

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Uraian Umum**

Perancangan adalah sebuah kegiatan yang sangat penting sebelum dilakukannya pelaksanaan di lapangan. Perancangan suatu bangunan merupakan kegiatan atau proses merancang suatu bangunan berdasarkan konsep ataupun rencana yang telah ada dalam usaha memenuhi kebutuhan. Tahap perancangan ini bertujuan melengkapi penjelasan proyek dan menentukan tata letak, rancangan, metode konstruksi, dan taksiran biaya (Ervianto, 2005).

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

Ada tiga aspek yang harus diperhatikan perancang dalam melakukan analisis struktur yakni; pembebanan, kekuatan bahan dan pemeriksaan keamanan struktur. Suatu konstruksi yang dibangun harus memenuhi berbagai syarat konstruksi yang telah ditentukan yaitu, kuat (kokoh), bentuk yang serasi dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang ekonomis tetapi tidak mengurangi mutu dari konstruksi tersebut, sehingga dapat digunakan sesuai dengan fungsi yang diinginkan.

Pada bab ini akan dibahas lagi mengenai tata cara, langkah-langkah sekaligus teori-teori perhitungan yang memuat rumus perhitungan struktur mulai dari struktur atas yang meliputi pelat atap (dak), pelat lantai, tangga, balok, dan kolom sampai dengan perhitungan struktur bawah Sloof dan pondasi. Uraian umum ini bertujuan untuk mendapatkan informasi dan data yang akan membuat perancangan menjadi lebih akurat dan terarah.

Perancangan sebuah konstruksi merupakan sebuah sistem yang harus dilakukan dengan tahapan-tahapan tertentu agar konstruksi yang dihasilkan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Langkah pertama dalam melakukan suatu perancangan bangunan adalah adanya perencanaan denah bangunan oleh seorang arsitek. Arsitek membuat denah tiap lantai berikut rencana pengembangannya secara mendetail guna memenuhi tuntutan yang diinginkan

oleh pemilik (*owner*). Pada tahap ini ahli struktur harus mampu berkomunikasi dengan baik dengan arsitek mengenai pemilihan komponen-komponen struktur yang penting, baik dimensi maupun posisinya. Beberapa jenis tipe sistem struktur dapat diajukan guna mendapatkan solusi yang paling ekonomis berdasarkan ketersediaan material serta kondisi lingkungan. Guna mendapatkan solusi tersebut, umumnya dilakukan tahapan sebagai berikut:

- a. Membuat model struktur pemikul beban, berikut elemen-elemen strukturnya.
- b. Melakukan perhitungan beban-beban yang mungkin bekerja pada struktur tersebut.
- c. Melakukan analisa struktur menggunakan program komputer ataupun dengan perhitungan manual untuk menentukan gaya-gaya maksimum yang terjadi seperti momen lentur, geser, torsi, gaya aksial ataupun gaya-gaya yang lain.
- d. Menentukan dimensi elemen struktur serta menghitung pembesian yang diperlukan.
- e. Membuat gambar struktur berikut spesifikasi material yang diperlukan serta gambar-gambar detail yang dibutuhkan sehingga memungkinkan kontraktor melakukan pekerjaan dengan tepat dan baik.

Struktur pada suatu bangunan harus bisa mencapai syarat struktur yang baik agar struktur tersebut bersifat kokoh, aman, dan stabil. Adapun struktur pada bangunan gedung terdiri dari beberapa elemen struktur, yaitu :

- a. 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 penggunanya. Dalam perhitungan perancangan untuk struktur atas bangunan tersebut meliputi:

- 1) Perhitungan atap
- 2) Perhitungan pelat atap dan pelat lantai
- 3) Perhitungan tangga
- 4) Perhitungan portal (balok dan kolom)

b. Struktur bangunan bawah (*Sub Structure*)

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

Perhitungan perencanaan struktur bagian bawah ini meliputi:

- 1) Perhitungan *sloof*
- 2) Perhitungan pondasi

### 2.3 Dasar – dasar Perancangan

Pada perancangan Gedung Kantor Bank Sumsel Babel Cabang Pembantu (Capem) Gelumbang, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang dibuat badan standarisasi yang berlaku di Indonesia dan berbagai jenis buku, diantaranya:

- a. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung berdasarkan SNI 03-2847-2019
- b. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain berdasarkan SNI 1727:2013 oleh Badan Standarisasi Nasional
- c. Perancangan Struktur Beton Bertulang oleh Agus Setiawan yang mengacu pada SNI 2847:2013
- d. Buku desain Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847 : 2019 edisi pertama oleh Yudha Lesmana, digunakan sebagai pedoman untuk melakukan perhitungan konstruksi struktur.

### 2.4 Klasifikasi Pembebanan

Definisi beban menurut SNI 1727:2013 adalah gaya atau aksi lainnya yang diperoleh dari berat seluruh bahan bangunan, penghuni, barang-barang yang ada di dalam bangunan gedung, efek lingkungan, selisih perpindahan, dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi. Besar beban yang bekerja pada suatu struktur diatur oleh pembebanan yang berlaku. Adapun jenis pembebanan tersebut yaitu:

a. Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian suatu Gedung yang bersifat tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari Gedung itu,

termasuk berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, seperti dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran (SNI 1727:2013)

Beban mati yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur ini berdasarkan tabel pada *ppurg 1987*, yaitu sebagai berikut:

**Tabel 2.1** Berat Sendiri Bahan Bangunan

Baja	7.850 kg/m <sup>3</sup>
Beton	2.200 kg/m <sup>3</sup>
Beton bertulang	2.400 kg/m <sup>3</sup>
Kayu Kelas 1	1.000 kg/m <sup>3</sup>
Kerikil, koral, (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1.650 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan bata ringan	6.000 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 (timbel)	11.400 kg/m <sup>3</sup>

**Tabel 2.2** Berat Komponen Gedung Bahan Bangunan

<b>KOMPONEN BANGUNAN</b>	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>
Adukan, per cm tebal: - dari semen - dari kapur, semen merah atau tras	21 kg/m <sup>2</sup> 17 kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan batako tanpa lubang: - tebal dinding 15 cm - tebal dinding 10 cm	300 kg/m <sup>2</sup> 200 kg/m <sup>2</sup>
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri	

dari:	
- semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m <sup>2</sup>
- kaca, dengan tebal 3 – 4 mm	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: PPURG 1987, hal 2

b. Beban Hidup

Beban hidup merupakan beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir atau beban mati (SNI 1727:2013).

Beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur ini berdasarkan tabel pada SNI 1727:2013, yaitu sebagai berikut:

**Tabel 2.3** Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum

Hunian atau Penggunaan	Merata psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat Ib (kN)
Sistem lantai akses <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ruang kantor</li> <li>- Ruang computer</li> </ul>	50 (2,4) 100 (4,79)	2000 (8,9) 2000 (8,9)
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79) kN/m <sup>2</sup> )	
Koridor <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lantai pertama</li> <li>- Lantai lain</li> </ul>	100 (4,79) Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	

Hunian (lihat rumah tinggal)		
Konstruksi pelat lantai finishing ringan (pada area 1 in × 1 in [25 mm × 25 mm])		200(0,89)
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi/parkir Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92)	
Susunan tangga, rel pengaman dan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Gedung perkantoran Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
- Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2000 (8,90)
- Kantor	50 ( 2,40)	2000 (8,90)
- Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2000 (8,90)
Tangga dan jalan keluar		
- Rumah tinggal untuk satu keluarga dan dua keluarga	100 (4,79) 40 (1,92)	300 300
Penghalang kendaraan	Lihat pasal 4.5	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79)	

Sumber: SNI 1727:2013, tentang Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum  $L_0$  dan Beban Hidup Terpusat Minimum, hal 25-28

## 2.5 Metode Perancangan Struktur

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

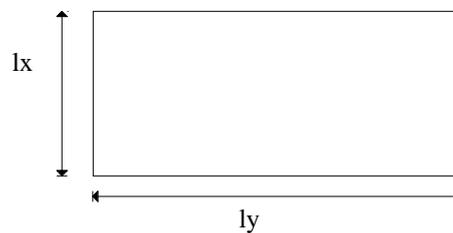
### 2.5.1 Perancangan Pelat

Pelat adalah suatu elemen horizontal utama yang berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun statis ke elemen pemikul

beban vertikal, yaitu balok, kolom, maupun dinding. Pelat dapat direncanakan sehingga dapat berfungsi menyalurkan beban dalam satu arah (*One way slab*) atau dapat direncanakan untuk menyalurkan beban dalam dua arah (*Two way slab*). (Setiawan, 2016). Pada umumnya struktur pelat lantai beton dalam suatu bangunan gedung dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok yaitu:

**a. Pelat Satu Arah (*One way slab*)**

Pelat dengan tulangan pokok satu arah ini akan dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satuarahsaja. Apabila pelat tertumpu di keempat sisinya, dan rasio bentang panjangterhadap bentang pendek lebih besar atau sama dengan 2, maka hampir 95% beban akan dilimpahkan dalam arah bentang pendek, dan pelat akan menjadi sistem pelat satu arah. Sistem pelat satu arah cocok digunakan pada bentangan 3– 6 meter, dengan beban hidup sebesar 2,5 – 5 kN/m<sup>2</sup>. (Setiawan, 2016 : 252)

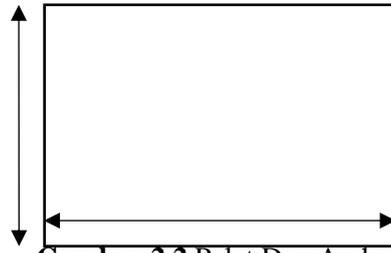


**Gambar 2.1** Pelat Satu Arah

**b. Pelat Dua Arah (*Two way slab*)**

Pelat dengan tulangan pokok dua arah ini akan dijumpai jika pelat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah. Adapun pelat yang akan ditinjau dalam perancangan Gedung Kantor Bank Sumsel Babel Capem Gelumbang adalah pelat dua arah (*Two Way Slab*) Dalam perencanaan struktur pelat dua arah, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- 1) Menghitung tebal minimum pelat



**Gambar 2.2** Pelat Dua Arah

- (a) Identifikasi jenis pelat dengan syarat yaitu, dan  $\frac{l_y}{l_x} \leq 2$  adapun  $l_y$  sebagai sisi pelat terpanjang  $l_x$  sebagai sisi terpendek
- (b) Untuk pelat tanpa balok interior yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya yang memiliki rasio bentang panjang terhadap bentang pendek maksimum 2, tebal minimum  $h$  tidak boleh kurang dari batasan pada tabel berikut :

**Tabel 2. 4** Ketebalan minimum plat dua arah tanpa balok interior (mm)

Tegangan leleh, $f_y$ (Mpa)	Tanpa Penebalan			Dengan Penebalan		
	Panel Eksterior		Panel interior	Panel Eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

Sumber : Standar Nasional Indonesia 2847:2019 Tabel 8.3.1.1

- (c) Untuk pelat dua arah dengan balok di antara tumpuan di semua sisi, ketebalan plat keseluruhan  $h$  harus memenuhi batasan berikut

Untuk  $0,2 \leq \alpha f_m \leq 2,0$  tebal pelat minimum adalah

$$h = \frac{\ln \left( 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5\beta (\alpha f_m - 0,2)}, \text{ dan tidak boleh kurang dari 125 mm}$$

Untuk  $\alpha f_m > 2,0$  tebal pelat minimum adalah :

$$h = \frac{\ln \left( 0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta}, \text{ dan tidak boleh kurang dari 90 mm}$$

Dimana :

$l_n$  = panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah, diukur dari muka tumpuan pada pelat tanpa balok, dan muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok, dan muka ke muka balok atau tumpuan lain pada kasus lainnya (mm).

$\beta$  = bentang bersih dalam arah panjang terhadap arah pendek dari pelat dua arah

$\alpha_m$  = nilai rata-rata  $\alpha_f$  untuk semua balok tepi – tepi dari suatu pelat

$\alpha_f$  = rasio kekakuan lentur penampang balok ( $E_c b I_b$ ) terhadap kekakuan lentur pelat ( $E_c s I_s$ ), yang dibatasi secara lateral oleh garis – garis sumbu tengah dari pelat – pelat yang bersebelahan pada tiap sisi balok

2) Kontrol tebal pelat

Menghitung  $\alpha_m$  masing – masing panel

$$\alpha_1 = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}}$$

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

untuk  $\alpha_m < 2,0$  tebal pelat minimum adalah 125 mm

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

3) Menghitung beban mati berat sendiri pelat dan kemudian hitung beban rencana total

$$W_u = 1,2WD + 1,6WL$$

Dimana :

$W_u$  = Jumlah beban terfaktor (KN/m)

$WL$  = Jumlah beban hidup pelat (KN/m)

$WD$  = Jumlah beban mati pelat (KN/m)

4) Menghitung momen rencana ( $M_u$ ) yang bekerja pada arah x dan y, dengan metoda koefisien momen pelat



**Catatan:**

- = Terletak bebas
- = Terjepit penuh

Sumber : PBI 1971

Dimana:

- $M_{lx}$  adalah momen lapangan maksimum per meter lebar di arah-x
- $M_{ly}$  adalah momen lapangan maksimum per meter lebar di arah-y
- $M_{tx}$  adalah momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah-x
- $M_{ty}$  adalah momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah-y

5) Mencari tebal efektif pelat

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

$$d_x = h - \text{tebal selimut beton (p)} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah x}$$

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

Dalam suatu struktur beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk besi tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

**Tabel 2.6** Tebal Minimum Selimut Beton

<b>Paparan</b>	<b>Komponen Struktur</b>	<b>Tulangan</b>	<b>Ketebalan Selimut (mm)</b>
Dicor dan secara permanen kontak dengan tanah	Semua	Semua	75
Terpapar cuaca atau kontak dengan tanah		Batang D19 sampai D57	50

		Batang D16, Kawat Ø13 atau D13 danyang lebih kecil	40
Tidak terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Pelat, pelat berusuk dan dinding	Batang 43 dan 57	40
		Batang D36 dan yang lebih kecil	20
	Balok, kolom, pedestal dan batang tarik	Tulangan utama sejajar, spiral, ikat dan pengekan	40

Sumber : SNI 2847:2019:460

6) Mencari nilai koefisien tahanan (k)

Faktor reduksi  $\phi = 0,90$

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

Keterangan :

Mu = Momen Rencana/terfaktor pada penampang (KNm)

b = Lebar penampang (mm), diambil tiap 1 meter

d = Tinggi efektif (mm)

$\phi$  = Faktor reduksi rencana

7) Mencari rasio penulangan

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot k}{0,85 \cdot f_c'}} \right]$$

$$\rho_{min} = 0,0020$$

**Tabel 2.7** Rasio Luas Tulangan Ulir Susut dan Suhu terhadap Luas Penampang Beton Bruto

Jenis Tulangan	$f_y$ Mpa	Rasio tulangan minimum	
Batang Ulir	< 420	0,0020	
Batang Ulir atau kawat		Terbesar dari:	$\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$

las	$\geq 420$	0,0020
-----	------------	--------

(Sumber : SNI 2847:2019:553)

8) Mencari Luas Tulangan ( $A_s$ )

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$A_{s\text{min}} = \rho \cdot b \cdot h$$

9) Mencari jumlah tulangan ( $n$ )

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi^2}$$

10) Mencari jarak antar tulangan ( $s$ )

$$s = \frac{1000 \times A_{b\text{ pakai}}}{A_{s\text{ tulangan}}}$$

11) Menentukan tulangan pokok yang akan dipasang

12) Memasang tulangan

Untuk arah  $y$  sama dengan langkah-langkah pada arah  $x$ , hanya perlu diingat bahwa tinggi efektif arah  $y$  ( $d_y$ ) tidak sama dengan yang digunakan dalam arah  $x \rightarrow d_y = h - p - \phi_{\text{arah } x} - \phi_{\text{arah } y}$ . (SNI 2847:2019:553)

13) Gambar penulangan pelat

## 2.5.2 Perancangan Tangga

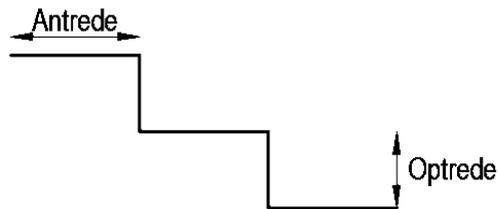
Tangga merupakan salah satu bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat penghubung lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan bertingkat dalam keadaan tertentu.

**a. Tangga terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:**

**1) Anak tangga**

Anak tangga (*trede*) adalah bagian dari tangga yang berfungsi untuk meminjakan melangkah kaki ke arah vertikal maupun horizontal (datar). Anak tangga terbagi menjadi dua bagian yaitu *Antrede* (langkah datar) ialah bidang *trede* datar yang merupakan tempat

berpijaknya telapak kaki. *Optrede* (langkah tegak/naik) ialah bidang trede tegak yang merupakan selisih tinggi antara dua trede yang berurutan.



**Gambar 2.3** Antrede dan Optrede Tangga

Lebar anak tangga untuk satu orang berjalan dibuat 60-90 cm dan untuk dua orang berjalan dibuat 80-120 cm. Sedangkan untuk bangunan yang berlaku untuk umum seperti sekolah, kantor dan gedung-gedung perntunjukkan diambil lebar 150-300 cm.

## 2) Bordes

Bordes adalah bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat beristirahat bila terasa lelah. Bordes dibuat apabila jarak tempuh tangga sangat panjang yang mempunyai jumlah trede lebih dari 20 buah dan atau lebar tangga cukup akan tetapi ruangan yang tersedia untuk tangga biasa tidak mencukupi.

## b. Syarat umum tangga

Syarat-syarat umum tangga di antaranya dapat ditinjau dari 3 segi, sebagai berikut :

### 1) Segi Kekuatan

Kokoh dan stabil bila dilalui oleh sejumlah orang + barangnya, sesuai dengan perencanaan.

### 2) Segi Penempatan

(a) Ditempatkan sedemikian rupa sehingga mudah diketahui oleh banyak orang

- (b) Penempatan tangga diusahakan sehemat mungkin menggunakan ruangan
  - (c) Diusahakan penempatannya tidak mengganggu ataupun menghalangi lalu lintas banyak orang (untuk tangga ditempatkan yang ramai seperti tangga gedung bioskop, pasar dan lain-lain)
- 3) Segi Bentuk
- (a) Bentuknya rapih, indah dipandang dan serasi dengan keadaan disekitar tangga itu berada
  - (b) Bentuk konstruksi tangga diusahakan sederhana, layak, sehingga dengan mudah dan cepat dikerjakan serta murah biayanya

**c. Syarat khusus tangga**

Pada saat menaiki tangga demi keamanan dan kenyamanan tangga sangat tergantung dari besar kecilnya ukuran rata-rata langkah normal pemakai, langkah datar maupun langkah naik serta besar sudut miring tangga itu sendiri. Syarat-syarat lain agar suatu tangga bisa ideal, antara lain :

- 1) Sudut kemiringan maksimal  $45^\circ$  dan minimum  $25^\circ$  atau dengan menggunakan perbandingan dibawah ini:  
 $2 \text{ optride} + 1 \text{ Antrede} = 1 \text{ langkah (58 cm – 64 cm)}$
- 2) Tinggi optride  
 Untuk rumah tinggal = 20 cm (maksimum)  
 Untuk bangunan umum = 17 cm
- 3) Tinggi Antrede  
 Untuk rumah tangga maupun bangunan umum = 25 cm (minimum)
- 4) Lebar tangga  
 Untuk rumah tinggal = 80 cm – 120 cm  
 Untuk bangunan umum = 120 cm (minimum)

**Tabel 2.8** Daftar Ukuran Lebar Tangga Ideal

No.	Digunakan Untuk	Lebar Efektif (cm)	Lebar Total (cm)
1	1 orang	$\pm 65$	$\pm 85$

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 : Ilmu Bangunan Gedung, 1993

- 5) Panjang bordes digunakan pedoman ukuran satu langkah normal datar pada hitungan ( $l_n$ ) ditambah dengan satu atau dua langkah panjat datar ( $A_{antrede} = a$ ). Pada kebanyakan panjang bordes diambil antara 80 cm– 150 cm. Untuk menentukan panjang bordes ( $L$ ) :  $L = l_n + 1,5 a$

Dimana :

$L$  = panjang bordes

$l_n$  = ukuran satu langkah normal datar

$a$  = *Antrede*

Untuk menentukan lebar tangga total = Lebar tangga efektif +  $2.t + 2.s$

Dimana :

$t$  = tebal rimbat tangan (4-6 cm)

$s$  = sisa pijakan = (5-10 cm)

Langkah – langkah perhitungan tangga :

a. Merencanakan tangga

- 1) Rencanakan tinggi opride dengan tinggi opride 15 cm – 20 cm
- 2) Hitung jumlah opride

$$\text{jumlah opride} = \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{ukuran opride}}$$

- 3) Hitung tinggi opride sebenarnya

$$\text{tinggi opride sebenarnya} = \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{jumlah opride}}$$

4) Hitung ukuran antrede

$$1 \text{ antrede} + 2 \text{ optrede} = 1 \text{ langkah (58 cm - 64cm)}$$

5) Hitung sudut kemiringan tangga

$$\text{Arc tan } \theta = \frac{\text{optride}}{\text{antride}}$$

6) Hitung ukuran bordes

$$L = \ln + a \sqrt{d^2 \cdot a}$$

7) Tentukan tebal pelat

b. Menentukan pembebanan

1) Pembebanan pelat anak tangga

(a) Beban mati

- Berat sendiri pelat + anak tangga
- Berat penutup lantai
- Berat spesi
- Berat sandaran

a) Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga 4,79 kN (SNI 1727:2020)

2) Pembebanan bordes

a) Beban mati

- Berat sendiri pelat
- Berat penutup lantai
- Berat spesi
- Berat sandaran

b) Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga 4,79 kN (SNI 1727:2020)

c. Menghitung gaya – gaya yang bekerja pada tangga dengan menggunakan program SAP 2000 v 14

1) Membuat permodelan tangga pada SAP 2000 14

2) Masukkan material yang digunakan, *Define > Materials > Add New Material*. Lalu akan muncul tampilan *Material Property Data*. Ubah nama material, isi *Material Type* dengan pilih *Concrete*, ganti nilai

*Weight per Unit Volume* terlebih dahulu dengan nilai 24 kN,m (nilai berat jenis beton) baru ubah satuannya ke N, mm, c. Ubah nilai *Modulus of Elasticity (E)* dengan rumus  $4700 \times \sqrt{F_c}$ . Rasio(U) 0,2. *Specified Concrete Compressive Strength (fc)* diisi sesuai  $F_c$  yang direncanakan.

- 3) Memasukkan ketebalan pelat tangga dan bordes dengan cara, *Define > Section Properties > Frame Sections > Add New Property > Pilih Concrete (Rectangular)*. Lalu akan muncul jendela *Rectangular Section*, isi sesuai data dan masukkan material yang sudah diibuat sebelumnya.
  - 4) Memasang tumpuan pada permodelan tangga
  - 5) Masukkan beban yang bekerja pada anak tangga dan bordes yang telah dikombinasikan antara beban mati dan beban hidup
  - 6) Setelah pembebanan sudah selesai dimasukkan pada permodelan maka kita dapat melakukan “run analysis”, namun “*self weight*” dijadikan 0 karena beban sendiri dihitung secara manual.
- d. Perhitungan penulangan tangga
- 1) Menentukan tinggi efektif  
 $d = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan pokok}$
  - 2) Momen yang bekerja ( $M_u$ )s
  - 3) Penentuan tulangan yang diperlukan Penentuan tulangan dapat dilanjutkan menggunakan cara dan rumus yang sama seperti pada pelat.
  - 4) Menentukan faktor panjang efektif  

$$K = \frac{M_u}{\emptyset \cdot b \cdot d_{eff}^2}$$

Dimana :

    - K = Faktor panjang efektif (MPa)
    - $M_u$  = Momen terfaktor pada penampang (KN/m)
    - B = Lebar penampang (mm)
    - $d_{eff}$  = Tinggi efektif pelat (mm)

$\phi$  = Faktor kuat rencana

5) Menentukan penulangan tangga

(a) Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ )

$$\rho = \frac{0,85fc'}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85fc'}} \right)$$

$$\rho_{min} = 0,0020$$

(b) Menghitung luas tulangan ( $A_s$ )

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

Dimana :

$A_s$  = Luas tulangan ( $mm^2$ )

$\rho$  = Rasio penulangan

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

(c) Penentuan tulangan yang diperlukan

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$$

(d) Mencari jarak antar tulangan

$$s = \frac{1000 \times A_s \text{ pakai}}{A_s \text{ tulangan}}$$

(e) Menentukan tulangan pokok yang akan dipasang

6) Menentukan Penulangan balok bordes

(a) Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ )

$$\rho = \frac{0,85fc'}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2K}{0,85fc'}} \right)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

Dalam penggunaan  $\rho$  terdapat ketentuan, jika  $\rho_{min} < \rho$  maka digunakan  $\rho$  dan jika  $\rho_{min} > \rho$  maka digunakan  $\rho_{min}$

(b) Menghitung luas tulangan ( $A_s$ )

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

Dimana :

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

$\rho$  = Rasio penulangan

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

(c) Penentuan tulangan yang diperlukan

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2}$$

(d) Penentuan jumlah tulangan

(e) Periksa apakah balok bordes membutuhkan tulangan geser

7) Gambar Penulangan tangga dan balok bordes

### 2.5.3 Perancangan Balok Anak

Balok anak adalah balok yang berfungsi sebagai pembagi atau pendistribusi beban. Pada bangunan bertingkat biasanya terlihat bahwa ujung-ujung balok anak terhubung pada balok induk. Meskipun berukuran lebih kecil daripada balok induk, penggunaan komponen ini untuk mendukung bentang kerja optimal dari pelat lantai. Langkah-langkah dalam perancangan balok anak sebagai berikut:

- a. Menentukan dimensi balok, mutu beton dan mutu baja yang akan digunakan
- b. Menghitung pembebanan yang terjadi pada balok anak untuk kemudian di proses menggunakan program SAP 2000 v 14 untuk mendapatkan gaya dalamnya
- c. Menentukan momen dan gaya geser maksimum berdasarkan dari hasil analisa menggunakan program SAP 2000 v 14
- d. Menghitung tulangan

#### a. Tulangan lentur (Tunggal)

1. Menghitung nilai momen nominal  $M_n$ , dengan nilai  $\phi = 0,9$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi}$$

2. Menghitung rasio minimum tulangan balok, dengan mengambil nilai terbesar dari 2 persamaan berikut :

$$\rho_{min} = \frac{0,85 \sqrt{f_c'}}{f_y} \text{ atau } \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

3. Menghitung  $R_n$  dan  $m$

$$d = (h - t_s - D_s - \frac{1}{2} D_l)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d^2}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'}$$

4. Menghitung nilai rasio tulangan

$$\rho_{min} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right)$$

5. Menghitung nilai luas tulangan Tarik yang dibutuhkan

$$A_s = \rho \times b \times d$$

6. Menghitung nilai luasan aktual

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

$$S_{min} = \frac{b - (2 \times t_s) - (2 \times D_s) - (n \times D_l)}{(n - 1)}$$

7. Menghitung nilai  $\alpha$  berdasarkan tulangan aktual

$$\alpha = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

8. Menghitung nilai  $c$  (tinggi garis netral baru)

**TABEL 2. 9 PENGGUNAAN B1**

$F_c'$ (Mpa)	$\beta_1$
$17 \leq f_c' \leq 28$	0,85
$28 < f_c' < 55$	$0,85 - \frac{0,05(F_c' - 28)}{7}$
$f_c' \geq 55$	0,65

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1}$$

9. Cek kategori penampang

Parameter 1

$$\epsilon t = \frac{(d t - c)}{c} \times 0,003$$

$\epsilon t \geq 0,005$  = balok tergolong tarik

$0,002 < \epsilon t < 0,005$  = balok tergolong transisi

$\epsilon t < 0,002$  = balok tergolong tekan

Parameter 2

$\frac{c}{d t} \leq 0,005$  = balok tergolong tarik

$0,006 < \frac{c}{d t} < 0,375$  = balok tergolong transisi

$\frac{c}{d t} < 0,006$  balok tergolong tekan

10. Menghitung dan memeriksa kapasitas penampang dengan persamaan:

$$M_n = A_s \times f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi \times M_n \geq M_u$$

### b. Tulangan lentur (Rangkap)

1. Asumsikan  $\frac{c}{d t} < 0,375$

Pada tahap ini nilai tersebut ditentukan secara “*trial and error*” dengan syarat tidak boleh melebihi 0,375. Hal ini dilakukan agar hasil desain balok tergolong tarik.

2. Hitung nilai  $c$  dengan nilai  $\frac{c}{dt}$

$$\text{Dengan rumus } dt = (h - ts - Ds - \frac{1}{2} DI)$$

3. Hitung nilai tinggi blok (a) tegangan *whitney*

$$a = \beta_1 \times c$$

4. Hitung nilai gaya tekan  $C_c$

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times b \times a$$

5. Hitung nilai gaya tekan  $C_c$

$$C_c = T_1$$

$$C_c = A_{s1} \times f_y$$

$$A_{s1} = \frac{C_c}{f_y}$$

6. Hitung nilai  $M_{n1}$

$$M_{n1} = A_{s1} \times f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_{n1} < M_n = \text{perhitungan rangkap}$$

$$M_{n1} > M_n = \text{perhitungan tunggal}$$

7. Hitung  $M_{n2}$

$$M_n = M_{n1} + M_{n2}$$

$$M_{n2} = M_n - M_{n1}$$

8. Hitung tegangan pada tulangan tekan,  $f_s'$

$$\epsilon'_s = 0,003 \left( \frac{c - d'}{c} \right)$$

$$f_s' = E_s \times \epsilon'_s$$

$$f_s' \geq f_y = \text{tulangan tekan leleh } f_s' = f_y$$

$$f_s' < f_y = \text{tulangan tekan tidak leleh } f_s' = E_s \times \epsilon'_s$$

9. Hitung nilai  $A_s'$

$$A_s' = A_{s2} = \frac{M_{n2}}{f_s' \times (d - d')}$$

10. Nilai luasan teoritis  $A_s$  dan  $A's$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$$A's = A_{s2}$$

11. Hitung luas tulangan aktual

$$n_{tarik} = \frac{A_s \text{ teoritis}}{\frac{1}{4}\pi D^2}$$

$$n_{tekan} = \frac{A's \text{ teoritis}}{\frac{1}{4}\pi D^2}$$

Pada tahap ini perlu diperiksa bila tulangan dipasang lebih dari 1 lapis. Sehingga perlu dihitung tinggi efektif balok yang baru ( $d$ ),

12. Hitung nilai tinggi blok tegangan *whitney* ( $a$ ) yang baru

$$T = C_c + C_s$$

$$A_s \times f_y = 0,85 \times f_c' \times b \times a + A's \times f's'$$

$$a = \frac{[(A_s \times f_y) - (A's \times f's)]}{0,85 \times f_c' \times b}$$

13. Hitung nilai tinggi garis netral ( $c$ ) dan kategori penampang

$$\epsilon_t = \frac{(d_t - c)}{c} \times 0,003$$

14. Hitung kuat nominal dan cek kapasitas balok

$$M_n = [(A_s \cdot f_y) - (A's \cdot f's)] \left( d - \frac{a}{2} \right) + (A's \cdot f's)(d - d')$$

$$\phi \times M_n > M_u$$

### c. Tulangan Geser

1. Tentukan gaya geser ultimit ( $V_u$ ) yang diperoleh dari hasil analisa struktur.

2. Hitung nilai kuat beton  $V_c$  dengan menggunakan rumus :

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} b_w \times d$$

3. Periksa syarat kemampuan penampang dalam menerima beban geser.

$$V_u \leq \frac{1}{2} \phi V_c \text{ tidak dibutuhkan tulangan geser.}$$

$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$  dibutuhkan tulangan geser minimum.

Dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum yang ditentukan pada langkah 7.

$V_u > \phi V_c$  tulangan geser harus disediakan di langkah 4 sampai 8.

4. Jika  $V_u > \phi V_c$  hitung gaya geser yang harus dipikul

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s \quad \text{atau} \quad V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

5. Hitung nilai  $V_{c1}$  dan  $V_{c2}$

$$V_{c1} = 0,33\sqrt{f'c'} bw x d \quad V_{c2} = 0,66\sqrt{f'c'} bw x d$$

6. Hitung jarak tulangan sengkang

$$s_1 = \frac{A_v f_y t d}{V_s}$$

7. Menentukan jarak maksimum tulangan sengkang

$$s_2 = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm, jika } V_s \leq V_{c1}$$

$$s_2 = \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm, jika } V_{c1} < V_s \leq V_{c2}$$

$$s_3 = \frac{A_v f_y t}{0,35 bw}$$

$$s_4 = 600 \text{ mm}$$

8. Apabila nilai  $s_1$  yang dihitung dalam langkah 6 lebih kecil dari smaks maka gunakan jarak sengkang vertikal =  $s_1$  dan jika  $s_1 > s_{maks}$  maka gunakan  $s_{maks}$  sebagai jarak antar tulangan sengkang.

#### 2.5.4 Perancangan Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan yang berfungsi menahan beban sebagai suatu kesatuan lengkap yang berdiri sendiri seperti berat sendiri, peralatan berat gording, beban hidup, dan beban mati, tanpa dibantu oleh diafragma-diafragma horisontal atau sistem-sistem lantai. Perancangan portal ini dihitung dengan menggunakan program SAP 2000 v 14

Berikut merupakan tahapan dalam merencanakan pembebanan pada portal :

a. Menghitung besarnya momen (akibat beban mati dan beban hidup)

1) Portal akibat beban mati

Untuk merencanakan portal akibat beban mati ini yang harus dilakukan yakni melakukan pembebanan pada portal. Beban mati ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang. Pembebanan akibat beban mati antara lain :

- (a) Beban sendiri pelat
- (b) Beban balok
- (c) Beban penutup lantai dan adukan semen
- (d) Beban pasangan dinding
- (e) Beban plesteran dinding
- (f) Beban plafond dan penggantung

2) Portal akibat beban hidup

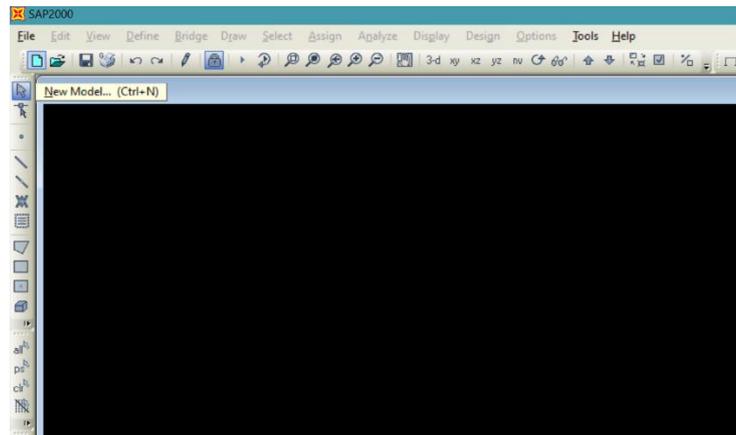
Untuk perancangan portal akibat beban hidup, yang harus dilakukan yakni menentukan beban pada portal serta perhitungan akibat beban hidup sama dengan perhitungan arah beban mati. Berikut ini pembebanan pada portal akibat beban hidup menurut SNI 1727-2013 yaitu:

- (a) Beban hidup untuk pelat lantai ruang kelas diambil sebesar 1,92 kg/m<sup>2</sup>
- (b) Beban hidup koridor diambil sebesar 3,83 kg/m<sup>2</sup>
- (c) Beban hidup pada atap diambil sebesar 0,96 kg/m<sup>2</sup>

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

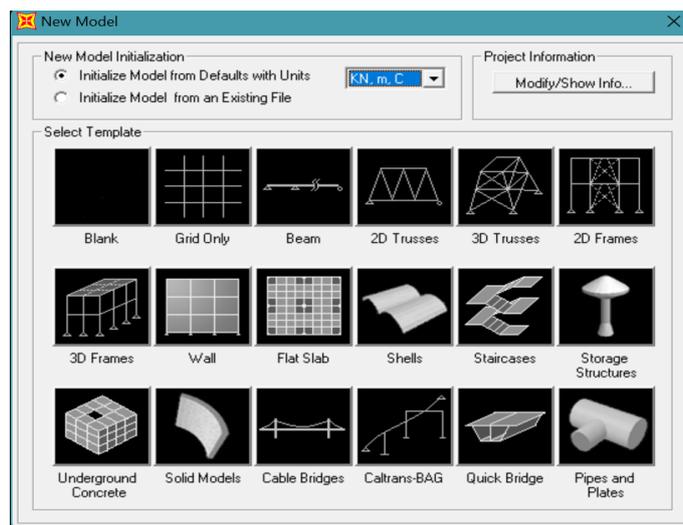
a. Buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup

1) Klik *New Model* atau **CTRL + N**



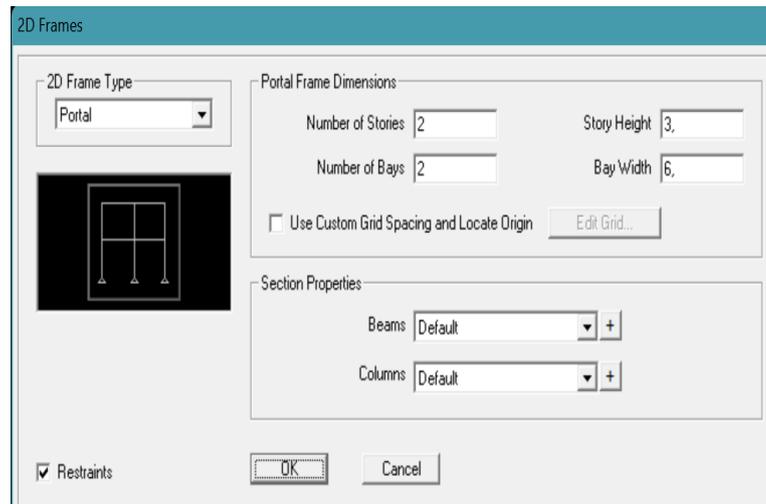
**Gambar 2.4** *Toolbar New Model*

- 3) Kemudian akan tampil kotak seperti gambar dibawah ini, tetapkan satuan yang akan dipakai, missal kgf, m, c.



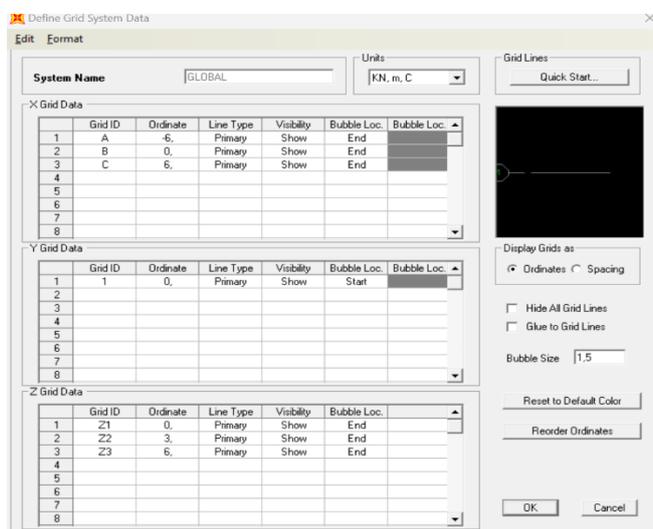
**Gambar 2.5** *Tampilan New Model*

- 2) Pilih model template *2D Frames*, akan muncul jendela seperti Gambar 2.5 isikan *Number of stories*, *story height*, *Number of Bays*, dan *bay width* masukan sesuai data-data perancangan. Kemudian klik ok.



Gambar 2.6 Tampilan 2D Frames

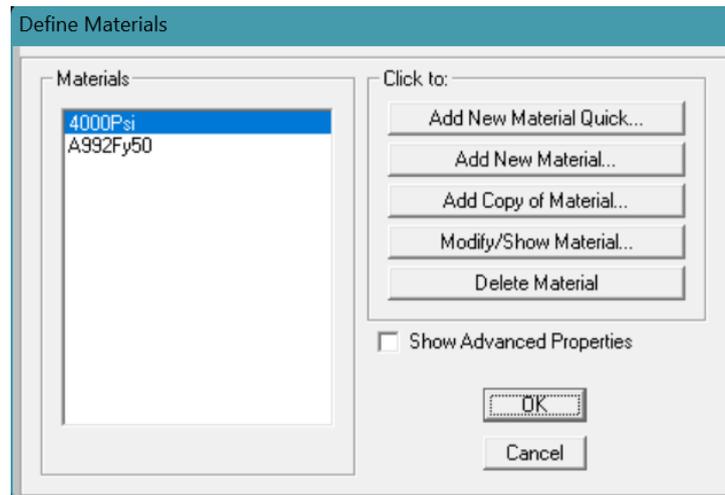
- 3) Untuk mengatur kembali jarak-jarak pada portal. Dapat dilakukan dengan cara **klik 2x** pada *grid point* yang terdapat pada portal. Maka, akan muncul tampilan *Define Grid system data* ( dapat di lihat pada Gambar 2.6 Setelah itu dapat dilakukan penyesuaian kembali jarak portal dengan data perencanaan yang ada dan disesuaikan arah x,dan z pada SAP v.14



Gambar 2.7 Define Grid system data

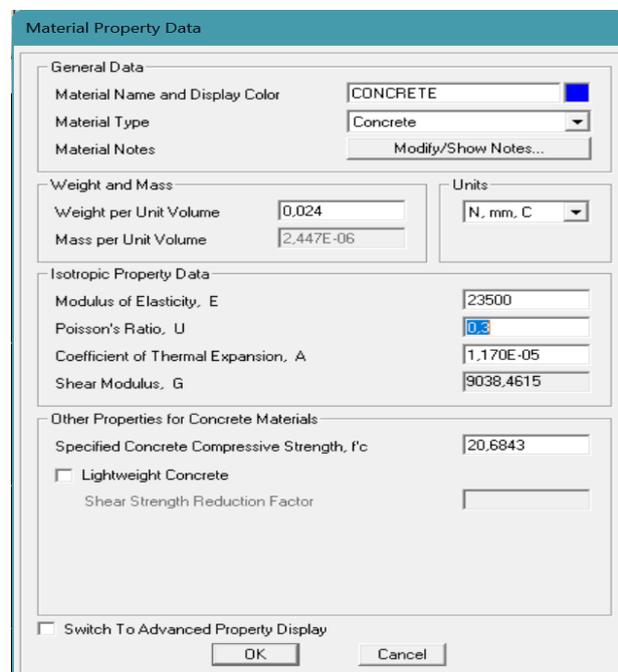
#### b. Menentukan Material

- 1) Langkah pertama klik *Define* pada toolbar > lalu klik *Materials* maka akan muncul jendela *Define Materials*



**Gambar 2.8** Jendela *Define Materials*

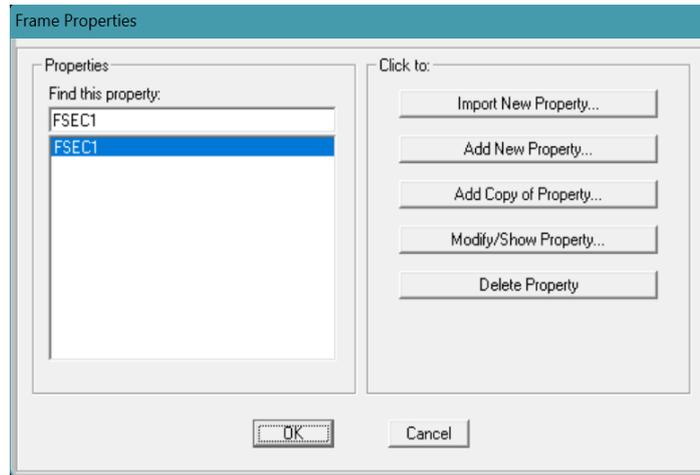
- 2) Pilih *Add new Material*, maka akan muncul jendela material *Property Data*. Ganti nilai *Weight* per unit volume dengan 24 (nilai ini adalah nilai dari berat jenis beton). ubah nilai *Modulus of Elasticity* dengan rumus  $4700\sqrt{F_c} \cdot 1.000$ , serta ubah juga nilai  $F_c$  dan  $F_y$  sesuai dengan perencanaan dengan masing-masing dikali 1000, klik OK.



**Gambar 2.9** Jendela *Material Property Data*

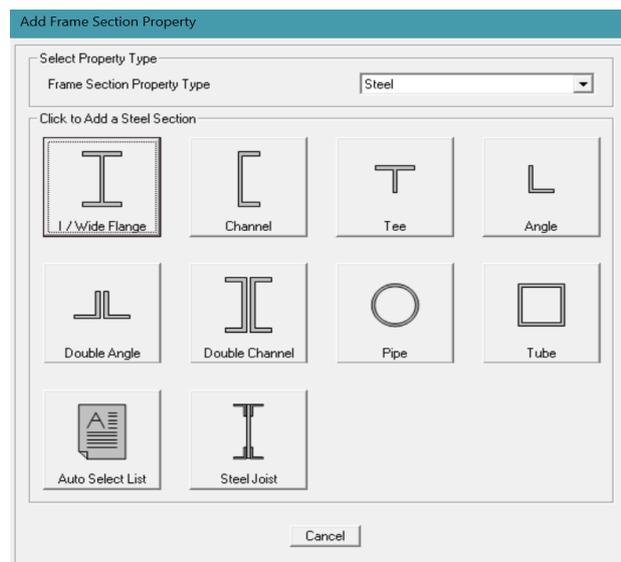
- c. Menentukan nilai dimensi kolom dan balok

- 1) Blok frame kolom/balok, lalu pilih menu pada toolbar, *Define > section properties > Frame section*, setelah memilih menu diatas akan tampil *Toolbar Frame Properties* seperti pada **gambar 2**.

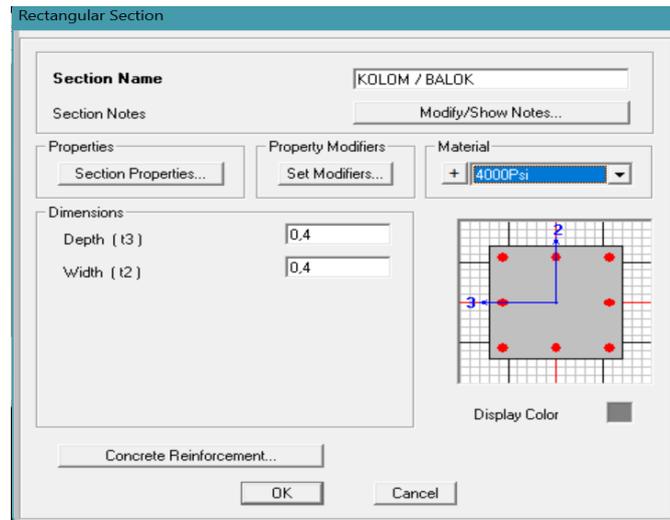


**Gambar 2.10** *Toolbar Frame Properties*

- 2) klik *Add New Property*, maka akan muncul jendela *Add Frame Election Property*. Pada *Select Property Type*, Ganti *Frame Section Property Type* menjadi *Concrete*. Lalu pilih *rectangular* pada *click to add a Concrete section* (untuk penampang berbentuk segiempat).

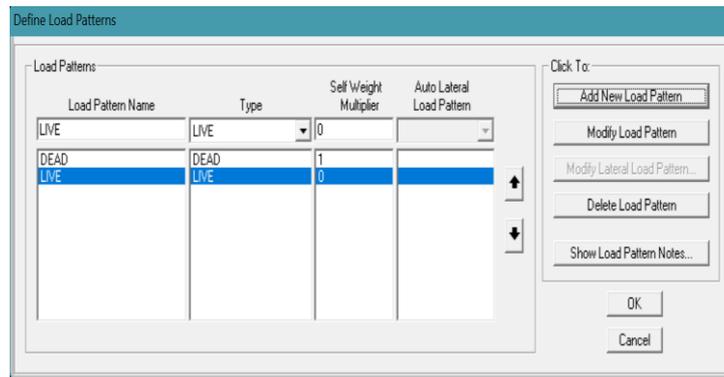


**Gambar 2.11** *Jendela Add Frame Section Property*



**Gambar 2.12** *Jendela Rectangular Section*

- 3) Ganti *Section Name* dengan nama Balok (untuk balok), Kolom (untuk kolom). ganti ukuran tinggi (*Depth*) dan lebar (*Width*) Balok / kolom sesuai dengan perancangan Kemudian klik *Concrete Reinforcement*, klik *Column* (untuk kolom), *Beam* (untuk balok) lalu klik OK.
  - 4) Untuk menentukan *frame* tersebut balok atau kolom yaitu dengan cara memblok frame kemudian pada toolbar pilih menu *Assign – Frame / Cable / Tendon – Frame Section* – pilih Balok atau Kolom.
- d. Membuat *cases* beban mati dan beban hidup.
- 1) Pilih menu pada toolbar, *Define – Load pattern* – buat nama pembebanan, tipe pembebanan dan nilai koefisiennya diisi dengan nilai 0. Lalu klik *add New Load Pattern* Seperti yang terlihat pada gambar. Apabila selesai klik OK.

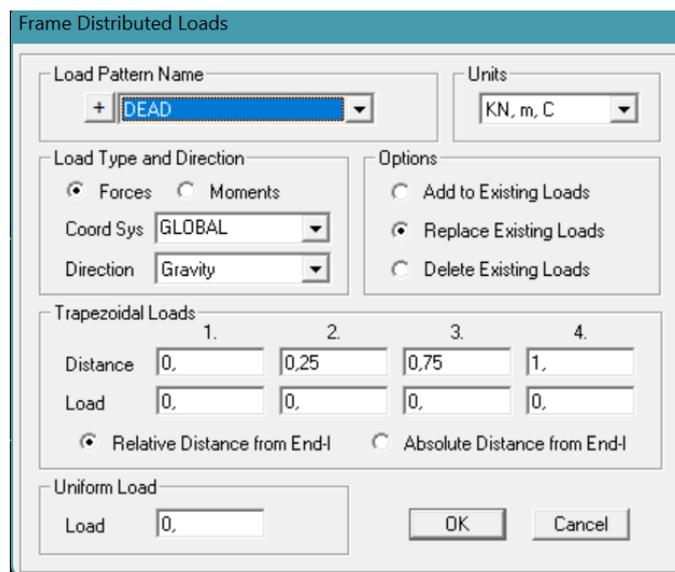


**Gambar 2.13** Jendela *Define Load patterns*

2) Input nilai beban mati, dan beban hidup

(a) Akibat beban merata

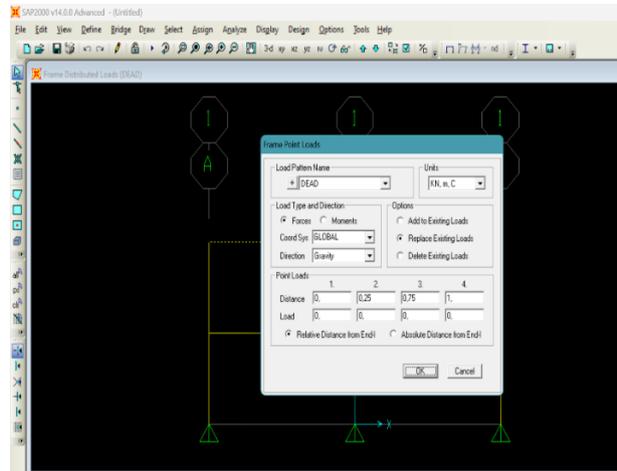
Blok frame yang akan di input, lalu pilih menu pada toolbar, *Assign – Frame Loads – Distributed* - pilih beban mati atau beban hidup untuk pembebanan tersebut pada *Load pattern Name* – klik *absolute distance from end-1* (agar dapat mengatur jarak yang diinginkan) – atur jarak (*distance*) di titik 1 diisi = 0 dan di titik 2 diisi = panjang frame, serta isi nilai bebannya pada 2 titik tersebut atau dapat dilakukan menggunakan uniform load untuk beban merata yang beban sama rata.



**Gambar 2.14** Jendela *Frame Distributed Loads*

(b) Akibat beban terpusat

Sama halnya seperti menginput data pada pembebanan merata, hanya saja setelah memilih menu *Frame* – selanjutnya yang dipilih adalah *Points*. maka akan tampil jendela seperti gambar

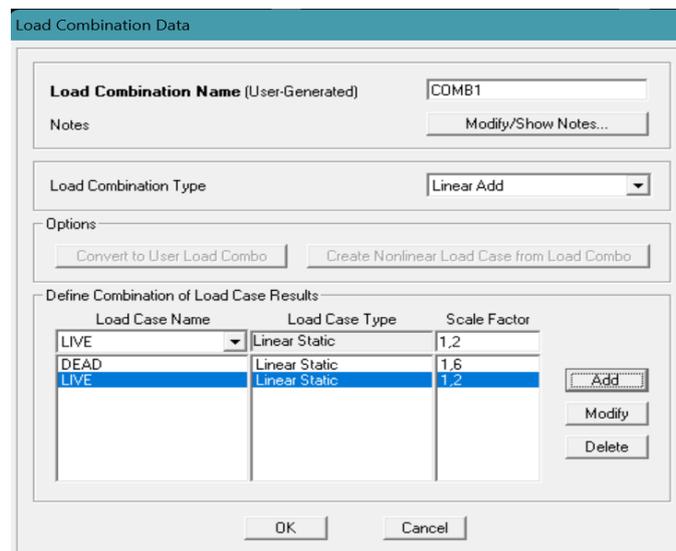


**Gambar 2.15** Jendela *Frame Point Loads*

e. Input Load Combination (beban kombinasi), yaitu

1) 1,2 Beban Mati + 1,6 Beban Hidup

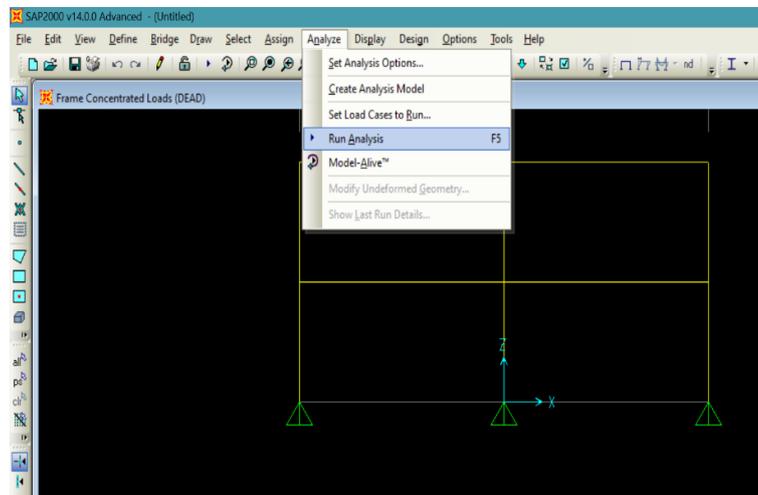
Blok seluruh *frame* yang akan di kombinasi, kemudian pilih menu pada *toolbar*, *Define – Combinations – add new combo*, kemudian akan terlihat seperti



**Gambar 2.16** Jendela *Loads Combination*

f. *Run Analysis*. Setelah semua beban mati dan beban hidup dimasukkan ke portal, maka portal tersebut siap untuk di analisis dengan menggunakan *Run Analysis* seperti yang terlihat pada gambar

dibawah ini.



**Gambar 2.17** Run Analysis

### 2.5.5 Perancangan Balok Induk

Balok induk merupakan penyangga struktur utama pada bangunan yang secara fisik mengikat kolom-kolom utama bangunan. Seluruh gaya-gaya yang bekerja pada balok ini akhirnya didistribusikan ke pondasi melalui kolom bangunan. Langkah perhitungan balok induk sama seperti balok anak, yang membedakan hanya data momen lentur yang dihitung berdasarkan data gaya dalam dari perhitungan portal pada program SAP 2000 v 14. Adapun langkah- langkah perhitungan balok induk sebagai berikut:

- a. Menentukan mutu beton yang digunakan
- b. Menentukan dimensi balok yang akan direncanakan
- c. Menghitung pembebanan pada balok induk untuk diproses di program SAP 2000 v 14 untuk mendapatkan gaya dalamnya
  - 1) Gaya lintang design balok maksimum
 
$$V_u = 1,2D + 1,6L$$
  - 2) Momen design balok maksimum
 
$$M_u = 1,2MD + 1,6ML$$
- d. Penulangan
  - a. **Tulangan lentur (Tunggal)**
    1. Menghitung nilai momen nominal  $M_n$ , dengan nilai  $\phi = 0,9$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

2. Menghitung rasio minimum tulangan balok, dengan mengambil nilai terbesar dari 2 persamaan berikut :

$$\rho_{min} = \frac{0,85 \sqrt{fc'}}{fy} \text{ atau } \rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$$

3. Menghitung Rn dan m

$$d = (h - ts - Ds - \frac{1}{2} Dl)$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 fc'}$$

4. Menghitung nilai rasio tulangan

$$\rho_{min} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{fy}} \right)$$

5. Menghitung nilai luas tulangan Tarik yang dibutuhkan

$$As = \rho \times b \times d$$

6. Menghitung nilai luasan aktual

$$n = \frac{As \text{ teoritis}}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

$$S_{min} = \frac{b - (2 \times ts) - (2 \times Ds) - (n \times Dl)}{(n - 1)}$$

7. Menghitung nilai  $\alpha$  berdasarkan tulangan aktual

$$\alpha = \frac{As \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

8. Menghitung nilai c (tinggi garis netral baru)

**TABEL 2. 1 PENGGUNAAN B1**

Fc' (Mpa)	$\beta_1$
$17 \leq fc' \leq 28$	0,85

$28 < f_c' < 55$	$0,85 - \frac{0,05(Fc' - 28)}{7}$
$f_c' \geq 55$	0,65

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1}$$

9. Cek kategori penampang

Parameter 1

$$\varepsilon_t = \frac{(d_t - c)}{c} \times 0,003$$

$\varepsilon_t \geq 0,005$  = balok tergolong tarik

$0,002 < \varepsilon_t < 0,005$  = balok tergolong transisi

$\varepsilon_t < 0,002$  = balok tergolong tekan

Parameter 2

$\frac{c}{d_t} \leq 0,005$  = balok tergolong tarik

$0,006 < \frac{c}{d_t} < 0,375$  = balok tergolong transisi

$\frac{c}{d_t} < 0,006$  balok tergolong tekan

10. Menghitung dan memeriksa kapasitas penampang dengan persamaan:

$$M_n = A_s \times f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi \times M_n \geq M_u$$

**b. Tulangan lentur (Rangkap)**

1. Asumsikan  $\frac{c}{d_t} < 0,375$

Pada tahap ini nilai tersebut ditentukan secara “*trial and error*” dengan syarat tidak boleh melebihi 0,375. Hal ini dilakukan agar hasil desain balok tergolong tarik.

2. Hitung nilai c dengan nilai  $\frac{c}{d_t}$

Dengan rumus  $d_t = (h - t_s - D_s - \frac{1}{2} DI)$

3. Hitung nilai tinggi blok (a) tegangan *whitney*

$$a = \beta_1 \times c$$

4. Hitung nilai gaya tekan  $C_c$

$$C_c = 0,85 \times f_c' \times b \times a$$

5. Hitung nilai gaya tekan  $C_c$

$$C_c = T_1$$

$$C_c = A_{s1} \times f_y$$

$$A_{s1} = \frac{C_c}{f_y}$$

6. Hitung nilai  $M_{n1}$

$$M_{n1} = A_{s1} \times f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$M_{n1} < M_n$  = perhitungan rangkap

$M_{n1} > M_n$  = perhitungan tunggal

7. Hitung  $M_{n2}$

$$M_n = M_{n1} + M_{n2}$$

$$M_{n2} = M_n - M_{n1}$$

8. Hitung tegangan pada tulangan tekan,  $f'_s$

$$\epsilon'_s = 0,003 \left( \frac{c - d'}{c} \right)$$

$$f'_s = E_s \times \epsilon'_s$$

$f'_s \geq f_y$  = tulangan tekan leleh  $f'_s = f_y$

$f'_s < f_y$  = tulangan tekan tidak leleh  $f'_s = E_s \times \epsilon'_s$

9. Hitung nilai  $A'_s$

$$A'_s = A_{s2} = \frac{M_{n2}}{f'_s \times (d - d')}$$

10. Nilai luasan teoritis  $A_s$  dan  $A'_s$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$$A'_s = A_{s2}$$

11. Hitung luas tulangan aktual

$$n_{tarik} = \frac{A_s \text{ teoritis}}{\frac{1}{4} \pi D^2}$$

$$n_{tekan} = \frac{A's \text{ teoritis}}{\frac{1}{4}\pi D^2}$$

Pada tahap ini perlu diperiksa bila tulangan dipasang lebih dari 1 lapis. Sehingga perlu dihitung tinggi efektif balok yang baru ( $d$ ),.

12. Hitung nilai tinggi blok tegangan *whitney* ( $a$ ) yang baru

$$T = C_c + C_s$$

$$A_s \times f_y = 0,85 \times f_c' \times b \times a + A's \times f_s'$$

$$a = \frac{[(A_s \times f_y) - (A's \times f's)]}{0,85 \times f_c' \times b}$$

13. Hitung nilai tinggi garis netral ( $c$ ) dan kategori penampang

$$\epsilon_t = \frac{(d_t - c)}{c} \times 0,003$$

14. Hitung kuat nominal dan cek kapasitas balok

$$M_n = [(A_s \cdot f_y) - (A's \cdot f's)] \left( d - \frac{a}{2} \right) + (A's \cdot f's)(d - d')$$

$$\phi \times M_n > M_u$$

### c. Tulangan Geser

1. Tentukan gaya geser ultimit ( $V_u$ ) yang diperoleh dari hasil analisa struktur.
2. Hitung nilai kuat beton  $V_c$  dengan menggunakan rumus :

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} b_w \times d$$

3. Periksa syarat kemampuan penampang dalam menerima beban geser.

$$V_u \leq \frac{1}{2} \phi V_c \text{ tidak dibutuhkan tulangan geser.}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c \text{ dibutuhkan tulangan geser minimum.}$$

Dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum yang ditentukan pada langkah 7.

$V_u > \phi V_c$  tulangan geser harus disediakan di langkah 4 sampai 8.

4. Jika  $V_u > \phi V_c$  hitung gaya geser yang harus dipikul

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s \quad \text{atau} \quad V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

5. Hitung nilai  $V_{c1}$  dan  $V_{c2}$

$$V_{c1} = 0,33\sqrt{f'c'} bw x d \quad V_{c2} = 0,66\sqrt{f'c'} bw x d$$

6. Hitung jarak tulangan sengkang

$$s_1 = \frac{A_v f_y t d}{V_s}$$

7. Menentukan jarak maksimum tulangan sengkang

$$s_2 = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm, jika } V_s \leq V_{c1}$$

$$s_2 = \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm, jika } V_{c1} < V_s \leq V_{c2}$$

$$s_3 = \frac{A_v f_y t}{0,35 bw}$$

$$s_4 = 600 \text{ mm}$$

8. Apabila nilai  $s_1$  yang dihitung dalam langkah 6 lebih kecil dari  $s_{maks}$  maka gunakan jarak sengkang vertikal =  $s_1$  dan jika  $s_1 > s_{maks}$  maka gunakan  $s_{maks}$  sebagai jarak antar tulangan sengkang.

### 2.5.6 Perancangan Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka (frame) stuktur yang memikul beban dari balok. Kolom memikul beban vertikal yang berasal dari pelat lantai atau pelat atap dan menyalurkan ke pondasi

Secara umum kolom dapat diklasifikasi menjadi beberapa kategori sebagai berikut:

- a. Berdasarkan beban yang beerja, kolom dilasifikasi menjadi :
  - 1) Kolom dengan beban aksial
  - 2) Kolom dengan beban eksentris
  - 3) Kolom dengan beban biaksial
- b. Berdasarkan beban yang beerja, kolom dilasifikasi menjadi :
  - 1) Kolom panjang
  - 2) Kolom pendek
- c. Berdasarkan jenis-jenis bentruk kolom yaitu

- 1) Kolom segi empat dengan sengkang,
- 2) Kolom bulat dengan sengkang dan spiral, dan
- 3) Kolom komposit (beton dan profil baja)

Dari semua jenis kolom, kolom segi empat adalah jenis kolom yang paling banyak digunakan, karena lebih murah dan mudah dalam pengerjaannya

Berikut langkah-langkah perencanaan kolom, yaitu :

- a. Hitung Mu ; Pu
- b. Menghitung ukuran kolom

$$bd^2 = \frac{Mu}{\phi(fc' \cdot \omega(1-0,59 \omega))}$$

$$\omega = \rho \times \frac{fy}{fc'}$$

- c. Menghitung luas tulangan yang diperlukan

$$\rho = \rho' = \frac{As \text{ total}}{b \cdot deff}$$

$$As \text{ total} = As + As' = \rho \cdot b \cdot deff$$

- d. Periksa Pu terhadap kondisi seimbang, jika :

- a. Jika  $\phi \cdot Pnb < Pu$

Kolom akan mengalami hancur dengan diawali beton di daerah tekan

- b. Jika  $\phi \cdot Pnb > Pu$

Kolom akan mengalami hancur dengan diawali luluhnya tulangan tarik

$$\phi \cdot Pnb = \phi (0,85 \cdot fc' \cdot Ab \cdot b + As' \cdot fs' - As \cdot fy)$$

$$Cb = \frac{600 \cdot deff}{(600+fy)} ; ab = \beta_1 \cdot Cb$$

$\beta_1$  adalah konstanta yang tergantung yang dari kuat tekan beton :

- Untuk  $f'c \leq 30 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,85$
- Untuk  $f'c > 30 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,008 (f'c - 30) \geq 0,65$

$$\epsilon_s' = \frac{Cb - d'}{Cb} \times 0,003 \rightarrow \text{jika} \rightarrow \epsilon_s' \leq \frac{fy}{Es} \text{ maka} \rightarrow fs' = \epsilon_s' \cdot Es$$

jika  $\rightarrow \epsilon s' > \frac{f_y}{E_s}$  maka  $\rightarrow f_s' = f_y$

e. Periksa kekuatan penampang

1) Untuk keruntuhan Tekanan

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

2) Untuk keruntuhan tarik

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

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d}; m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f'c}$$

Adapun persyaratan diameter tulangan sengkang :

- Untuk tulangan memanjang  $< D32$  min. tulangan sengkang D10
- Untuk tulangan memanjang  $> D32$  min. tulangan sengkang D12
- Tapi tulangan sengkang tidak lebih dari D16

Keterangan :

$\rho$  = Rasio penulangan tarik non Pra-tegang

$\rho'$  = Rasio penulangan tekan non Pra-tegang

$A_s$  = Luas tulangan tarik non Pra-tegang yang dipakai

$A_s'$  = Luas tulangan tekan non Pra-tegang yang dipakai

$d$  = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

$d'$  = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan

$b$  = lebar daerah komponen struktur

$h$  = Diameter penampang

$f'c$  = Mutu beton

$f_y$  = Mutu baja

$e$  = Eksentrisitas

### 2.5.7 Perancangan Sloof

Sloof adalah struktur dari bangunan yang terletak di atas pondasi bangunan. Sloof berfungsi mendistribusikan beban dari bangunan atas ke pondasi, sehingga beban yang tersalurkan di setiap titik pada pondasi tersebar merata. Berikut langkah-langkah perencanaan perhitungan dalam merencanakan sloof, yaitu :

- a. Menentukan dimensi sloof
- b. Menentukan pembebanan pada sloof
  - 1) Berat sendiri sloof
  - 2) Berat dinding dan plesteran

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

$$Mu = 1,2MD + 1,6ML$$

Keterangan :

Mu = beban terfaktor per unit panjang bentang balok

MD = beban mati

ML = beban hidup

- c. Penulangan pada sloof

#### a. Tulangan lentur (Tunggal)

1. Menghitung nilai momen nominal Mn, dengan nilai  $\phi = 0,9$

$$Mn = \frac{Mu}{\phi}$$

2. Menghitung rasio minimum tulangan balok, dengan mengambil nilai terbesar dari 2 persamaan berikut :

$$\rho_{min} = \frac{0,85 \sqrt{f'c'}}{fy} \text{ atau } \rho_{min} = \frac{1,4}{fy}$$

3. Menghitung Rn dan m

$$d = (h - ts - Ds - \frac{1}{2} Dl)$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_{c'}}$$

4. Menghitung nilai rasio tulangan

$$\rho_{\min} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right)$$

5. Menghitung nilai luas tulangan Tarik yang dibutuhkan

$$A_s = \rho \times b \times d$$

6. Menghitung nilai luasan aktual

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

$$S_{\min} = \frac{b - (2 \times t_s) - (2 \times D_s) - (n \times D_l)}{(n - 1)}$$

7. Menghitung nilai  $\alpha$  berdasarkan tulangan aktual

$$\alpha = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f_{c'} \times b}$$

8. Menghitung nilai c (tinggi garis netral baru)

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1}$$

9. Cek kategori penampang

Parameter 1

$$\varepsilon_t = \frac{(d_t - c)}{c} \times 0,003$$

$\varepsilon_t \geq 0,005$  = balok tergolong tarik

$0,002 < \varepsilon_t < 0,005$  = balok tergolong transisi

$\varepsilon_t < 0,002$  = balok tergolong tekan

Parameter 2

$\frac{c}{d_t} \leq 0,005$  = balok tergolong tarik

$0,006 < \frac{c}{d_t} < 0,375$  = balok tergolong transisi

$\frac{c}{d_t} < 0,006$  balok tergolong tekan

10. Menghitung dan memeriksa kapasitas penampang dengan persamaan:

$$Mn = As \times fy \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi \times Mn \geq Mu$$

**b. Tulangan lentur (Rangkap)**

1. Asumsikan  $\frac{c}{dt} < 0,375$

Pada tahap ini nilai tersebut ditentukan secara “*trial and error*” dengan syarat tidak boleh melebihi 0,375. Hal ini dilakukan agar hasil desain balok tergolong tarik.

2. Hitung nilai c dengan nilai  $\frac{c}{dt}$

$$\text{Dengan rumus } dt = (h - ts - Ds - \frac{1}{2} DI)$$

3. Hitung nilai tinggi blok (a) tegangan *whitney*

$$a = \beta_1 \times c$$

4. Hitung nilai gaya tekan Cc

$$Cc = 0,85 \times fc' \times b \times a$$

5. Hitung nilai gaya tekan Cc

$$Cc = T1$$

$$Cc = As1 \times fy$$

$$As1 = \frac{Cc}{fy}$$

6. Hitung nilai Mn1

$$Mn1 = As1 \times fy \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn1 < Mn = \text{perhitungan rangkap}$$

$$Mn1 > Mn = \text{perhitungan tunggal}$$

7. Hitung Mn2

$$Mn = Mn1 + Mn2$$

$$Mn2 = Mn - Mn1$$

8. Hitung tegangan pada tulangan tekan,  $fs'$

$$\varepsilon's = 0,003 \left( \frac{c - d'}{c} \right)$$

$$f's = E_s \times \varepsilon's$$

$$f's \geq f_y = \text{tulangan tekan leleh } f's = f_y$$

$$f's < f_y = \text{tulangan tekan tidak leleh } f's = E_s \times \varepsilon's$$

9. Hitung nilai A's

$$A's = A_s2 = \frac{Mn2}{f's \times (d-d')}$$

10. Nilai luasan teoritis  $A_s$  dan A's

$$A_s = A_s1 + A_s2$$

$$A's = A_s2$$

11. Hitung luas tulangan aktual

$$n_{tarik} = \frac{A_s \text{ teoritis}}{\frac{1}{4}\pi D^2}$$

$$n_{tekan} = \frac{A's \text{ teoritis}}{\frac{1}{4}\pi D^2}$$

Pada tahap ini perlu diperiksa bila tulangan dipasang lebih dari 1 lapis. Sehingga perlu dihitung tinggi efektif balok yang baru ( $d$ ),.

12. Hitung nilai tinggi blok tegangan *whitney* ( $a$ ) yang baru

$$T = C_c + C_s$$

$$A_s \times f_y = 0,85 \times f_c' \times b \times a + A's \times f's'$$

$$a = \frac{[(A_s \times f_y) - (A's \times f's)]}{0,85 \times f_c' \times b}$$

13. Hitung nilai tinggi garis netral ( $c$ ) dan kategori penampang

$$\varepsilon_t = \frac{(d_t - c)}{c} \times 0,003$$

14. Hitung kuat nominal dan cek kapasitas balok

$$Mn = [(A_s \cdot f_y) - (A's \cdot f's)] \left( d - \frac{a}{2} \right) + (A's \cdot f's)(d - d')$$

$$\phi \times Mn > Mu$$

**c. Tulangan Geser**

1. Tentukan gaya geser ultimit ( $V_u$ ) yang diperoleh dari hasil analisa struktur.

2. Hitung nilai kuat beton  $V_c$  dengan menggunakan rumus :

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} bw x d$$

3. Periksa syarat kemampuan penampang dalam menerima beban geser.

$$V_u \leq \frac{1}{2} \phi V_c \text{ tidak dibutuhkan tulangan geser.}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c \text{ dibutuhkan tulangan geser minimum.}$$

Dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum yang ditentukan pada langkah 7.

$V_u > \phi V_c$  tulangan geser harus disediakan di langkah 4 sampai 8.

Jika  $V_u > \phi V_c$  hitung gaya geser yang harus dipikul

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s \quad \text{atau} \quad V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

4. Hitung nilai  $V_{c1}$  dan  $V_{c2}$

$$V_{c1} = 0,33 \sqrt{f_c'} bw x d \quad V_{c2} = 0,66 \sqrt{f_c'} bw x d$$

5. Hitung jarak tulangan sengkang

$$s_1 = \frac{A_v f_{yt} d}{V_s}$$

6. Menentukan jarak maksimum tulangan sengkang

$$s_2 = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm, jika } V_s \leq V_{c1}$$

$$s_2 = \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm, jika } V_{c1} < V_s \leq V_{c2}$$

$$s_3 = \frac{A_v f_{yt}}{0,35 bw}$$

$$s_4 = 600 \text{ mm}$$

Apabila nilai  $s_1$  yang dihitung dalam langkah 6 lebih kecil dari  $s_{maks}$  maka gunakan jarak sengkang vertikal =  $s_1$  dan jika  $s_1 > s_{maks}$  maka gunakan  $s_{maks}$  sebagai jarak antar tulangan sengkang.

### 2.5.8 Perancangan Pondasi

Pondasi merupakan bagian dari struktur bangunan suatu bangunan yang berfungsi menyalurkan beban dari struktur atas ke lapisan tanah dibawahnya, tanpa mengalami kegagalan geser dan penurunan tanah.

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan jenis pondasi:

- a. Kondisi bangunan disekitar pondasi
- b. Keadaan tanah pondasi
- c. Jenis konstruksi bangunan
- d. Waktu dan biaya pengerjaan

Secara umum terdapat dua macam pondasi, yaitu :

#### a. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal karena kedalaman masuknya ke tanah relatif dangkal, dipakai untuk bangunan bertanah keras atau bangunan-bangunan sederhana.

Termasuk pondasi dangkal antara lain :

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

#### b. Pondasi Dalam

Dipakai untuk bangunan bertanah lembek, bangunan berbenteng lebar (memiliki jarak kolom lebih dari 6 meter), dan bangunan bertingkat. Yang termasuk pondasi dalam, antara lain:

- Pondasi sumuran
- Pondasi tiang pancang
- Pondasi Bored Pile

Pemilihan bentuk pondasi juga didasarkan pada daya dukung tanah, oleh karena itu perlu diperhatikan hal – hal berikut ini :

- a. Bila tanah keras terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter di

bawah permukaan tanah, maka pondasi yang dipilih sebaiknya jenis pondasi dangkal (pondasi jalur atau pondasi tapak)

- b. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 10 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya digunakan adalah pondasi tiang *minipile* dan pondasi sumuran atau *borepile*.
- c. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 20 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang pancang.

Pada perancangan kami menggunakan jenis pondasi tiang pancang. Berikut langkah – langkah menghitung pondasi tiang pancang :

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

- Berdasarkan kekuatan bahan

$$Q_{tiang} = 0,3 \cdot f'c' \cdot A_{tiang}$$

- Berdasarkan kekuatan tanah

$$Q_{ijin} = \frac{NK \cdot Ab}{Fb} + \left( 0,3 \cdot \frac{JHP \cdot O}{Fs} \right)$$

NK = Nilai konus

JHP = Jumlah hambatan pekat

Ab = Luas tiang

O = Keliling tiang

Fb = Faktor keamanan daya dukung ujung = 3

Fs = Faktor keamanan daya dukung gesek = 5

0,3 = Koefisien *pancang* berdasarkan *skempton*

2. Menentukan jumlah pondasi pancang

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

3. Menentukan jarak antar pancang

Apabila setelah dilakukan perhitungan jumlah pondasi *pancang*, langkah perencanaan selanjtnya adalah menentukan

jarak antara masing-masing tiang pancang dan jarak antar tiang ke tepi *pilecap*.

$$2,5D \leq S \leq 4D$$

$$1,5D \leq S1 \leq 2D$$

Dimana :

S = jarak antara pancang

S1 = jarak antar tiang ke tepi *pilecap*

d = ukuran pile (tiang)

#### 4. Menentukan efisiensi kelompok tiang

Menentukan efisiensi kelompok tiang dilakukan setelah mengetahui hasil perhitungan jumlah tiang. Perhitungan efisiensi kelompok tiang ini dilakukan apabila telah didapatkan hasil perhitungan jumlah tiang yang lebih dari satu tiang. Nilai efisiensi pondasi ( $E_q$ ) dapat ditentukan dengan rumus berikut ini.

$$E_q = 1 - \frac{\theta}{90} \left( \frac{(m-1)n + (n-1)m}{mn} \right)$$

Atau

$$E_q = \text{arc. tan} \frac{d}{S}$$

Dimana :

d = ukuran pile (tiang)

S = jarak antara *pile*

#### 5. Tulangan Geser

- Analisa kondisi 2 arah

$$V_c = 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} b_0 d$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c'} b_0 d$$

$$V_c = 0,083 \left( 2 + \frac{\alpha s d}{b_0} \right) \lambda \sqrt{f'c'} b_0 d$$

Diambil nilai terkecil dari ketiga persamaan

$$\phi v_c \geq V_u$$

- Analisa kondisi 1 arah

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} b d$$

$$\phi v_c \geq V_u$$

## 6. Perhitungan *pilecap*

*Pilecap* merupakan bagian yang mengikat dan mengunci posisi pondasi tiang.

Langkah-langkah perancangan *pilecap* :

- Merencanakan beban yang bekerja

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

- Menghitung gaya tekan pada tiang pancang dengan beban *ultimate* dengan rumus:

$$P = \frac{P_u}{n} - \frac{M_y X_1}{\Sigma x^2} - \frac{M_x Y_1}{\Sigma y^2}$$

- Menghitung momen *ultimate* tulangan arah x dan arah y
- Menghitung tulangan lentur *pilecap*

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b x d x^2}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'}$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right)$$

$$A_s = \rho x b x d$$

$$A_s = \frac{1000}{s} x \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

Akan ditentukan jarak tulangan *pilecap* dengan memenuhi persyaratan dengan tidak boleh melebihi 3h atau 450 mm

## 2.6 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah kegiatan merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Dibagi menjadi tiga pekerjaan dalam pengelolaan proyek itu sendiri, di antaranya RKS (Rencana Kerja dan Syarat-Syarat), RAB (Rencana Anggaran Biaya), dan Rencana Pelaksanaan yang terbagi atas *Barchart*, dan kurva S, *Network Planning*.

### **2.6.1 Rencana Kerja dan Syarat – syarat**

Rencana kerja dan 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 akan mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan nantinya.

### **2.6.2 Rencana Anggaran Biaya**

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perencanaan biaya untuk menentukan biaya yang diperlukan dalam pelaksanaan pekerjaan dan menyusun tata cara pelaksanaan teknik dan administrasi. RAB dapat memberikan gambaran mengenai besar biaya yang diperlukan dan pelaksanaannya. Sedangkan Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda di masing-masing daerah disebabkan karena perbedaan harga bahan upah tenaga kerja. Maka dari itu anggaran biaya ini ialah harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat.

#### **a. Daftar harga satuan upah dan tenaga Kerja**

Upah tenaga kerja adalah upah setiap tenaga kerja yang diperlukan selama proses pembangunan. Upah tenaga kerja didapat dari PU yang dinamakan Daftar Satuan Tenaga Kerja

#### **b. 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 hargasatuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

c. Daftar harga satuan bahan/material

Harga satuan bahan sangat perlu diketahui. Hal tersebut sebagai gambaran harga bangunan yang sedang direncanakan. Gambaran harga bangunan ini dilakukan oleh perencana beserta tim yang bekerja didalamnya. 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.

d. Volume Pekerjaan

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

### 2.6.3 Rencana Pelaksanaan Kerja

Sebelum dimulainya pelaksanaan kegiatan proyek konstruksi, biasanya didahului dengan penyusunan rencana kerja waktu kegiatan yang disesuaikan dengan metode konstruksi yang akan digunakan. Rencana pelaksanaan kerja terdiri dari *Network Planning* (NWP), *barchart*, dan kurva S.

a. Barchart

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

b. Kurva S

Kurva S adalah hasil plot dari barchart, bertujuan untuk mempermudah

melihat kegiatan-kegiatan yang masuk dalam suatu jangka waktu pengamatan progress pelaksanaan proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemampuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai presentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek.

Bentuk dari kurva s menyerupai huruf s dikarenakan pada tahap awal kegiatan adalah kegiatan persiapan yang bobot pekerjaan yang dilakukan masih sedikit, dan pada tahap yang kedua yaitu tahap konstruksi memiliki bobot yang besar sehingga garis pada kurva meningkat, serta pada tahap terakhir sama seperti tahap awal yaitu bobot pekerjaan sedikit dikarenakan pada tahap terakhir ini merupakan kegiatan finishing.

c. Network Planning (NWP)

*Network planning* atau diagram jaringan kerja adalah gambar yang memperlihatkan susunan urutan pekerjaan dan logika ketergantungan antara kegiatan yang satu dengan yang lainnya serta rencana waktu pelaksanaannya. Berikut kegunaan dari *Network Planning* yaitu mengkoordinasi dan mengetahui ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan yang lainnya, mengetahui pekerjaan yang harus diselesaikan terlebih dahulu, mengetahui berapa lama proyek dapat diselesaikan.

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

- 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*

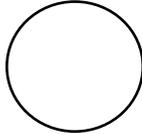
Pada Perkembangannya NWP ini dikenal dalam 2 bahasa/ simbol diagram *network*, yaitu sebagai berikut :

- 1) *even on the node*, yaitu peristiwa yang digambarkan dalam bentuk lingkaran.

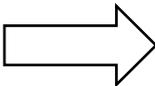
2) *Activity on the node*, yaitu kegiatan yang digambarkan dalam bentuk lingkaran.

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) 

**Double arrow** berupa anak panah yang sejajar yang berarti lintas 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.