penutup atap, reng, usuk, orang, beban angin, beban air hujan pada titik-titik buhul kuda-kuda. Gording menjadi tempat ikatan bagi usuk dan posisi gording harus disesuaikan dengan panjang usuk yang tersedia.



Gambar 2.1 Penampang Gording

- a. Perhitungan Beban Mati(M_D) :
 - 1) Berat sendiri gording
 - 2) Berat penutup atap
- b. Perhitungan Beban Hidup(M_L) :
 - 1) Beban air hujan
 - 2) Beban pekerja, diambil 100 kg/m^2 (PPIUG 1983 butir 3.2.1 hal 13)
 - 3) Beban Angin.

$$Q_{\text{angin}} = \text{koef. angin. } w \cdot L_g$$

koefisien angin :

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

$$\text{Koefisien angin hisap} = 0,4$$

w = tekanan angin tiup

l_g = jarak gording

Apabila Q_{angin} bernilai negatif, maka dalam perhitungan mengabaikan beban angin. Setelah diketahui beban-beban tersebut, langkah selanjutnya adalah menghitung kombinasi pembebanannya.

$$M_U = 1.2 M_D + 1.6 M_L \dots\dots\dots (SNI 03-1729-2002)$$

M_U = Beban terfaktor

M_D = Beban mati

M_L = Beban hidup

c. Cek kekompakan penampang (SNI 03-1729-2002)

Plat sayap

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f}$$

Plat Badan

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w}$$

Dimana :

λ_f = Perbandingan antara lebar dan tebal flens

λ_w = Perbandingan antara tinggi dan tebal web

Untuk mengetahui kekompakan penampang yang dipakai, maka perhitungan masing-masing λ_f dan λ_w dibandingkan dengan λ_p dan λ_r .

Untuk plat sayap :

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

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

Untuk plat badan:

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

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}}$$

Dimana :

λ_p = Lamda plastis

λ_r = Lamda ramping

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

1) Penampang kompak $\lambda < \lambda_p$

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

2) Penampang tidak kompak $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$

$$M_n = M_y + (M_p - M_y) \left(\frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} \right)$$

3) Penampang ramping $\lambda_r < \lambda$

$$M_n = M_y = W_x \cdot f_y$$

d. Cek kekuatan lentur (SNI 03-1729-2002)

$$\left[\frac{c_{mx} \cdot M_{ux}}{\phi \cdot M_{nx}} \right]^\eta + \left[\frac{c_{my} \cdot M_{uy}}{\phi \cdot M_{ny}} \right]^\eta$$

Untuk $bf/d < 0.3$ maka $\eta = 1.0$

$0.3 < bf/d < 1.0$ maka $\eta = 0.4 + bf/d \geq 1.0$

Keterangan : $C_{mx} = 1.0$

$C_{my} = 1.0$

$\phi = 0.9$

Dimana :

M_p = Momen plastis

M_y = Momen leleh

M_u = Momen rencana

M_n = Momen nominal

ϕ = reduksi kekuatan

e. Kontrol kekakuan

Dalam merencanakan gording, lendutan adalah hal yang tidak boleh dilupakan, karena keamanan lendutan sangatlah penting guna untuk mengantisipasi keruntuhan atap yang mungkin saja akan timbul.

$$\Delta = \left(\frac{P.L^2}{48.EI} \right) \rightarrow \text{Untuk beban terpusat di tengah bentang (beban pekerja)}$$

$$\Delta = \left(\frac{5.q.L^4}{384EI} \right) \rightarrow \text{Untuk beban merata}$$

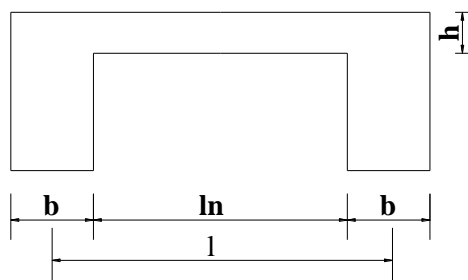
Untuk beban merata bila menggunakan trekstang berjumlah 1 buah maka panjangnya dibagi untuk gaya yang sejajar dengan kemiringan atap.

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

2.2.2 Pelat

Pelat adalah suatu lantai beton yang sistem pendukungnya (berupa balok) berada di sisi kiri dan kananya. Secara umum, perhitungan pelat (*slab*) didasarkan pada kriteria-kriteria berikut ini :

a. Bentang Teoritis



$$l = l_n + (2 \times \frac{1}{2} b)$$

jika $b > 2h$ maka,

$$l = l_n + 100 \text{ mm}$$

b. Pembebanan

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

• Beban mati

1. Berat beton bertulang 2400 kg/m^3
2. Berat penutup lantai dari ubin tanpa adukan yaitu 24 kg/m^2
3. Berat adukan spesi, per cm tebal yaitu 21 kg/m^2
4. Langit-langit (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), dengan tebal maksimum 4 mm yaitu 11 kg/m^2 .
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak minimum 0,80 m yaitu 7 kg/m^2 . (SKBI. 1987, tabel 1 halaman 5-6)

- Beban hidup

Untuk lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, hotel, asrama, diambil beban hidup sebesar 250 kg/m^2 (SKBI. 1987, tabel 2 halaman 12).

Secara umum perhitungan pelat dapat dicari dengan cara :

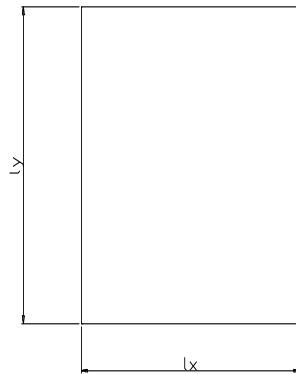
a. Pelat dianggap sebagai pelat satu arah (*One Way Slab*)

Apabila sistem tumpuannya hanya dapat atau dianggap melentur satu arah.

Ciri-cirinya adalah :

- Pelat ditumpu pada sisi yang saling berhadapan.
- Pelat persegi yang ditumpu pada dua sisinya dengan perbandingan antar sisi panjang pelat (l_y) dan sisi lebar pelat (l_x) > 2 atau secara matematis

dapat ditulis $\frac{l_y}{l_x} > 2$.



Desain pelat satu arah sama seperti penulangan pada balok, hanya saja pada pelat tidak diizinkan diberi penulangan geser. Penulangan melintang (tegak lurus terhadap tulangan utama harus diberikan untuk menahan momen). Distribusi momen pada pelat satu arah dapat dicari dengan cara koefisien momen atau dengan cara analitis. Adapun ketentuan-ketentuan yang harus dipenuhi dalam merencanakan pelat satu arah dengan metode koefisien momen antara lain :

- 1) Minimum harus dua bentang
- 2) Panjang bentang bersebelahan, bentang yang paling besar tidak boleh lebih besar dari 1,2 kali bentang yang paling pendek.

- 3) Beban harus beban terbagi rata
- 4) Beban hidup lebih kecil dari 3 kali beban mati.

Langkah-langkah perencanaan pelat satu arah :

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

1. Menentukan tebal minimum pelat satu arah

Tabel 2.1. Tebal minimum Pelat 1 arah dan Balok Mendukung 1 arah
(SK-SNI T-15-1991-03 tabel 3.2.5 (a) halaman 16.)

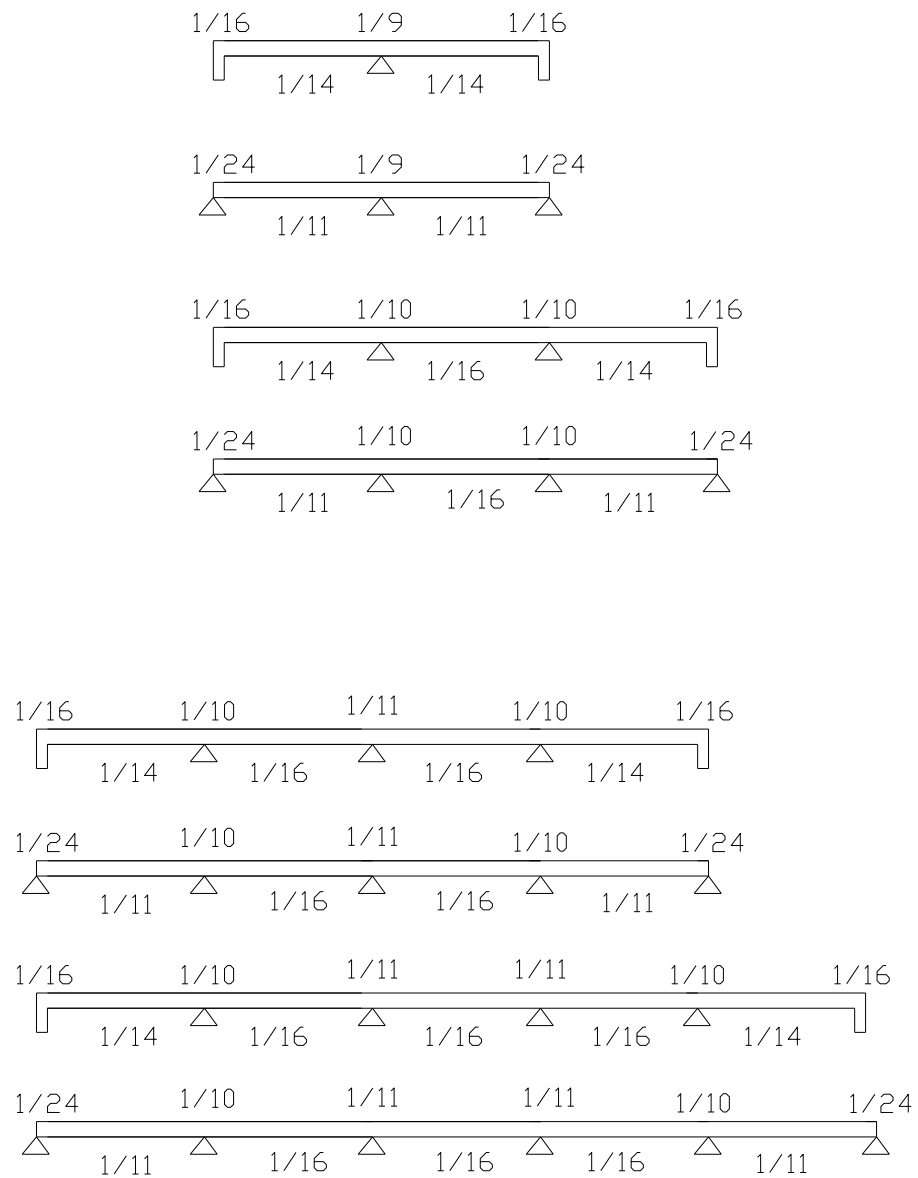
L = Panjang teoritis (mm)

Untuk nilai fy yang lain :

$$hf = \text{Koefisien } f_y \text{ 400} \times \left[0,4 + \frac{f_y}{700} \right] \times l_{\text{teoritis}}$$

Kontrol hf harus memenuhi syarat $b < 2 hf$

2. Menentukan pembebanan pada pelat lantai dengan memakai metode beban terfaktor.
3. Kontrol apakah bisa menggunakan metode koefisien momen, sesuai dengan persyaratan penggunaan metode koefisien momen yang telah diuraikan sebelumnya.
4. Pendistribusian momen dengan metode koefisien momen dengan rumus umum, $M = \text{koefisien} \cdot W_u \cdot l_n^2$
dengan catatan :



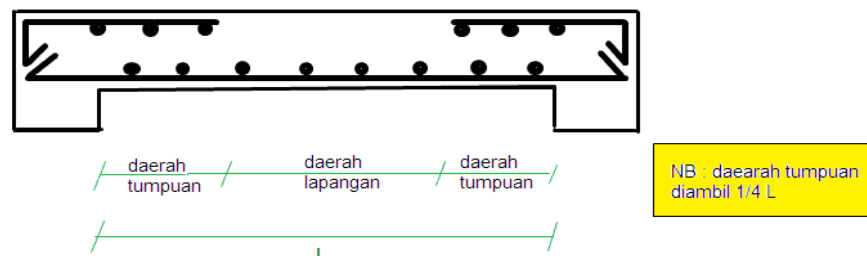
Gambar 2.2 Koefisien Momen

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

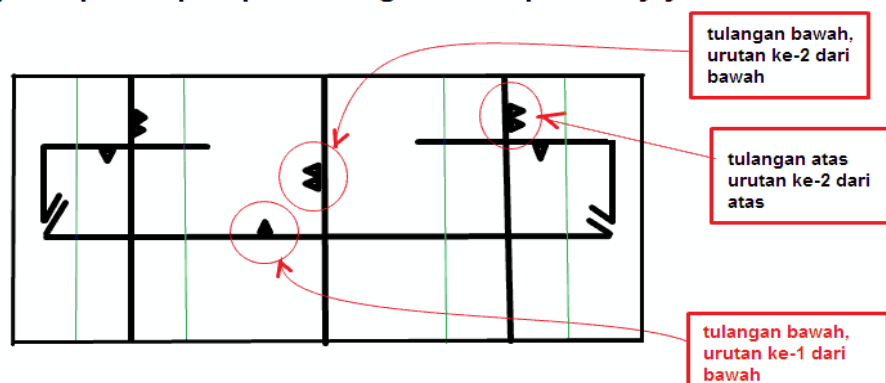
5. Menentukan tulangan pelat

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

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



(a) Tampak depan pelat dengan 2 tumpuan sejajar



(b) Tampak atas pelat dengan 2 tumpuan sejajar

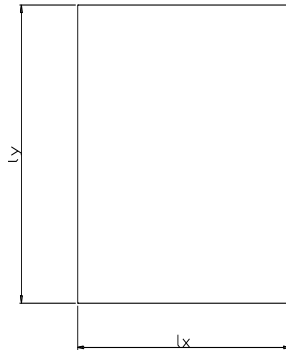
Gambar 2.3 Pelat Satu Arah

b. Pelat dianggap sebagai pelat dua arah (*TwoWay Slab*)

Ciri-cirinya adalah :

- Tulangan pokok dipasang pada dua arah yang saling tegak lurus (bersilangan)

- Pelat persegi yang ditumpu pada keempat sisinya dengan perbandingan antar sisi panjang pelat (l_y) dan sisi lebar pelat (l_x) > 2 atau secara matematis dapat ditulis $\frac{l_y}{l_x} \leq 2$.



- Tebal pelat dua arah adalah sebagai berikut : (SK SNI-T-15-1991-03 hal.18)

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

tetapi tidak boleh kurang dari :

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

dan tidak boleh lebih dari :

$$h_{\max} = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{fy}{1500}\right)}{36}$$

Dimana : \ln diambil $\ln y$ (panjang netto terpanjang) (SK SNI T-15 -1991-03 ayat 3.2-14)

$$\beta = \frac{\ln y}{\ln x}$$

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

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

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

(SK SNI T 15-1991-03 halaman 19)

Langkah-langkah perencanaan pelat dua arah (metode koefisien momen) :

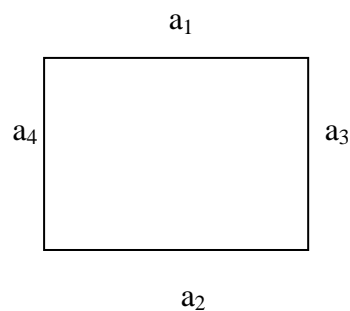
Arah x :

1. Tentukan nilai tebal minimum pelat dan tebal maksimum pelat

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

$$h_{\max} = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{fy}{1500}\right)}{36} \rightarrow (\text{SK SNI T-15-1991-03 hal.19 ayat (3.2-14)})$$

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



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

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

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

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

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

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 5\beta\left[\alpha_m - 0,2\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)\right]}$$

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

4. Menghitung beban yang berkerja 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 yang menentukan

Momen-momen yang menentukan sesuai dengan tabel 14 dari buku Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang jilid I karangan *W.C. Vis dan Gideon H. Kusuma*.

6. Mencari tulangan dari momen yang didapat

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

$$d_x = h - p - \frac{1}{2} \phi_{\text{tulangan arah x}}$$

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

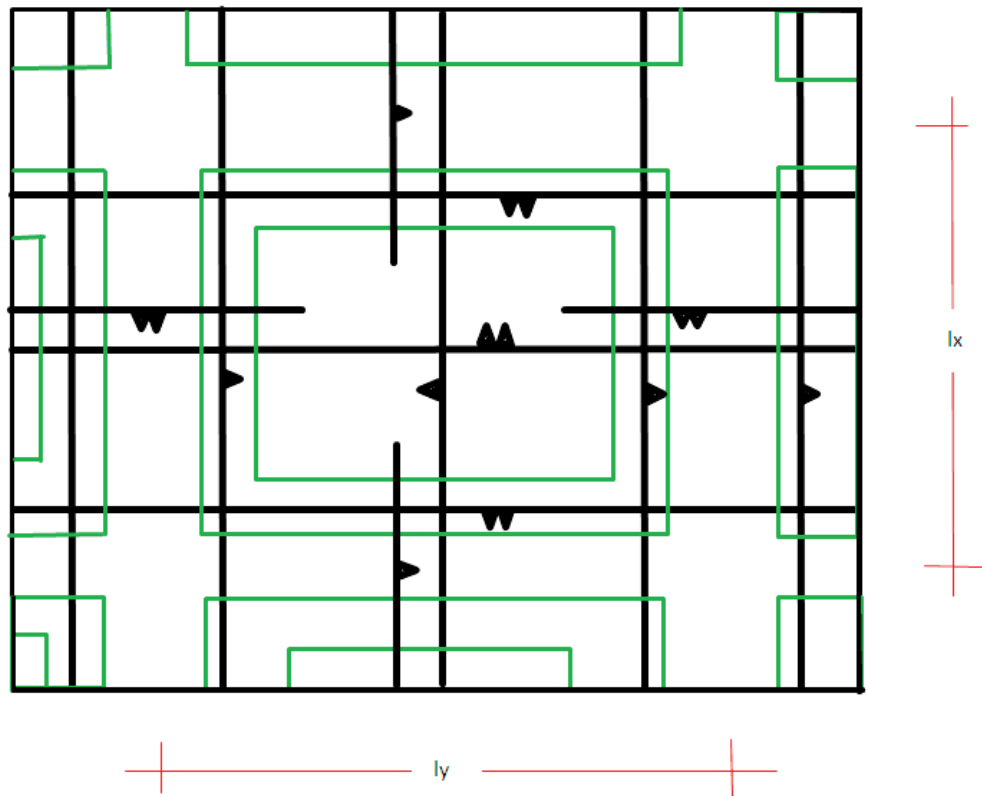
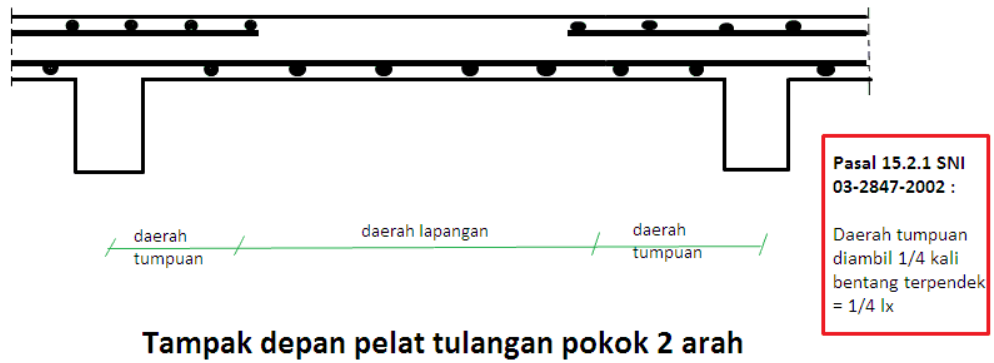
(Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang Jilid I karangan *W.C Vis dan Gideon H. Kusuma*.)

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

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

Jika $\rho_{\min} > \rho$ maka pakai ρ_{\min}

Jika $\rho_{\max} < \rho$ maka pakai ρ_{\max}



Gambar 2.4 Pelat Dua Arah

2.2.3 Tangga

Tangga adalah suatu konstruksi yang menghubungkan antara tempat satu dengan tempat yang lain dengan elevasi yang berbeda. Tangga secara umum terdiri dari anak tangga dan pelat tangga.

Anak tangga terdiri dari 2 bagian :

1. *Antrade*

Yaitu bagian anak tangga pada bidang horizontal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.

2. *Optrade*

Yaitu bagian dari anak tangga pada bidang vertikal yang merupakan selisih antara dua anak tangga yang berurutan. Syarat utama untuk tangga adalah sudut kemiringan tidak lebih dari 45° , yaitu :

- Untuk umum (sekolah, kantor, bioskop, pasar dll) :
 - Antrede minimum 25 cm
 - Optrede maksimum 17 – 20 cm
- Sebagai patokan : 2 optrede + 1 antrede = 58 – 64 cm (1 langkah)
- Lebar tangga :
 - Untuk rumah tempat tinggal = 80 – 100 cm
 - Untuk tempat umum = 120 – 200 cm

a. Syarat-syarat tangga

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

b. Hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan tangga

- 1) Perencanaan tangga, antara lain :
 - Penentuan ukuran antrede dan optrede

- Penentuan jumlah antrede dan optrede
 - Panjang tangga = lebar antrede x jumlah optrede
 - Sudut kemiringan tangga = tinggi tangga : panjang tangga
 - Penentuan tebal pelat
- 2) Penentuan pembebanan pada anak tangga

- Beban mati

- Berat sendiri bordes

Berat pelat bordes = tebal pelat bordes x γ_{beton} x 1 meter

- Berat anak tangga

Berat satu anak tangga (Q) dalam per m'

$$Q = \frac{1}{2} \text{antrade} \times \text{optrade} \times 1m \times \gamma_{\text{beton}} \times \text{jumlah anak tangga} / m$$

- Berat spesi dan ubin

- Beban hidup

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

Dari hasil perhitungan akibat beban mati dan beban hidup, maka didapat : $W_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$

2.2.4 Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sebagai satu kesatuan yang lengkap. Portal dihitung dengan menggunakan program SAP 2000.V15, portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati, dan hidup.

Langkah-langkah perencanaan portal akibat beban mati dan beban hidup :

1. Portal akibat beban mati

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang.

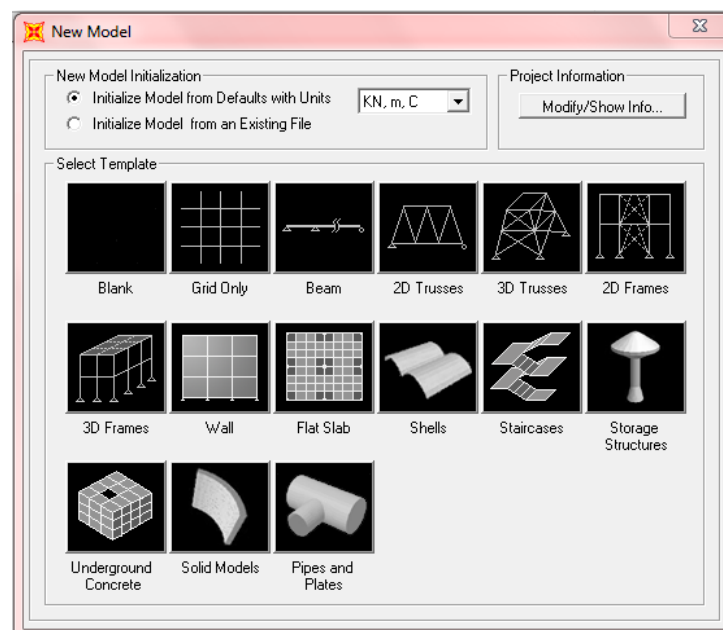
Pembebanan pada portal, yaitu:

- a. Berat sendiri pelat
- b. Berat plafond + penggantung

- c. Berat penutup lantai
- d. Berat adukan
- e. Berat dari pasangan dinding bata

Langkah- langkah menghitung portal dengan menggunakan Program SAP 2000.V15:

1. Buat model struktur memanjang
 - a. Mengklik file pada program untuk memilih model portal.



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

Quick Grid Lines

Cartesian | Cylindrical

Coordinate System Name: GLOBAL

Number of Grid Lines

X direction: 24

Y direction: 1

Z direction: 4

Grid Spacing

X direction: 1

Y direction: 1

Z direction: 1

First Grid Line Location

X direction: 3

Y direction: 0

Z direction:

OK Cancel

Define Grid System Data

Edit Format

System Name: GLOBAL Units: KN, m, C

Grid Lines: Quick Start...

-X Grid Data

Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	A	0	Primary	Show	End
2	B	3	Primary	Show	End
3	C	6	Primary	Show	End
4	D	9	Primary	Show	End
5	E	12	Primary	Show	End
6	F	15	Primary	Show	End
7	G	18	Primary	Show	End
8	H	21	Primary	Show	End

-Y Grid Data

Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	1	0	Primary	Show	Start
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

-Z Grid Data

Grid ID	Ordinate	Line Type	Visibility	Bubble Loc.	Grid Color
1	1	0	Primary	Show	End
2	2	4	Primary	Show	Start
3	3	8	Primary	Show	Start
4	4	12	Primary	Show	Start
5					
6					
7					
8					

Display Grids as: Ordinates Spacing

Hide All Grid Lines

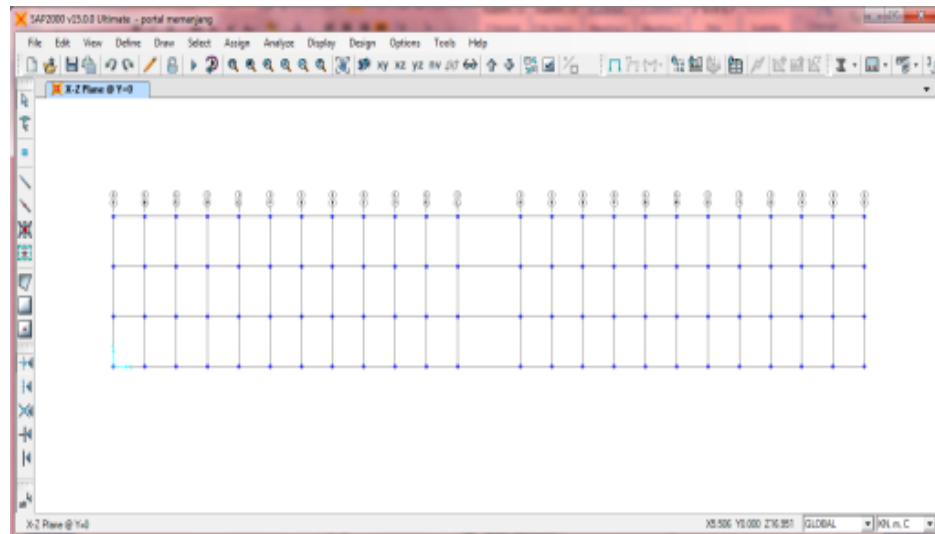
Glue to Grid Lines

Bubble Size: 0.625

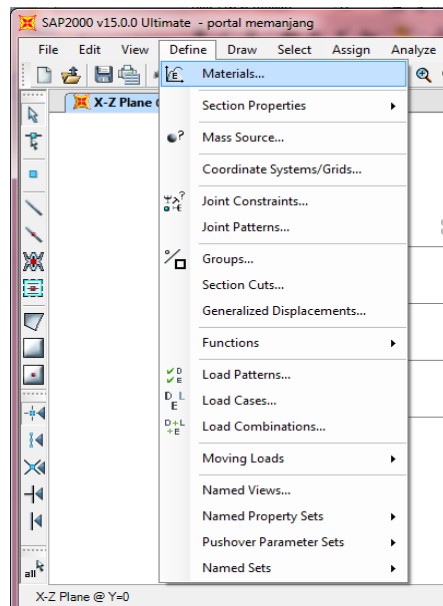
Reset to Default Color

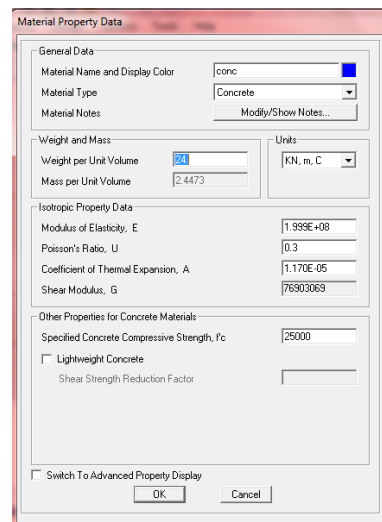
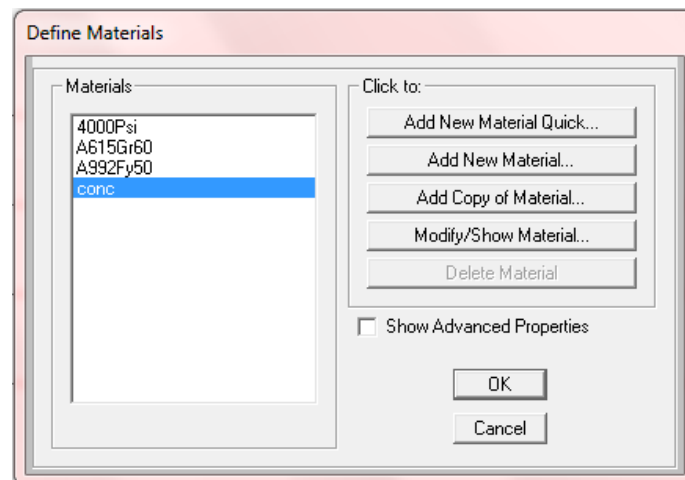
Reorder Ordinates

OK Cancel



- c. Input data material yang digunakan (concrete) dan masukan mutu beton (f_c') dan mutu baja (f_y) yang digunakan dengan mengklik **Define - material – Add New Material – pilih Concrete –** masukkan data sesuai dengan perencanaan.



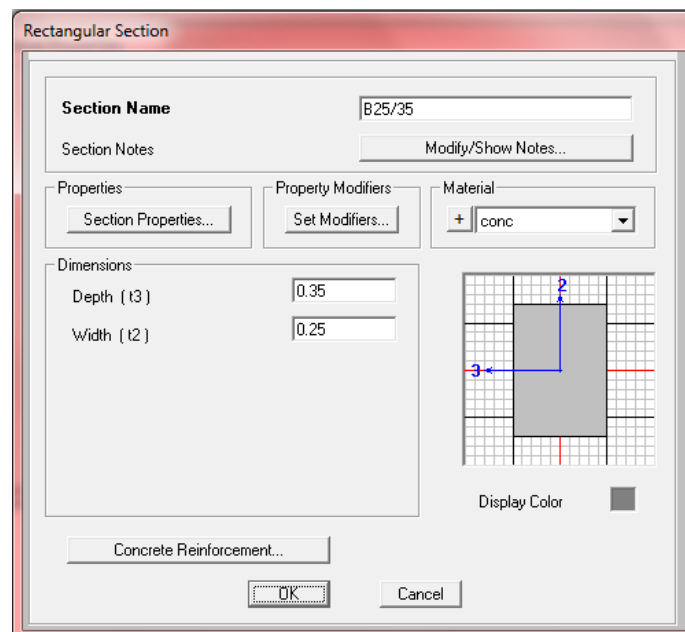
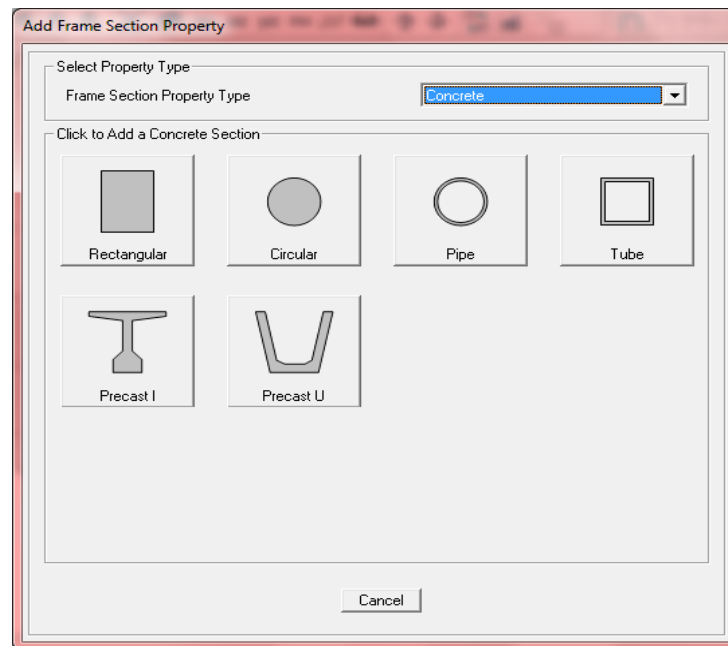


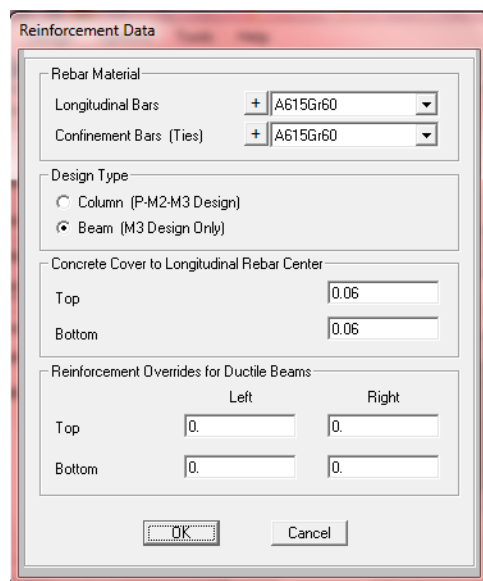
d. Input data dimensi struktur

a) Kolom = (40 x 40) cm

b) Balok = (30 x 65) cm

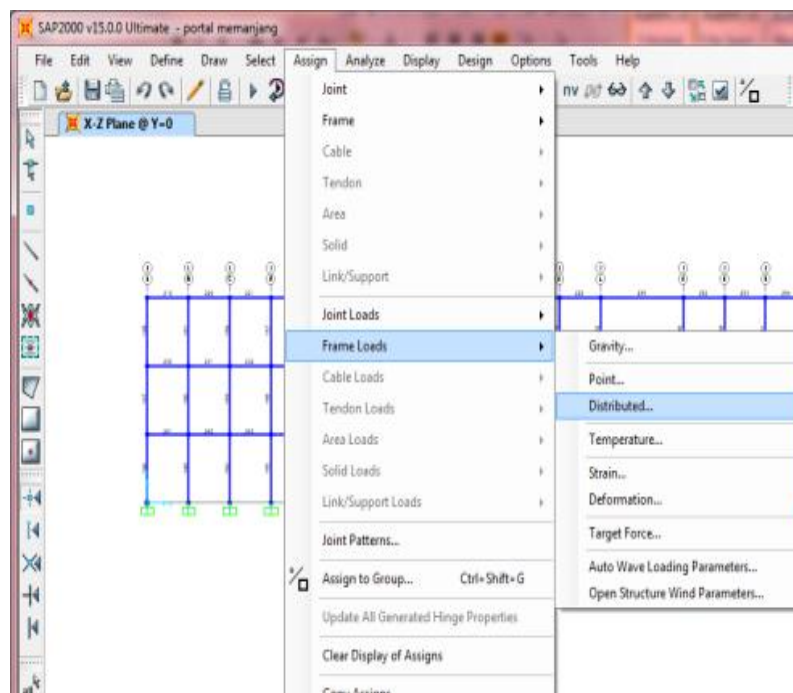
Masukkan data-dara dengan mengklik **Define - Section Properties - Frame Section – Add New Property – Section Name (balok)** setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.





e. Input data akibat beban mati (Dead)

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

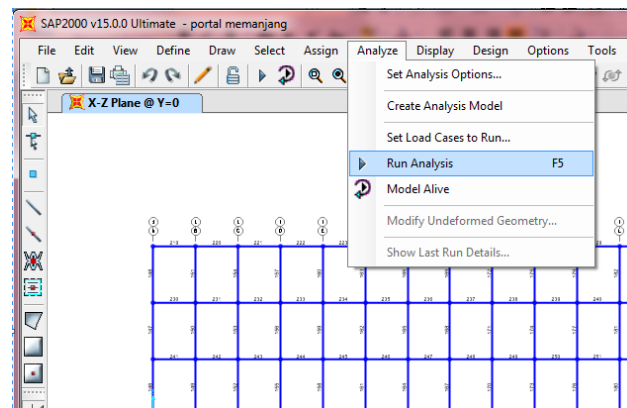


f. Input data akibat beban hidup (Live)

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

g. Run analisis

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



2. Portal akibat beban hidup

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

- a. Beban hidup untuk pelat lantai diambil sebesar 250 kg/m^2 (Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung SKBI-1.3.53.19876. hal 12)
 Beban hidup pada atap diambil sebesar 100 kg/m^2

2.2.5 Balok

Balok adalah batang horizontal dari rangka struktural yang memikul beban tegak lurus sepanjang beban tersebut (biasanya berasal dari dinding, pelat, atau atap bangunan) dan mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang. Selain itu ring balok juga berfungsi sebagai pengikat kolom-kolom agar apabila terjadi pergerakan kolom-kolom tersebut tetap bersatu padu mempertahankan bentuk dan posisinya semula. Dalam perencanaannya, suatu balok dapat mempunyai bermacam-macam ukuran atau dimensi, sesuai jenis dan besar beban yang akan dipikul oleh balok itu sendiri. Namun, dimensi tersebut harus memiliki efisien tinggi agar dapat memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sebagai standar perhitungan struktur beton di Indonesia (*SK SNI T-15-1991-03*).

Langkah-langkah perhitungan dan merencanakan balok :

1. Gaya lintang design balok maksimum

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

(Istimawan hal. 40)

Keterangan : U = gaya geser terfaktor pada penampang

D = beban mati terfaktor per unit luas

L = beban hidup terfaktor per unit luas

2. Momen design balok maksimum

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

(Istimawan hal. 40)

Keterangan : Mu = momen terfaktor pada penampang

MDL = momen akibat beban mati

MLL = momen akibat beban hidup

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Penulangan lentur lapangan

1) Tentukan : $d_{eff} = h - p - \emptyset_s - \frac{1}{2} D$

2) $k = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2}$ → didapat nilai ρ dari tabel Istimawan.

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

4) Pilih tulangan dengan syarat A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan

b. Penulangan lentur pada tumpuan

1) $k = \frac{Mu}{\phi \cdot b_{eff} \cdot d^2}$ → didapat nilai ρ dari tabel.

2) $A_s = \rho \cdot b_{eff} \cdot D$

3) 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

4. Tulangan geser rencana

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_w \times d \dots\dots\dots(Istimawan : 112)$$

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

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

Dasar perencanaan tulangan geser adalah : $V_u \leq \emptyset V_n$

Dimana : $V_n = V_c + V_s$

Sehingga : $V_u \leq \emptyset V_c + \emptyset V_s$

$$V_s = \frac{V_u}{\emptyset} - V_c \dots\dots\dots(Istimawan : 116)$$

$$S_{perlu} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \dots\dots\dots(Istimawan : 116)$$

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 tul. geser total pada daerah sejarak s

$A_v = 2 A_s$, dimana A_s = luas penampang batang tul.senggang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

2.2.6 Kolom

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang bertugas menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil (Dipohisodo,1994).

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

Adapun jenis-jenis kolom yaitu :

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

Dari semua jenis kolom tersebut, kolom segi empat atau bujur sangkar merupakan jenis yang paling banyak digunakan, karena lebih murah dan mudah pengerjaannya.

1. Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris berdasarkan kombinasi P_u dan M_u .

Untuk satu batang kolom dan dua kombinasi pembebanan yaitu pada ujung atas dan ujung bawah pada setiap freebody, masing-masing dihitung tulangannya dan diambil yang terbesar.

2. Beban design kolom maksimum

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

Keterangan : U = beban terfaktor pada penampang

D = kuat beban aksial akibat beban mati

L = kuat beban aksial akibat beban hidup

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

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

Keterangan : M_u = momen terfaktor pada penampang

M_D = momen akibat beban mati

M_L = momen akibat beban hidup

4. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi.

$$\beta \cdot d = \frac{1,2 \cdot D}{(1,2 \cdot D + 1,6L)} \dots\dots\dots(Gideon : 186)$$

Keterangan : β = rasio bentang bersih arah memanjang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

5. Modulus Elastisitas

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'} \text{ MPa} \dots\dots\dots(Gideon : 186)$$

6. Nilai kekakuan kolom dan balok

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

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

$$E.I_K = \frac{E_C \cdot I_g}{2,5(1 + \beta \cdot d)} \quad \rightarrow \text{untuk kolom} \dots \dots \dots (\text{Gideon : 186})$$

$$E.I_b = \frac{E_C \cdot I_g}{5(1 + \beta \cdot d)} \quad \rightarrow \text{untuk balok} \dots \dots \dots (\text{Gideon : 186})$$

7. Nilai eksentrisitas

$$e = \frac{M_U}{P_U} \quad \dots \dots \dots (\text{Gideon : 183})$$

Keterangan : e = eksentrisitas

M_u = momen terfaktor yang bekerja pada penampang

P_u = beban aksial terfaktor yang bekerja pada penampang

8. Menentukan Ψ_a dan Ψ_b

$$\Psi = \frac{\sum \frac{E \cdot I_k}{L_k}}{\sum \frac{E \cdot I_b}{L_b}} \quad \dots \dots \dots (\text{Gideon hal.188})$$

9. Angka kelangsingan kolom

Kolom langsing dengan ketentuan :

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

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

(Istimawan : 331)

Keterangan :

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan

nilai k didapat dari nomogram pada Istimawan halaman 333.

lu = panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang

r = jari-jari putaran potongan lintang komponen struktur tekan

10. Perbesaran momen

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

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

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

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

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

(Istimawan : 335-336)

Keterangan : M_c = momen rencana yang diperbesar

δ = faktor pembesaran momen

Pu = beban rencana aksial terfaktor

Pc = beban tekuk Euler

11. Desain penulangan

Hitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 1%-8% luas kolom

$$\rho = \rho' = \frac{As}{bd} \rightarrow As = As' \quad (\text{Istimawan : 325})$$

12. Tentukan tulangan yang dipakai

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

13. Memeriksa Pu terhadap beban seimbang

$$d = h - d'$$

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

$$a_b = \beta_1 x Cb$$

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

$$fs' = fy$$

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

(Istimawan hal. 324)

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

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

14. Memeriksa kekuatan penampang

a. Akibat keruntuhan tarik

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

b. Akibat keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\left(\frac{e}{d - d'} \right) + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\left(\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} \right) + 1,18} \dots\dots (\text{Istimawan : 320-322})$$

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

2.2.7 Sloof

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

Langkah-langkah perhitungan dalam merencanakan sloof :

1. Tentukan dimensi sloof
2. Tentukan pembebanan pada sloof
 - Berat sendiri sloof

- Berat dinding dan plesteran

Kemudian semua beban dijumlahkan untuk mendapatkan beban total, lalu dikalikan faktor untuk beban terfaktor.

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

(Istimawan hal. 40)

Keterangan : U = beban terfaktor per unit panjang bentang balok

D = beban mati

L = beban hidup

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

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

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

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \text{ (Gideon hal. 54)}$$

A_s = luas tulangan tarik non-prategang

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

Apabila $MR < Mu$ balok akan berperilaku sebagai balok T murni

- Penulangan lentur pada tumpuan

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

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \text{ (Gideon hal.54)}$$

- 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

4. Tulangan geser rencana

$$V_c = \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_w \times d \dots \dots \dots \text{(Istimawan : 112)}$$

- $V \leq \emptyset V_c$ (tidak perlu tulangan geser).....(Istimawan : 113)

- $V_u \leq \phi V_n$
- $V_n = V_c + V_s$
- $V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$ (Istimawan : 114)
- $S_{perlu} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$ (Istimawan : 122)

Keterangan :

- V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton
- V_u = kuat geser terfaktor pada penampang
- V_n = kuat geser nominal
- V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser
- A_v = luas tulangan geser pada daerah sejarak s
- d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik
- f_y = mutu baja

2.2.8 Pondasi

Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi untuk menempatkan bangunan dan menerima penyaluran beban dari struktur atas ke tanah dasar pondasi yang cukup kuat menahannya tanpa terjadinya diperensial settlement pada sistem strukturnya.

Langkah-langkah perencanaan sebagai berikut :

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

Berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang :

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

Berdasarkan kekuatan tanah :

$$Q_{ijin} = \frac{NK \times Ab}{F_b} + \frac{JPH \times O}{F_s}$$

Dimana : NK = nilai konus

JPH = jumlah hambatan pekat

Ab = luas tiang

- O = keliling tiang
 Fb = faktor keamanan daya dukung ujung. = 3
 Fs = faktor keamanan daya dukung gesek. = 5

2. Menentukan jumlah tiang pancang

$$N = \frac{P_{total}}{Q}$$

3. Menentukan jarak antar tiang

Apabila setelah dilakukan perhitungan jumlah tiang pancang langkah perencanaan selanjutnya adalah menentukan jarak antara masing-masing tiang pancang.

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

Dimana : d = ukuran pile (tiang)

S = Jarak antar tiang

4. Menentukan Efisiensi Kelompok Tiang

Menentukan efisiensi kelompok tiang dilakukan setelah mengetahui hasil perhitungan jumlah tiang pancang. Perhitungan efisiensi kelompok tiang ini dilakukan apabila setelah didapat hasil perhitungan jumlah tiang yang lebih dari satu buah tiang. Nilai efisiensi tiang pancang (Eg) dapat di tentukan dengan rumus berikut ini.

$$Eg = 1 - \frac{\theta}{90} \left\{ \frac{(m-1)n + (n-1)m}{mn} \right\} \rightarrow \text{arc. tan } \frac{d}{s}$$

Dimana: d = Ukuran Pile (tiang)

S = Jarak Antar tiang

5. Menentukan Kemampuan Tiang Pancang Terhadap sumbu X dan Y

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

Dimana :

P : Beban yang diterima oleh tiang pancang

\sum : Jumlah total beban

Mx : Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu X

My : Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu Y

N : Banyak tiang pancang dalam kelompok tiang (pilegroup)

- X_{max} : Absis terjatuh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang pancang.
- Y_{max} : Ordinat terjatuh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang pancang.
- N_y : Banyak tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu Y
- N_x : Banyak tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu X
- $\sum X^2$: Jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang.
- $\sum Y^2$: Jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang.

Kontrol kemampuan tiang pancang

$$P_{ijin} = \frac{P}{n}$$

$$P_{ijin} < P$$

6. Penulangan Tiang Pancang

Penulangan tiang pancang dihitung berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkatan.

a. Tulangan Pokok Tiang Pancang

- $K = \frac{M_{max}}{\phi b d^2}$

Dari tabel A-10 (Istimawan) didapat k untuk ρ

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

Dengan : b = ukuran tiang

d = tinggi efektif

- Menentukan jumlah tulangan selain dengan menggunakan tabel di buku beton bertulang Istimawan Dipohusodo dapat di hitung dengan :

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

Dengan :

A_s = Luas tulangan yang dibutuhkan

D = Diameter tulangan

b. Tulangan Geser Tiang Pancang

V_u rencana didapat dari pola pengangkutan sebagai berikut :

$$\phi V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} bw.d$$

$V_u < \phi V_c \Rightarrow$ Diperlukan Tulangan Geser

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

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

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

Syarat sengkang $\rightarrow S_{maks} = \frac{1}{2}.d$ efektif

7. Perhitungan Pile Cap

Pile cap merupakan bagian yang mengikat dan mengunci posisi tiang pancang.

Langkah-langkah perencanaan pile cap :

a. Menentukan beban yang bekerja

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

b. Menentukan dimensi pile cap

- Menentukan panjang Pilecap

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

- Menentukan lebar pile cap

$$bw = D + 300$$

Dengan :

L_w = Panjang pile cap (mm)

D = Ukuran pile (tiang) (mm)

k = Variabel jarak pile cap

2.3 Pengelolaan Proyek

2.3.1 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.

2.3.2 RAB

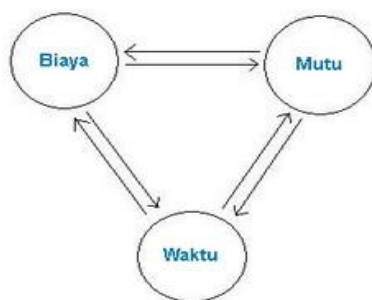
Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah pekerjaan bentuk bangunan yang memenuhi syarat, menentukan biaya dan menyusun tata cara pelaksanaan teknik dan administrasi. Tujuan RAB adalah untuk memberikan gambaran yang pasti mengenai bentuk konstruksi, besar biaya dan pelaksanaan atau penyelesaian.

2.3.3 Rencana Pelaksanaan

a. 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.

Tabel 2.2 Diagram NWP



b. Barchart

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

c. 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.