

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

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 landasan teori berupa analisis struktur, ilmu tentang kekuatan bahan serta hal lain yang berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia. Ilmu teoritis diatas 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.

Perencanaan dari konstruksi bangunan juga harus memenuhi berbagai syarat konstruksi yang telah ditentukan yaitu kuat, kaku, bentuk yang serasi dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang ekonomis tapi tidak mengurangi mutu bangunan tersebut, sehingga dapat digunakan sesuai dengan fungsi utama yang diinginkan oleh perencana.

#### **2.2 Ruang Lingkup Perencanaan**

Ruang lingkup perencanaan meliputi beberapa tahapan-tahapan antara lain : persiapan, mendesain bangunan, perhitungan struktur, dan perhitungan biaya.

##### **2.2.1 Perencanaan Konstruksi**

Struktur adalah satu 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.

Adapun struktur pendukung terdiri dari 2, yaitu :

1. Struktur bangunan atas (*Upper Structure*)

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

- a. Tahan api
- b. Kuat dan kokoh, setiap bangunan yang direncanakan harus kuat menahan beban dan tahan terhadap goyangan yang diakibatkan oleh gempa, beban angin, dan sebagainya.
- c. Awet untuk jangka waktu yang lama.
- d. Ekonomis, setiap konstruksi yang dibangun harus seekonomis mungkin dan disesuaikan dengan biaya yang ada tanpa mengurangi mutu dan kekuatan bangunan.
- e. Aman dan nyaman, setiap bangunan yang dibangun harus memperhatikan aspek-aspek kenyamanan serta orang-orang yang menghuni merasa aman dan nyaman.

Perhitungan perencanaan bangunan atas meliputi :

1. Perhitungan pelat atap
2. Perhitungan pelat lantai
3. Perhitungan tangga
4. Perhitungan portal
5. Perhitungan balok
6. Perhitungan kolom

## 2. Struktur Bangunan Bawah

Struktur bangunan bawah adalah sistem pendukung bangunan yang menerima beban struktur atas untuk diteruskan ke tanah di bawahnya.

Perhitungan perencanaan bangunan bawah meliputi :

1. Perhitungan sloof
2. Perhitungan pondasi.

### 2.2.2 Dasar-Dasar Perencanaan

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

1. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SK SNI 03-2847-2002)

Buku ini memuat persyaratan-persyaratan umum serta ketentuan teknis perencanaan dan pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung atau struktur bangunan lain yang mempunyai kesamaan karakter dengan struktur bangunan gedung. Buku ini dijadikan pedoman untuk mengarahkan terciptanya pekerjaan perencanaan dan pelaksanaan beton yang memenuhi ketentuan minimum untuk hasil struktur yang aman dan ekonomis.

2. Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang, berdasarkan SK. SNI T15-1991-03. Oleh W.C Vis dan Gideon Kusuma. Buku ini membahas pengertian-pengertian umum dan perhitungan gaya yang terjadi pada konstruksi beton serta mengenai Grafik dan Tabel yang digunakan dalam perhitungan struktur beton bertulang.
3. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPURG) 1987 atau SNI 1727-1989-F. Oleh Departemen Pekerjaan Umum, pedoman ini digunakan untuk menentukan beban yang diizinkan untuk

merencanakan bangunan rumah serta gedung. Ketentuan ini memuat beban-beban yang harus diperhitungkan dalam perencanaan bangunan.

4. Struktur Beton Bertulang, berdasarkan SK. SNI T-15-1991-03. Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, oleh Istimawan Dipohusodo. Buku ini menjanjikan dasar-dasar pengertian system struktur beton sederhana pada umumnya, dan perilaku serta kekuatan komponen struktur beton bertulang pada khususnya.

Suatu struktur bangunan juga harus direncanakan kekuatannya terhadap suatu pembebanan, adapun jenis pembebanan antara lain:

1. Beban Mati

Beban semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung, hal 1)

Beban mati merupakan berat sendiri dari komponen gedung. Nilai-nilainya dapat dilihat pada table 2.1.

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan Dan Komponen Gedung

<b>BAHAN BANGUNAN</b>	
Baja	7.850 kg/m <sup>3</sup>
Batu Alam	2.600 kg/m <sup>3</sup>
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500 kg/m <sup>3</sup>
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m <sup>3</sup>
Batu pecah	1.450 kg/m <sup>3</sup>
Besi tuang	7.250 kg/m <sup>3</sup>
Beton	2.200 kg/m <sup>3</sup>
Beton bertulang	2.400 kg/m <sup>3</sup>
Kayu kelas I	1.000 kg/m <sup>3</sup>
Kerikil, koral, (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1.650 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan bata merah	1.700 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu belah, batu gunung	2.200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu cetak	2.200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu karang	1.450 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (jenuh air)	1.800 kg/m <sup>3</sup>
Pasir kerikil, koral ( kering udara sampai lembab)	1.850 kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700 kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000 kg/m <sup>3</sup>
Tanah hitam	11.400 kg/m <sup>3</sup>
<b>KOMPONEN GEDUNG</b>	
Adukan, per cm tebal :	

- Dari semen	21	kg/m <sup>2</sup>
- Dari kapur, semen merah atau tras	17	kg/m <sup>2</sup>
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral tambahan, per cm tebal	14	kg/m <sup>2</sup>
Dinding Pas. Bata merah :		
- Satu batu	450	kg/m <sup>2</sup>
- Setengah batu	250	kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan batako :		
Berlubang :		
- Tebal dinding 20 cm (HB 20)	200	kg/m <sup>2</sup>
- Tebal dinding 10 cm (HB 10)	120	kg/m <sup>2</sup>
Tanpa lubang :		
- Tebal dinding 15 cm	300	kg/m <sup>2</sup>
- Tebal dinding 10 cm	200	kg/m <sup>2</sup>
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari :		
Semen asbes (eternity dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11	kg/m <sup>2</sup>
Kaca, dengan tebal 3-5 mm	10	kg/m <sup>2</sup>
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m <sup>2</sup>	40	kg/m <sup>2</sup>
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s. minimum 0,8 m	7	kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m <sup>2</sup> bidang atap	50	kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso per m <sup>2</sup> bidang atap	40	kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gording	10	kg/m <sup>2</sup>
Penutup lantai dari ubin semen Portland teraso dan beton, tanpa adukan per cm tebal	24	kg/m <sup>2</sup>
semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11	kg/m <sup>2</sup>

Sumber : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1987. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1987

## 2. Beban Hidup

Semua beban yang terjadi akibat pemakaian dan penghunian suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat pindah dan beban akibat air hujan pada atap, terdiri dari : beban bekerja, beban hidup pada tangga/bordes, beban hidup lantai, beban hujan. (Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung / SKBI-1.3.53.1987, hal 2). Beban Hidup pada lantai gedung, sudah termasuk perlengkapan ruang sesuai dengan kegunaan dan juga dinding pemisah ringan ( $q \leq 100 \text{ kg/m}^1$ ). Beban berat dari lemari arsip, alat dan mesin harus ditentukan sendiri. Beban hidup merupakan beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang

yang dapat pindah dan beban akibat air hujan pada atap. Nilai-nilainya dapat dilihat pada table 2.2.

Tabel 2.2 Beban Hidup pada Lantai Gedung

<b>Beban Hidup Pada Lantai Gedung</b>			
a.	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam <b>b</b>	200	Kg/m <sup>2</sup>
b.	Lantai dan tangga rumah sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan toko, pabrik atau bengkel.	125	Kg/m <sup>2</sup>
c.	Lantai sekolah, ruang kuliah kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama, dan rumah sakit.	250	Kg/m <sup>2</sup>
d.	Lantai ruang olahraga	400	Kg/m <sup>2</sup>
e.	Lantai ruang dansa	500	Kg/m <sup>2</sup>
f.	Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari pada yang disebut dalam <b>a s/d e</b> , seperti masjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton.	400	Kg/m <sup>2</sup>
g.	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri.	500	Kg/m <sup>2</sup>
h.	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam <b>c</b>	300	Kg/m <sup>2</sup>
i.	Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam <b>d, e, f dan g</b> .	250	Kg/m <sup>2</sup>
j.	Lantai ruang pelengkap dari yang disebut dalam <b>c, d, e, f, dan g</b> .	250	Kg/m <sup>2</sup>
k.	Lantai untuk: pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri, <u>dengan minimum</u>	400	Kg/m <sup>2</sup>
l.	Lantai gedung parkir bertingkat :		
	- Untuk lantai bawah	800	Kg/m <sup>2</sup>
	- Untuk lantai tingkat lainnya	400	Kg/m <sup>2</sup>
m.	Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum.	300	Kg/m <sup>2</sup>

Sumber : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, 1987. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1987

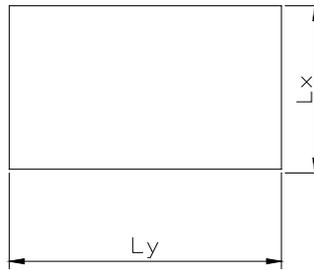
## 2.3 Perhitungan Struktur

### 2.3.1 Perencanaan Pelat Beton

Pelat beton bertulang dalam suatu struktur dipakai pada lantai dan atap. Pada pelat yang ditumpu balok pada keempat sisinya, terbagi dua berdasarkan geometrinya, yaitu:

#### a. 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 2.1  $L_y$  ,  $L_x$  pada 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 pada beban atau momen lentur yang bekerja, defleksi yang terjadi, dan kebutuhan kuat geser yang dituntut (Dipohusodo, 1999:56 ).

- b. Menghitung Beban Mati Pelat Termasuk Beban Sendiri Pelat Dan Beban Hidup Serta Menghitung Momen Rencana ( $W_u$ ).

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

$W_{DD}$  = Jumlah Beban Mati Pelat ( KN/m )

$W_{LL}$  = Jumlah Beban Hidup Pelat ( KN/m )

- c. Menghitung Momen Rencana ( $M_u$ ) Baik Dengan Cara Tabel Atau Analisis.

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 ( $d_{eff}$ )

Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

Tabel 2.3 Perkiraan Tebal Selimut Beton

	Tebal Selimut Minimum (mm)
a. Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	70
b. Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca:	
1. Batang D-19 hingga D-56.....	50
2. Batang D-16, jaring kawat polos atau ulir D16 dan yang lebih kecil.....	40
c. Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau tanah:	
1. Pelat, dinding, pelat berusuk:	
Batang D-44 dan D-56 .....	40
Batang D-36 dan yang lebih kecil .....	20
2. Balok, kolom:	
Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral .....	40
3. Komponen struktur cangkang, pelat lipat:	
Batang D-19 dan yang lebih besar .....	20
Batang D-16, jaring kawat polos atau ulir P16 dan yang lebih kecil .....	15

e. Menghitung  $K_{perlu}$

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

$k$  = faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

$M_u$  = Momen terfaktor pada penampang ( KN / m )

$b$  = lebar penampang ( mm ) diambil 1 m

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

$\phi$  = faktor Kuat Rencana ( SNI 2002 Pasal 11.3, hal 61 butir ke- 2 )

f. Menentukan rasio penulangan (  $\rho$  ) dari tabel.

Jika  $\rho > \rho_{max}$ , maka pelat dibuat lebih tebal.

g. Hitung  $A_s$  yang diperlukan.

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

$A_s$  = luas tulangan ( mm<sup>2</sup> )

$\rho$  = Rasio penulangan

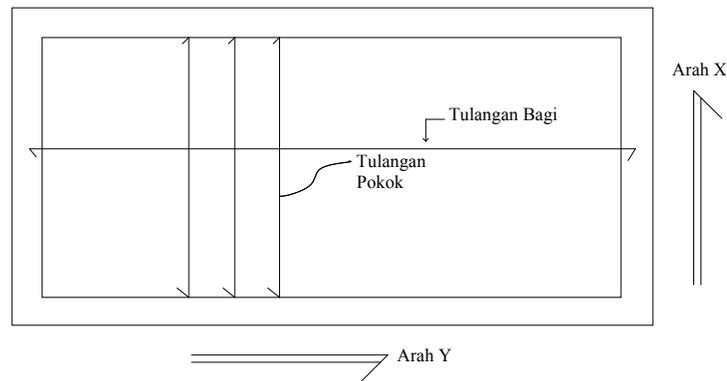
$d_{eff}$  = Tinggi efektif pelat ( mm )

h. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan suhu dan susut dengan menggunakan tabel.

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 (polosatauulir) mutu 400 adalah 0,0018
  - c) Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35% adalah  $0,0018 \times 400/f_Y$
2. Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari lima kali tebal pelat, atau 450 mm.

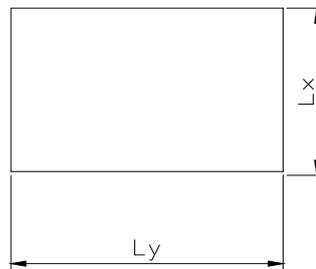
a. Penggambaran Tulangan



Gambar 2.2 Penulangan Pelat Satu Arah

b. Pelat dua Arah (Two Way Slab)

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 2.3  $L_y$ ,  $L_x$  pada Pelat Dua Arah

Berikut adalah prosedur perencanaan perhitungan pelat dua arah :

1. Menghitung H minimum Pelat

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

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

Tabel 2.4 Tebal minimum pelat

Tegangan Leleh (MPa)	Tanpa Penebalan			Dengan Penebalan		
	Panel Luar		Panel Dalam	Panel Luar		Panel Dalam
	Tanpa Balok Penggir	Dengan Balok Pinggir		Tanpa Balok	Dengan Balok Pinggir	
300	ln/33	ln/36	ln/36	ln/36	ln/40	ln/40
400	ln/30	ln/33	ln/33	ln/33	ln/36	ln/36
500	ln/28	ln/31	ln/31	ln/31	ln/34	ln/34

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

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

Dan tidak boleh kurang dari 120 mm.

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

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

Dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

Dimana :

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

$E_{cb}$  = modulus elastis balok beton

Ecs = modulus elastis pelat beton

Ib = inersia balok ( $\frac{bt^3}{12}$ )

Is = inersia pelat ( $\frac{I_n h^3}{12}$ )

ln = jarak bentang bersih ( mm )

t = tinggi balok

h = tebal pelat

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

Menghitung beban rencana pelat

$W_u = 1,2 WDD + 1,6 WLL + 0,5 R$

(SNI 03-2847-2002 : hal.59)

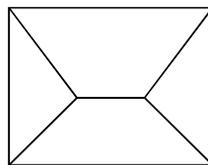
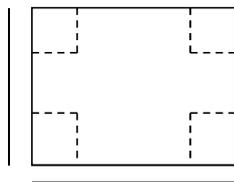
WDD = Jumlah Beban Mati Pelat ( KN/m )

WLL = Jumlah Beban Hidup Pelat ( KN/m )

Menghitung momen rencana (Mu)

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

I.



$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$

$M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$

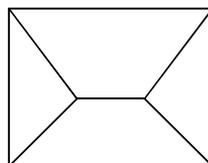
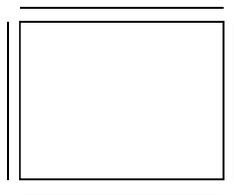
$M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$

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

$M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$

$M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$

II



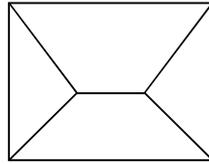
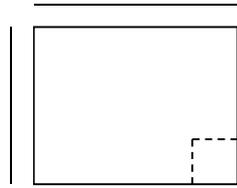
$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$

$M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$

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

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

III.



$$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

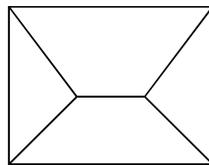
$$M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

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

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

$$M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$$

$$M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$$

IV.<sup>A</sup>

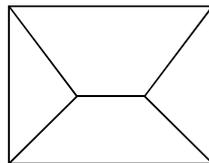
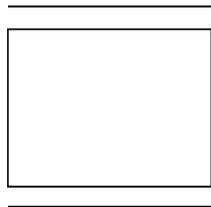
$$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

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

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

$$M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$$

IV.<sup>B</sup>

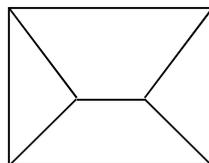
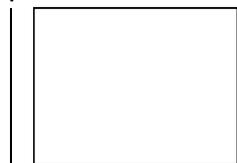
$$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

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

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

$$M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$$

V.<sup>A</sup>

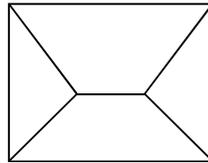
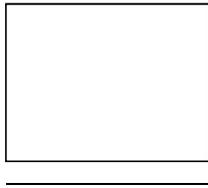
$$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

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

$$M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$$

$$M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$$

V.<sup>B</sup>

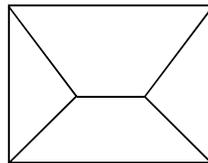
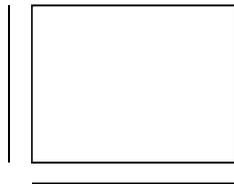
$$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

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

$$M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$$

$$M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$$

VI.<sup>A</sup>

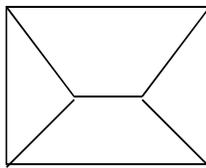
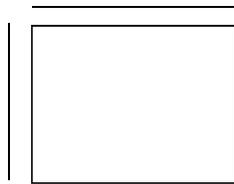
$$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

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

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

$$M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$$

VI.<sup>B</sup>

$$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

$$M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$$

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

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

$$M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$$

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

$$d_x = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan arah } x$$

$$d_y = h - \text{tebal selimut beton} - \varnothing \text{ tulangan pokok } x - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan arah } y$$

d. Menghitung  $K_{\text{perlu}}$ 

$$k = \frac{M_u}{\varnothing b d_{\text{eff}}^2}$$

$k$  = 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 )

$\phi$  = faktor Kuat Rencana (SNI 2002 Pasal 11.3, hal 61 butir ke.2)

e. Menentukan rasio penulangan (  $\rho$  ) dari tabel.

Jika  $\rho > \rho_{\text{max}}$ , maka pelat dibuat lebih tebal.

f. Hitung  $A_s$  yang diperlukan.

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

$A_s$  = Luas tulangan ( mm<sup>2</sup>)

$\rho$  = rasio penulangan

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

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

$A_{s_{\text{min}}}$  harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014:

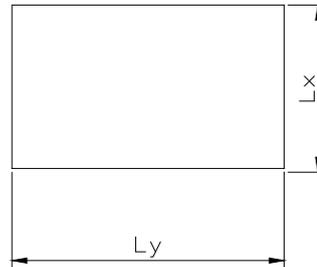
- a) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 adalah 0,0020
- b) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 400 adalah 0,0018
- c) Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35%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

$A_{s_{\text{min}}}$  harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari tiga kali tebal pelat, atau 450 mm.

g. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan suhu dan susut dengan menggunakan tabel.

h. Menggambarkan detail penulangan pelat

c. Pelat yang ditumpu pada ketiga sisinya



Gambar 2.4  $L_y$ ,  $L_x$  pada Pelat yang ditumpu pada ketiga sisinya

- Untuk  $\frac{L_y}{L_x} \leq 0,5$  yaitu seluruh beban dipikul dalam arah panjang ( $L_y$ ) dengan momen lapangan arah  $y$ ,  $M_{ly} = \frac{1}{8} \cdot W_u \cdot L_y^2$  dan momen jepit tidak terduga  $M_{ty} = \frac{1}{24} \cdot W_u \cdot L_y^2$
- Untuk  $\frac{L_y}{L_x} \geq 0,5$  yaitu seluruh beban dipikul dalam arah bentang ( $L_x$ ) dalam perencanaanya. Seperti pada konstruksi jepit bebas dengan momen tumpuan  $-\frac{1}{2} \cdot W_u \cdot L_x^2$
- Untuk nilai  $0,5 \leq \frac{L_y}{L_x} \leq 0,5$  yaitu pelat berperilaku sebagai system dua arah dengan  $M_{ly} = k_y \cdot (\frac{1}{8} \cdot W_u \cdot L_y^2)$  dan  $M_{tx} = k_x \cdot (-\frac{1}{2} \cdot W_u \cdot L_x^2)$

Tabel 2.5 Tabel pelat yang ditumpu ketiga sisinya

$L_y/L_x$	$K_y$	$K_x$
0,5	1,0	0,00
1,0	0,9	0,10
1,5	0,65	0,35
2,0	0,37	0,63
3,0	0,10	0,90
4,0	0,04	0,96
5,0	0,50	1,0

### 2.3.2 Perencanaan Tangga

Tangga adalah suatu konstruksi yang menghubungkan antara tempat yang satu dan tempat lainnya yang mempunyai ketinggian berbeda, dan dapat dibuat dari kayu, pasangan batu bata, baja, dan beton.

Tangga terdiri dari anak tangga dan pelat tangga. Anak tangga terbagi menjadi 2 bagian, yaitu :

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

Syarat-syarat umum tangga :

- a. Tangga harus mudah dijalani atau dinaiki
- b. Tangga harus cukup kuat dan kaku
- c. Ukuran tangga harus sesuai dengan sifat dan fungsinya
- d. Material yang digunakan untuk pembuatan tangga terutama pada gedung-gedung umum harus berkualitas baik, tahan dan bebas dari bahaya kebakaran
- e. Letak tangga harus strategis
- f. Sudut kemiringan tidak lebih dari  $45^\circ$

Syarat-syarat khusus tangga :

1. Untuk bangunan rumah tinggal
  - a. Antrede = 25 cm (minimum)
  - b. Optrede = 20 cm (maksimum)
  - c. Lebar tangga = 80 – 100 cm
2. Untuk perkantoran dan lain-lain
  - a. Antrede = 25 cm (minimum)
  - b. Optrede = 17 cm (maksimum)
  - c. Lebar tangga = 120 - 200 cm

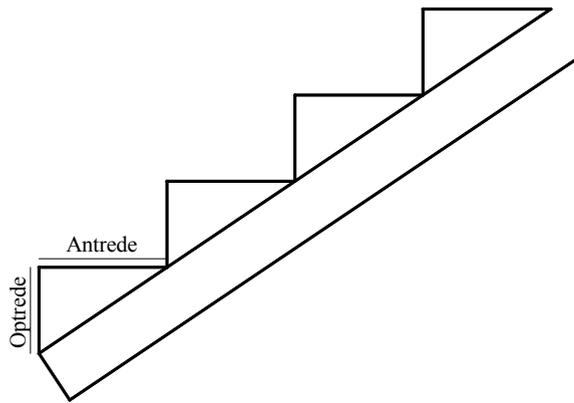
## 3. Syarat langkah

$$2 \text{ optrede} + 1 \text{ antrede} = 58 - 70 \text{ cm}$$

## 4. Sudut kemiringan

$$\text{Maksimum} = 45^\circ$$

$$\text{Minimum} = 25^\circ$$



Gambar 2.5 Antrede dan optrede tangga

Prosedur perhitungan perencanaan tangga, yaitu :

## a. Menentukan ukuran atau dimensi

- 1) Menentukan ukuran optrede antrede
- 2) Menentukan jumlah optrede antrede
- 3) Menghitung panjang tangga

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

## 4) Menghitung sudut kemiringan tangga

$$\text{Sudut kemiringan} = \tan(\text{tinggi tangga} / \text{panjang tangga})$$

## 5) Menentukan tebal pelat

## b. Menghitung beban – beban pada tangga

1) Beban mati (  $W_D$  )

- Berat sendiri bordes
- Berat pelat

2) Beban hidup (  $W_L$  )

- c. Menghitung gaya – gaya yang bekerja dengan menggunakan metode cross
- d. Menghitung tulangan tangga dan bordes
  - Menentukan tinggi efektif ( $d_{\text{eff}}$ )
 
$$d = h - p - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan pokok}$$
  - Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ ) dari tabel.
    - jika  $\rho > \rho_{\text{min}}$   $\longrightarrow$  ambil nilai  $\rho$
    - Jika  $\rho < \rho_{\text{min}}$   $\longrightarrow$  ambil nilai  $\rho_{\text{min}}$
  - Hitung As yang diperlukan.
 
$$A_s = \rho d_{\text{eff}}$$

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

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

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

### 2.3.3 Perencanaan Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sebagai satu kesatuan yang lengkap. Untuk menghitung dan menentukan besarnya momen yang bekerja pada suatu struktur bangunan, digunakan metode *takabeya*, ataupun metode dengan menggunakan bantuan komputer yaitu menggunakan program SAP 2000 14.

1. Perencanaan portal dengan menggunakan takabeya
  - a. Perencanaan portal akibat beban mati
 

Langkah-langkah perencanaan adalah sebagai berikut

    - Menentukan pembebanan pada portal
      1. Beban pelat
      2. Beban pelat
      3. beban penutup lantai dan adukan
      4. Berat balok

5. Berat pasangan dinding (jika ada)

- Menghitung momen inersia kolom dan balok

$$I = 1/12 b.h^3$$

- Menghitung kekakuan kolom dan balok

$$K_y = \frac{I_y}{L_y}$$

- Menghitung koefisien distribusi ( $\rho$ )

$$\rho = 2 \cdot \sum K_y \longrightarrow (K_y = K \text{ total pada titik yang ditinjau})$$

- Menghitung faktor distribusi ( $\gamma$ )

$$\gamma_y = \frac{K_y}{\rho_i}$$

- Menghitung momen primer (M)

Menghitung jumlah momen primer pada tiap titik ( $\tau$ )

$$\tau = (\sum \bar{M})$$

- Menghitung momen goyangan ( $M^\circ$ )

$$M^\circ = \frac{\tau}{\rho}$$

- Perataan momen

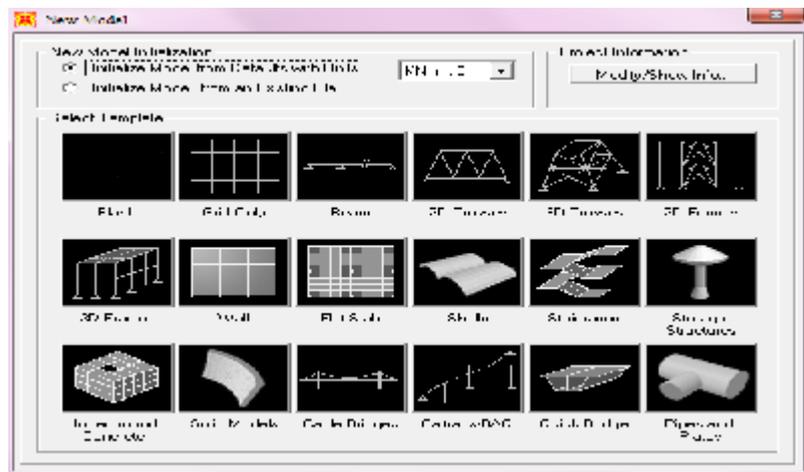
$$M_i^n = \frac{\tau_i}{\rho_i} + \gamma_{ij} x M_i$$

- Menghitung momen final
- Penggambaran free body dan bidang gaya dalam

b. Perencanaan portal akibat beban hidup

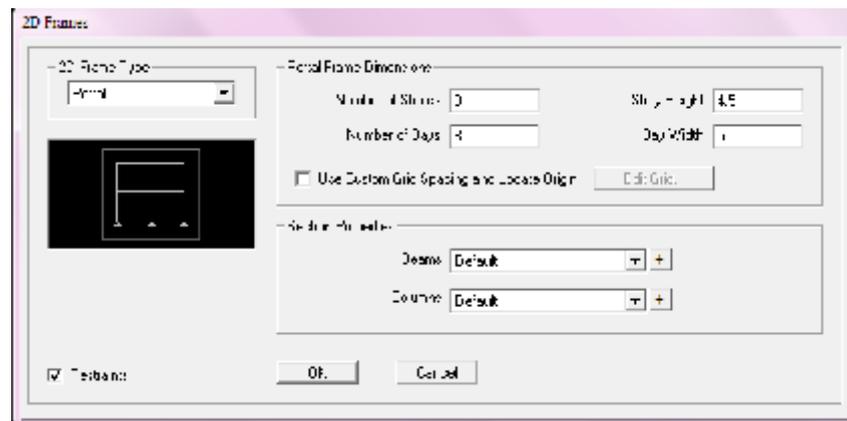
Untuk merencanakan portal akibat beban hidup perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Menentukan pembebanan pada portal
  2. Perhitungan akibat beban hidup = perhitungan akibat beban mati
- Langkah-langkah menghitung portal dengan menggunakan Program SAP 2000. V14 :
- 1) Membuat model struktur memanjang
    - a) Mengklik file pada program untuk memilih model portal.

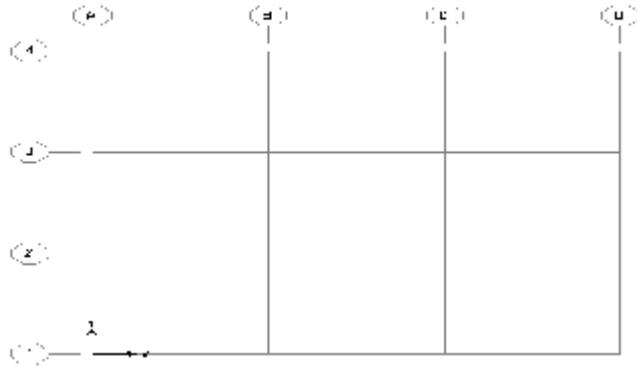


Gambar 2.6 model portal

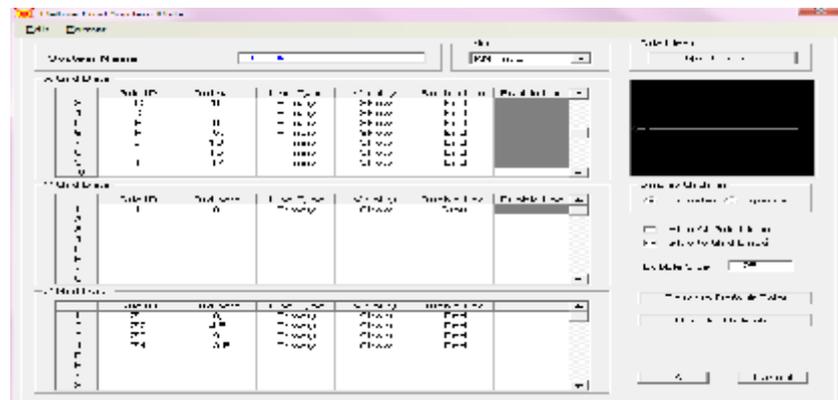
- b) Pilih model grid 2D pada model diatas dan masukkan data-data sesuai perencanaan.



Gambar 2.7 Portal 2D

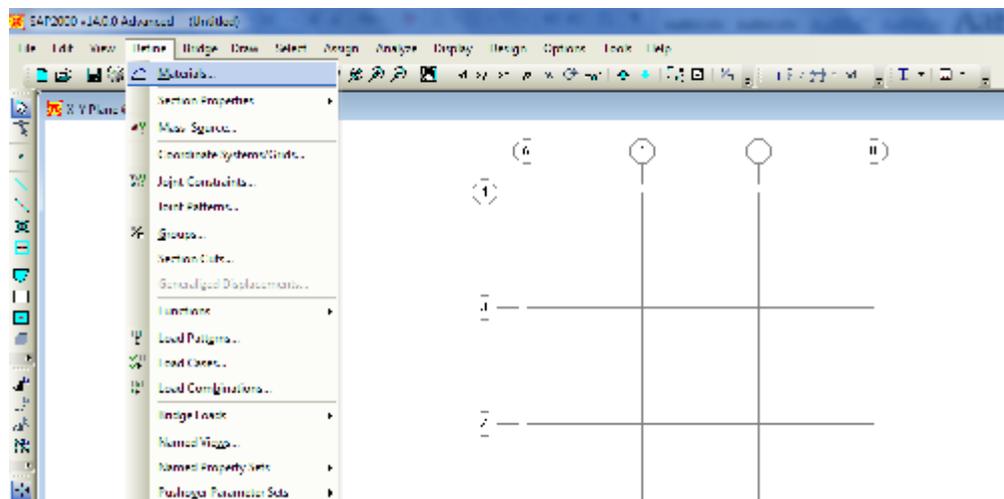


Gambar 2.8 Batang Portal

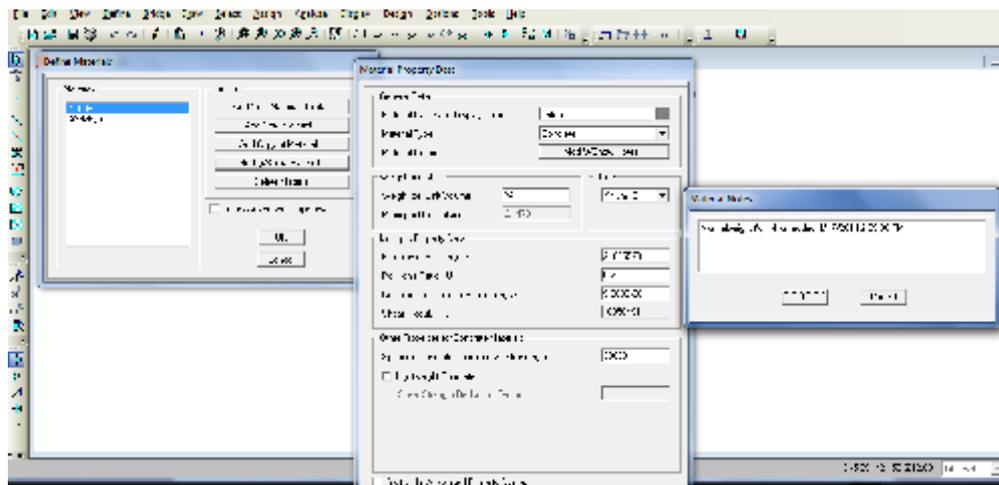


Gambar 2.9 Define Grid System Data

- 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.**



Gambar 2.10 Input Material

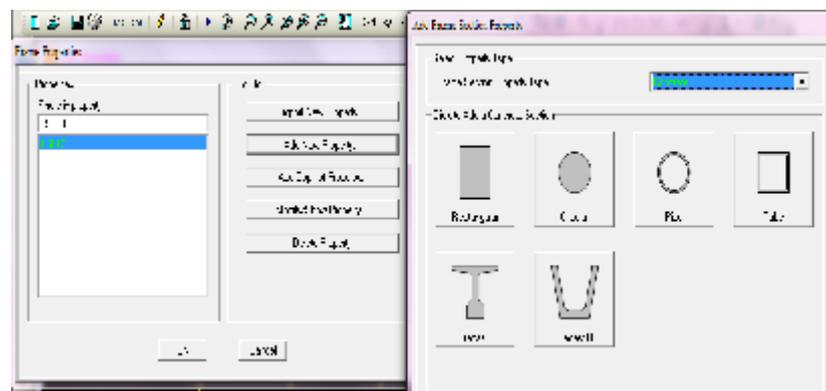


Gambar 2.11 Material

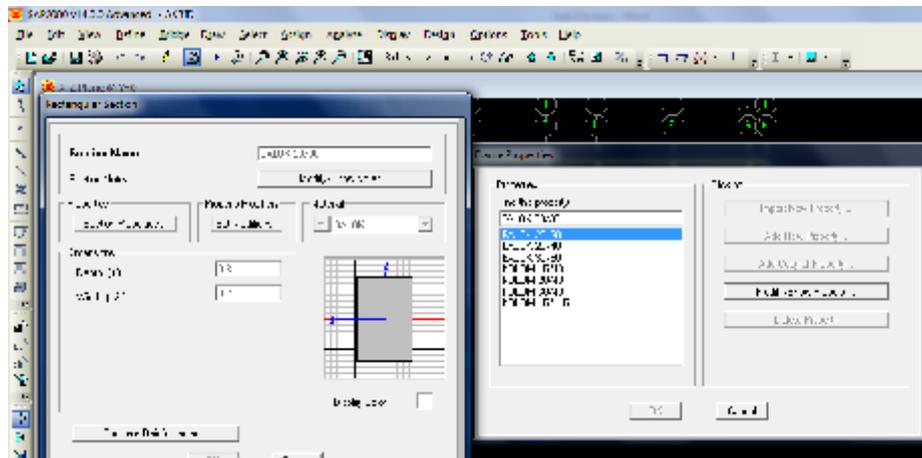
d) Input data dimensi struktur

- Kolom : ( 400 x 300 ) mm
- Kolom : ( 150 x 150 ) mm
- Kolom : ( 400 x 150 ) mm
- Kolom : ( 400 x 200 ) mm
- Balok : ( 200 x 300 ) mm
- Balok : ( 200 x 400 ) mm
- Balok : ( 300 x 600 ) mm

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



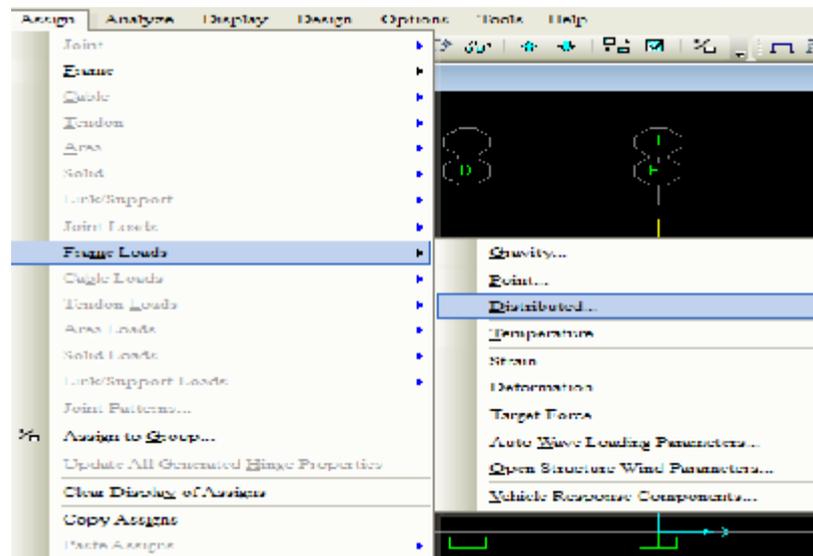
Gambar 2.12 Dimensi Balok dan Kolom



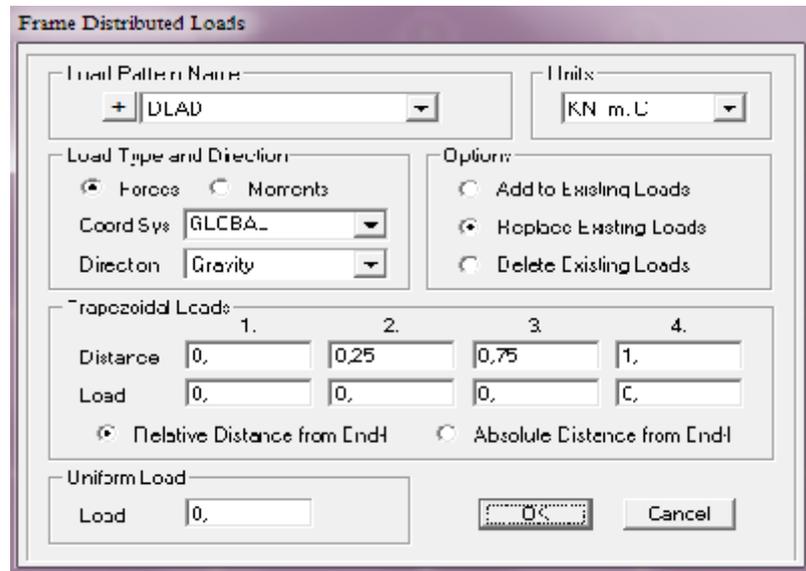
Gambar 2.13 Dimensi Balok

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.



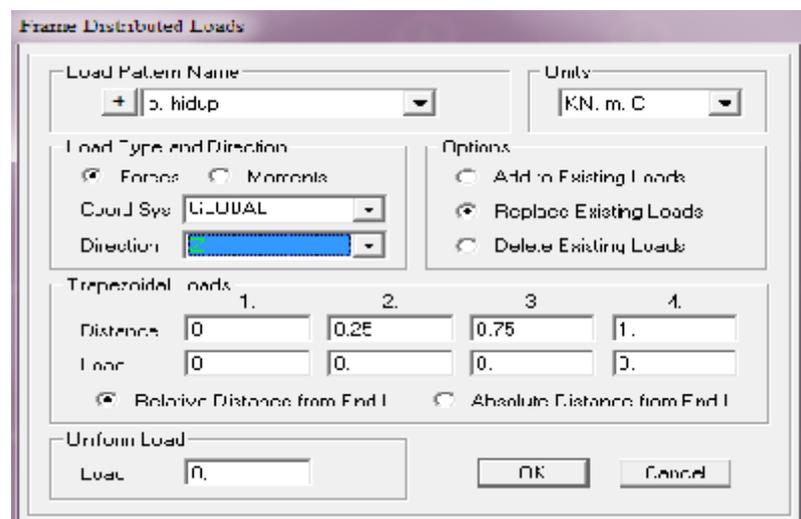
Gambar 2.14 Beban Merata



Gambar 2.15 Nilai Beban Merata

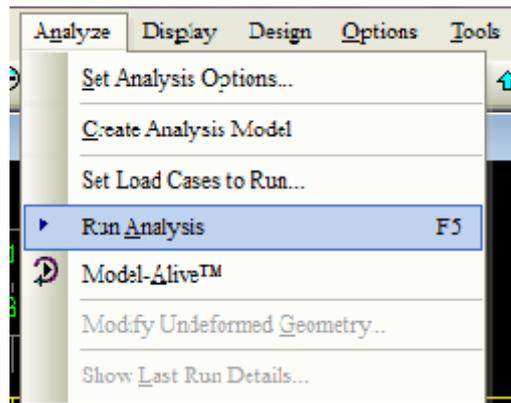
f) *Input*-kan data akibat beban hidup (*Live*)

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.

Gambar 2.16 *Frame Distributed Loads*

g) *Run Analysis*

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



Gambar 2.17 *Run Analisis*

## 3. 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  $250 \text{ kg/m}^2$  (pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung SKBI-1.3.53.19876.hal 12)
- b. Beban hidup pada atap diambil sebesar  $100 \text{ kg/m}^2$

#### 2.3.4 Perencanaan Balok

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

1. Berdasarkan perencanaan lentur jenis balok dibedakan sebagai berikut :
  - a. Balok persegi dengan tulangan tunggal

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

b. Balok persegi dengan tulangan rangkap

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

c. Balok “ T ”

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

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

a. Balok Induk

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

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

- 1) Menentukan mutu beton yang akan digunakan
- 2) Menghitung pembebanan yang terjadi, seperti :
  - a) Beban mati
  - b) Beban hidup
  - c) Beban balok
- 3) Menghitung beban ultimate
  - $M_u = 1,2 MDL + 1,6 MLL$
- 4) Menghitung momen dan gaya geser rencana yang terjadi
  - a) Menghitung momen lentur maksimum dengan cara :

- Menentukan momen maksimum
- Menentukan  $d_{efektif} = h - p - \phi_{senggang} - \frac{1}{2} \phi_{tulanganutama}$
- Menentukan K

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

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

Pilih tulangan dengan dasar  $A_s \geq A_s$  direncanakan

b) Menghitung gaya geser rencana dengan rumus :

$$V_c = \left( \frac{\sqrt{f_c'}}{6} \right) \times b_w \times d \quad (\text{untuk komponen struktur yang hanya yang dibebani oleh geser dan lentur saja (SK SNI 03-2847-2002 13.3.1(1))})$$

$$V_s > \frac{2}{3} b_w \cdot d \cdot \sqrt{f_c'} \longrightarrow \text{Perbesar penampang beton}$$

$$V_s < \frac{2}{3} b_w \cdot d \cdot \sqrt{f_c'} \longrightarrow \text{Lanjut hitung tulangan geser}$$

$$\text{Bandingkan } V_s \text{ dengan } \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{f_c'}$$

Jika  $V_s > \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{f_c'}$  maka spasi maksimum yang dibutuhkan :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Sperlu} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ S_{\text{maks}} = d/4 \\ S_{\text{maks}} = 300 \text{ mm} \end{array} \right\} \text{ambil nilai terkecil}$$

Jika  $V_s < \frac{1}{3} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{f_c'}$  maka, spasi maksimum yang dibutuhkan :

$$S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

$$S_{\text{maks}} = d/2$$

$$S_{\text{maks}} = 600 \text{ mm}$$

} ambil nilai terkecil

Jika hasil  $V_s$  nilainya (-) negatif maka, spasi maksimum yang dibutuhkan

$$S_{\text{perlu}} = \frac{3A_v \cdot f_y}{b_w}$$

$$S_{\text{maks}} = d/2$$

$$S_{\text{maks}} = 600 \text{ mm}$$

} ambil nilai terkecil

#### b. Balok Anak

Balok Anak adalah balok yang bertumpu pada balok induk atau tidak bertumpu langsung pada kolom. Balok ini berguna untuk memperkecil tebal pelat dan mengurangi besarnya lendutan yang terjadi. Untuk merencanakan balok anak beton bertulang sama dengan perhitungan balok induk.

### 2.3.5 Perencanaan Kolom

Kolom adalah elemen struktur yang terkena beban tekan tanpa memperhatikan momen lentur juga bekerja. Kolom beton bertulang mempunyai tulangan longitudinal, yang paralel dengan arah kerja beban dan disusun menurut pola segi-empat, bujur sangkar dan lingkaran ( Wahyudi dan Rahim, 1997:189).

#### 1. Ketentuan perencanaan kolom

Ketentuan perencanaan kolom adalah sebagai berikut :

1. Dimensi batang terpendek tidak boleh  $< 300 \text{ mm}$  (  $b < 300 \text{ mm}$  )
2. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi yang tegak lurus padanya tidak boleh  $< 0,4$  (  $\frac{h}{b} < 0,4$  )

3. Rasio tinggi kolom terhadap dimensi kolom terpendek adalah tidak boleh  $> 25$ , untuk kolom yang dapat mengalami momen yang dapat berbalik tanda rasionya tidak boleh  $> 16$ , untuk kolom kantilever rasionya tidak boleh  $> 10$
4. Jumlah ruas tulangan memanjang untuk rasio tulangan  $\rho$  adalah tidak boleh  $< 0,001$  dan tidak boleh  $> 0,06$  dan pada daerah sambungan tidak boleh  $> 0,08$  pada perencanaan gempa
5. Tulangan pokok memanjang berpengikat sengkang minimum 4 batang tulangan untuk bentuk segiempat dan lingkaran serta 3 buah batang tulangan segitiga dan 6 buah batang tulangan yang dikelilingi spiral
6. Tebal minimum untuk selimut beton adalah 40 mm

## 2. Langkah-langkah perencanaan kolom

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

Prosedur perhitungan struktur kolom, yaitu :

1. Menentukan momen yang diperbesar untuk kolom

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

$E_c$  = modulus elastis beton,  $E_c = 4700\sqrt{f'_c}$

$I_g$  = momen inersia penampang beton

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

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

2. Menentukan momen yang diperbesar untuk balok

$$EI_k = \frac{\left(\frac{E_c I_g}{5}\right)}{1 + \beta_d}$$

3. Menghitung nilai kekakuan relatif

$$\psi = \frac{\frac{EI_k}{l_k}}{\frac{EI_b}{l_b}}$$

Dari grafik alignment ( W.C Vis dan Gideon Kusuma,1993:188) didapat nilai k.

4. Menghitung angka kelangsingan kolom

Rangka tanpa pengaku lateral, maka :

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

Rangka dengan pengaku lateral, maka :

$$\frac{kl_u}{r} < 34 - 12\left(\frac{M_{1b}}{M_{2b}}\right)$$

5. Menghitung momen yang dibesarkan

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

Dimana :

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

$\delta_s$  = 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 ke samping pada struktur rangka tanpa pengaku

Untuk struktur rangka dengan pengaku, berlaku :

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

Untuk struktur rangka tanpa pengaku, maka :

$$\delta_b = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{\sum P_c}} \geq 1,0$$

6. Desain penulangan

- a. Menghitung besar beban yang bekerja pada kolom ( $P_u$ )

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

- b. Menentukan kolom eksentris kondisi balance :

$$cb = \frac{600}{600 + f_y} \times d$$

$$A_b = \beta_1 \cdot C_b$$

$$P_{nb} = \phi (0,85 \cdot f_c' \cdot A_b \cdot b (A_s' \cdot f_s - A_s \cdot f_y))$$

$e$  merupakan eksentrisitas dimana  $e = \frac{M_u}{P_u}$

Apabila  $e < e_b$  ( maka mengalami keruntuhan tekan)

$e > e_b$  (maka mengalami keruntuhan tarik )

- c. Berdasarkan grafik didapat nilai  $r$ ;  $\beta$ ;
- d. Menentukan tekan penampang persegi ( metode empiris ) oleh Whitney :

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\frac{e}{(d-d')} + 0,50} + \frac{b \cdot H \cdot f_c'}{\frac{3He}{d^2} + 1,18}$$

- e. Menentukan diameter tulangan yang akan dipakai dengan menggunakan tabel.

### 2.3.6 Perencanaan Sloof

Sloof adalah balok yang menghubungkan pondasi sebagai tempat untuk menyalurkan beban dinding

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan dan perhitungan sloof :

1. Penentuan dimensi sloof
2. Penentuan pembebanan pada sloof
  - a. Berat sloof
  - b. Berat dinding
  - c. Berat plesteran
3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

Penulangan lentur lapangan

- $D_{eff} = h - p - \phi_{senggang} - \frac{1}{2} \phi_{tumpuan}$
- $K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \rightarrow$  didapat nilai  $\rho$  dari tabel
- $A_s = \rho \times b \times d$

4. Penulangan

5. Cek penulangan

$V_u < V_c$ , tidak perlu tulangan geser

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

### 2.3.7 Perencanaan Pondasi

Pondasi adalah struktur bangunan bagian bawah yang berfungsi meneruskan gaya dari segala arah bangunan di atasnya ke tanah. Dengan demikian pembangunan pondasi harus dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat pondasi itu sendiri, beban-beban berguna, dan gaya-gaya luar seperti tekanan angin, gempa bumi, dan lain-lain. Adanya penurunan pondasi setempat atau secara merata melebihi batas tertentu akan menyebabkan rusaknya bangunan atau menimbulkan patahan pada beton. Oleh karena itu penggalian tanah untuk pondasi sebaiknya harus mencapai tanah keras.

Secara umum terdapat dua macam pondasi, Yaitu:

1. Pondasi Dangkal : dipakai untuk bangunan bertanah keras atau bangunan-bangunan sederhana.

Yang termasuk Pondasi dangkal antara lain:

- Pondasi batu kali setempat
- Pondasi lajur batu kali
- Pondasi tapak atau pelat beton setempat
- Pondasi beton lajur
- Pondasi Strauss

2. Pondasi Dalam : dipakai untuk bangunan bertanah lembek, bangunan berbentang lebar (memiliki jarak kolom lebih dari 6 meter), dan bangunan bertingkat.

Yang termasuk pondasi dalam antara lain :

- Pondasi tiang pancang (beton, besi, pipa baja)
- Pondasi sumuran
- Pondasi Bored Pile

Berdasarkan data hasil sondir tanah pada lokasi pembangunan Gedung Akademi Kebidanan Assanadiyah Palembang yang dijadikan sebagai materi dalam laporan akhir ini, maka jenis pondasi yang dipilih adalah pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang dengan material beton.

Langkah-Langkah perhitungan pondasi tiang pancang :

- Menentukan beban-beban yang bekerja pada pondasi
- Menentukan diameter tiang pancang yang digunakan.
- Menentukan daya dukung ijin tiang pancang
- $Q_{\text{tiang}} = 0,3 \times f'_c \times A_{\text{tiang}}$

$$\text{jumlah tiang } n = \frac{Q}{Q_{\text{ijin}}}$$

- Menentukan jarak antar tiang

$$1,5 D < s < 3 D$$

Dimana : d = ukuran pile (tiang)

S = Jarak antar tiang

- Menentukan efisiensi kelompok tiang ( Eq)

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

Dimana: d = Ukuran Pile (tiang)

S = Jarak Antar tiang

- Menentukan daya dukung tiang

$$Q_{\text{ijin grup}} = Q_{\text{tiang}} \times n \times \text{Eff}$$

Menentukan Kemampuan tiang pancang Terhadap sumbu X dan Y

$$P = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_Y \cdot X_{\text{max}}}{n y \cdot \sum x^2} \pm \frac{M_X \cdot Y_{\text{max}}}{n x \cdot \sum y^2}$$

- Menghitung Tulangan Pokok

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

Dari tabel A-10 (Istimawan) didapat k untuk  $\rho$

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

Dengan : b = ukuran tiang

d = tinggi efektif

Menentukan jumlah tulangan

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

Dengan :

$A_s$  = Luas tulangan

$D$  = Diameter tulangan

i. Kontrol Kekuatan Geser

Untuk aksi dua arah :

- Gaya geser berfaktor :

$$V_u = n \cdot \frac{P_u}{n}$$

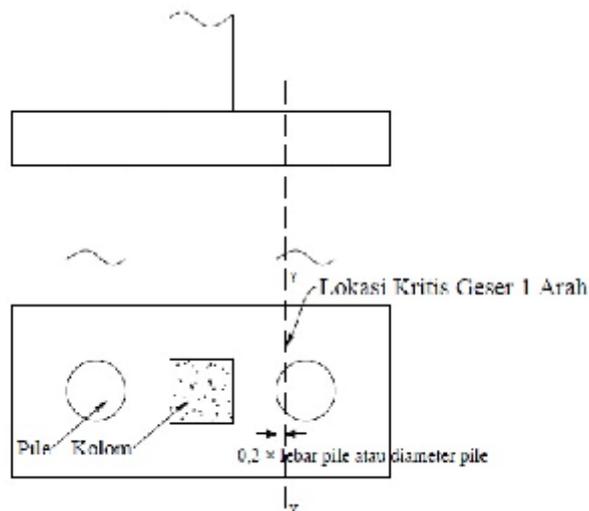
- Gaya geser nominal :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \frac{b_o d \sqrt{f_c'}}{6} \quad \beta = \frac{L}{B} = 1$$

$$\phi V_c = \frac{1}{3} b_o d \sqrt{f_c'} \quad b_o = 2(a_1 + d) + 2(a_2 + d)$$

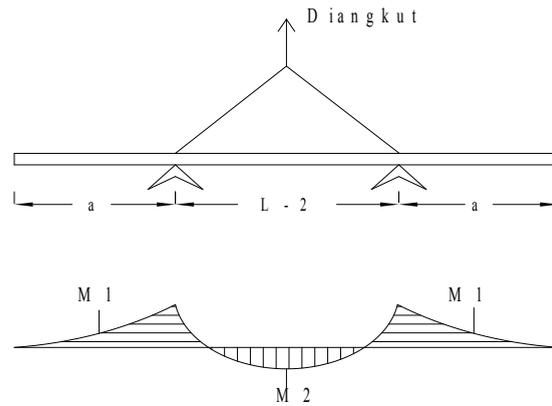
$$V_u < \phi V_c$$

Tebal plat mencukupi untuk memikul gaya geser, tanpa memerlukan tulangan greser.



j. Menentukan tiang pancang pada saat pengangkatan

- Pola Pertama



$q$  = Berat sendiri tiang pancang

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

$$M_1 = M_2 = \frac{1}{8} \cdot q \cdot (L - 2a)^2 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot a^2$$

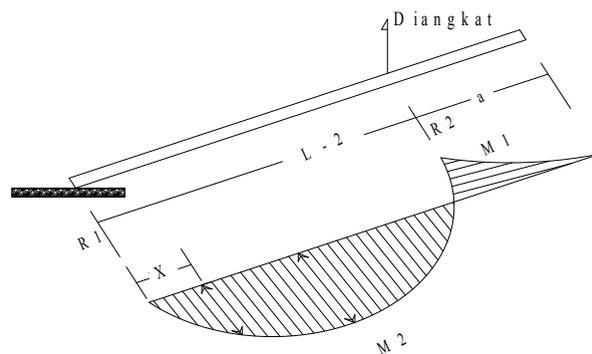
$$\frac{1}{2} \cdot q \cdot a^2 = \frac{1}{8} \cdot q \cdot (L - 2a)^2$$

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

$$M_1 = M_2$$

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

- Pola Kedua



$$M_1 = 1/2 \cdot q \cdot a^2$$

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{1}{2} \cdot q \cdot (L - a) - \frac{\frac{1}{2} \cdot q \cdot a^2}{L - a} \\ &= \frac{q \cdot (L - a)}{2} - \frac{q \cdot (a)^2}{2 \cdot (L - a)} \\ &= \frac{qL^2 - 2a \cdot q \cdot L}{2(L - a)} \end{aligned}$$

$$M_x = R_1 x - 1/2 \cdot q \cdot x^3$$

$$\text{Syarat Ekstrim} = \frac{dm_x}{dx}$$

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

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

$$\begin{aligned} M_{\text{maks}} = M_z &= R_1 - \frac{L^2 - 2a \cdot L}{2(L - a)} - \frac{1}{2} \cdot q \cdot \frac{L^2 - 2a \cdot L}{2(L - a)} \\ &= \frac{1}{2} \cdot q \cdot \frac{L^2 - 2a \cdot L}{2(L - a)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_1 = M_2 &= \frac{1}{2} \cdot q \cdot a^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot q \cdot \frac{L^2 - 2a \cdot L}{2(L - a)} \end{aligned}$$

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

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

$$M_1 = M_2$$

$$M_1 = 1/2 \cdot q \cdot a^2$$

## **2.4 Manajemen Proyek**

### **2.4.1 Dokumen Tender**

#### **a. Gambar-gambar**

Gambar kerja pada umumnya merupakan gambar rencana sebuah bangunan yang digunakan sebagai pedoman pembangunan. Gambar kerja harus dibuat jelas dengan mencantumkan data-data dan memberi keterangan lengkap dan tepat. Gambar kerja biasanya diwujudkan dalam bentuk gambar tampak yaitu: tampak depan, tampak samping, potongan, detail yang dilengkapi dengan ukuran dan skala.

#### **b. Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS)**

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. Dalam menyusun rencana kerja ada beberapa dokumen yang dibutuhkan, yaitu:

- 1) Petunjuk bagi penawaran
- 2) Contoh Surat Penawaran
- 3) Contoh Jaminan Penawaran
- 4) Contoh Surat Pernyataan Tunduk
- 5) Rencana Surat Perjanjian Pemborongan
- 6) Syarat-syarat Kontrak
- 7) Ketentuan-ketentuan Umum dan Spesifikasi Teknik
- 8) Gambar-gambar
- 9) Addenda / berita Acara Penjelasan Pekerjaan

Addenda adalah dokumen-dokumen yang dikeluarkan sebelum pelaksanaan kontrak, yang merubah atau menjelaskan dokumen penawaran, termasuk gambar-gambar dan spesifikasi teknik dengan cara penambahan, penghapusan, penjelasan atau pembetulan. Addenda menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari dokumen kontrak pemborongan apabila kontrak dilaksanakan.

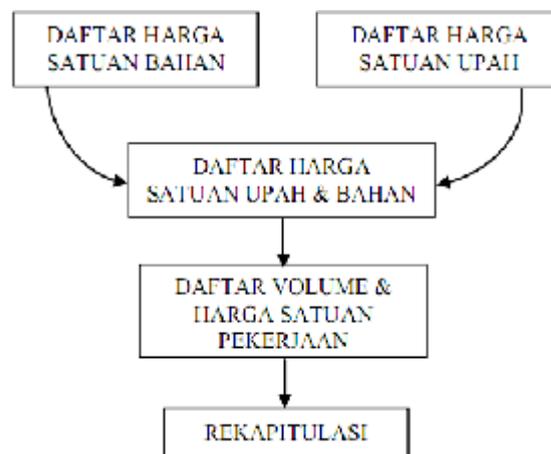
### 2.4.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

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.

Tahapan-tahapan yang sebaiknya dilakukan sebelum menyusun rencana anggaran biaya adalah sebagai berikut:

- Mengumpulkan data tentang jenis, harga serta kemampuan pasar yang menyediakan bahan/material konstruksi secara kontinyu.
- Mengumpulkan data tentang upah pekerja yang berlaku di lokasi proyek dan atau upah pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.
- Menghitung analisa bahan dan upah dengan menggunakan analisa harga satuan pekerjaan.
- Menghitung harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.
- Membuat rekapitulasi



Gambar 2.18 Tahapan Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

**a. Daftar upah tenaga kerja**

Upah tenaga kerja adalah upah setiap tenaga kerja yang diperlukan selama proses pembangunan. Upah tenaga kerja didapatkan dari Departemen Pekerjaan Umum yang dinamakan Daftar Satuan Upah Tenaga Kerja. Sistem pembayaran upah dibagi menjadi 3 bagian yaitu:

- 1) Sistem upah menurut waktu
- 2) Sistem upah menurut unit hasil
- 3) Sistem upah dengan insentif

**b. Daftar harga satuan bahan/material**

Harga satuan bahan sangat perlu diketahui. Hal ini digunakan sebagai acuan penaksiran harga bangunan seluruhnya. Penaksiran harga bangunan ini dilakukan oleh perencana beserta tim yang bekerja di dalamnya. Hasil dari penaksiran harga bangunan ini mungkin dapat berbeda atau tidak sama persis saat pelaksanaannya. Harga satuan bahan berbeda antara daerah satu dengan daerah lainnya. Harga bahan ini biasanya didapat dari hasil Departemen Pekerjaan Umum yang dinamakan Daftar Harga Satuan Bahan.

**c. Volume pekerjaan**

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

**d. Analisa Harga Satuan**

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

pekerjaan. Analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

### 2.4.3 Rencana pelaksanaan

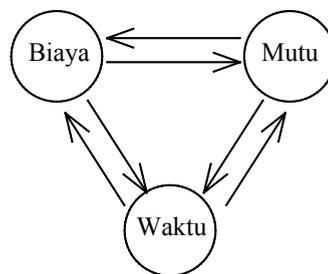
#### a. *Network Planning* (NWP)

*Network Planning* merupakan teknik baru dalam perencanaan dan pengawasan suatu pekerjaan proyek. Kegiatan ini memungkinkan untuk merencanakan prioritas berdasarkan pembagian waktu pelaksanaan dengan cukup efektif karena dapat dengan jelas diketahui ketergantungan antara kegiatan yang sedang dilakukan dengan kegiatan yang akan dilakukan selanjutnya.

*Network Planning* juga merupakan suatu alat pengendalian pekerjaan di lapangan yang ditandai dengan simbol-simbol tertentu berupa urutan pekerjaan dalam suatu proyek kegunaan dari *Network Planning* adalah sebagai berikut:

- 1) Mengkoordinasi antar satu kegiatan dengan kegiatan yang lainnya
- 2) Mengetahui ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan lainnya
- 3) Mengetahui pekerjaan yang harus diselesaikan terlebih dahulu
- 4) Mengetahui berapa lama proyek dapat diselesaikan

Pengendalian proyek konstruksi ini juga diharapkan dapat menyelaraskan antara biaya proyek yang ekonomis, menghasilkan mutu pekerjaan yang baik/berkualitas dan selesai tepat waktu karena ketiganya adalah 3 elemen yang saling mempengaruhi, seperti terlihat pada gambar 2.19 di bawah ini.



Gambar 2.19 Siklus Biaya, Mutu dan Waktu (BMW)

Ilustrasi siklus di atas menunjukkan bahwa apabila biaya proyek berkurang/dikurangi, sementara waktu pelaksanaan tetap maka secara otomatis anggaran belanja material akan dikurangi dan mutu pekerjaan akan berkurang. Secara umum proyek akan merugi. Akan tetapi, jika waktu pelaksanaan mundur/terlambat, sementara tidak ada rencana penambahan anggaran, maka mutu pekerjaan juga akan berkurang. Secara umum proyek akan merugi.

Namun, jika mutu ingin dijaga, sementara waktu pelaksanaan mundur/terlambat, maka akan terjadi peningkatan anggaran belanja. Secara umum proyek akan merugi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa inti dari 3 komponen proyek konstruksi di atas bagaimana menjadwalkan dan mengendalikan pelaksanaan proyek agar berjalan sesuai dengan schedule yang telah ditetapkan, selesai tepat waktu dan tidak terjadi pengurangan mutu pekerjaan ataupun penambahan anggaran biaya.

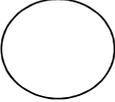
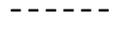
Selain itu, macam-macam dari *Network Planning* (NWP) adalah sebagai berikut:

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

Pada perkembangannya yang terakhir dikenal 2 bahasa/symbol diagram network, yaitu:

- 1) *Even on the node*, yaitu peristiwa yang digambarkan dalam lingkaran
- 2) *Activity on the node*, yaitu kegiatan yang digambarkan dalam lingkaran
- 3) **→ Arrow**, bentuknya berupa anak panah yang berarti aktivitas/kegiatan, dimana suatu pekerjaan penyelesaiannya

membutuhkan *duration* (jangka waktu tertentu) dan *resources* (tenaga, equipment, material dan biaya) tertentu.

- 4)  **Node/event** bentuknya berupa lingkaran bulat yang berarti saat, peristiwa atau kejadian, permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan.
- 5)  **Double arrow** berupa anak panah sejajar yang berarti lintasan kritis (*Critical Path*)
- 6)  **Dummy** berupa anak panah putus-putus yang berarti kegiatan semu atau aktivitas semu. *Dummy* bukan merupakan aktivitas/kegiatan tetapi dianggap kegiatan/aktivitas hanya saja tidak membutuhkan *duration* dan *resources* tertentu.
- 7)  **Jalur kritis**, merupakan jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat.

Sebelum menggambarkan diagram *Network Planning*, perlu diingat beberapa hal, yaitu:

- 1) Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya *duration* maupun *resources* yang dibutuhkan.
- 2) Aktivitas-aktivitas yang mendahului dan aktivitas-aktivitas yang mengikuti.
- 3) Aktivitas-aktivitas yang dapat dilakukan bersama-sama.
- 4) Aktivitas-aktivitas yang dibatasi waktu mulai dan waktu selesainya.
- 5) Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas tersebut.
- 6) Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari tiap kegiatan.
- 7) Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.

## **b. Barchart**

Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang menyerupai balok dan menunjukkan perkiraan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan bagian-bagian pekerjaan dari suatu proyek. Barchart biasanya disertai dengan kurva S. Barchart dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total dari jumlah harga penawaran tanpa disertai biaya pajak.

Proses penyusunan diagram batang dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

- 1) Daftar item kegiatan yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- 2) 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.
- 3) Waktu pelaksanaan pekerjaan adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.

Cara membuat barchart adalah sebagai berikut:

- 4) Rencanakan waktu pelaksanaan setiap pekerjaan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui item pekerjaan yang harus diselesaikan sebelum pekerjaan berikutnya dapat dikerjakan atau dapat dikerjakan dalam waktu bersamaan. Misalkan:
  - Pekerjaan persiapan dikerjakan pertama kali sampai akhir pekerjaan, selanjutnya baru dapat dikerjakan pekerjaan galian tanah.

- Pekerjaan lantai kerja baru dapat dikerjakan setelah pekerjaan galian tanah selesai.
  - Pekerjaan pasir urug baru dapat dikerjakan setelah pembuatan lantai kerja selesai dilaksanakan.
  - Pekerjaan pondasi batu kali/bata dapat dikerjakan dalam waktu bersamaan dengan pekerjaan pasir urug.
  - Pekerjaan urugan kembali dapat dikerjakan setelah semua item pekerjaan pondasi selesai dilaksanakan.
- 5) Buat tabel pekerjaan yang berisi item pekerjaan dan waktu pelaksanaan dengan menggunakan kurva S, untuk lebih jelas dapat di lihat pada gambar 2.25 di bawah ini.

### c. Kurva S

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progress pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva S dibuat dengan sumbu vertical sebagai nilai kumulatif biaya atau orang/hari atau penyelesaian pekerjaan dan sumbu horizontal sebagai waktu kalender masing-masing dari angka 0 sampai 100, kurva berbentuk huruf S karena kegiatan proyek berlangsung sebagai berikut:

- a. Kemajuan awalnya bergerak lambat
- b. Kegiatan akan bergerak cepat dalam kurun waktu yang lebih lama
- c. Akhirnya, kecepatan kemajuan menurun dan berhenti pada titik akhir.

KURVA S PEKERJAAN PONDASI

ILMUSIPIL.COM

NO.	Pekerjaan	Harga Pekerjaan	Durasi	Bobot (%)	Hari						Grafik
					1	2	3	4	5	6	
1	Persiapan	Rp100.000,00	6	9,09	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	100
2	Galian Tanah	Rp150.000,00	2	13,64		6,82	6,82				80
3	Lantai Kerja	Rp200.000,00	2	18,18		9,09	9,09				60
4	Urugan Pasir	Rp150.000,00	1	13,64			13,64				40
5	Pasangan Batu Kali	Rp400.000,00	3	36,36			12,12	12,12	12,12		20
6	Urugan Kembali	Rp100.000,00	1	9,09					9,09		0
Jumlah		Rp1.100.000,00		100	1,52	17,43	43,19	13,64	22,73	1,52	
Jumlah Akumulatif				0	1,52	18,94	62,12	75,76	98,48	100	

Gambar 2.20 Contoh Kurva S