

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Bangunan merupakan suatu tempat yang di dalamnya dijadikan tempat berkumpul sekelompok orang untuk melakukan kegiatan serta terlindung dari hujan, angin, dan terik matahari. Oleh karena itu, sebelum dibangun perlu dihitung untuk mengetahui kekuatan bangunan tersebut sehingga tidak perlu diragukan kekuatan dan kekokohnya terhadap beban (gaya) yang bekerja. Konstruksi suatu bangunan adalah suatu kesatuan dan 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 teori-teori, analisa struktur, dan metode perhitungan sebagai pedoman untuk menyelesaikan perhitungan tersebut. Ilmu teoritis di atas tidaklah cukup karena analisa secara teoritis tersebut hanya berlaku pada kondisi struktur ideal sedangkan gaya-gaya yang dihitung hanya merupakan pendekatan dari keadaan yang sebenarnya atau yang diharapkan terjadi.

Setelah semua teori dan peraturan dipenuhi, maka perencanaan suatu konstruksi harus memenuhi berbagai syarat konstruksi yang telah ditentukan, yaitu:

1. Kuat

Struktur gedung harus direncanakan kekuatan batasnya terhadap pembebanan.

2. Kokoh

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

3. Aman dan Nyaman

Setiap bangunan yang dibangun harus memperhatikan aspek-aspek kenyamanan sehingga yang menghuni merasa aman dan nyaman.

#### 4. Ekonomis

Setiap konstruksi yang dibangun harus seekonomis mungkin, tanpa mengurangi mutu dan kekuatan bangunan.

#### 5. Artistik (Estetika)

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

## 2.2 Teori Dasar-Dasar Perencanaan

Pada penyelesaian perhitungan bangunan gedung dekanat fakultas kesehatan masyarakat universitas sriwijaya inderalaya, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia, diantaranya adalah :

- 1) SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung
- 2) SNI 03-1729-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung
- 3) SNI 03-1726-2002 tentang Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung
- 4) PPIUG 1987 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung
- 5) Struktur Beton Bertulang, oleh Istimawan Dipohusodo.
- 6) Dasar-dasar Perencanaan beton Bertulang, oleh W.C Vis dan Gideon Kusuma.
- 7) Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, Agus Setiawan
- 8) Pondasi Tiang Pancang Jilid I, oleh Sardjono, HS.

Berdasarkan Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung tahun 1987, Suatu struktur gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap pembebanan, pembebanan didapat berdasarkan bahan bangunan dan komponen gedung, yaitu :

- a. Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu bangunan yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, mesin-mesin serta peralatan tetap (*fixed equipment*) yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari bangunan itu (perlengkapan/peralatan bangunan).

Menurut Pedoman Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1987, berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung dapat dilihat pada Tabel berikut ini:

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

No	Bahan Bangunan dan Komponen Gedung	Berat sendiri
1	Baja	7850 kg/m <sup>3</sup>
2	Batu alam	2600 kg/m <sup>3</sup>
3	Batu belah/bulat/gunung	1500 kg/m <sup>3</sup>
4	Batu karang	700 kg/m <sup>3</sup>
5	Batu pecah split	1450 kg/m <sup>3</sup>
6	Besi tuang	7250 kg/m <sup>3</sup>
7	Beton (untuk struktur)	2200 kg/m <sup>3</sup>
8	Beton bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>
9	Kayu (kelas I)	1000 kg/m <sup>3</sup>
10	Kerikil, koral, (kering udara sampai lembab)	1650 kg/m <sup>3</sup>
11	Pasangan batu merah	1750 kg/m <sup>3</sup>
12	Pasangan batu belah/bulat/gunung	2200 kg/m <sup>3</sup>
13	Pasangan batu cetak	2200 kg/m <sup>3</sup>
14	Pasangan batu karang	1450 kg/m <sup>3</sup>
15	Pasir (kering udara sampai lembab)	1600 kg/m <sup>3</sup>
16	Pasir (jenuh air)	1800 kg/m <sup>3</sup>
17	Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1850 kg/m <sup>3</sup>
18	Tanah, lempung, dan lanau (kering samapi lembab)	1700 kg/m <sup>3</sup>
19	Tanah, lempung dan lanau (basah)	2000 kg/m <sup>3</sup>
20	Tanah hitam (timbang)	11400 kg/m <sup>3</sup>
21	Adukan, per cm tebal : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dari semen</li> <li>▪ Dari kapur, semen merah atau tras</li> </ul>	21 kg/m <sup>2</sup> 17 kg/m <sup>2</sup>
22	Aspal, per cm tebal	14 kg/m <sup>2</sup>
23	Dinding pasangan bata merah : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Satu batu</li> <li>▪ Setengan batu</li> </ul>	450 kg/m <sup>2</sup> 250 kg/m <sup>2</sup>
24	Dinding batako berlubang <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tebal dinding 20 cm</li> <li>▪ Tebal dinding 10 cm</li> </ul>	200 kg/m <sup>2</sup> 120 kg/m <sup>2</sup>

25	Dinding batako tanpa lubang : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tebal dinding 15 cm</li> <li>▪ Tebal dinding 10 cm</li> </ul>	300 kg/m <sup>2</sup> 200 kg/m <sup>2</sup>
26	Langit-langit : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Serat semen, tebal maksimum 4 mm</li> <li>▪ Kaca, tebal 3-4 mm</li> </ul>	11 kg/m <sup>2</sup> 10 kg/m <sup>2</sup>
27	Lantai kayu dengan balok (rumah tinggal)	40 kg/m <sup>2</sup>
28	Penggantung plafon (bentang maksimal 5 m)	7 kg/m <sup>2</sup>
29	Penutup atap : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Genteng/kaso/reng, per m<sup>2</sup> luas atap</li> <li>▪ Sirap/kaso/reng per m<sup>2</sup> luas atap</li> <li>▪ Serat semen gelombang (tebal maksimal 5 mm)</li> <li>▪ Aluminium gelombang</li> </ul>	50 kg/m <sup>2</sup> 24 kg/m <sup>2</sup> 11 kg/m <sup>2</sup> 5 kg/m <sup>2</sup>
30	Penutup lantai (teraso, keramik, dan beton)	24 kg/m <sup>2</sup>

(Sumber : PPIUG 1987, tabel 1)

- b. Beban hidup adalah beban gravitasi yang bekerja pada struktur dalam masa layannya, dan timbul akibat penggunaan gedung. Termasuk beban ini adalah berat manusia, perabotan yang dapat dipindah-pindah, kendaraan dan barang-barang lain. Karena besar dan lokasi beban yang senantiasa berubah-ubah, maka penentuan beban hidup secara pasti adalah merupakan suatu hal yang cukup sulit. (Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, Agus Setiawan, hal.4)

Tabel 2.2 Beban Hidup pada Lantai Gedung

No	Beban Hidup	Berat sendiri
1	Lantai dan tangga rumah tinggal	200 kg/m <sup>2</sup>
2	Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana	125 kg/m <sup>2</sup>
3	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama, dan rumah sakit	250 kg/m <sup>2</sup>
4	Lantai ruang olah raga	400 kg/m <sup>2</sup>
5	Lantai ruang dansa	500 kg/m <sup>2</sup>
6	Lantai dan balkon ruang pertemuan, bioskop, ibadah	400 kg/m <sup>2</sup>
7	Panggung penonton dengan penonton yang berdiri	500 kg/m <sup>2</sup>
8	Tangga, bordes tangga dan gang bangunan umum	300 kg/m <sup>2</sup>

9	Tangga, bordes tangga dan gang bangunan pertemuan	500 kg/m <sup>2</sup>
10	Lantai ruang perlengkapan gedung pertemuan	250 kg/m <sup>2</sup>
11	Lantai pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang mesin	400 kg/m <sup>2</sup>
12	Lantai gedung parkir bertingkat : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ untuk lantai bawah</li> <li>▪ untuk lantai tingkat lainnya</li> </ul>	800 kg/m <sup>2</sup> 400 kg/m <sup>2</sup>
13	Balkon yang menjorok bebas keluar	300 kg/m <sup>2</sup>

( Sumber : PPIUG 1987, tabel 2)

## 2.3 Teori Perhitungan Struktur

### 2.3.1 Rangka Atap

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

#### 1. Pembebanan

Pembebanan yang bekerja pada rangka atap adalah :

##### a. Beban Mati

Beban mati adalah beban dari semua bagian atap yang tidak bergerak, beban tersebut adalah : beban sendiri kuda-kuda, beban penutup atap, beban gording.

##### b. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang terjadi akibat pengerjaan maupun akibat penggunaan gedung itu sendiri, termasuk di dalamnya adalah beban pekerja, beban air hujan, beban angin.

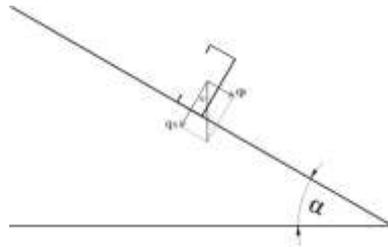
#### 2. Gording

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

dalam. Struktur gording direncanakan kekuatannya berdasarkan pembebanan beban mati dan beban hidup. Kombinasi pembebanan yang ditinjau adalah beban pada saat pemakaian yaitu beban mati ditambah beban air hujan, sedangkan beban sementara yaitu beban-beban mati ditambah beban pekerja pada saat pelaksanaan.

Apabila gording ditempatkan dibawah penutup atap, maka komponen beban atap dipindahkan tegak lurus ke gording, maka terjadi pembebanan sumbu ganda terjadi momen pada sumbu x dan y adalah  $M_x$  dan  $M_y$ .

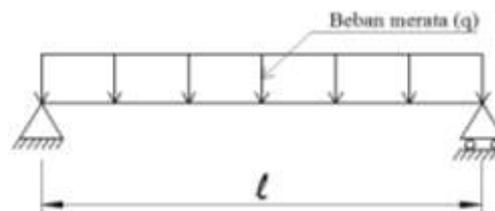
a. Pembebanan akibat beban mati ( $q$ )



Gambar 2.1 Uraian Beban Gording Akibat Beban Mati

*Beban pada sumbu x,  $q_x = q \cos \alpha$*

*Beban pada sumbu y,  $q_y = q \sin \alpha$*

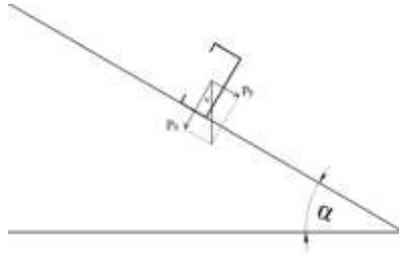


Gambar 2.2 Beban Merata Gording

*Momen pada sumbu x,  $M_x = \frac{1}{8} \times q_x \times l^2$*

*Momen pada sumbu y,  $M_y = \frac{1}{8} \times q_y \times l^2$*

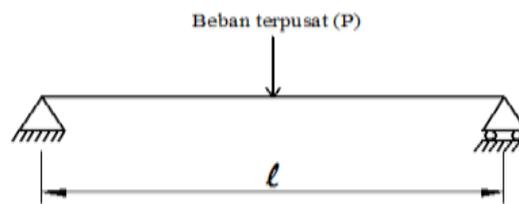
## b. Pembebanan akibat beban hidup (P)



Gambar 2.3 Uraian Beban Gording Akibat Beban Hidup

Beban pada sumbu x,  $P_x = P \cos \alpha$

Beban pada sumbu y,  $P_y = P \sin \alpha$



Gambar 2.4 Beban Terpusat (P) Gording

Momen pada sumbu x,  $M_x = \frac{1}{4} \times P_x \times l$

Momen pada sumbu y,  $M_y = \frac{1}{4} \times P_y \times l$

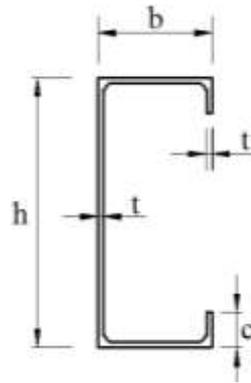
Kombinasi momen arah x dan arah y

$$M_{ux} = 1,2 \cdot M_x D + 1,6 \cdot M_x L$$

$$M_{uy} = 1,2 \cdot M_y D + 1,6 \cdot M_y L$$

## c. Kekuatan Penampang

- Profil berpenampang kompak jika,  $\lambda \leq \lambda_p$
- Profil berpenampang tidak kompak jika,  $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$
- Profil berpenampang langsing jika,  $\lambda > \lambda_r$



Gambar 2.5 profil Light Lip Channel

Analisis kelangsingan pelat sayap:

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f} \quad ; \quad \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \quad ; \quad \lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}}$$

Analisis kelangsingan pelat badan

$$\lambda_w = \frac{h - 2 \cdot t_f}{t_w} \quad ; \quad \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \quad ; \quad \lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y - f_r}}$$

d. Momen nominal:

- Kuat lentur nominal untuk penampang kompak,  $\lambda \leq \lambda_p$ :

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

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

- Kuat lentur nominal untuk tak penampang kompak,  $\lambda_p < \lambda \leq \lambda_r$ :

$$M_{nx} = M_{yx} + (M_{px} - M_{yx}) \cdot \frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p}$$

$$M_{ny} = M_{yy} + (M_{py} - M_{yy}) \cdot \frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p}$$

- Kuat lentur nominal untuk penampang langsing,  $\lambda > \lambda_r$ :

$$M_{nx} = M_{yx} \cdot \left( \frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} \right)^2$$

$$M_{ny} = M_{yy} \cdot \left( \frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} \right)^2$$

Setelah semua momen dihitung maksimum, maka diperiksa kekuatan penampang berdasarkan kombinasi pembebanan berdasarkan pembebanan yang terjadi dengan menggunakan rumus :

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \leq 1$$

Dengan :

$M_{nx}$  dan  $M_{ny}$  = kuat lentur nominal penampang arah x dan arah y

$M_{ux}$  dan  $M_{uy}$  = momen lentur perlu terhadap arah x dan arah y

$\phi_b$  (faktor reduksi) = 0,9

(Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, Agus Setiawan, hal.103)

### 3. Kuda–Kuda Baja

Kuda–kuda diperhitungkan terhadap pembebanan :

- a. Beban mati, meliputi: beban kuda–kuda, beban gording, dan beban penutup atap. Beban-beban ini kemudian dikombinasikan yang menjadi beban mati.
- b. Beban hidup, meliputi: beban air hujan, beban angin dari sebelah kiri, beban angin dari sebelah kanan, beban pekerja.

Pada masing–masing beban diatas (a dan b) kemudian dapat dicari gaya-gaya batangnya. Perhitungan konstruksi rangka dapat dihitung dengan cara cremona, keseimbangan titik simpul, dan ritter.

- c. Beban kombinasi

Menurut peraturan baja Indonesia, SNI 03-1729-2002 pasal 6.2.2 mengenai kombinasi pembebanan, dinyatakan bahwa dalam perencanaan suatu struktur baja haruslah diperhatikan jenis-jenis kombinasi pembebanan berikut ini:

- $1,4D$  1.20.a
- $1,2D + 1,6L + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$  1.20.b
- $1,2D + 1,6 (L_a \text{ atau } H) + (\gamma_L \cdot L \text{ atau } 0,8W)$  1.20.c
- $1,2D + 1,3W + \gamma_L \cdot L + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$  1.20.d

$$\blacksquare 1,2D \pm 1,0E + \gamma_L \cdot L \quad 1.20.e$$

$$\blacksquare 0,9D \pm (1,3W \text{ atau } 1,0E) \quad 1.20.f$$

(Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, Agus Setiawan, hal. 11-12)

Dengan:

$D$  adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai atap, plafond, partisi tetap, tangga, dan peralatan layan.

$L$  adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.

$L_a$  adalah beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.

$H$  adalah beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.

$W$  adalah beban angin

$E$  adalah beban gempa yang ditentukan dari peraturan gempa  $\gamma_L = 0,5$  bila  $L < 5$  kPa, dan  $\gamma_L = 1$  bila  $\geq 5$  kPa. Faktor beban untuk  $L$  harus sama dengan 1,0 untuk garasi parkir, daerah untuk pertemuan umum dan semua daerah yang memikul beban hidup lebih besar dari 5 kPa

#### 4. Kontrol Dimensi Batang Kuda-Kuda Baja

Batang kuda-kuda, baik batang tarik maupun batang tekan harus dikontrol terhadap kombinasi gaya-gaya yang terjadi. Gaya batang yang terjadi tidak boleh melebihi kuat tarik atau tekan izin dari batang tersebut.

##### a. Untuk komponen struktur tekan

Menurut SNI 03-1729-2002 pasal 9.1-1 (hal : 55), komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor ( $N_u$ ) harus memenuhi:

$$N_u \leq \phi_c \cdot N_n$$

Dengan:

$\phi_c$  : faktor reduksi kekuatan = 0,85

$N_n$  : kuat tekan nominal komponen struktur yang ditentukan dengan persamaan 7.6 -3 (SNI 03-1729-2002, hal 27), yaitu:

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

faktor tekuk ( $\omega$ ) dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\lambda_c \leq 0,25 \quad \text{maka } \omega = 1$$

$$0,25 < \lambda_c < 1,2 \quad \text{maka } \omega = \frac{1,43}{(1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c)}$$

$$\lambda_c \geq 1,2 \quad \text{maka } \omega = 1,25 \cdot \lambda_c$$

Parameter kelangsingan ( $\lambda_c$ ) ditentukan dengan:

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{l_k}{r} \cdot \sqrt{\frac{f_y}{E_s}}$$

panjang tekuk ( $l_k$ ) ditentukan dengan:

$$l_k = l_c \cdot k_c$$

Nilai  $k_c$  adalah:

- 0,5 jika kedua ujung komponen terjepit.
- 0,7 jika satu ujung komponen terjepit dan ujung lainnya sendi.
- 1,0 jika kedua ujung komponen berupa sendi.
- 2,0 jika salah satu komponen terjepit dan ujung lainnya bebas.

b. Untuk komponen struktur tarik

Dalam menentukan tahanan nominal suatu batang tarik, harus diperiksa terhadap tiga macam kondisi keruntuhan yaitu:

- 1) Leleh dari luas penampang bruto, di daerah yang jauh dari sambungan.
- 2) Fraktur dari luas penampang efektif pada daerah sambungan.
- 3) Geser blok pada sambungan

Guna menjaga stabilitas batang tarik dibatasi dengan angka kelangsingan ( $\lambda$ ):

- batang utama angka kelangsingan,  $\lambda \leq 240$
- batang sekunder angka kelangsingan,  $\lambda \leq 300$

Menurut SNI 03-1729-2002 pasal 10.1 dinyatakan bahwa semua komponen struktur yang mengalami gaya tarik aksial terfaktor sebesar  $N_u$ , maka harus memenuhi:

$$N_u \leq \phi \cdot N_n$$

Bila kondisi leleh yang menentukan, maka tahanan nominal ( $N_n$ ) dari batang tarik memenuhi persamaan:

$$N_u = A_g \cdot f_y$$

Bila kondisi fraktur yang menentukan, maka tahanan nominal ( $N_n$ ) dari batang tarik memenuhi persamaan:

$$N_u = A_e \cdot f_u$$

*Dengan :*

$N_n$  = gaya tarik nominal, N

$A_g$  = luas penampang bruto,  $\text{mm}^2$

$f_y$  = tegangan leleh baja, MPa

$A_e$  = luas penampang efektif =  $U \cdot A_n$

$A_n$  = luas netto penampang,  $\text{mm}^2$

$f_u$  = tegangan tarik putus, MPa

$\phi$  adalah faktor tahanan, yang besarnya adalah:

$\phi = 0,90$  untuk kondisi leleh, dan

$\phi = 0,75$  untuk kondisi fraktur

## 5. Sambungan Baut

Dalam pemasangan baut mutu tinggi memerlukan gaya tarik awal yang cukup diperoleh dari pengencangan awal. Gaya ini dinamakan proof load. Proof load diperoleh dengan mengalikan luas daerah egangan tarik ( $A_s$ ) dengan kuat leleh yang diperoleh dengan metoda 0,2% tangent atau 0,5% regangan yang besarnya 70%  $f_u$  untuk A325 dan 80%  $f_u$  untuk 490.

Dalam tabel dibawah ini akan ditampilkan tipe-tipe dengan diameter, proof load dan kuat taruk minimumnya.

Tabel 2.3 Tipe-Tipe Baut

Tipe Baut	Diameter (mm)	<i>Proof Stress</i> (MPa)	Kuat tarik Min. (MPa)
A307	6,35-104	-	60
A325	12,7-25,4	585	825
28,6-38,1	510	725	-
A490	12,7-38,1	825	1035

Suatu baut yang memikul beban terfaktor,  $R_u$ , sesuai persyaratan LRFD harus memenuhi:

$$R_u \leq \phi \cdot R_n$$

Dengan,  $R_n$  adalah tahanan nominal baut sedangkan  $\phi$  adalah faktor reduksi kekuatan diambil sebesar 0,75. Besarnya  $R_n$  berbeda-beda untuk masing-masing tipe sambungan.

a. Tahanan geser baut

$$R_n = m \cdot r_1 \cdot f_u^b \cdot A_b$$

Dengan:

$r_1 = 0,50$  untuk baut tanpa ulir bidang geser

$r_1 = 0,40$  untuk baut dengan ulir pada bidang geser

$f_u^b$  = kuat tarik baut, MPa

$A_b$  = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir, mm<sup>2</sup>

$m$  = jumlah bidang geser

b. Tahanan tarik baut

$$R_n = 0,75 \cdot f_u^b \cdot A_b$$

c. Tahanan tumpu baut

$$R_n = 2,4 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

Dengan:

$f_u$  = kuat tarik putus terendah dari baut atau pelat

$d_b$  = diameter baut pada daerah tak berulir

$t_p$  = tebal pelat

Persamaan diatas berlaku untuk semua baut, sedangkan untuk lubang baut selot panjang tegak lurus arah gaya berlaku:

$$R_n = 2,0 \cdot d_b \cdot t_p \cdot f_u$$

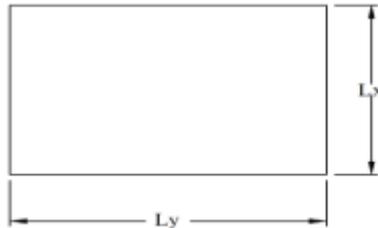
(Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, Agus Setiawan., hal. 110)

### 2.3.2 Pelat Beton

Pelat beton bertulang dalam suatu struktur dipakai pada lantai dan atap. Hal yang membedakan perencanaan pelat atap dengan pelat lantai adalah beban-beban yang bekerja, beban-beban yang bekerja pada pelat atap lebih kecil sehingga ketebalan pelat atap lebih tipis dibandingkan pelat lantai. Pelat yang ditumpu balok pada keempat sisinya, terbagi dua berdasarkan geometrinya, yaitu:

#### 1. Pelat satu arah (*one way slab*)

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



Gambar 2.6  $L_y$ ,  $L_x$  Pelat Satu Arah

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

#### a. Penentuan tebal pelat

Penentuan tebal pelat terlentur satu arah tergantung beban atau momenlentur yang bekerja, defleksi yang terjadi dan kebutuhan kuat geser yang dituntut. (Istimawan Dipohusodo, 1999:56)

Tabel 2.4 Tebal Minimum Pelat Satu Arah

Komponen Struktur	Tebal Minimum, $h_{min}$			
	Dua tumpuan sederhana	Satu ujung menerus	Kedua 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	$l/20$	$l/24$	$l/28$	$l/10$
Balok atau pelat rusuk satu arah	$l/16$	$l/18,5$	$l/21$	$l/8$

(Sumber : SK SNI 03 2847 Beton 2002,hal. 63)

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 di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:

- 1) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis di antara  $1500 \text{ kg/m}^3$  sampai  $2000 \text{ kg/m}^3$ , nilai tadi harus dikalikan dengan  $(1,65 - 0,0003 w_c)$  tetapi tidak kurang dari 1,09, dimana  $w_c$  adalah berat jenis dalam  $\text{kg/m}^3$ .
- 2) Untuk  $f_y$  lebih kecil 400 MPa nilainya harus dikalikan dengan

$$\left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

- b. Menghitung beban mati pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung momen rencana ( $W_U$ )

$$W_U = 1,2 W_{DD} + 1,6 W_{LL}$$

Dengan:

$$W_{DD} = \text{Beban mati pelat, KN/m}$$

$W_{LL}$  = Beban hidup pelat, KN/m

c. Menghitung momen rencana ( $M_U$ )

Perhitungan momen rencana dapat dilakukan dengan menggunakan tabel atau secara analitis. Sebagai alternatif, metode pendekatan berikut ini dapat digunakan untuk menentukan momen lentur dan gaya geser dalam perencanaan balok menerus dan pelat satu arah, yaitu pelat beton bertulang di mana tulangnya hanya direncanakan untuk memikul gaya-gaya dalam satu arah, selama:

- 1) Jumlah minimum bentang yang ada haruslah minimum dua,
- 2) Memiliki panjang bentang yang tidak terlalu berbeda, dengan rasio panjang bentang terbesar terhadap panjang bentang terpendek dari dua bentang yang bersebelahan tidak lebih dari 1,2,
- 3) Beban yang bekerja merupakan beban terbagi rata,
- 4) Beban hidup per satuan panjang tidak melebihi tiga kali beban mati per satuan panjang, dan
- 5) Komponen struktur adalah prismatis.

d. Perkiraan tinggi efektif ( $d_{eff}$ )

$d_{eff} = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \cdot \emptyset_{\text{tulangan pokok}}$

Tabel 2.5 Tebal Selimut Beton Minimum

	Tebal Selimut Minimum (mm)
a. Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b. Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca:	
Batang D-19 hingga D-56.....	50
Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau kawat ulir D16 dan yang lebih kecil.....	40

c. Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca tanah:	
<u>Pelat, dinding, pelat rusuk:</u>	
Batang D-44 dan D56.....	40
Batang D-36 dan 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 dan yang lebih besar .....	20
Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil .....	15

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

e. Menghitung k

$$k = \frac{M_U}{\emptyset \cdot b \cdot d_{\text{eff}}^2}$$

Dengan:

k = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan, MPa

$M_U$  = Momen terfaktor pada penampang, KN/m

b = Lebar penampang, mm diambil 1 m

$d_{\text{eff}}$  = Tinggi efektif pelat, mm

$\emptyset$  = Faktor kuat rencana, 0,8

f. Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ ) dengan menggunakan tabel Istimawan Dipohusodo

$$\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$$

g. Hitung nilai  $A_s$  yang diperlukan

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

h. Dengan menggunakan tabel A-5 pilih tulangan pokok yang akan dipasang

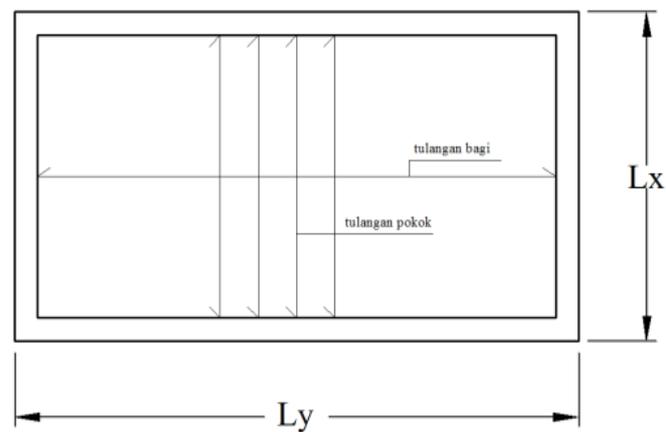
i. Pilih tulangan susut dan suhu

Untuk tulangan suhu dan susut dihitung berdasarkan peraturan SNI 2002 Pasal 9.12, yaitu :

1) Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014:

- a) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 adalah 0,0020
- b) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 400 adalah 0,0018
- c) Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35% adalah  $0,0018 \times \frac{400}{f_y}$

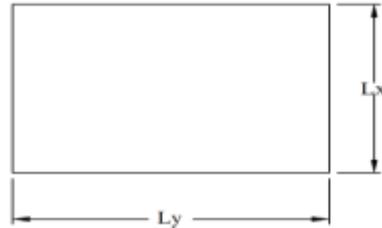
2) Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari lima kali tebal pelat, atau 450 mm



Gambar 2.7 Penulangan Pelat Satu Arah

## 2. Pelat dua arah (*two slab way*)

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



Gambar 2.8  $L_y, L_x$  Pelat Dua Arah

Prosedur perencanaan pelat dua arah adalah sebagai berikut:

### a. Menghitung $h_{\min}$ pelat

Tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- 1) Untuk  $\alpha_m$  yang sama atau lebih kecil dari 0,2, harus menggunakan tabel berikut:

Tabel 2.6 Tebal Minimum Pelat

Tegangan leleh (MPa)	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel luar		Panel dalam	Panel luar		Panel dalam
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok	Dengan balok pinggir	
300	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
400	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
500	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

(Sumber : SK SNI 03-2847-2002 Beton, hal 66)

Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 5, \beta (\alpha_m - 0,2)} \quad (\text{SK SNI 03-2847-2002 Beton, hal. 66})$$

dan tidak boleh kurang dari 120 mm.

- 2) Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 2,0 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{l_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 9, \beta} \quad (\text{SK SNI 03-2847-2002 Beton, hal. 66})$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

Dimana :

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

Dimana:

$\alpha_m$  = nilai rata-rata rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur pelat ( $\alpha$ ) untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel

$E_{cb}$  = modulus elastis balok beton

$E_{cs}$  = modulus elastis pelat beton

$I_b$  = inersia balok  $\left(\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3\right)$

$I_s$  = inersia pelat  $\left(\frac{1}{12} \cdot l_n \cdot t^3\right)$

$l_n$  = jarak bentang bersih, mm

$t$  = tebal pelat, mm

$h$  = tinggi balok, mm

$\beta$  = rasio bentang panjang bersih terhadap bentang pendek bersih pelat

- b. Menghitung beban mati pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung beban rencana ( $W_U$ )

$$W_U = 1,2 W_{DD} + 1,6 W_{LL}$$

Dengan:

$W_{DD}$  = Beban mati pelat, KN/m

$W_{LL}$  = Beban hidup pelat, KN/m

c. Menghitung momen rencana ( $M_U$ )

$M_u$  dihitung dengan menggunakan tabel (W.C Vis dan Gideon Kusuma : 1993:42) yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini





d. Menghitung tinggi efektif ( $d_{\text{eff}}$ )

$$d_{\text{eff } x} = h - P - \frac{1}{2} \cdot \emptyset_{\text{tulangan pokok arah } x}$$

$$d_{\text{eff } y} = h - P - \emptyset_{\text{tulangan pokok arah } x} - \frac{1}{2} \cdot \emptyset_{\text{tulangan pokok arah } y}$$

e. Menghitung  $k_{\text{perlu}}$

$$k = \frac{M_U}{\emptyset \cdot b \cdot d_{\text{eff}}^2}$$

Dimana:

$k$  = Faktor panjang efektif komponen struktur tekan, MPa

$M_U$  = Momen terfaktor pada penampang, KN/m

$b$  = Lebar penampang, mm (diambil 1 m)

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

$\emptyset$  = faktor kuat rencana, 0,8 (SNI 2002 Pasal 11.3, hal 61 butir ke.2)

f. Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ ) dengan menggunakan tabel

$$\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$$

g. Hitung nilai  $A_s$  yang diperlukan

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

Dimana :

$A_s$  = luas penampang,  $\text{mm}^2$

$\rho$  = rasio penulangan

$b$  = lebar pelat, mm (per 1 meter)

$d_{\text{eff}}$  = tinggi efektif, mm

h. Dengan menggunakan tabel A-5 pilih tulangan pokok yang akan dipasang

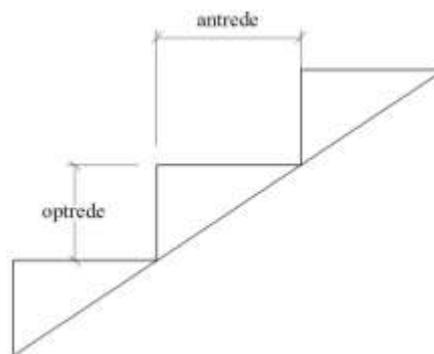
i. Pilih tulangan susut dan suhu

j. Gambar penulangan

### 2.3.3 Tangga

Tangga merupakan salah satu bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat penghubung antara lantai pada bangunan bertingkat. Tangga terdiri dari anak tangga dan pelat tangga (Bordes). Anak tangga terdiri dari dua, yaitu:

1. Antrede, adalah dari anak tangga dan pelat tangga bidang horizontal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.
2. Optrede selisih tinggi antara dua buah anak tangga yang berurutan



Gambar 2.9 Anak Tangga (Menjelaskan Posisi Optrede Antride)

Ketentuan – ketentuan konstruksi antrede dan optrede, antara lain :

- a. Untuk bangunan rumah tinggal
  - Antrede = 25 cm ( minimum )
  - Optrede = 20 cm ( maksimum )
- b. Untuk perkantoran dan lain – lain
  - Antrede = 25 cm
  - Optrede = 17 cm
- c. Syarat 1 ( satu ) anak tangga
  - 2 optrede + 1 antrede = 1 langkah (58-70 cm)
- d. Lebar tangga
  - Tempat umum  $\geq 120$  cm
  - Tempat tinggal = 180 cm s/d 100 cm
- e. Sudut kemiringan tangga
  - Maksimal =  $45^\circ$
  - Minimal =  $25^\circ$

Syarat – syarat umum tangga ditinjau dari :

- 1) Penempatan :
  - diusahakan sehemat mungkin menggunakan ruangan

- mudah ditemukan oleh semua orang
- mendapat cahaya matahari pada waktu siang
- tidak mengganggu lalu lintas orang banyak

2) Kekuatan :

- kokoh dan stabil bila dilalui orang dan barang sesuai dengan perencanaan

3) Bentuk :

- sederhana, layak, sehingga mudah dan cepat pengerjaannya serta murah biayanya.
- Rapih, indah, serasi dengan keadaan sekitar tangga itu sendiri.

Dalam merencanakan tangga prosedur perencanaannya adalah sebagai berikut :

1. Menentukan dimensi atau ukuran

- a. Menentukan dimensi antrede, optrede
- b. Menentukan jumlah antrede, optrede
- c. Menghitung panjang tangga  
Panjang tangga = jumlah optrede  $\times$  lebar antrede
- d. Menghitung sudut kemiringan tangga

$$\text{Sudut kemiringan : } \text{arc tan} = \left( \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{panjang tangga}} \right)$$

- e. Menentukan tebal pelat

2. Menghitung pembebanan serta beban rencana ( $W_U$ )

- a. Beban mati ( $W_D$ )
  - Berat sendiri bordes
  - Berat pelat
- b. Beban hidup ( $W_L$ )

$$\text{Beban rencana, } W_U = 1,2 W_{DD} + 1,6 W_{LL}$$

3. Menghitung gaya – gaya yang bekerja dengan menggunakan metode cross

4. Menentukan tinggi efektif ( $d_{\text{eff}}$ )

$$d_{\text{eff}} = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \cdot \emptyset_{\text{tulangan pokok}}$$

5. Mengitung  $k_{\text{perlu}}$ 

$$k = \frac{M_U}{\emptyset \cdot b \cdot d_{\text{eff}}^2}$$

1) Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ ) dari tabel Istimawan Dipohusodo

$$\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$$

2) Hitung  $A_s$  yang diperlukan

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

### 2.3.4 Balok Anak

Balok anak adalah balok yang bertumpu pada balok induk atau tidak bertumpu langsung pada kolom. Balok anak 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.

Prosedur perencanaan balok anak :

1. Menentukan mutu beton dan yang digunakan
2. Menghitung beban mati (berat sendiri balok, sumbangan pelat), beban hidup serta menghitung beban ultimate ( $W_U$ )

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

3. Menghitung momen lentur maksimum dan gaya lintang/geser rencana
4. Menentukan tinggi efektif  $d_{\text{eff}}$

$$d_{\text{eff}} = h - \text{tebal selimut beton} - \emptyset_{\text{senggang}} - \emptyset_{\text{tulangan pokok}}$$

5. Menentukan  $k_{\text{perlu}}$ 

$$k = \frac{M_U}{\emptyset \cdot b \cdot d_{\text{eff}}^2}$$

6. Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ ) dengan tabel A.28

$$\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$$

7. Menghitung  $A_s$  yang diperlukan

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

## 8. Perencanaan tulangan geser

$$\frac{1}{2} \cdot \emptyset \cdot V_c > V_{u \text{ rencana}} < \emptyset \cdot V_c, \text{ dipakai tulangan senggang praktis}$$

$\frac{1}{2} \cdot \emptyset \cdot V_c < V_{u \text{ rencana}} < \emptyset \cdot V_c \rightarrow$  dipakai tulangan geser minimum

$V_{u \text{ rencana}} < \emptyset \cdot V_c \rightarrow$  diperlukan tulangan geser

### 2.3.5 Portal

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

#### 1. Portal Akibat Beban Mati

Portal ini ditinjau pada arah memanjang dan melintang.

Pembebanan pada portal, yaitu :

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

#### 2. Portal Akibat Beban Hidup

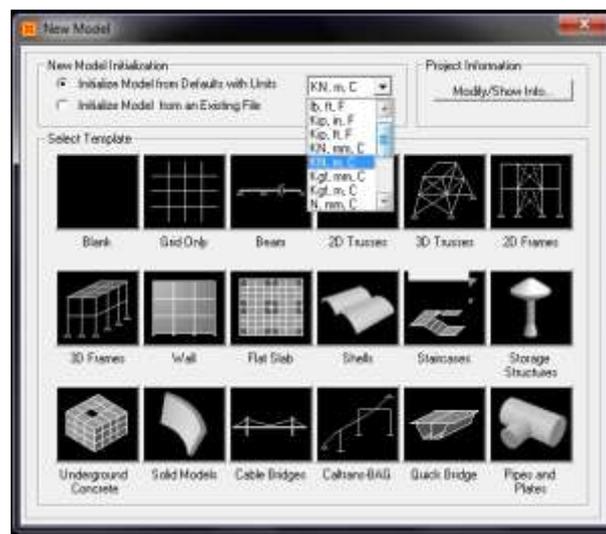
Portal ini ditinjau pada arah memanjang dan melintang.

Pembebanan pada portal akibat beban hidup:

- a. Beban hidup untuk pelat lantai diambil  $250 \text{ kg/m}^2$  (Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung SKBI-1.3.55.1987. hal 21)
- b. Beban hidup pada pelat di atap diambil sebedar  $100 \text{ kgm}^2$

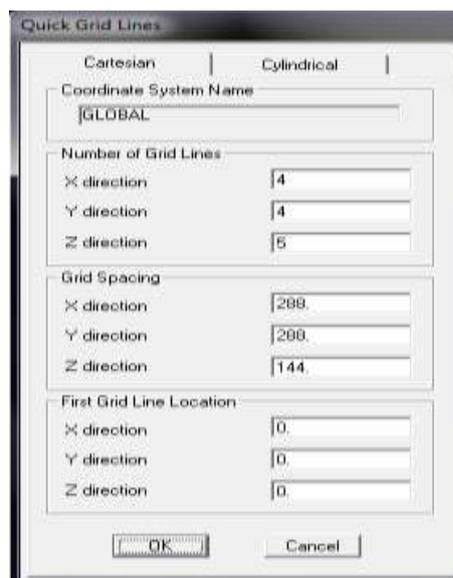
Langkah-langkah perhitungan portal dengan menggunakan Program SAP2000. V14 :

- 1) Mengklik file pada program untuk memilih model portal, ubah satuan ke dalam KN,m,C

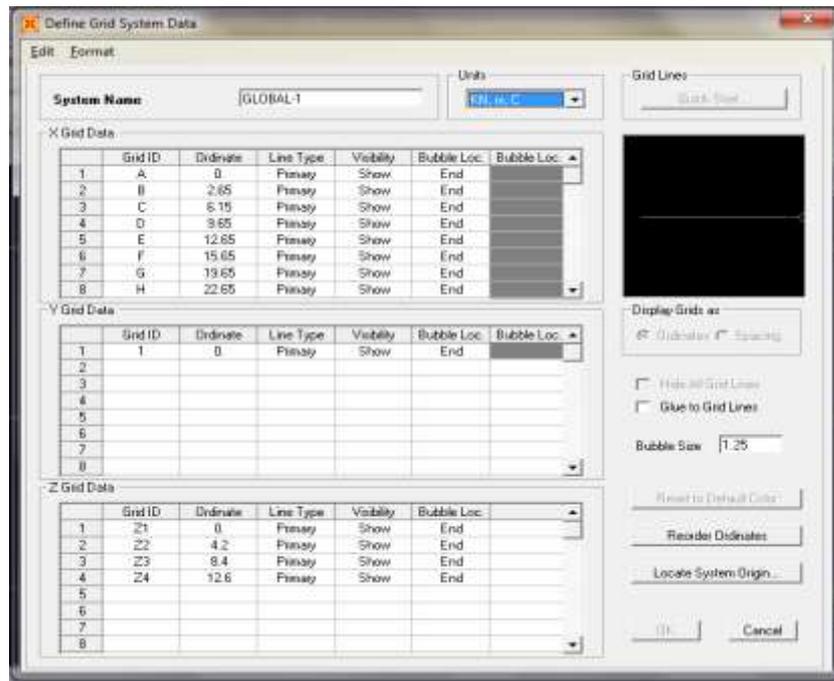


Gambar 2.10 Model Struktur Konstruksi

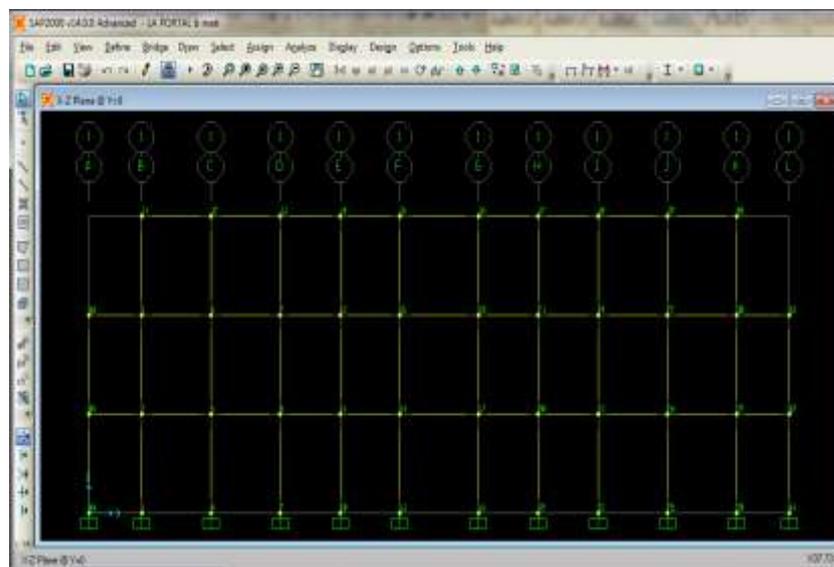
- 2) Pilih model grid 2D pada model diatas dan masukkan data-data sesuai perencanaan.



Gambar 2.11 Quick Grid Lines

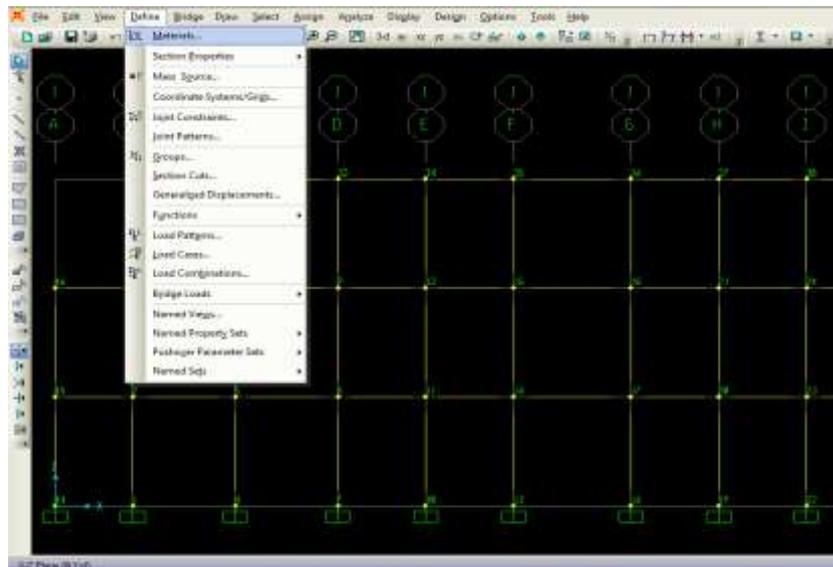


Gambar 2.12 Define Grid System Data

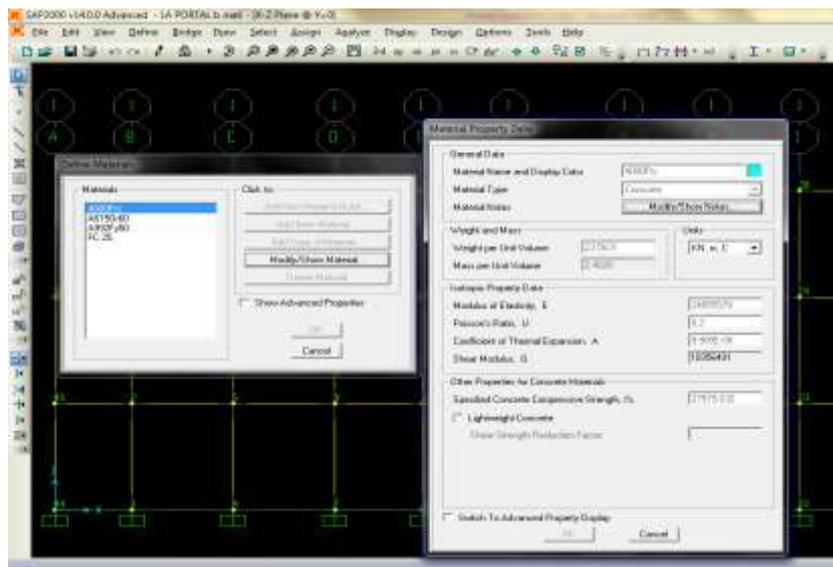


Gambar 2.13 Tampilan Model Portal

- 3) 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.



Gambar 2.14 Input Material



Gambar 2.15 Data-Data Material

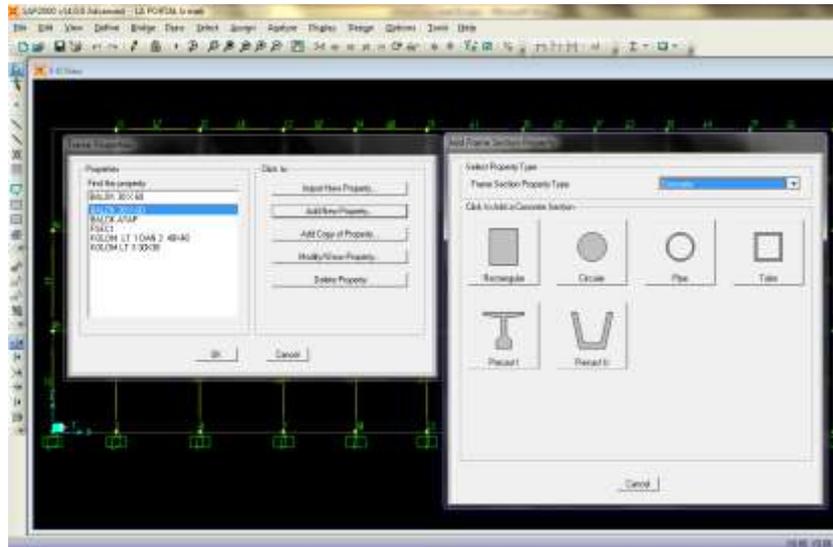
#### 4) Input data dimensi struktur

Kolom :  $400 \times 400 \text{ mm}^2$

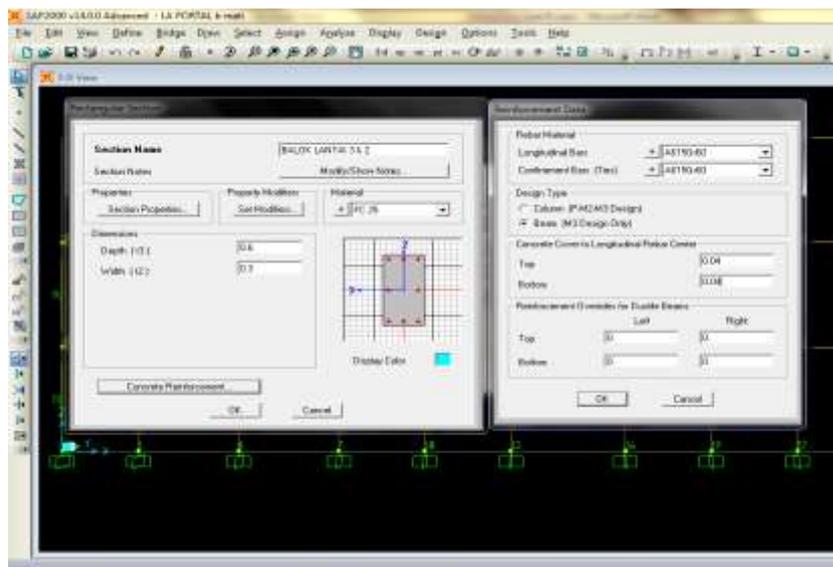
Balok atap :  $300 \times 500 \text{ mm}^2$

Balok Lantai 3 dan lantai 2 :  $300 \times 600 \text{ mm}^2$

Masukkan data-data dengan mengklik *Define – Section Properties – Frame Section – Add New Property – Section Name* setelah tampil pada layar masukan data-data sesuai dengan perencanaan.



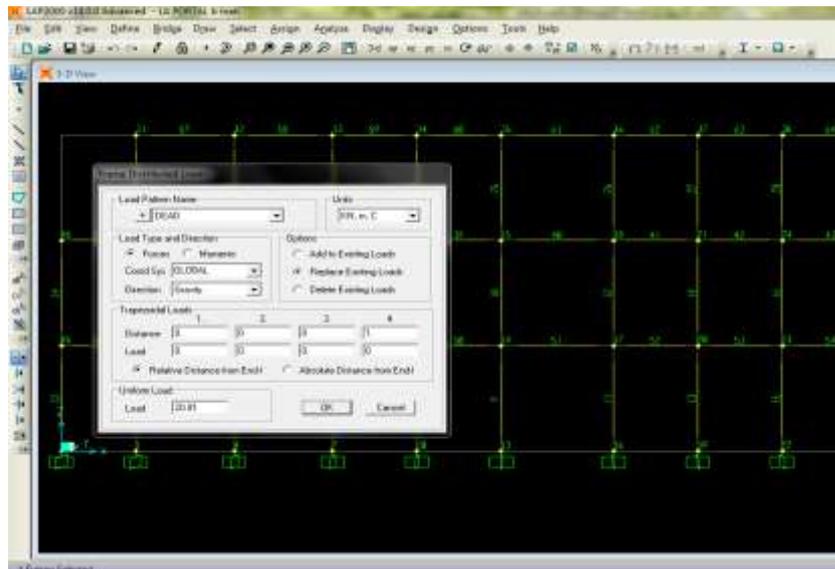
Gambar 2.16 Frame Properties dan Add Frame Section Property



Gambar 2.17 Rectangular Section dan Reinforcement Data

##### 5) Input data akibat beban mati (*Dead Load*)

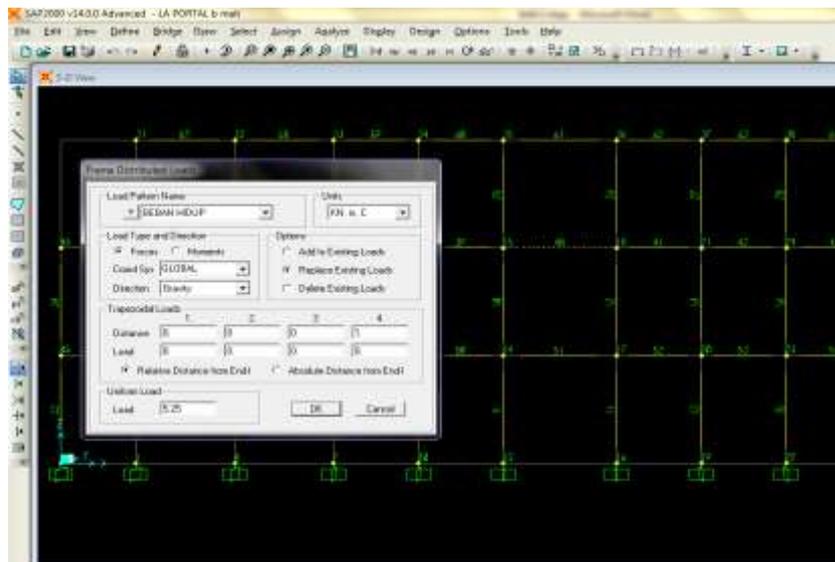
Untuk menginput data akibat beban mati klik batang portal pada model – pilih **Assign** pada **toolbar** – **Frame Load** – **Distributed**, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



Gambar 2.18 Frame Distributed Loads Akibat Beban Mati

#### 6) Input data akibat beban hidup (*Live Load*)

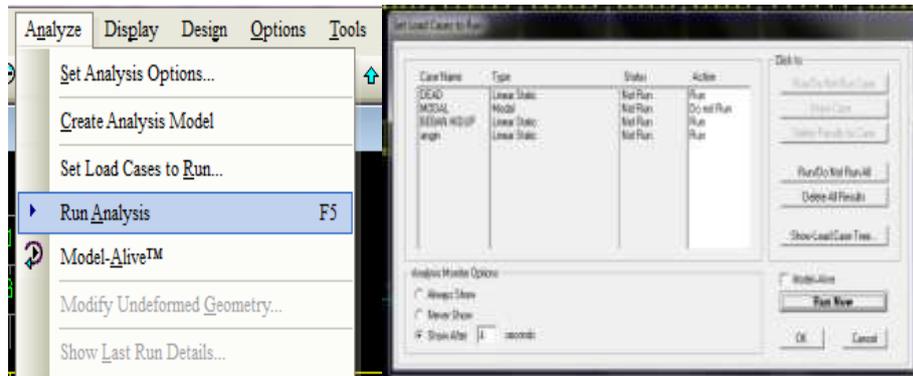
Untuk menginput data akibat beban mati klik batang portal pada model – pilih **Assign** pada **toolbar** – **Frame Load** – **Distributed**, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



Gambar 2.19 Frame Distributed Loads Akibat Beban Hidup

## 7) Run Analysis

Setelah beban mati dan beban hidup selesai diinput, maka portal tersebut selanjutnya di analisis menggunakan *Run Analysis*.



2.20 Run Analysis

### 2.3.6 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 menyalurkan pada kolom. Balok juga berfungsi sebagai pengekang dari struktur kolom yang satu dengan yang lainnya. 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 efisiensi tinggi agar dapat memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sebagai standar perhitungan struktur beton di Indonesia (SK SNI T-15-1991-03).

Langkah-langkah perhitungan perencanaan balok:

1. Menentukan mutu beton ( $f_c'$ ) dan mutu baja ( $f_y$ ) serta dimensi balok
2. Mengambil momen-momen maksimum yang terjadi pada setiap tingkat portal. Bila momen pada balok yang ditinjau di tumpuan akibat momen negatif, maka penulangannya berdasarkan balok persegi dan bila momen yang terjadi di lapangan akibat momen positif maka penulangan balok berdasarkan balok T atau L.

3. Menentukan tinggi efektif ( $d_{eff}$ )

$$d_{eff} = h - \text{tebal selimut beton} - \phi_{sengkan} - \phi_{tulangan\ pokok}$$

5. Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ ), menggunakan tabel Istiwaman Dipohusodo

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$$

6. Menghitung  $A_s$  yang diperlukan

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

Dimana:

$$A_s = \text{luas tulangan, mm}^2$$

$$\rho = \text{rasio penulangan}$$

$$b = \text{lebar balok, mm}$$

$$d_{eff} = \text{tinggi efektif balok, mm}$$

### 7. Perencanaan tulangan geser

- $\frac{1}{2} \cdot \emptyset \cdot V_c > V_{u \text{ rencana}} < \emptyset \cdot V_c \rightarrow$  dipakai tulangan sengkang praktis
- $\frac{1}{2} \cdot \emptyset \cdot V_c < V_{u \text{ rencana}} < \emptyset \cdot V_c \rightarrow$  dipakai tulangan geser minimum
- $V_{u \text{ rencana}} > \emptyset \cdot V_c \rightarrow$  diperlukan tulangan geser

### 2.3.7 Kolom

SK SNI T-15-1991-03 mendefinisikan kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila diumpamakan, kolom itu seperti rangka tubuh manusia yang memastikan sebuah bangunan berdiri.

Langkah-langkah perhitungan perencanaan kolom:

#### 1. Menentukan perbesaran momen untuk kolom

$$EI_k = \frac{E_c \cdot I_g}{2,5(1 + \beta_d)}$$

Dimana:

$$E_c = \text{modulus elastis beton, } E_c = 4700\sqrt{f_c}$$

$$I_g = \text{momen inersia penampang beton, } I_g = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$$

$\beta_d$  = faktor yang menunjukkan hubungan antara beban mati dan beban keseluruhan

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

#### 2. Menentukan perbesaran momen untuk balok

$$EI_b = \frac{E_c \cdot I_g}{5(1 + \beta_d)}$$

#### 3. Menghitung nilai eksentrisitas ( $e$ )

$$e = \frac{M_U}{P_U} \quad (\text{Istimawan hal.302})$$

$$e_{\min} = 15 + 0,03 h$$

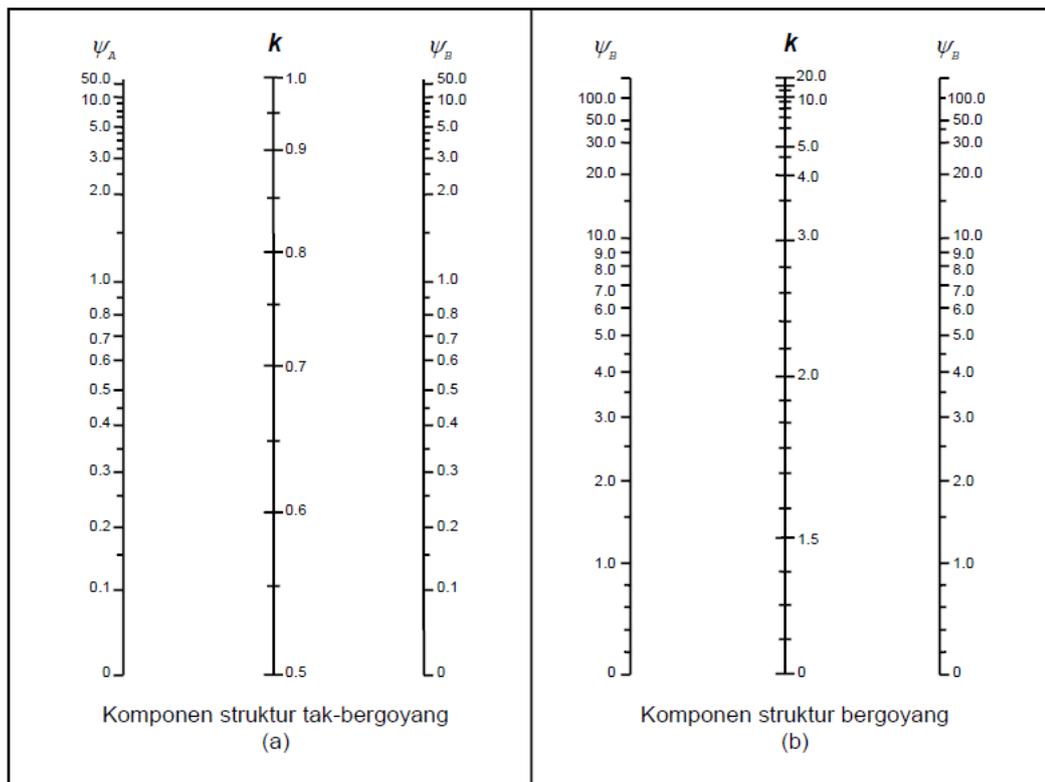
Dimana:

$M_U$  = momen terfaktor pada penampang

$P_U$  = beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan

4. Menghitung nilai kekakuan relative ( $\Psi$ ), menggunakan grafik nomogram

$$\Psi = \frac{\frac{EI_k}{I_k}}{\frac{EI_b}{I_b}}$$



Sumber : SK SNI 03 2847 2002, hal. 78

Gambar 2.21 Nomogram nilai panjang efektif,  $k$

5. Menghitung angka kelangsingan kolom

- Rangka tanpa pengaku lateral, maka :

$$\frac{kl_u}{r} > 22$$

- Rangka dengan pengaku lateral, maka :

$$\frac{kl_u}{r} < 34 - 12 \left( \frac{M_1 b}{M_2 b} \right)$$

- untuk semua komponen struktur tekan dengan  $\frac{kl_u}{r} > 100$  harus digunakan analisa pada Tata cara perhitungan struktur beton bertulang gedung,
- apabila  $\frac{kl_u}{r} < 34 - 12 \left( \frac{M_1 b}{M_2 b} \right)$  atau  $\frac{kl_u}{r} > 22$  maka perencanaan harus menggunakan metode pembesaran momen.

6. Menghitung perbesaran momen

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

Dimana :

$\delta_b$  = faktor pembesar pada dengan pengaku struktur rangka

$\delta_s$  = faktor pembesar ekstra pada struktur rangka tanpa pengaku

$M_{2b}$  = momen kolom terbesar pada struktur rangka dengan pengaku

$M_{2s}$  = momen kolom terbesar akibat goyangan kesamping pada struktur rangka tanpa pengaku

Untuk struktur rangka dengan pengaku, berlaku :

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi \cdot P_c}} \geq 1,0 \rightarrow C_m = 0,6 + 0,4 \cdot \left( \frac{M_1 b}{M_2 b} \right) \geq 0,4$$

Untuk struktur rangka tanpa pengaku, maka :

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

### 7. Desain penulangan

Hitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 1-8 % luas kolom. (Struktur Beton Bertulangan, Istimawan Dipohusodo, hal.292)

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{b \cdot d_{eff}} \rightarrow A_s = A_s'$$

### 8. Tentukan tulangan yang dipakai

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

## 2.3.8 Sloof

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

Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dan perhitungan sloof, yaitu :

1. Penentuan dimensi sloof
2. Penentuan pembebanan sloof serta mencari beban ultimate ( $W_U$ )

Beban mati : berat sendiri sloof, berat dinding dan plesteran

$$W_U = 1,4 \cdot W_{DL}$$

3. Perhitungan momen lentur dan gaya geser
4. Menghitung nilai k

$$k = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d_{eff}^2}$$

Dengan:

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan, MPa

$M_u$  = Momen terfaktor pada penampang, KN/m

b = lebar balok sloof, mm

$d_{eff}$  = tinggi efektif pelat, mm

$\phi$  = faktor kuat rencana = 0,8 (SNI 2002 pasal 11.3, hal 61)

5. Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ )

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

6. Menghitung nilai  $A_s$

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

7. Perhitungan tulangan geser

### 2.3.9 Pondasi

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

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 setempat dan pondasi menerus.

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 bored pile.

Dalam pemilihan jenis pondasi yang didasarkan pada daya dukung tanah, ada beberapa hal perlu diperhatikan, yaitu:

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 setempat, pondasi menerus, pondasi pelat)
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 pondasi bored pile.

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.

Berdasarkan data hasil uji tanah pada lokasi pembangunan Gedung deknat FKM Universitas Sriwijaya yang dijadikan sebagai materi dalam laporan akhir ini, maka jenis pondasi yang dipilih adalah pondasi dalam yaitu tiang pancang beton .

Prosedur perhitungan pondasi tiang pancang:

1. Menentukan beban-beban yang bekerja pada pondasi
2. Menentukan diameter tiang pancang yang digunakan.
3. Menghitung kekuatan tiang

$$Q_{\text{tiang}} = 0,3 \cdot f'_c \cdot A_b$$

4. Menghitung daya dukung ijin 1 tiang :

$$Q_{\text{ijin}} = \frac{N_k \times A_b}{3} + \frac{JHP \times O}{5}$$

Dimana:

$N_k$  = nilai konus dari hasil data sondir,  $\text{kg/cm}^2$

JHP = jumlah hambatan pelek,  $\text{kg/cm}^2$

$A_b$  = luas penampang tiang,  $\text{cm}^2$

O = keliling penampang tiang,  $\text{cm}^2$

5. Menentukan jarak antar tiang

$$1,5 D < S < 3 D$$

6. Menghitung efisiensi kelompok tiang (Eg), menggunakan persamaan

*Converse-Labarre:*

$$Eg = 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \left\{ \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{m \cdot n} \right\}$$

Dimana:

Eg = efisiensi kelompok tiang

$$\theta = \text{arc tg} \left( \frac{B}{S} \right)$$

B = diameter tiang, m

S = jarak tiang, m

$m$  = jumlah baris tiang dalam kelompok tiang, buah

$n$  = jumlah kolom tiang dalam kelompok tiang, buah

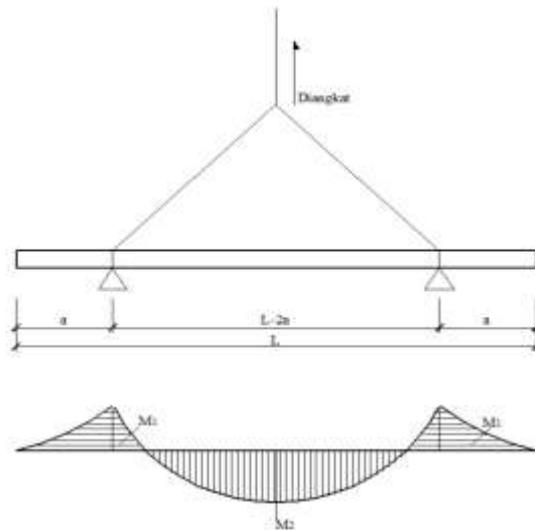
7. Menghitung beban yang dapat dipikul masing-masing tiang

$$Q_i = \frac{Q}{n} \pm \frac{M_y \times X_i}{\Sigma X^2} \pm \frac{M_x \times Y_i}{\Sigma Y^2}$$

8. Penulangan tiang pancang

Penulangan tiang pancang dihitung berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkutan. Beberapa pola pengangkutan tiang pancang, yaitu:

a. Pola pertama



Gambar 2.22 Pengangkutan Tiang Pancang Pola Pertama

$$M_1 = \frac{1}{2} \cdot q \cdot a^2$$

$$M_2 = \left\{ \left( \frac{1}{8} \cdot q \cdot (L-2a) \right) - \left( \frac{1}{2} \cdot q \cdot a^2 \right) \right\}$$

$$M_1 = M_2$$

$$\frac{1}{2} \cdot q \cdot a^2 = \left\{ \left( \frac{1}{8} \cdot q \cdot (L-2a) \right) - \left( \frac{1}{2} \cdot q \cdot a^2 \right) \right\}$$

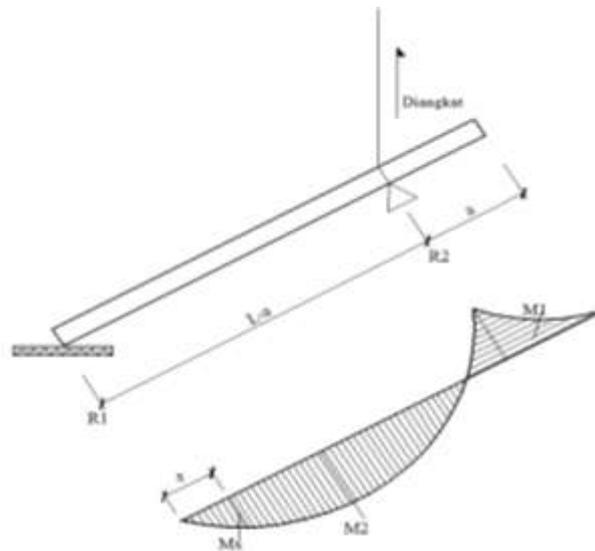
$$4a^2 + 4aL - L^2 = 0$$

Dimana:

$q$  = berat tiang pancang, kg/m

$L$  = panjang tiang, m

## b. Pola kedua



Gambar 2.23 Pengangkatan Tiang Pancang Pola Kedua

$$M_1 = \frac{1}{2} \cdot q \cdot a^2$$

$$R_1 = \frac{1}{2} \cdot q \cdot a^2 - \frac{\frac{1}{2} \cdot q \cdot a^2}{L-a}$$

$$R_1 = \frac{q \cdot (L-a)}{2} - \frac{q \cdot a^2}{2(L-a)}$$

$$R_1 = \frac{q \cdot L^2 - 2 \cdot a \cdot q \cdot L}{2(L-a)}$$

$$M_x = R_1 \cdot x = \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2$$

$$\text{Syarat ekstrim : } \frac{dM_x}{dx} = 0$$

$$R_1 - q \cdot x = 0$$

$$X = \frac{R_1}{q} = \frac{L^2 - 2 \cdot a \cdot L}{2(L-a)}$$

$$M_{\max} = M_2 = R_1 \times \frac{L^2 - 2 \cdot a \cdot L}{2(L-a)} - \frac{1}{2} \cdot q \cdot \left( \frac{L^2 - 2 \cdot a \cdot L}{2(L-a)} \right)^2$$

$$M_{\max} = M_2 = \frac{1}{2} \cdot q \cdot \left( \frac{L^2 - 2 \cdot a \cdot L}{2(L-a)} \right)^2$$

$$M_1 = M_2$$

$$\frac{1}{2} \cdot q \cdot a^2 = \frac{1}{2} \cdot q \cdot \left( \frac{L^2 - 2 \cdot a \cdot L}{2(L-a)} \right)$$

$$a = \left( \frac{L^2 - 2 \cdot a \cdot L}{2(L-a)} \right)$$

$$2a^2 - 4 a \cdot L + L^2 = 0$$

## 2.4 Pengelolaan Proyek

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

### 2.4.1 Rencanakan Kerja dan Syarat-Syarat

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

Untuk dapat menyusun rencana kerja yang baik dibutuhkan :

1. Gambar kerja proyek
2. Rencana anggaran biaya pelaksanaan proyek
3. Daftar volume pekerjaan atau *bill of quantity (BQ)*
4. Data lokasi proyek
5. Data sumberdaya yang meliputi material, peralatan, sub kontraktor yang tersedia disekitar lokasi pekerjaan proyek berlangsung
6. Data sumberdaya yang meliputi material, peralatan, sub kontraktor yang harus didatangkan ke lokasi proyek
7. Data kebutuhan tenaga kerja dan ketersediaan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan
8. Data cuaca atau musim di lokasi pekerjaan proyek.
9. Data jenis transportasi yang dapat digunakan di sekitar lokasi proyek
10. Metode kerja yang digunakan untuk melaksanakan masing – masing item pekerjaan

11. Data kapasitas produksi meliputi peralatan, tenaga kerja, sub kontraktor, material
12. Data keuangan proyek meliputi arus kas, cara pembayaran pekerjaan, tenggang waktu pembayaran progress dll

#### **2.4.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

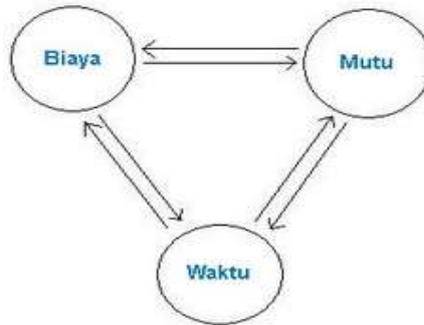
Rencana Anggaran Biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda 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.

#### **2.4.3 Rencana pelaksanaan**

##### **1. Network Planning (NWP)**

Dalam menyelesaikan pekerjaan konstruksi dibutuhkan suatu perencanaan waktu yang akan diperlukan untuk menyelesaikan tiap pekerjaan yang akan dilaksanakan. NWP adalah suatu alat 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 menyelaraskan antara biaya proyek yang optimal mutu pekerjaan yang baik/berkualitas, dan waktu pelaksanaan yang tepat. Karena ketiganya adalah 3 elemen yang saling mempengaruhi



Gambar 3.24 Circles diagram

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.

Macam – macam network planning :

- a. CMD : Chart Method Diagram
- b. NMT : Network Management Technique
- c. PEP : Program Evaluation Procedure
- d. CPA : Critical Path Analysis
- e. CPM : Critical Path Method
- f. PERT : Program Evaluation and Review Technique

## 2. Bar Chart

Bar chart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal. Kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat secara jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

- a. Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- b. Urutan pekerjaan, dari daftar item kegiatan tersebut di atas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.
- c. Waktu pelaksanaan pekerjaan, adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan. (Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Revisi / Wulfram I. Ervianto)

### 3. Kurva S

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

