

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Perencanaan merupakan bagian yang terpenting dari pembangunan suatu gedung atau bangunan lainnya. Perencanaan suatu konstruksi harus memenuhi berbagai syarat konstruksi yang telah ditentukan, yaitu:

a. Kuat

Struktur gedung harus dapat memikul beban dengan aman.

b. Kokoh

Struktur gedung tidak boleh mengalami perubahan melebihi batas ijin.

c. Ekonomis

Setiap konstruksi yang dibangun harus semurah mungkin dan disesuaikan dengan biaya yang ada tanpa mengurangi mutu dan kekuatan bangunan.

d. Artistik (Estetika)

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

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

Ruang lingkup perencanaan meliputi beberapa tahapan-tahapan yaitu persiapan, studi kelayakan, design arsitektur, perhitungan struktur dan perhitungan biaya. Untuk laporan ini hanya membahas perhitungan struktur dan perhitungan biaya.

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

Adapun tingkat perencanaan sebagai berikut:

1. Pra Rencana (Preliminary Design)

Terdiri dari gambar-gambar atau sketsa dan merupakan out line dari bagan dan perkiraan biaya bangunan.

## 2. Rencana

Terdiri dari gambar perencanaan bentuk arsitek bangunan dan perencanaan struktur konstruksi bangunan.

### 2.2.2 Dasar-Dasar Perencanaan

Pada penyelesaian perhitungan bangunan perencanaan berpedoman kepada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia, diantaranya adalah:

1. SNI 03-2847-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung,
2. SNI-1727-1989 tentang Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung,
3. SNI-1726-2012 tentang Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung.

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

#### 1. Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.

(SNI-1727-1989:1)

Beban mati terdiri dari berat sendiri dan reduksi beban mati. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada bagian 2.1.1

(SNI-1727-1989:4)

#### 2. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk baban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama

masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan adanya perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air. Ke dalam beban hidup tidak termasuk beban angin, beban gempa, dan beban khusus. (SNI-1727-1989:2)

Beban hidup terdiri dari beban hidup pada lantai gedung, beban hidup pada atap gedung, beban hidup oleh keran, beban hidup horizontal, dan reduksi beban hidup. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada bagian 2.1.2 (SNI 1727-1989:7)

#### a. Beban Hujan

Beban terbagi rata per  $m^2$  bidang datar berasal dari beban air hujan sebesar  $(40-0,8\alpha)$   $kg/m^2$  dimana  $\alpha$  sebagai sudut kemiringan atap dalam derajat, dengan ketentuan bahwa beban tersebut tidak perlu diambil lebih besar dari  $20 kg/m^2$  dan tidak perlu ditinjau bila kemiringan atap nya adalah lebih besar dari  $50^\circ$ .(SNI-1727-1989 hal 8)

#### b. Beban Angin

Semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.

(SNI-1727-1989:2)

Beban angin terdiri dari penentuan beban angin, tekanan tiup, koefisien angin, dan pembebasan peninjauan beban angin.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada bagian 2.1.3

(SNI 1727-1989:18)

### 3. Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dari gerakan tanah akibat gempa itu. Dalam hal ini pengaruh gempa

pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisis dinamik, maka diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa itu. (SNI-1727-1989:2)

#### 4. Beban Khusus

Beban khusus adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang terjadi akibat selisih suhu, pengangkatan dan pemasangan, penurunan pondasi, susut, gaya-gaya tambahan yang berasal dari beban hidup seperti gaya rem yang berasal dari keran, gaya sentrifugal dan gaya dinamis yang berasal dari mesin-mesin, serta pengaruh-pengaruh khusus lainnya. (SNI -1727-1989 hal 2)

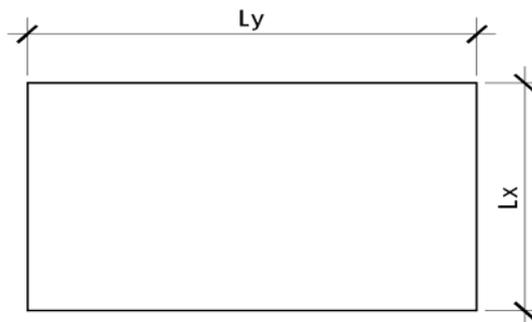
### 2.3 Perhitungan Struktur

#### 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:

##### 1. Pelat Satu Arah (One Way Slab)

Suatu pelat dikatakan pelat satu arah apabila  $\frac{L_y}{L_x} > 2$ , dimana  $L_y$  adalah sisi panjang dan  $L_x$  adalah panjang sisi pendek.



**Gambar 2.1 Pelat Yang Ditumpu Pada Keempat Sisinya**

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. (Istimawan:56). Untuk pelat satu arah tanpa memperhitungkan lendutan dapat menggunakan tabel 8 pada SNI-03-2847-2002:63)

**Tabel 2.1 Tabel Minimum Pelat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung**

Komponen Struktur	Tebal Minimum, h			
	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	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau pelat rusuk satu arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8
<p>CATATAN</p> <p>Panjang bentang dalam mm</p> <p>Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal (<math>w_c = 2400 \text{ Kg/m}^3</math>) dan tulangan BJTD 40. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasi sebagai berikut :</p> <p>(a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis di antara <math>1500 \text{ kg/m}^3</math> sampai <math>2000 \text{ kg/m}^3</math>, nilai tadi harus dikalikan dengan <math>[1,65 - (0,003) w_c]</math> tetapi tidak kurang dari <math>1,09</math>, dimana <math>w_c</math> adalah berat jenis dalam <math>\text{kg/m}^3</math>.</p> <p>(b) Untuk <math>f_y</math> selain 400 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan <math>0,4 + \frac{f_y}{700}</math></p>				

Sumber : (SNI 03-2847-2002:63)

- 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 )

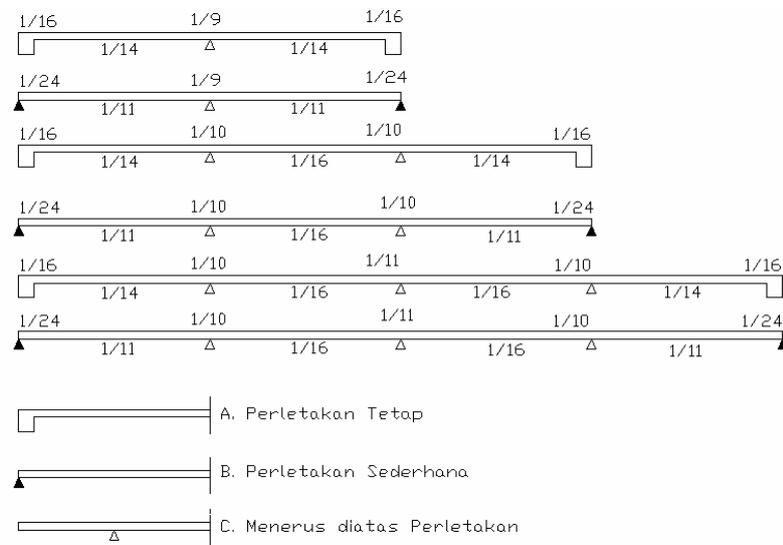
$W_{LL}$  = Jumlah Beban Hidup Pelat ( KN/m )

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

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 dimana 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.

Koefisien momen menurut SNI -03-2847-2002 Pasal 10.3.3 :52)



**Gambar 2.2 Koefisien Momen**

d. Perkiraan Tinggi Efektif (d)

Tinggi efektif merupakan hasil pengurangan dari tinggi total dikurang selimut beton dan dikurang setengah diameter tulangan.

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

**Tabel 2.2 Tebal Selimut Minimum (mm)**

	Tebal selimut minimum
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 atau ulir D16 dan yang lebih kecil .....	40
c) Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau tanah: <u>Pelat, dinding, pelat berusuk:</u> batang D-44 dan D-56 .....	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 : SNI-03-2847-2002:41)

e. Menghitung  $k_{perlu}$ 

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

k = koefisien tahanan (Mpa)

M<sub>u</sub> = momen terfaktor pada penampang ( kNm )

b = lebar penampang ( mm ) diambil 1 m

d = tinggi efektif pelat ( mm )

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan lentur tanpa beban aksial = 0.8 (SNI-03-2847-2002:61)

f. Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ ) dari tabel. Dalam Penggunaan  $\rho$  ada ketentuan yaitu  $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$

Jika  $\rho < \rho_{\min}$ , maka menggunakan  $\rho_{\min}$

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

g. Hitung  $A_s$  yang diperlukan.

$$A_s = \rho b d$$

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

$\rho$  = rasio penulangan

$d$  = tinggi efektif pelat (mm)

h. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang

i. Memilih tulangan susut dan suhu dengan menggunakan tabel.

Untuk tulangan susut dan suhu dihitung berdasarkan peraturan SNI-03-2847-2002:48 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:

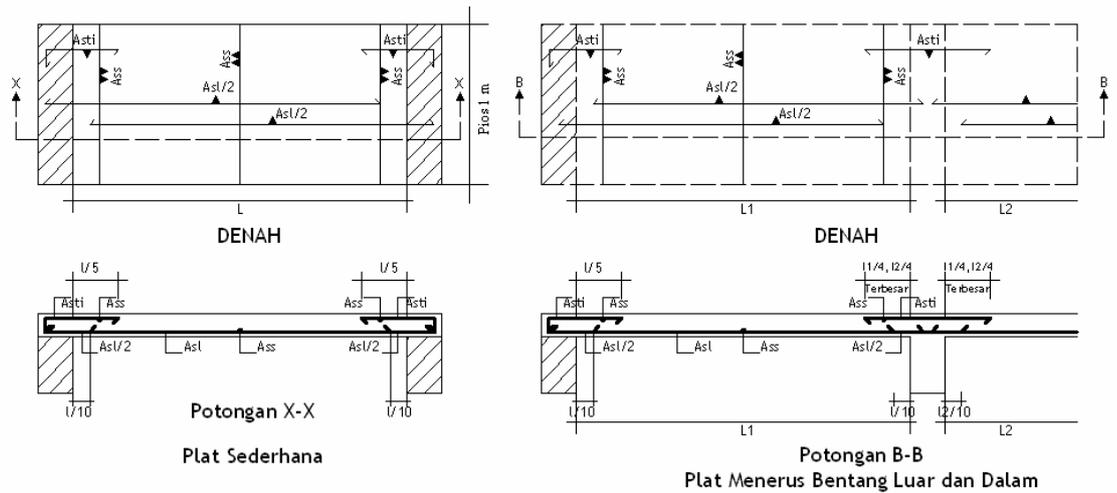
a) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300.....0,0020

b) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 400 ..... 0,0018

c) Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35%.....0,0018x400/fy

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

j. Penggambaran Tulangan



Gambar 2.3 Penulangan Pelat Satu Arah

2. Pelat dua Arah (Two Way Slab)

- a. Menentukan tebal pelat dimisalkan dengan suatu ketebalan

$h = l_n / 36$  (panel dalam) menurut SNI-03-2847-2002:66

- b. Kontrol ketebalan pelat yang dimisalkan dengan :

1. Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 0.2 tapi tidak lebih besar dari 2.0 ketebalan pelat minimum harus memenuhi

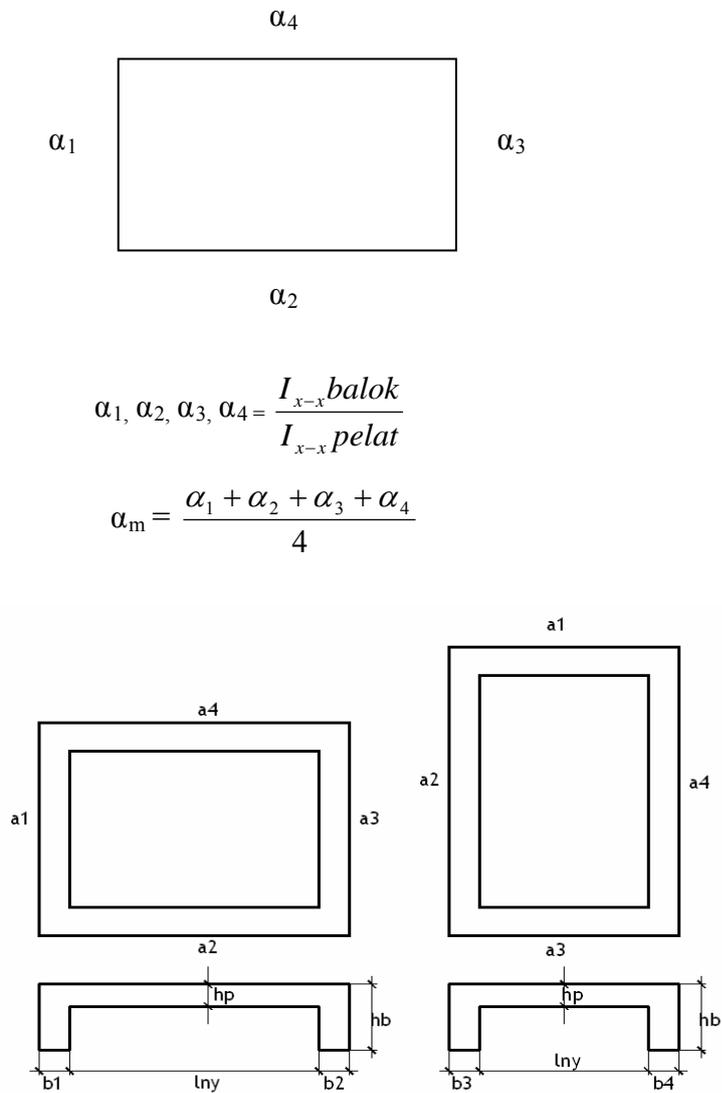
$$h = \frac{l_n(0.8 + \frac{f_c}{1600})}{36 + 5\beta} (\alpha_m - 0.2)$$

dan tidak boleh kurang dari 120 mm

2. Untuk  $\alpha_m$  lebih besar dari 2.0 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{l_n(0.8 + \frac{f_c}{1600})}{36 + 5\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm



**Gambar 2.4 Penamaan plat yang ditumpu ketiga sisinya**

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

$$W_u = 1,2 DL + 1,6 LL$$

d. Mencari Momen

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

**Tabel 2.3 Momen yang Menentukan Per Meter Lebar Dalam Jalur Tengah Pada Pelat Dua Arah Akibat Beban Terbagi Rata**

Skema	Penyaluran beban berdasarkan 'metode amplop' kali $w_u$ sesuai $l_x$	Momen per meter lebar	$\frac{l_y}{l_x}$							
			1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0
I		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	41	54	67	79	87	97	110	117
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	41	35	31	28	26	25	24	23
II		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	25	34	42	49	53	58	62	65
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	25	22	18	15	15	15	14	14
III		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	51	63	72	78	81	82	83	83
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	51	54	55	54	54	53	51	49
IV		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	30	41	52	61	67	72	80	83
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	30	27	23	22	20	19	19	19
V		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	68	84	97	106	113	117	122	124
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	68	74	77	77	77	76	73	71
VI		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	24	36	49	63	74	85	103	113
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	33	33	32	29	27	24	21	20
VII		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	69	85	97	105	110	112	112	112
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	33	40	47	52	55	58	62	65
VIII		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	24	20	18	17	17	17	16	16
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	69	76	80	82	83	83	83	83
IX		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	31	45	58	71	81	91	106	115
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	39	37	34	30	27	25	24	23
X		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	91	102	108	111	113	114	114	114
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	39	47	57	64	70	75	81	84
XI		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	31	25	23	21	20	19	19	19
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	91	98	107	113	118	120	124	124
XII		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	25	36	47	57	64	70	79	84
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	28	27	23	20	18	17	16	16
XIII		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	54	72	88	100	108	114	121	124
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	60	69	74	76	76	76	73	71
XIV		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$	28	37	45	50	54	58	62	65
		$m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 x$	25	21	19	18	17	17	16	16
XV		$m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$	60	70	76	80	82	83	83	83
		$m_{ly} = -0,001 w_u l_y^2 x$	54	55	55	54	53	53	51	49

— = terletak bebas  
 == = menerus pada tumpuan

(Sumber : Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang. W.C. Vis dan Gideon Kusuma. 1993:26)

e. Mencari tebal efektif pelat

Untuk menentukan tinggi efektif pelat ditinjau dari dua arah yaitu :

$$\text{Arah X} \longrightarrow dx = h - p - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah x}$$

$$\text{Arah Y} \longrightarrow dy = h - p - \emptyset x - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah y}$$

f. Mencari nilai koefisien tahanan (k)

Faktor reduksi  $\phi = 0,80$

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

g. Mencari rasio penulangan ( $\rho$ )

Rasio penulangan ini didapat berdasarkan koefisien tahanan (k) yang telah didapat sebelumnya. Dengan menggunakan tabel A-11 (Dipohusodo I, Struktur Beton Bertulang)

h. Mencari luas tulangan ( $A_s$ )

Sebelum menentukan luas tulangan terlebih dahulu meninjau nilai  $\rho$  yang didapat.

1. Jika  $\rho < \rho_{\min}$ , maka menggunakan  $\rho_{\min}$  maka  $A_s$  yang digunakan

$$A_{s_{\min}}$$

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

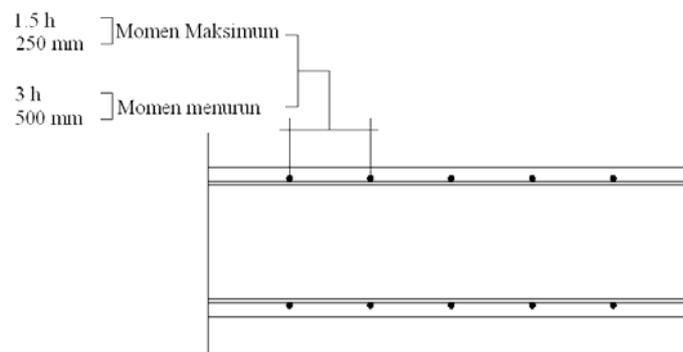
2. Jika  $\rho > \rho_{\max}$ , maka pelat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang

i. Mencari jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{\text{Luas 1 batang tulangan}}{\text{Luas hitungan}} \times 1000 \text{ mm}$$

j. Mengontrol jarak tulangan

Hasil dari perhitungan  $s$  perlu dikontrol kembali terhadap  $s_{\text{maks}}$ . Tulangan yang dipasang jaraknya tidak memenuhi jarak maksimum perlu di kontrol kembali.



**Gambar 2.5 Penentuan jarak tulangan**

$$S_{\text{maks}} = 3 \times \text{tebal plat (SNI-03-2847:155)}$$

k. Pengendalian Retak Akibat Lentur.

Terbentuknya retak pada beton sudah mengeras dapat menyebabkan air merembes dan menjadi korosi pada tulangan. Retak di dalam beton biasanya disebabkan oleh :

1. Perubahan bentuk akibat susut, rangkai akibat beban tetap, tegangan akibat suhu dan perbedaan unsur kimia antara bagian beton
2. Tegangan langsung akibat penerusan, beban bertukar, dan lendutan jangka panjang.
3. Tegangan akibat beban lentur.

Besarnya lebar retak dapat ditentukan dengan rumus :

$$w = 11 \times 10^{-6} \beta f_s \sqrt[3]{dcA}$$

Nilai lebar retak yang diperoleh tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang di dalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar.

Selain itu, spasi tulangan yang berada paling dekat dengan permukaan tarik tidak boleh melebihi

$$s = \frac{75000}{f_s} - 2,5 c_c$$

Tetapi tidak boleh lebih besar dari 300 ( $252/f_s$ ) (SNI -03-2847-2002:72)

Keterangan :

w : lebar retak pada sisi Tarik pelat beton (mm)

B :  $h_2/h_1$ , perbandingan dari jarak serat Tarik maksimum dengan garis netral pada metoda tegangan Tarik utama terhadap jarak dari titik berat tulangan tarik utama terhadap netral, nilai  $\beta = 1,35$  untuk plat lantai satu arah, tetapi SKSNI T-15 menetapkan  $\beta = 1,2$

$f_s$  : tegangan kerja dalam tulangan (Mpa), boleh diambil  $f_s = 0,6 f_y$

dc : tebal penutup beton, yang diukur dari serat beton tarik maksimum ke titik pusat tulangan tarik terdekat (mm)

A : luas efektif dari sekeliling tulangan tarik utama ( $\text{mm}^2$ ), yang nilainya dihitung dari  $A = 2 dc s$

c : Konstanta empiris/percobaan, yang nilainya  
 $c = 11 \times 10^{-6} \text{mm}^2/\text{N}$

Lebar retak maksimum yang diijinkan pada suatu elemen struktur bergantung pada fungsi elemen struktur tersebut dan kondisi lingkungan. ACI committe memberikan batasan lebar retak maksimum yang diijinkan untuk bangunan yaitu :

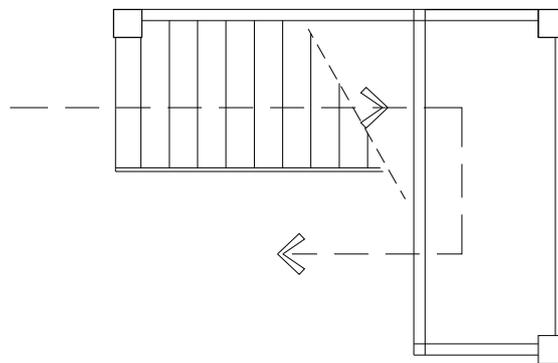
**Tabel 2.4 Lebar retak maksimum**

Kondisi Lingkungan	Lebar Retak (mm)
- Udara kering atau struktur terlindung	0.41
- Udara lembab atau elemen struktur tak terlindung	0.30
- Air laut basah atau kering	0.15
- Struktur penahan air	0.10

Sumber : Konstruksi Beton 2:12

### 2.3.2 Perencanaan Tangga

Tangga adalah suatu konstruksi yang menghubungkan antara tempat satu ketempat yang lainnya yang mempunyai ketinggian yang berbeda. Tangga terdiri dari anak tangga dan pelat tangga.



**Gambar 2.6 Tangga**

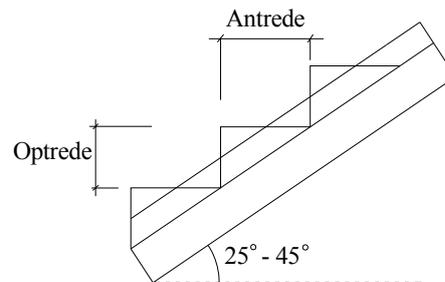
a. Bagian-bagian dari tangga :

#### 1. Antrede

Antrede yaitu bagian anak tangga bidang horizontal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.

## 2. Optrede

Optrede yaitu bagian anak tangga vertikal yang merupakan selisih tinggi antara dua anak tangga yang berurutan.



**Gambar 2.7 Potongan Tangga**

### b. Syarat-syarat umum tangga

1. Mudah dilewati.
2. Kuat dan kaku.
3. Ukuran tangga harus sesuai dengan sifat dan fungsinya.
4. Material yang digunakan harus baik.
5. Letak tangga harus strategis.
6. Sudut kemiringan tidak lebih dari 45°.

### c. Syarat-syarat khusus tangga

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

-Lebar tangga = 120-200 cm

3. Syarat bordes

$$L_{\text{bordes}} = l_n + (a \text{ s/d } 2a)$$

a = antrede

o = optrede

$l_n$  = langkah normal diambil antara 57-65

$$l_n = a + 2 O$$

4. Lebar tangga dipengaruhi oleh fungsi tangga pada jenis bangunan tertentu. Misalnya lebar tangga untuk gedung bioskop atau pasar swalayan akan berbeda dengan lebar rumah tangga biasa. Lebar tangga dibedakan menjadi dua yaitu :

1. Lebar tangga efektif adalah lebar yang dihitung mulai dari sisi dalam rambat tangan (pegangan) yang satu sampai dengan sisi dalam rambat tangan yang lainnya.
2. Lebar tangga total adalah lebar efektif tangga ditambah dua kali tebal rambat tangan (t), ditambah lagi dua kali pijakan (s) diluar rambat tangan.

$$\text{Lebar tangga total} = \text{lebar efektif} + 2t + 2s$$

Keterangan :

- t = 4 @ 6 cm

- s = 5 @ 10 cm

**Tabel 2.5 Ukuran Lebar Tangga Ideal**

<b>NO</b>	<b>DIGUNAKAN UNTUK</b>	<b>LEBAR EFEKTIF (cm)</b>	<b>LEBAR TOTAL</b>
1	1 Orang	± 65	± 85
2	1 Orang + anak	± 100	± 120
3	1 Orang + bagasi	± 85	± 105
4	2 Orang	120 @ 130	140 @ 150
5	3 Orang	180 @ 190	200 @ 210
6	>3 Orang	>190	>210

Sumber : Konstruksi Bangunan Gedung :17

3. Sudut kemiringan

Maximum =  $45^\circ$

4. Tinggi bebas diatas anak tangga 2,00 m

Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam mendesain tangga :

1. Menentukan ukuran antrede dan optrede setelah diketahui tinggi ruangan yang akan dibuatkan tangga.
2. Menentukan jumlah antrede dan optrede.
3. Menentukan panjang tangga.
4. Menghitung pembebanan tangga.

d. Perhitungan tangga dengan bantuan software SANSPRO V.4.98 dan menggunakan metode perhitungan struktur *plane frame XY*

e. Penentuan pembebanan tangga

1. Pembebanan anak tangga terdiri dari

- Beban mati
  - Berat sendiri pelat
  - Berat satu anak tangga (cor beton, berat ubin, berat adukan)
- Beban hidup

2. Pembebanan bordes terdiri dari

- Beban mati
  - Berat sendiri plat bordes (otomatis terhitung oleh program)
  - Berat penutup lantai (berat ubin dan berat adukan)
- Beban hidup

f. Menentukan kombinasi beban yang akan digunakan

- Beban kombinasi 1 =  $1,2 SW + 1,2 WD + 1,6 WL$ , digunakan untuk perhitungan penulangan tangga
- Beban kombinasi 2 =  $1 SW + 1 WD + 0 WL$ , digunakan untuk aksi perletakkan tangga beban mati ke portal
- Beban kombinasi 3 =  $0 SW + 0 WD + 1 WL$ , digunakan untuk aksi perletakkan tangga beban hidup ke portal

g. Merencanakan tulangan

- Menentukan momen yang bekerja
- Mencari tulangan yang diperlukan
- Mengontrol tulangan

Untuk mengontrol tulangan di tinjau dari  $A_{s_{min}} \leq A_s \leq A_{s_{maks}}$

1. Apabila  $A_s < A_{s_{min}}$  maka digunakan  $A_{s_{min}}$
2. Apabila  $A_s > A_{s_{maks}}$  maka pelat dibuat tulangan dobel

-Menentukan spasi tulangan

### 2.3.3 Perencanaan Portal Akibat Beban Mati dan Hidup

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sebagai satu kesatuan yang lengkap. Portal dihitung dengan menggunakan program SANS PRO V 4.98, portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati dan hidup.

a. Pembebanan akibat beban mati pada balok portal

Portal yang akan ditinjau yaitu pada arah memanjang dan melintang.

Pembebanan pada balok portal yaitu :

- a. Berat sendiri balok (otomatis terhitung oleh program)
- b. Sumbangan beban pelat lantai yang terdiri dari
  - o Berat plafond + penggantung
  - o Berat finishing (berat penutup lantai dan berat adukan)
- c. Berat dari pasangan dinding bata

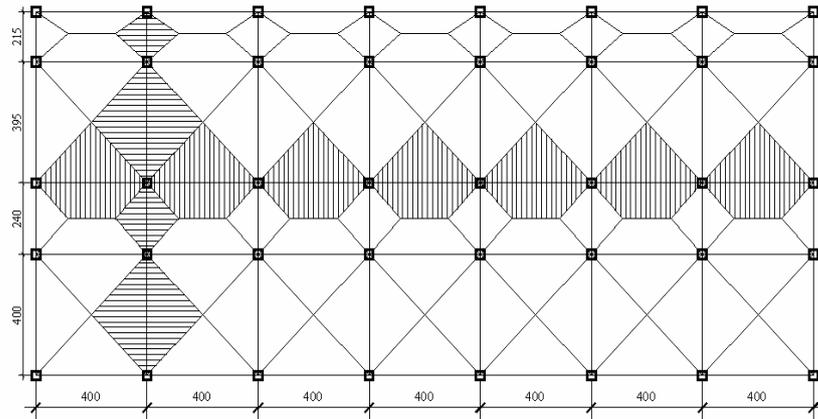
b. Pembebanan akibat beban hidup pada balok portal

Portal yang akan ditinjau yaitu pada arah memanjang dan melintang

Pembebanan pada balok portal yaitu sumbangan beban pelat lantai.

Semua beban mati dan beban hidup untuk merencanakan portal akan disederhanakan menggunakan rumus ekuivalen beban.

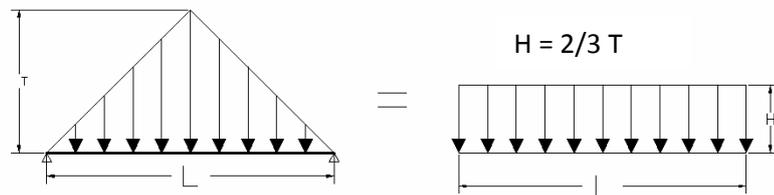
Beban mati dan beban hidup yang bekerja pada pelat lantai seperti gambar dibawah inilah yang disederhanakan dengan beban ekuivalen terbagi rata.



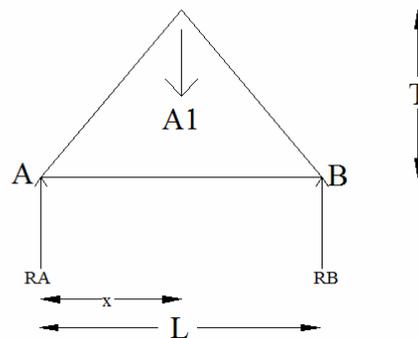
**Gambar 2.8 Denah pembebanan**

Disederhanakan menggunakan rumus ekivalen beban

1. Ekivalen penyaluran beban pelat berbentuk segitiga



Penurunan Rumus :



$$A1 = \frac{1}{2} L.T$$

$$x = \frac{1}{2} L$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_A \cdot L - A1 \cdot x = 0$$

$$R_A \cdot L - \left(\frac{1}{2} \cdot LT\right) \left(\frac{1}{2} L\right) = 0$$

$$R_A \cdot L - \frac{1}{4} TL^2 = 0$$

$$R_A \cdot L = \frac{1}{4} TL^2$$

$$R_A = \frac{TL^2}{4L}$$

$$R_A = \frac{TL}{4}$$

$M_{\max}$  pada tengah bentang adalah :

$$M_{\max} = R_A \cdot x - \frac{1}{2} A1 \cdot \frac{1}{3} x$$

$$M_{\max} = \frac{TL}{4} \cdot \frac{L}{2} - \frac{1}{2} \left(\frac{1}{2} L \cdot T\right) \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} L$$

$$M_{\max} = \left(\frac{TL}{4} \cdot \frac{L}{2}\right) - \left(\frac{1}{3} \cdot \frac{L}{2}\right) \frac{TL}{4}$$

$$M_{\max} = \frac{TL^2}{8} - \frac{TL^2}{24}$$

$$M_{\max} = \frac{TL^2}{12}$$

Ekivalen beban segitiga menjadi beban merata, dimana  $M_{\max}$  pada

$$\text{beban merata} = \frac{1}{8} H \cdot L^2$$

$M_{\max}$  beban segitiga =  $M_{\max}$  beban merata

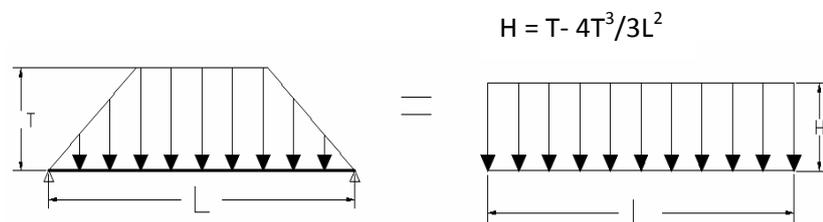
$$\frac{TL^2}{12} = \frac{1}{8} \cdot H \cdot L^2$$

$$H = \frac{\frac{TL^2}{12}}{\frac{L^2}{8}}$$

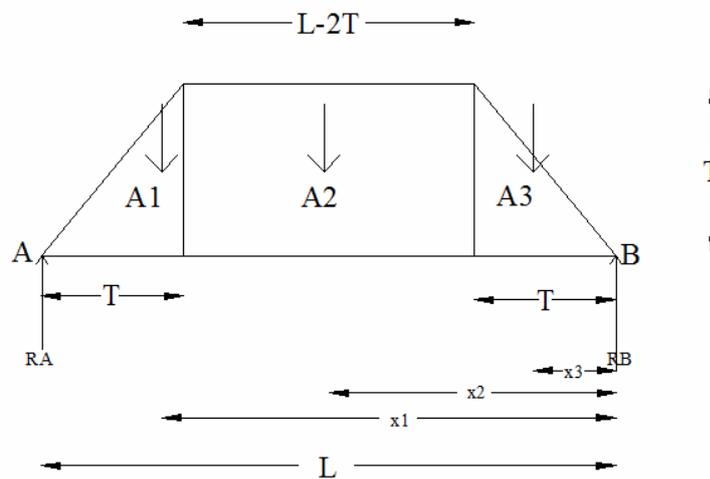
$$H = \frac{8TL^2}{12L^2}$$

$$H = \frac{2}{3}T$$

2. Ekvivalen penyaluran beban berbentuk trapesium



Penurunan Rumus :



$$A1 = A3 = \frac{1}{2} T \cdot T$$

$$A2 = (L-2T) \cdot T$$

$$x1 = \left(\frac{1}{3} T + (L-2T) + T\right)$$

$$x2 = \left(\frac{1}{2}(L-2T) + T\right)$$

$$x3 = \frac{2}{3} T$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$Ra.L - A1 . x1 - A2 . x2 - A3 . x3 = 0$$

$$Ra.L - 1/2 T.T (1/3 T + (L-2T) + T) - (L-2T) T (1/2(L-2T)+T) - 1/2 T.T (2/3 T) = 0$$

$$Ra.L - 1/2 T^2 (T/3-2T+T+L) - (LT-2T^2)(1/2L) - 1/2 T^2(2/3T) = 0$$

$$Ra.L - 1/2 T^2 \left( \frac{T-6T+3T}{3} + L \right) - \left( \frac{L^2T}{2} - T^2L \right) - (1/3 T^3) = 0$$

$$Ra.L - 1/3 T^3 + \frac{T^2L}{2} + \frac{L^2T}{2} - T^2L + \frac{1}{3} T^3 = 0$$

$$Ra = \frac{\frac{T^2L}{2} + \frac{L^2T}{2} - T^2L}{L}$$

$$= \left( \frac{L-2T}{2} \right) T + \frac{T^2}{2}$$

$M_{max}$  pada tengah bentang adalah :

$$A1 = 1/2 T.T$$

$$A2 = \left( \frac{L-2T}{2} \right) . T$$

$$X = 1/2 L$$

$$x1 = \left( \frac{1}{3} T + \frac{L-2T}{2} \right)$$

$$x2 = \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{L-2T}{2} \right)$$

$$M_{max} = Ra . x - A1 . x1 - A2 . x2$$

$$= \left( \frac{LT-2T^2}{2} + \frac{T^2}{2} \right) \frac{L}{2} - \frac{T^2}{2} \left( \frac{1}{3} T + \frac{L-2T}{2} \right) - \left( \frac{LT-2T^2}{2} \right) \left( \frac{L-2T}{4} \right)$$

$$= \left( \frac{LT-2T^2+T^2}{2} \right) \frac{L}{2} - \left( \frac{T^3}{6} + \frac{LT^2-2T^3}{4} \right) - \left( \frac{(LT-2T^2)(L-2T)}{8} \right)$$

$$= \left( \frac{L^2T-LT^2}{4} \right) - \left( \frac{4T^3+6LT^2-12T^3}{24} \right) - \left( \frac{L^2T-2LT^2-2LT^2+4T^3}{8} \right)$$

$$= \frac{6L^2T - 6LT^2 - 6LT^2 + 8T^3 - 3L^2T + 12LT^2 - 12T^3}{24}$$

$$= \frac{3L^2T - 4T^3}{24}$$

Ekivalen beban Trapesium menjadi beban merata, dimana  $M_{\max}$  pada beban merata =  $\frac{1}{8} H \cdot L^2$

$M_{\max}$  beban trapesium =  $M_{\max}$  beban merata

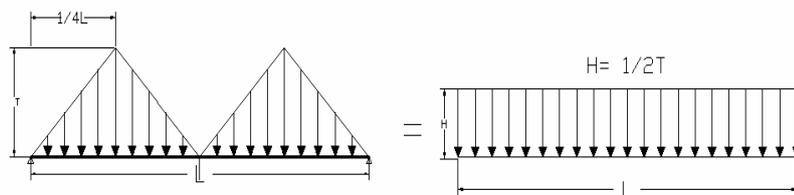
$$\frac{3L^2T - 4T^3}{24} = \frac{1}{8} HL^2$$

$$\frac{8(3L^2T - 4T^3)}{24L^2} = H$$

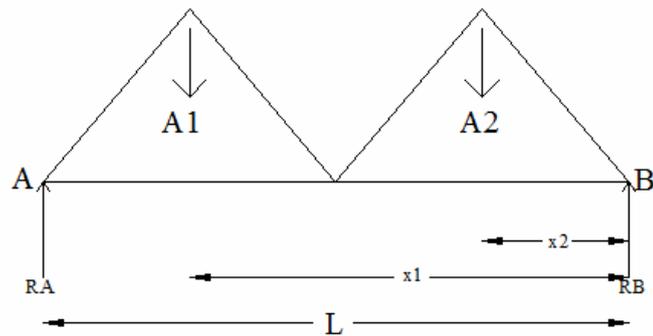
$$H = \frac{24L^2T}{24L^2} - \frac{32T^3}{24L^2}$$

$$H = T - \frac{4T^3}{3L^2}$$

3. Ekivalen penyaluran beban pelat berbentuk dua buah segitiga



runan rumus :



$$A_1 = A_2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{2} \cdot T$$

$$x_1 = \frac{L}{4} + \frac{L}{2}$$

$$x_2 = \frac{L}{4}$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$R_A \cdot L - A_1 \cdot x_1 - A_2 \cdot x_2 = 0$$

$$R_A \cdot L - \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{2} \cdot T \right) \cdot \left( \frac{L}{4} + \frac{L}{2} \right) - \left( \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{2} \cdot T \right) \cdot \left( \frac{L}{4} \right) = 0$$

$$R_A \cdot L = \left( \frac{TL}{4} \cdot \frac{3L}{4} \right) + \left( \frac{TL}{4} + \frac{L}{4} \right)$$

$$R_A \cdot L = \frac{3TL^2}{16} + \frac{TL^2}{16}$$

$$R_A \cdot L = \frac{4TL^2}{16}$$

$$R_A = \frac{4TL^2}{16L}$$

$$R_A = \frac{TL}{4}$$

$M_{\max}$  pada tengah bentang adalah :

$$A_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{L}{2} \cdot T$$

$$x = \frac{L}{2}$$

$$x_1 = \frac{L}{4}$$

$$M_{\max} = R_A \cdot x - A_1 \cdot x_1$$

$$M_{\max} = \left(\frac{TL}{4} \cdot \frac{L}{2}\right) - \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{L}{2} \cdot T\right) \frac{L}{4}$$

$$M_{\max} = \frac{TL^2}{8} - \frac{TL^2}{16}$$

$$M_{\max} = \frac{2TL^2}{16} - \frac{TL^2}{16}$$

$$M_{\max} = \frac{TL^2}{16}$$

Ekivalen beban segitiga menjadi beban merata, dimana  $M_{\max}$  pada

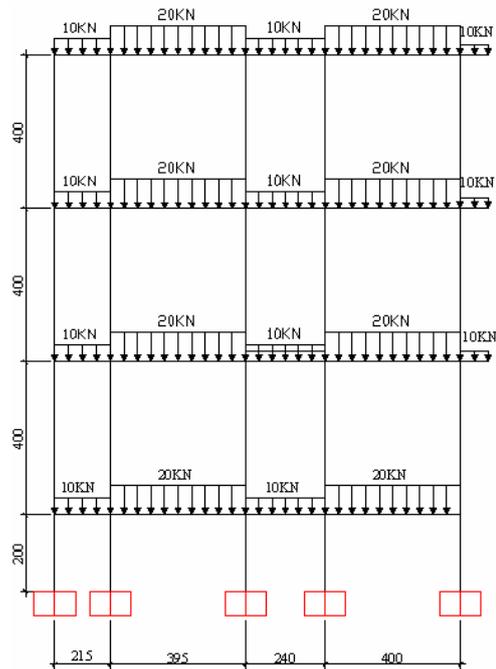
$$\text{beban merata} = \frac{1}{8} H \cdot L^2$$

$M_{\max}$  beban segitiga =  $M_{\max}$  beban merata

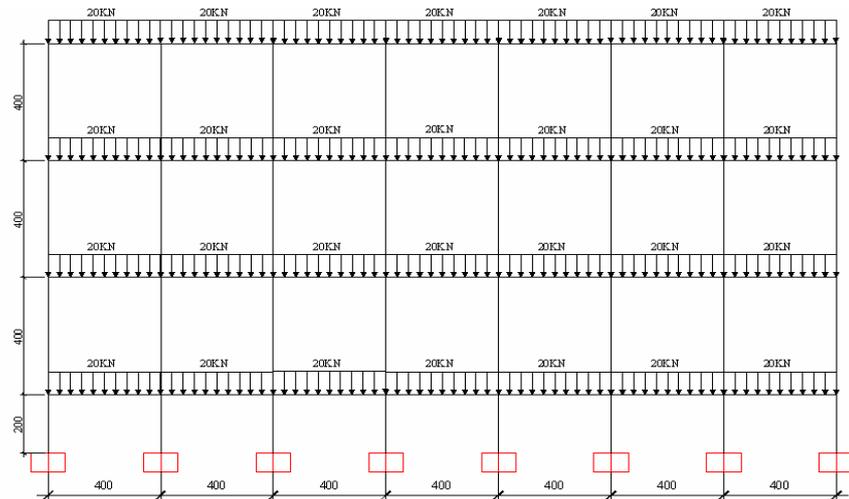
$$\frac{TL^2}{16} = \frac{1}{8} \cdot H \cdot L^2$$

$$H = \frac{TL^2}{16} \cdot \frac{8}{L^2}$$

$$H = \frac{1}{2} T$$



**Gambar 2.9 Penyederhanaan pembebanan balok portal melintang**



**Gambar 2.10 Penyederhanaan pembebanan balok portal memanjang**

### 2.3.4 Penentuan Dimensi Balok, Kolom dan Sloof

a. Penentuan dimensi balok dan sloof

- Dimensi tinggi balok (h) ditentukan berdasarkan panjang bentang ( $l$ )

$$h = (1/15 - 1/10) l$$

$$h = (1/15 - 1/10) 4000 \text{ mm} = 270 - 400 \text{ mm} \sim 400 \text{ mm}$$

- Dimensi lebar balok (b) ditentukan berdasarkan tinggi balok (h)

$$b = (1/2 - 2/3) h$$

$$b = (1/2 - 2/3) 400 \text{ mm} = 200 - 270 \text{ mm} \sim 250 \text{ mm}$$

Jadi, dimensi balok yang akan dipakai yaitu 250 x 400 mm

b. Penentuan dimensi penampang kolom

Dimensi penampang kolom = lebar balok + (2 x 50 mm)

$$= 250 \text{ mm} + (100 \text{ mm}) = 350 \text{ mm} \sim 400 \text{ mm}$$

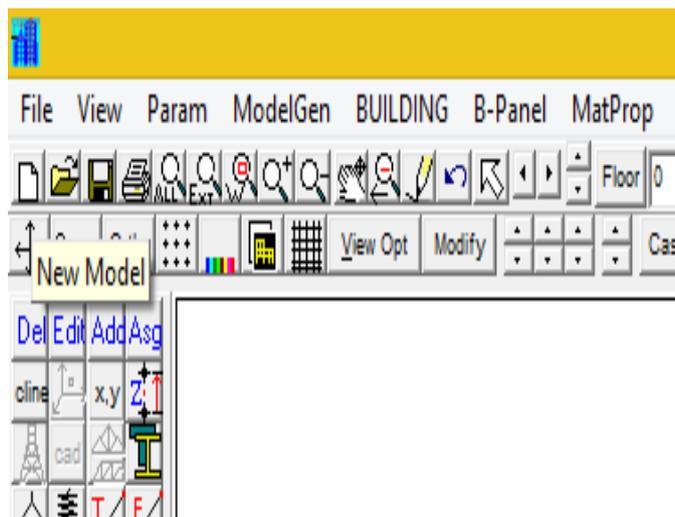
Jadi, dimensi kolom yang akan dipakai yaitu 400 x 400 mm

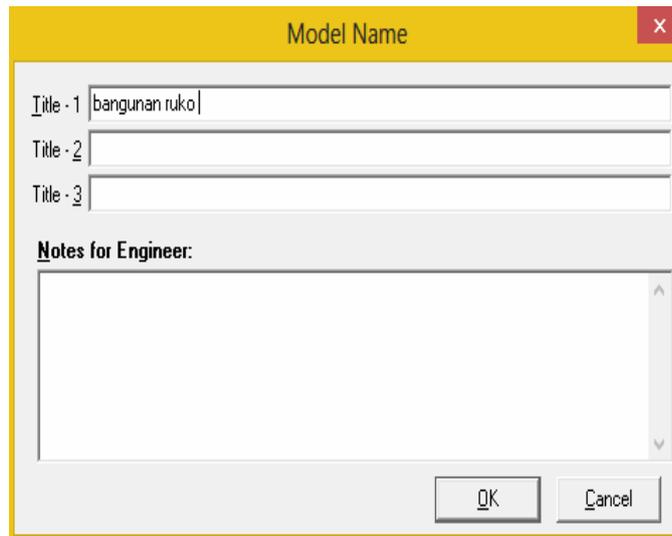
### 2.3.5 Langkah – langkah Perhitungan Portal

Langkah - langkah menghitung portal dengan menggunakan Program SANS PRO V 4.98:

1) Buat model struktur memanjang

- a. Mengklik New model untuk mengisi model name misalnya :  
Bangunan Ruko lalu klik OK





Model Name

Title - 1 | bangunan ruko |

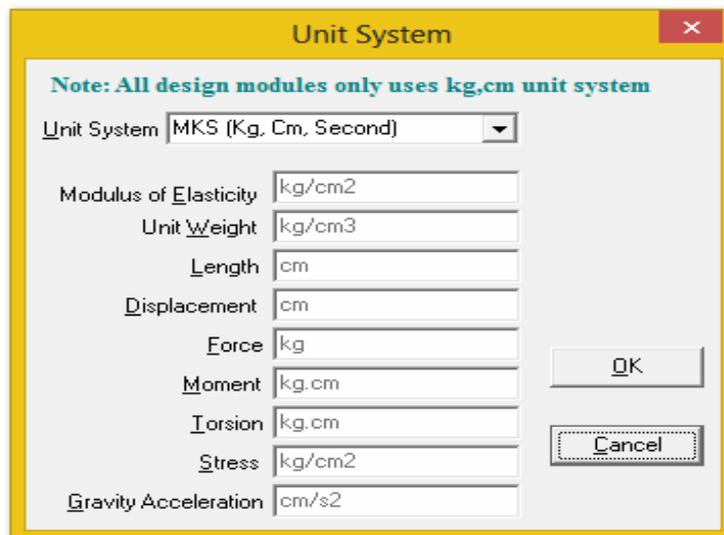
Title - 2 |

Title - 3 |

**Notes for Engineer:**

OK Cancel

- b. Setelah itu pilih jenis satuan yang digunakan, lalu klik OK



Unit System

**Note: All design modules only uses kg,cm unit system**

Unit System | MKS (Kg, Cm, Second) |

Modulus of Elasticity | kg/cm<sup>2</sup> |

Unit Weight | kg/cm<sup>3</sup> |

Length | cm |

Displacement | cm |

Force | kg |

Moment | kg.cm |

Torsion | kg.cm |

Stress | kg/cm<sup>2</sup> |

Gravity Acceleration | cm/s<sup>2</sup> |

OK Cancel

- c. Selanjutnya isi form unit structure option untuk memilih model struktur, jenis bahan, peraturan yang digunakan, lalu klik file pada program untuk memilih model portal, klik OK

**Structure Option**

Function: General Building Building Parameter

Structure Model: Plane Frame (XY)

Structure Material: Concrete

Structure Type: Ductile Frame

Design Method: Non-Capacity

Design Code: CONCRETE PBI-2003 Select Design Code

Steel Design Option: Elastic

Earthquake Design Code:

Default (SNI-1726)  UBC-94

Indo-PPTGIUG-1983  UBC-97

Indo-SNI-1726-2002  IBC-2009/SNI-2011

Use Material Schedule Table to override section material properties (NEW)

Cold-formed Steel Building Type (Must be unchecked for other buildings)

OK Cancel

- d. Isi *working coordinate range* untuk menentukan letak dan jarak titik koordinat, klik OK

**Working Coordinate Range**

Working Coordinate Range

Automatic Range Calculation

Range X: -200 to 3000 Margin X: 200

Range Y: -200 to 1500 Margin Y: 200

Axis Spacing

X Axis: 500 N = 10  Use Mid-Axis  Reverse Order

Y Axis: 500 N = 10  Use Mid-Axis  Reverse Order

Generate Equally Spaced Axis

X-Axis Spacings				Y-Axis Spacings			
No.	Name	Length	X-Coord	No.	Name	Length	Y-Coord
1	a	400		1	1	400	
2	b	400	400.00	2	2	400	400.00
3	c	400	800.00	3	3	400	800.00
4	d	400	1200.00	4	4	400	1200.00
5	e	400	1600.00	5			
6	f	400	2000.00	6			
7	g	400	2400.00	7			
8	h		2800.00	8			

Invisible Grid Spacing

Grid DX: 50

Grid DY: 50

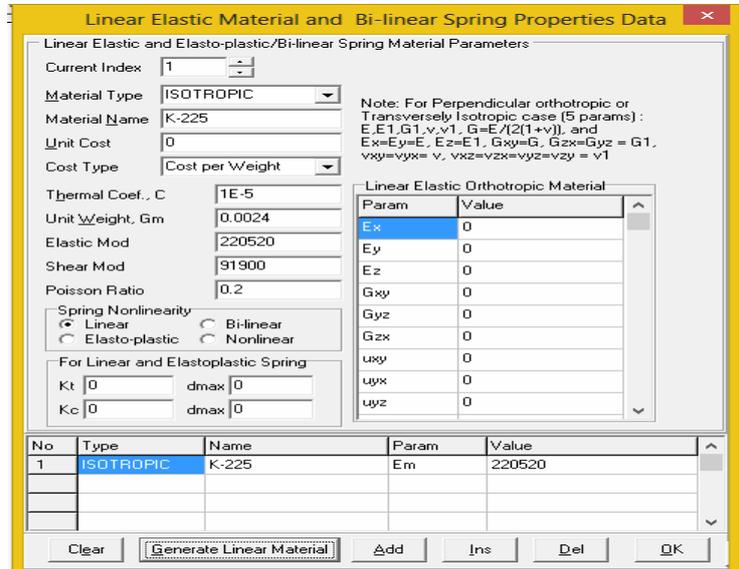
Note: Use drawing axis name and location for faster node generation. SANS will snap new node to drawing axis first, then to grid resolution. Snap feature can be turn off/on from main menu.  
User can also automatically generate all nodes from all drawing axis intersection from Mesh Generation Menu.

Apply OK Cancel

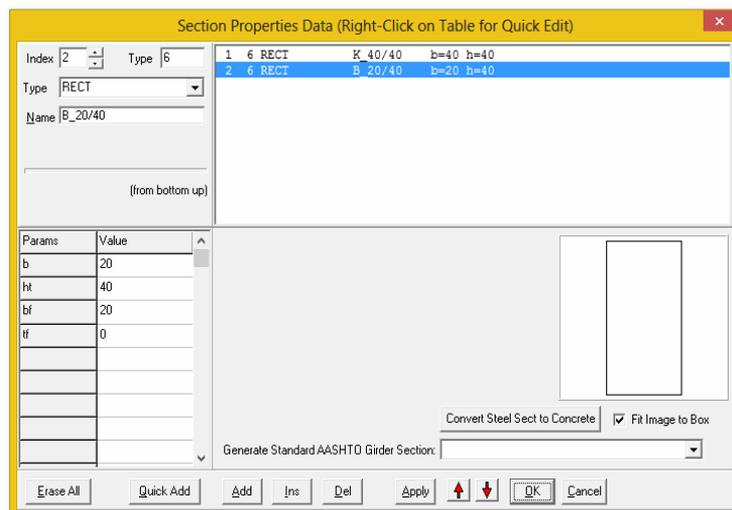
- e. Klik OK pada *Analysis Option*



- o Pilih jenis material misalkan ISOTROPIC dan mutu yang digunakan K-225 lalu klik OK



- Tentukan jenis dan dimensi balok dan kolom pada menu section
  - Buat ukuran atau dimensi kolom dan balok yang digunakan, klik OK



- Lalu design kolom dan balok yang digunakan dengan mengisi form Design Parameters seperti :  
 Design code = Concrete, PBI 2003  
 selimut beton (cv) = 5

delta = 0,5

column rebar faces = 2

lalu klik OK

Design Parameters

Structure Type:  Ductile,  Non-ductile,  Braced frame,  Walled frame

Design Code:  None,  Steel, ASD-89,  Steel, LRFD-89,  Steel, PBBI-81,  Steel, PBBI-2002,  Concrete, ACI-89,  Concrete, ACI-95,  Concrete, PCI-91,  Steel, AASHTO-98,  Concrete, AASHTO-98,  Concrete, ACI-2002,  Steel, LRFD-2002,  Concrete, PCI-2003,  Cold-Formed Steel, AISI-2002

Function:  General,  Truss,  Beam,  Column,  Shearwall,  Slab,  CableWire

Length Factors: kx, ky, Lx/L, Ly/L, Luy/L, Luy/L

Moment Multiplier: Cmx, Cmy, Cb

Live Load Reduction: Gravity Load, Earthquake

Section Properties: Bw, Ht, Bt, Tf, cv

Concrete Material: E<sub>c</sub>, f<sub>c</sub>, f<sub>ci</sub>, f<sub>cr</sub>

Main Rebar / Shearwall edges: Fy, db, delta, As1/As

Column Rebar Faces:  2,  4

Stirrups Types:  Rectangle,  Spiral

Stirrups / Shearwall horizontals: Fyv, dbv, spcmax

Side Rebar (for 2-face columns or Shearwall verticals): Fys, dbv, inside, space

Auto Modify Stirrups and Side bar

Apply Concrete Prop. to ALL, Apply to all Slabs and Beams, Apply to all Cols and Walls

Apply Rebar Prop. to ALL, Apply to all Slab and Beam, Apply to all Cols and Walls

Index: 2, Type: 4

DsgType: CONCRETE\_GIRDER

Name: B\_20/40

Index	Type	DsgType	Name
1	6	CONCRETE_BCOL	K_40/40
2	4	CONCRETE_GIRDER	B_20/40

3. Lalu pada form *Element Data Set (ELSET) Editor* klik *generate* lalu klik OK

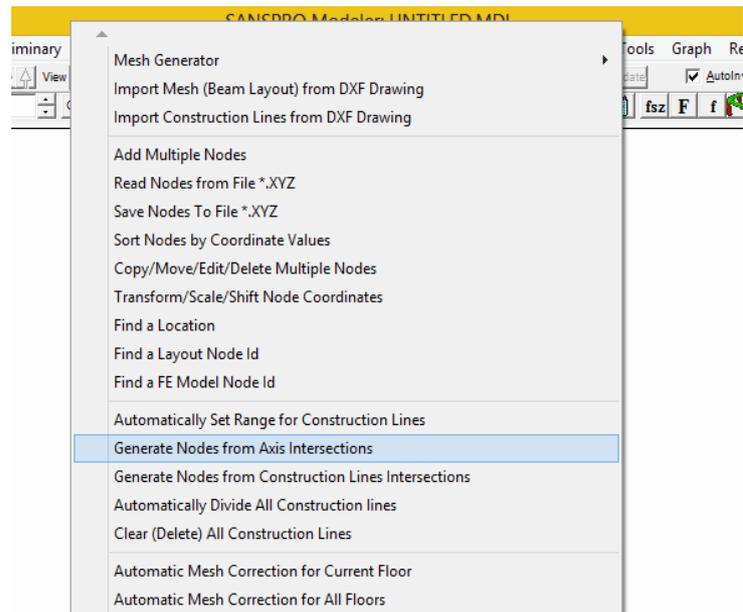
Element Data Set (ELSET) Editor

Use Double Click for Table Lookup (Material/Section/Design Tables)  
(Right-Click to use Popup Menu) (Texture: 0=auto, 1=solid rgbcolor, no texture, 2=texture, 3=rgbcolor+texture)

ELSET	Material	Section	Design	Texture	Section Name	RGB Color	Texture File
1	1	1	1	0	K_40/40		
2	1	2	2	0	B_20/40		

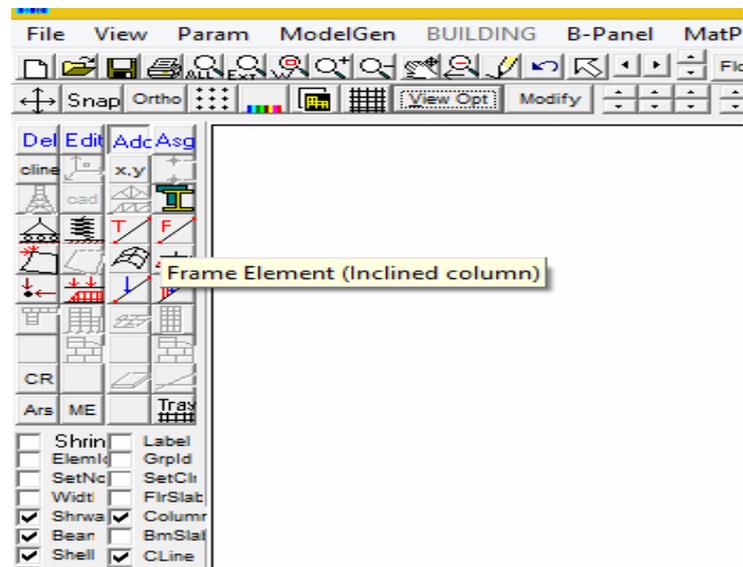
Clear All, Generate, Add, OK, Cancel

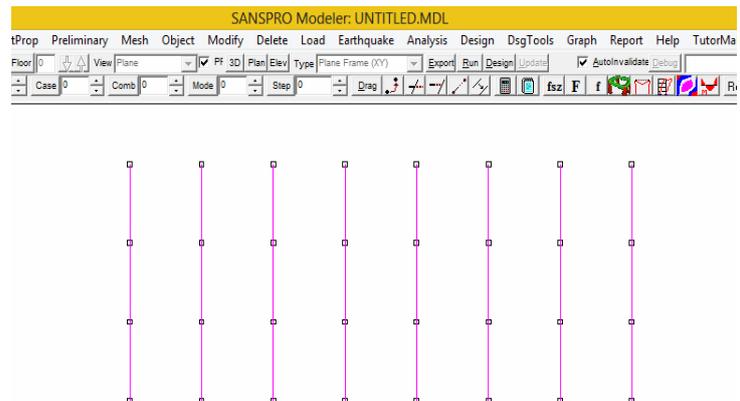
i. Lalu klik menu mesh dan pilih *generate nodes from axis interaction* untuk memunculkan titik koordinat



1. Lalu tarik garis kolom pada titik koordinat sesuai jarak yang ditentukan dengan mengklik *frame element (Inclined column)*

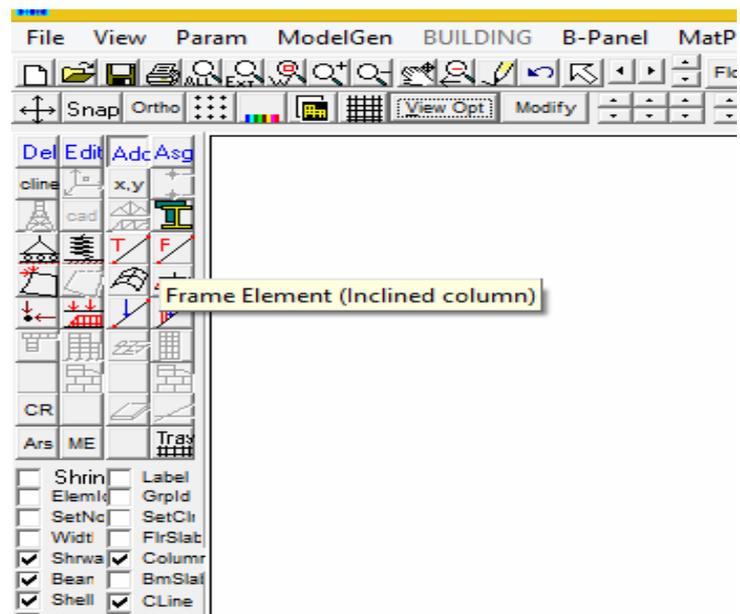
- Add

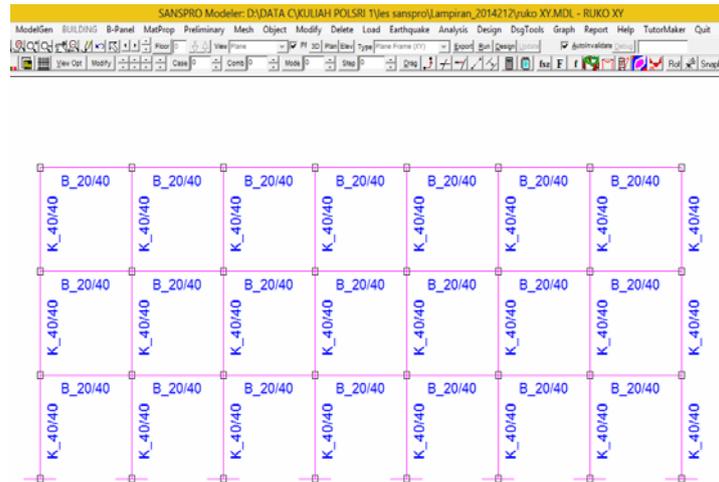




Gambar diatas merupakan hasil tarikan garis kolom

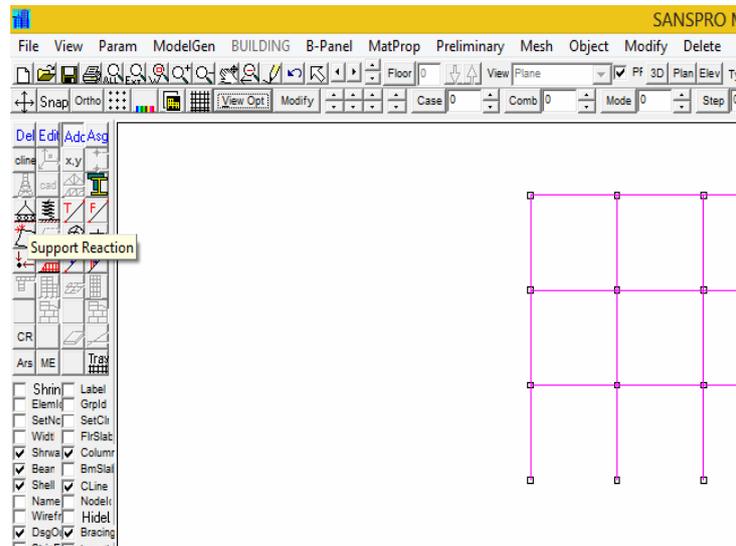
2. Buatlah balok pada titik koordinat yang telah ditentukan dengan mengklik *frame element (inclined column)*



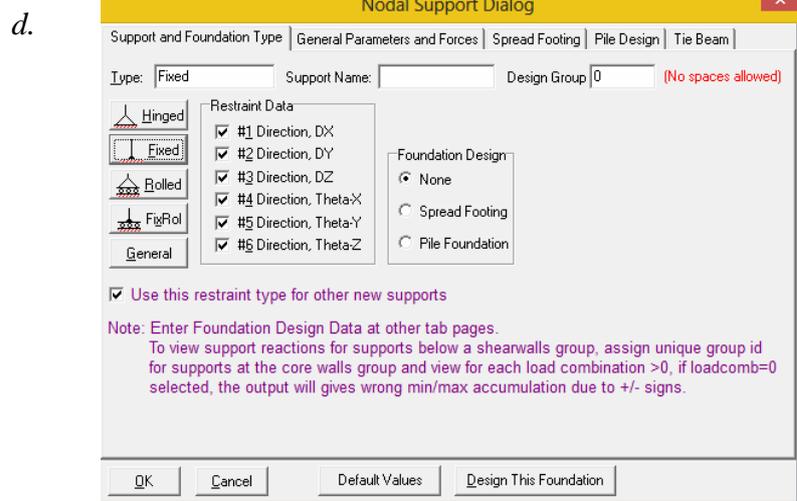


Gambar diatas merupakan hasil tarikan garis kolom dan balok.

- j. Untuk mendesain perletakan dapat ditentukan dengan mengklik ikon perletakan atau perintah *support reaction*



Lalu pilih jenis perletakkan. Untuk perletakkan jepit pilih *Fixe*



- k. Sebelum menginput beban, terlebih dahulu daftarkan beban yang akan digunakan sesuai perhitungan. Misalnya, beban mati, beban hidup dan pasangan dinding bata. Lalu tentukan jenis beban yang akan digunakan dengan masing-masing case:

Berat sendiri (*Self Weight*) = 0

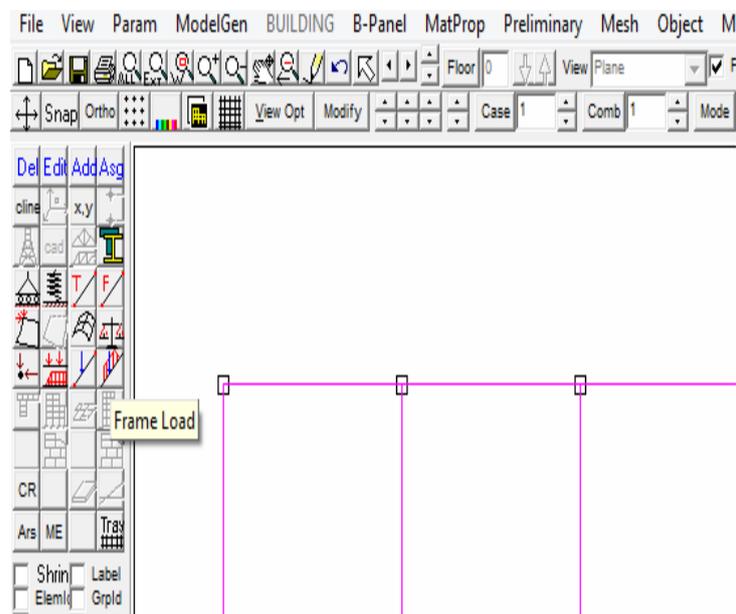
Beban mati (*Dead Load*) = 1

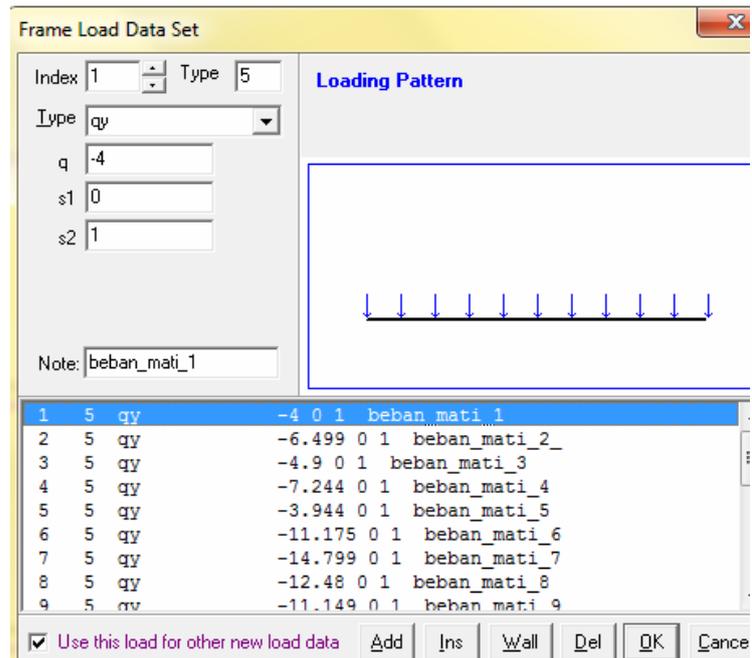
Beban hidup (*Live Load*) = 2

Beban angin (*Wind-X*) = 3

l. Input data akibat beban mati (*Dead Load*)

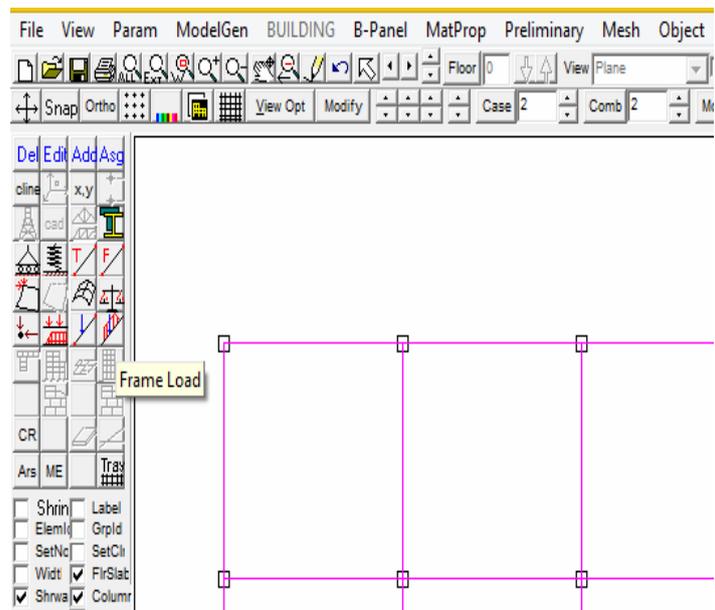
Untuk menginput data akibat beban mati, input case = 1. Kemudian klik batang portal pada model *frame load* setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.

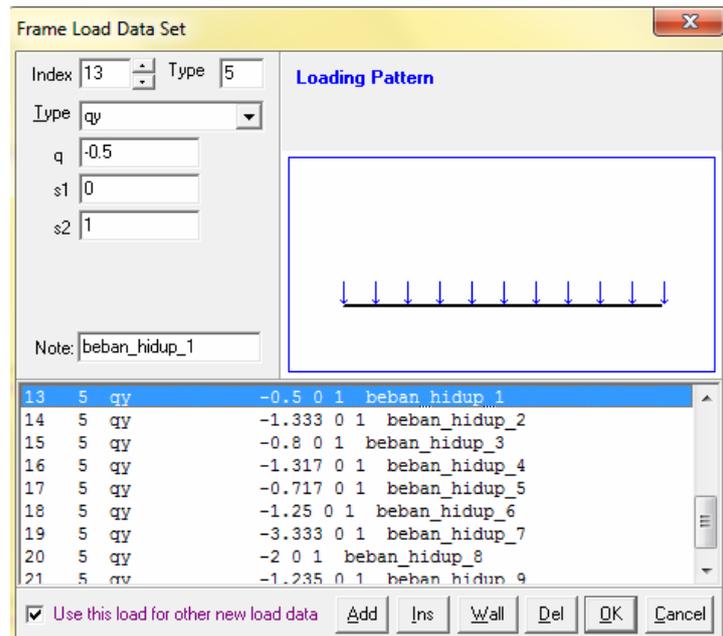




m. Input data akibat beban hidup (*Live Load*)

Untuk menginput data akibat beban hidup, input case = 2 klik batang portal pada *frame load* setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



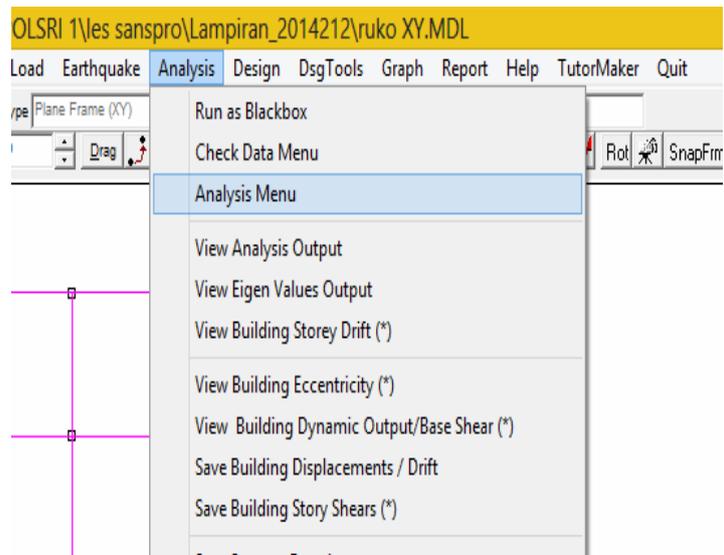


#### n. Analisis

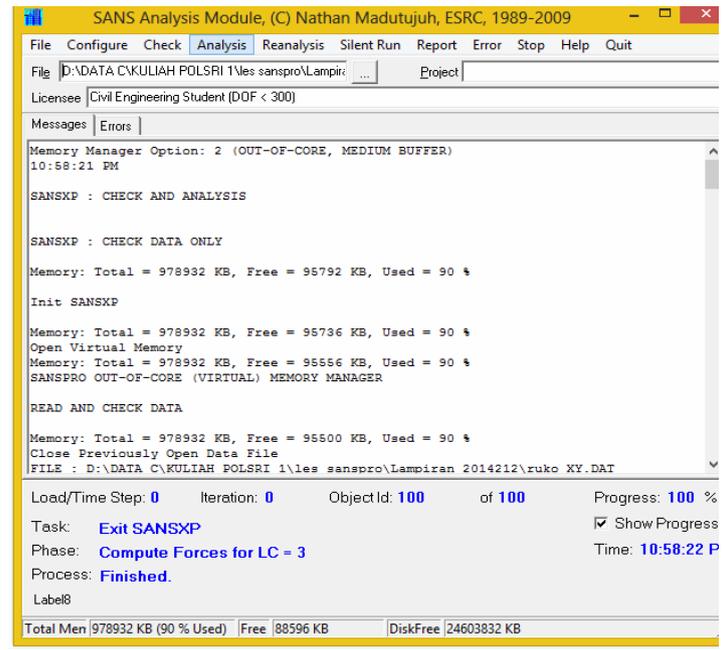
Setelah beban akibat beban mati dan hidup di input portal tersebut siap untuk di analisis. Sebelum dianalisis simpan data terlebih dahulu dengan mengklik icon *save* dan *export – export – ok- continue – ok* (atau menekan tombol F2, F4 pada keyboard).



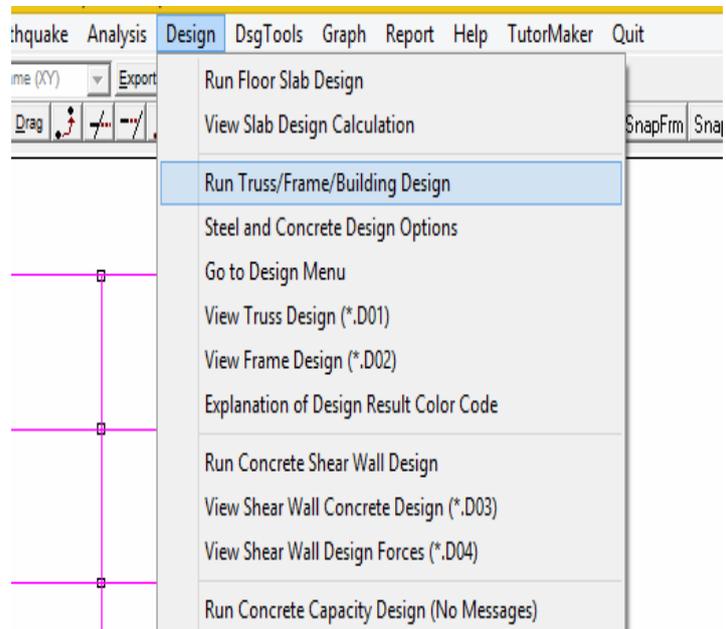
Kemudian lanjutkan menganalisis dengan mengklik menu *analysis - analysis menu- run design*

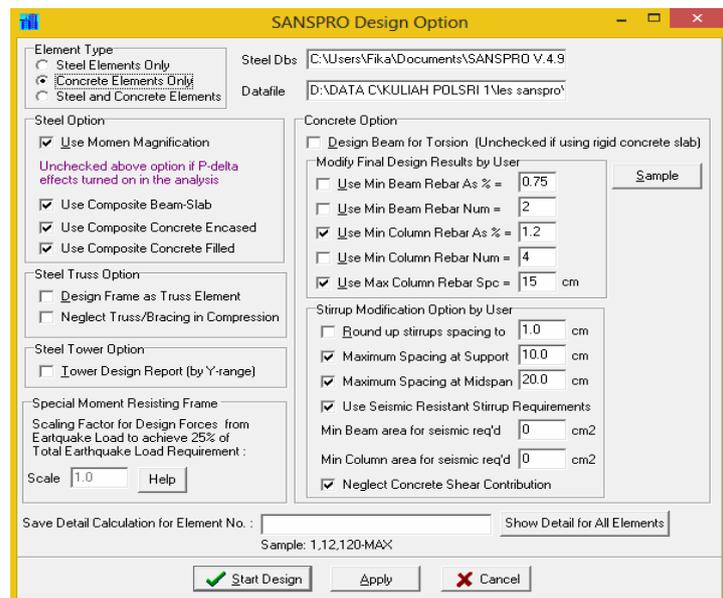
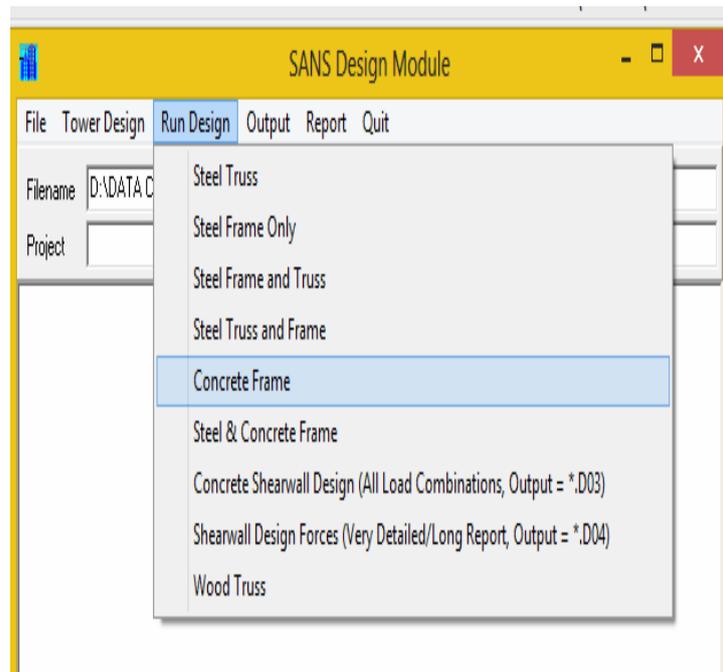


Lalu akan tampil layar seperti dibawah ini



Lalu klik *Design – Run Truss/Frame/Bulding Design – Run Design – Concrete Frame*





Klik Start Design – klik OK

Klik Quit – jawab dengan Yes

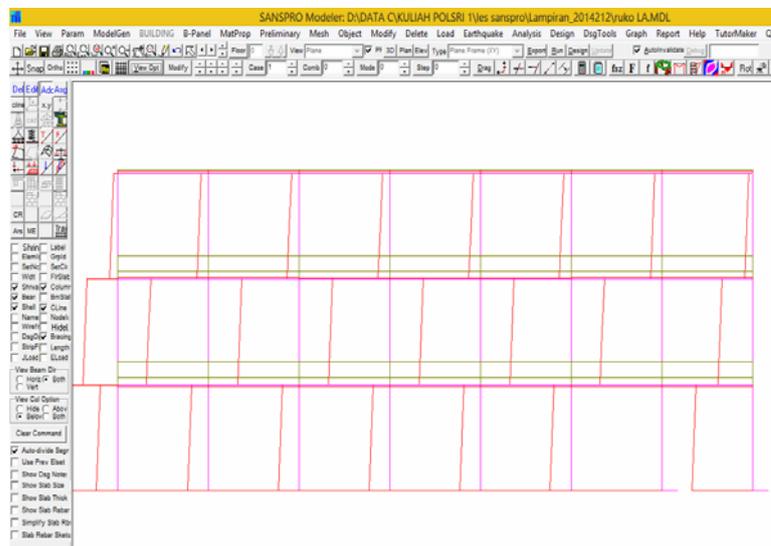
1. Untuk data-data bidang gaya dalam normal, geser/lintang dan momen dapat dilihat dengan klik kanan mouse, pilih *Moment*

*Diagram* atau dengan mengklik menu *View Opt- Analysis Output*.

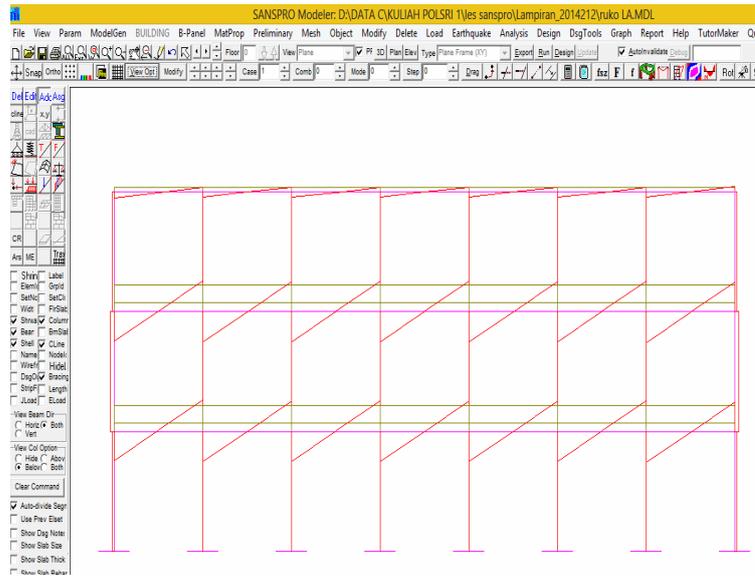
Pada form *Display Option* beri tanda (V) pada pilihan *Show Diagram* dan pada form *Element Forces Local Direction* pilih bidang gaya dalam.

Misalnya :

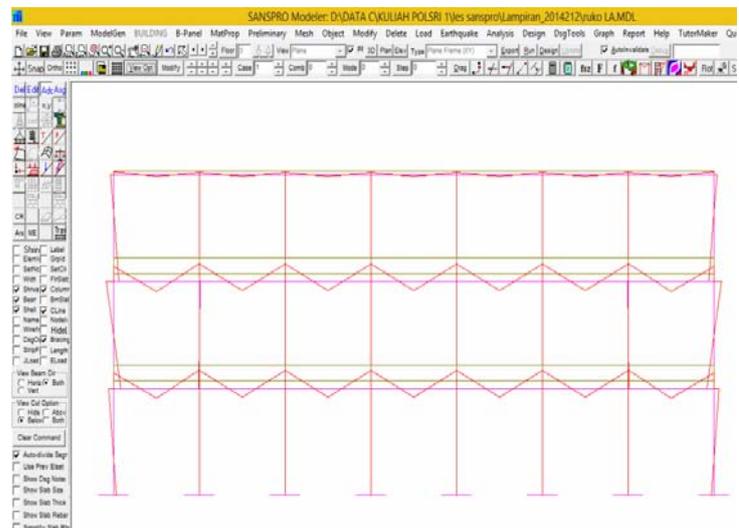
- *Axial* : bidang normal
- *Major Shear* : bidang lintang
- *Major Moment* : bidang momen



**Gambar 2.11 Diagram Bidang Normal**



**Gambar 2.12 Diagram Bidang Geser**



**Gambar 2.13 Diagram Bidang Momen**

2. Untuk melihat hasil analisis perhitungan portal dapat dilihat dengan mengklik *analysis – view analysis output*

portal melintang 1.OUT - SANS V.4.97 Program

File Edit Search Block Help

Font Size + -

Frame Element Forces

Member	Axial-1	Shear-2	Shear-3	Torsion	Moment-2	Moment-3	M-Span-2
	Axial-1	Shear-2	Shear-3	Torsion	Moment-2	Moment-3	M-Span-3
1	2.452244E+04	-1.253354E+02	0	0	0	-9.615682E+03	0
	-2.391764E+04	1.253354E+02	0	0	0	-1.545141E+04	-2.917865E+03
2	2.312592E+04	-1.715402E+02	0	0	0	-2.918563E+04	0
	-2.191632E+04	1.715402E+02	0	0	0	-3.943045E+04	-5.122411E+03
3	1.413260E+04	-2.723176E+02	0	0	0	-5.600679E+04	0
	-1.292300E+04	2.723176E+02	0	0	0	-5.292024E+04	1.543274E+03
4	5.112692E+03	-2.588115E+02	0	0	0	-5.162616E+04	0
	-3.903092E+03	2.588115E+02	0	0	0	-5.189843E+04	-1.361389E+02
5	2.395956E+04	3.286794E+01	0	0	0	9.831921E+02	0
	-2.385476E+04	-3.286794E+01	0	0	0	5.590396E+03	2.303602E+03
6	2.201593E+04	1.315818E+02	0	0	0	1.647313E+04	0
	-2.080633E+04	-1.315818E+02	0	0	0	3.615961E+04	9.843240E+03
7	1.340984E+04	2.256327E+02	0	0	0	4.550079E+04	0
	-1.220024E+04	-2.256327E+02	0	0	0	4.475231E+04	-3.742385E+02
8	4.810232E+03	1.774571E+02	0	0	0	3.777795E+04	0
	-3.600632E+03	-1.774571E+02	0	0	0	3.320491E+04	-2.286519E+03
9	2.175228E+04	-4.441988E+01	0	0	0	-4.204773E+03	0
	-2.114748E+04	4.441988E+01	0	0	0	-4.679203E+03	-2.372149E+02
10	1.998908E+04	-1.521103E+02	0	0	0	-2.388309E+04	0
	-1.877948E+04	1.521103E+02	0	0	0	-3.636104E+04	-6.538976E+03
11	1.265620E+04	-2.818981E+02	0	0	0	-5.746959E+04	0
	-1.144660E+04	2.818981E+02	0	0	0	-5.528966E+04	1.089962E+03
12	5.289925E+03	-2.930750E+02	0	0	0	-5.736002E+04	0
	-4.080325E+03	2.930750E+02	0	0	0	-5.987000E+04	-1.254988E+03
13	2.107809E+04	6.831009E+01	0	0	0	3.384122E+03	0
	-2.047329E+04	-6.831009E+01	0	0	0	1.027789E+04	3.446887E+03

**Gambar 2.14 Hasil Analisis Output  
Perhitungan Portal**

### 2.3.6 Perhitungan Tulangan Balok

#### 1. Perhitungan penulangan

##### a. Menghitung nilai k

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

$M_u$  = Momen terfaktor pada penampang ( kNm )

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

$d$  = tinggi efektif pelat ( mm )

$\phi$  = faktor Kuat Rencana (SNI 03-2847-2002)

##### b. Periksa $\rho$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \text{ dan } \rho_{\text{aktual}} = \frac{A_s}{b w d}$$

Dengan syarat

$$\rho_{\min} \leq \rho_{ada} < \rho_{\max}$$

- Jika  $\rho < \rho_{\min}$ , maka menggunakan  $\rho_{\min}$  maka  $A_s$  yang digunakan  $A_{s_{\min}}$
- Jika  $\rho > \rho_{\max}$ , maka dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang

c. Menghitung nilai  $A_s$

$$A_s = \rho b d$$

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

$\rho$  = rasio penulangan

$d$  = tinggi efektif pelat ( mm )

d. Menentukan diameter tulangan yang dipakai ( Istimawan, Tabel A-4 )

e. Mengontrol jarak tulangan sengkang

f. Untuk menghitung tulangan tumpuan diambil 20% dari luas tulangan atas. Dengan Tabel A-4 ( Istimawan ) didapat diameter tulangan pakai.

2. Cek apakah tulangan geser diperlukan

### 2.3.6.1 Perhitungan tulangan geser

$$V_{cr} = \frac{\frac{1}{2} \text{ bentang} - \frac{1}{2} \text{ dimensi kolom}}{\frac{1}{2} \text{ bentang}} \times V_u$$

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot b_w d \sqrt{f_c}$$

$$V_s = \frac{V_{cr}}{\phi} - V_c$$

**Penentuan nilai  $V_s$**

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

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

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

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

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

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

$$\left. \begin{array}{l} S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ S_{\text{maks}} = d/2 \\ S_{\text{maks}} = 600 \text{ mm} \end{array} \right\} \text{ambil nilai terkecil}$$

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

$$\left. \begin{array}{l} S_{\text{perlu}} = \frac{3A_v \cdot f_y}{bw} \\ S_{\text{maks}} = d/2 \end{array} \right\} \text{ambil nilai terkecil}$$

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

### 2.3.7 Perhitungan Tulangan 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.

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

$$EI_k = \frac{\left(\frac{E_c I_g}{2.5}\right)}{1 + \beta_d}$$

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

$$I_g = \text{momen inersia penampang beton}$$

$\beta_d$  = 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

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

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 :

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

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

$M_{2a}$  = momen kolom terbesar akibat goyanganve 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 :

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

6. Mencari nilai  $P_c$  :

$$P_c = \frac{n^2 E I K}{(k L_u)^2}$$

7. Desain penulangan kolom ditaksir dengan tulangan 0,5 %

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{bd}$$

$$A_s = A_s'$$

Tentukan tulangan yang digunakan :

$$\rho = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{bd}$$

- a. Periksa  $P_u$  terhadap beban seimbang  $P_{ub}$

$$C_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d$$

$$a_b = \beta_1 \cdot C_b$$

$$f_s' = E_s \cdot E_c \left( \frac{C_b - d}{C_b} \right)$$

$$P_{nb} = 0,85f_c' \cdot b \cdot a_b$$

$\emptyset P_{nb} > P_u$ , Dengan demikian kolom akan mengalami hancur dengan diawali melelehnya tulangan tarik.

8. Periksa terhadap kekuatan penampang :

$$e = \frac{M_u}{P_u}$$

$$P_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot d \left[ \left( 1 - \frac{e'}{d} \right) + \sqrt{\left( 1 - \frac{e'}{d} \right)^2 + 2 \cdot m \cdot \rho \left( 1 - \frac{d'}{d} \right)} \right]$$

$$m = \frac{F_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{bd}$$

$$e' = \left[ e + \left( d - \frac{h}{2} \right) \right]$$

Jika  $\emptyset P_n > P_u$  (OK)

Dengan demikian penampang kolom memenuhi persyaratan.

### 2.3.8 Perhitungan Tulangan Sloof

1. Perhitungan penulangan

a. Menghitung nilai k

$$k = \frac{M_u}{\emptyset b d^2}$$

$M_u$  = Momen terfaktor pada penampang ( kNm )

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

$d$  = tinggi efektif pelat ( mm )

$\emptyset$  = faktor Kuat Rencana (SNI 03-2847-2002)

b. Periksa  $\rho$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{f_y} \text{ dan } \rho_{\text{aktual}} = \frac{A_s}{b_w d}$$

Dengan syarat

$$\rho_{\min} \leq \rho_{\text{ada}} < \rho_{\text{maks}}$$

1. Jika  $\rho < \rho_{\min}$ , maka menggunakan  $\rho_{\min}$  maka  $A_s$  yang digunakan  $A_{s_{\min}}$
2. Jika  $\rho > \rho_{\text{maks}}$ , maka dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang

c. Menghitung nilai  $A_s$

$$A_s = \rho b d$$

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

$\rho$  = rasio penulangan

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

d. Menentukan diameter tulangan yang dipakai (Istimawan, Tabel A-4)

e. Mengontrol jarak tulangan sengkang

f. Untuk menghitung tulangan tumpuan diambil 20% dari luas tulangan atas. Dengan Tabel A-4 ( Istimawan ) didapat diameter tulangan pakai.

g. Cek apakah tulangan geser diperlukan

### 2.3.8.1 Perhitungan tulangan geser

$$V_{cr} = \frac{\frac{1}{6} \text{ bentang} - \frac{1}{6} \text{ dimensi kolom}}{\frac{1}{6} \text{ bentang}} \times V_u$$

$$V_c = \frac{1}{8} \cdot bw \cdot d \cdot \sqrt{f_c'}$$

$$V_s = \frac{V_{\text{ter}}}{\phi} - V_c$$

a. Penentuan nilai  $V_s$

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

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

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

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

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

$$S_{\text{maks}} = 300 \text{ mm}$$

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

$$\left. \begin{array}{l} S_{\text{perlu}} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ S_{\text{maks}} = d/2 \end{array} \right\} \text{ambil nilai terkecil}$$

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

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

$$S_{\text{perlu}} = \frac{24k \cdot f_s}{bw} \quad \left. \vphantom{S_{\text{perlu}}} \right\} \text{ambil nilai terkecil}$$

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

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

### 2.3.9 Perencanaan Pondasi

Pondasi pada umumnya berlaku sebagai bagian komponen pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah.

Fungsi pondasi antara lain sebagai berikut:

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

Berdasarkan kedalaman pondasi ada dua macam:

#### a. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal adalah pondasi yang digunakan pada kedalaman 0.8 - 2 meter, karena daya dukung tanah telah mencukupi.

#### b. Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang kedalamannya lebih dari 2 meter dan biasa digunakan pada bangunan – bangunan bertingkat atau untuk bangunan cukup berat sementara tanah yang keras yang mampu mendukung beban terletak cukup dalam harus menggunakan pondasi tiang.

Pada proyek ruko ini pondasi yang dipakai adalah pondasi dangkal jenis pondasi telapak

Langkah-langkah perhitungan pondasi telapak :

- 1) Menghitung Beban yang bekerja
  - $P = P_D + P_L$  (untuk menghitung daya dukung ijin kayu gelam)
  - $Q = 1,2 P_D + 1,6 P_L$

- 2) Menghitung  $JHP_{net}$
- 3) Menghitung Daya dukung 1 gelam

$$\bar{Q} = \frac{qc \times A}{3} + \frac{JHP_{net} \times L}{5}$$

Dimana :

$qc$  = nilai konus ( $kg/cm^2$ )

$A$  = Luas penampang kayu gelam ( $cm^2$ )

$JHP$  = Jumlah Hambatan Pelekat ( $kg/cm$ )

$L$  = Keliling penampang kayu gelam

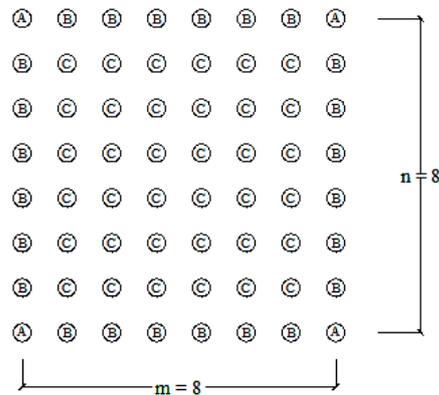
- 4) Menghitung jumlah tiang gelam

$$n = \frac{Q}{P_{tiang}}$$

- 5) Menentukan jarak tiang yang digunakan

Jarak antar tiang  $S \geq 2,5d$  atau  $S \geq 3d$

- 6) Menghitung efisiensi kelompok tiang kayu gelam
  - a. Metode Field



**Gambar 2.15 Analisis efisiensi kelompok tiang metode field**

$$\text{Efisiensi tiang A} = 4 \cdot \frac{13}{16}$$

$$\text{Efisiensi tiang B} = 24 \cdot \frac{11}{16}$$

$$\text{Efisiensi tiang C} = 36 \cdot \frac{8}{16}$$

---


$$\text{Jumlah} = \dots\dots$$

$$\text{Efisiensi tiap tiang} = \frac{\text{jumlah efisiensi tiang}}{\text{jumlah tiang gelam}}$$

b. Metode Uniform Building Code

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

Keterangan :

- m = jumlah baris
- n = jumlah tiang dalam satu baris
- $\theta = \text{Arc tan } \frac{d}{s}$  (derajat)
- d = diameter tiang = 10
- s = jarak antara tiang (as ke as)

c. Metode Los Angeles Group

$$Eff = 1 - \left\{ \left( \frac{d}{n m n} \right) \right\} (m(n-1) + n(m-1) + \sqrt{2(m-1)(n-1)})$$

7) Menghitung daya dukung tiang kelompok ( $Q_{ijin}$  Group)

$$Q_{ijin \text{ group}} = (Q_{\text{tahanan ujung}} + (Eff \times Q_{\text{kulit}})) \times n$$

8) Tentukan tebal pondasi telapak

$h \geq 150$  mm untuk pondasi di atas tanah, atau

$h \geq 300$  mm untuk pondasi di atas ring

9) Tentukan  $d$

$$d = h - p - \phi \text{ tul (Istimawan hal. 356)}$$

10) Kontrol Kekuatan Geser

a) untuk aksi 2 arah

1. Menghitung nilai  $B_o$

$$B_o = \text{lebar kolom} + \left( \frac{1}{2} d \right) 2$$

2. Menghitung nilai  $\sigma$

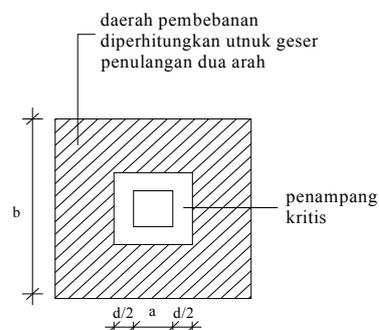
$$\sigma = \frac{Q}{B \times B}$$

3. Menghitung nilai  $V_u$

$$\begin{aligned} V_u &= \sigma \times \text{luas beban geser} \\ &= \sigma \times ((B \times B) - (B_o \times B_o)) \end{aligned}$$

4. Menghitung nilai kuat geser beton

$$V_c = \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \times \left( \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \right) \times b_o d$$

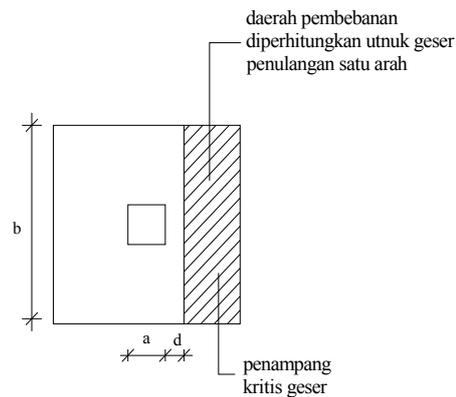


**Gambar 2.16 Analisis geser 2 arah pondasi telapak**

## 5. Pengecekan gaya geser

$V_u < \phi V_c \longrightarrow$  tebal pelat mencukupi untuk memikul gaya geser tanpa memerlukan tulangan geser

## b) Untuk aksi 1 arah



**Gambar 2.17 Analisis geser 1 arah pondasi telapak**

1. Menghitung nilai  $V_u$ 

$$V_u = \sigma \times \text{luas beban geser} \\ = \sigma \times ((B \times B) - (B_o \times B_o))$$

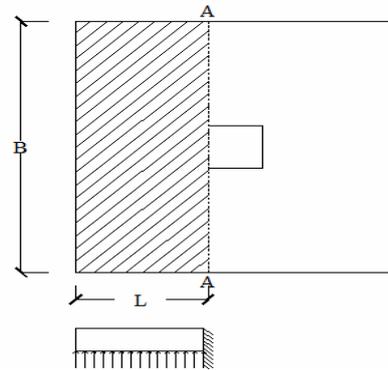
## 2. Menghitung Kuat geser beton

$$\phi V_c = \phi \left( \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \right) \times B.d$$

## 3. Pengecekan gaya geser

$V_u < \phi V_c \longrightarrow$  tebal pelat mencukupi untuk memikul gaya geser tanpa memerlukan tulangan geser

## 11) Perhitungan momen lentur akibat beban terfaktor



**Gambar 2.18 Analisis momen pondasi telapak**

- a. Mencari momen pada potongan A – A

$$M = \frac{1}{2} (\sigma \cdot B) \cdot L^2$$

- b. Mencari nilai k

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

- c. Didapat nilai  $\rho$

$$\text{Jika } \rho < \rho_{\min} \longrightarrow \rho_{\min}$$

$$\text{Jika } \rho > \rho_{\min} \longrightarrow \rho$$

- d. Menghitung nilai  $A_s$

$$A_s = \rho b d$$

- e. Menghitung jumlah tulangan

$$n = \frac{A_s}{A_s \text{ pakat}}$$

- f. Didapat jarak tulangan

$$s = \frac{B}{\text{jml tulangan}}$$

## 2.4 Pengelolaan Proyek

### 2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat–Syarat

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

#### **2.4.2 Volume Pekerjaan**

Volume pekerjaan ialah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan. Volume juga disebut sebagai kubikasi pekerjaan. Jadi volume (kubikasi) suatu pekerjaan, bukanlah merupakan volume (isi sesungguhnya), melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam satu kesatuan.

Sementara yang dimaksud dengan uraian volume pekerjaan, ialah menguraikan secara rinci besar volume atau kubikasi suatu pekerjaan. Menguraikan berarti menghitung besar volume masing-masing pekerjaan sesuai dengan gambar bestek dan gambar detail.

Sebelum menghitung volume masing-masing pekerjaan, lebih dulu harus dikuasai membaca gambar bestek berikut gambar detail/penjelasan. Untuk itu perhatikan gambar mulai dari Denah sampai Rencana Sanitasi, masing-masing gambar dilengkapi dengan simulasi dan gambar isometrik, guna memudahkan melihat bagian penting yang tidak terlihat pada gambar bestek.

#### **2.4.3 Analisa Harga Satuan Pekerjaan**

Harga satuan pekerjaan ialah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat di pasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapatkan dilokasi dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah.

Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda-beda. Jadi dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu bangunan/proyek, harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di pasaran dan lokasi pembangunan proyek.

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

Rencana Anggaran Biaya (RAB) terdiri dari tiga kata yaitu Rencana, Anggaran, dan Biaya. Dari masing-masing kata tersebut dapat didefinisikan menjadi :

Rencana adalah himpunan rencana termasuk detail / penjelasan dan tata cara pelaksanaan (pembuatan) sebuah bangunan yang terdiri dari bestek dan gambar bestek.

Anggaran adalah perkiraan atau perhitungan biaya suatu bangunan berdasarkan bestek, dan Biaya adalah jenis / besarnya pengeluaran yang ada hubungannya dengan pekerjaan yang tercantum dalam persyaratan yang terlampir.

Jadi, pengertian Rencana Anggaran Biaya (RAB) suatu bangunan atau proyek adalah perhitungan banyaknya biaya 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.

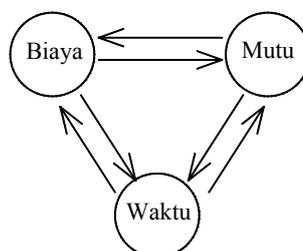
#### 2.4.5 *Net Work Planning* (NWP)

Dalam menyelesaikan pekerjaan konstruksi dibutuhkan suatu perencanaan waktu yang akan diperlukan untuk menyelesaikan tiap pekerjaan yang akan dilaksanakan.

*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 2.20 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.

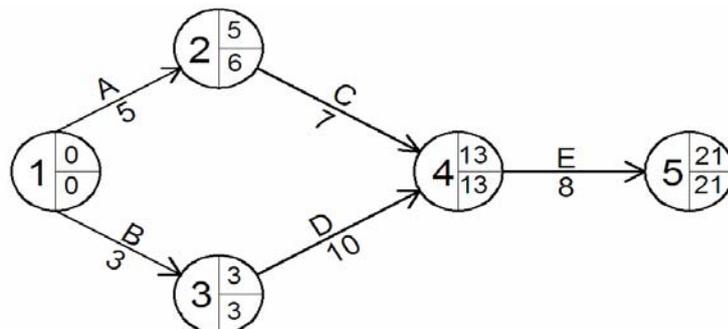
Pada perkembangannya yang terakhir dikenal 2 bahasa/symbol diagram network, yaitu:

- 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/Even**, bentuknya berupa lingkaran bulat yang berarti saat, peristiwa atau kejadian, permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan.

- 5)  $\Longrightarrow$  **Double arrow** berupa anak panah sejajar yang berarti lintasan kritis (*Critical Path*)
- 6)  $\dashrightarrow$  **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)  $\longrightarrow$  **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:

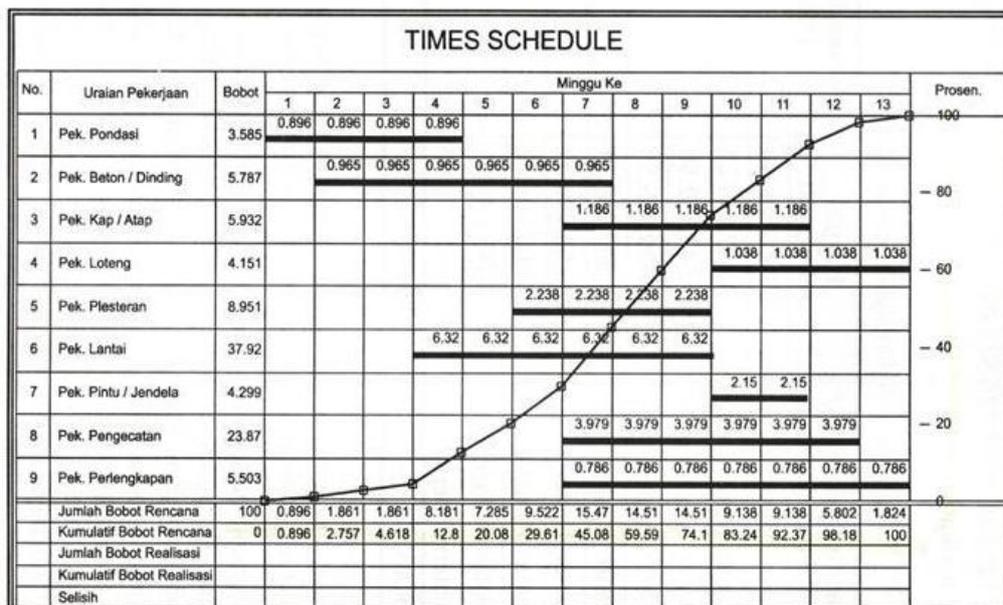
- 1) Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya duration maupun resources yang dibutuhkan.
- 2) Aktivitas-aktivitas yang mendahului dan aktivitas-aktivitas yang mengikuti.
- 3) Aktivitas-aktivitas yang dapat dilakukan bersama-sama.
- 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.



**Gambar 2.20** Contoh gambar diagram *Net Work Planning*

### 2.4.6 Barchart dan Kurva S

Barchart menguraikan tentang uraian setiap pekerjaan mulai dari tahap awal sampai berakhirnya pekerjaan, bobot pekerjaan dan pelaksanaan pekerjaan. Sedangkan kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dari awal sampai berakhirnya pekerjaan. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapatkan dari perbandingan harga pekerjaan dan harga total keseluruhan dari jumlah penawaran.



**Gambar 2.21** Contoh gambar barchart dan kurva S