

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Uraian Umum**

Perancangan merupakan kegiatan yang penting untuk dilakukan sebelum dilaksanakannya suatu proyek. Perancangan suatu bangunan adalah 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). 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.

Menurut Ervianto (2005), kegiatan yang dilaksanakan pada tahap perancangan ini sebagai berikut:

- a. Mengembangkan rencana proyek menjadi penyelesaian akhir
- b. Meminta persetujuan akhir rencana dari pemilik proyek
- c. Mempersiapkan:
  - 1) Rancangan skema (prarancangan) termasuk taksiran biaya
  - 2) Rancangan terinci
  - 3) Gambar kerja, spesifikasi dan jadwal
  - 4) Taksiran biaya akhir
  - 5) Program pelaksanaan pendahuluan, termasuk jadwal waktu

#### **2.2 Ruang Lingkup Perancangan Struktur**

Langkah awal dalam 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*). Apabila semua denah bangunan telah mendapat persetujuan dari pemilik maka selanjutnya perencana struktur

menentukan sistem struktur yang mampu menjamin keamanan dan stabilitas struktur selama masa layan. 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.

Dalam suatu konstruksi bangunan terdapat dua struktur pendukung bangunan, 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

Dalam Penyelesaian perhitungan untuk Perancangan Gedung Program Diploma IV Politeknik Negeri Sriwijaya, 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 2847:2013 oleh Badan Standarisasi Nasional.
- b. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain berdasarkan SNI 1727:2013 oleh Badan Standarisasi Nasional.
- c. Persyaratan Perancangan Geoteknik berdasarkan SNI 8460:2017 oleh Badan Standarisasi Nasional
- d. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983).
- e. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SK SNI-T-15-1991-03)
- f. Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Jilid 4 oleh Ir. W.C. Vis dan Ir. Gideon Kusuma M.Eng.
- g. Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang oleh Ir. W.C. Vis dan Ir. Gideon H. Kusuma M.Eng.
- h. Perancangan Struktur Beton Bertulang oleh Agus Setiawan yang mengacu pada SNI 2847:2013.
- i. Struktur Beton Bertulang oleh Idtimawan Dipohusodo
- j. Analisis dan Perancangan Fondasi oleh Hary Christady Hardiyatmo.

## 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 seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk 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).

Tabel 2.1 Berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung

Bahan Bangunan

Baja	7.850 kg/m <sup>3</sup>
Batu alam	2.600 kg/m <sup>3</sup>
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500 kg/m <sup>3</sup>
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m <sup>3</sup>
Batu pecah	1.450 kg/m <sup>3</sup>
Besi tuang	7.250 kg/m <sup>3</sup>
Beton	2.200 kg/m <sup>3</sup>
Beton bertulang	2.400 kg/m <sup>3</sup>
Kayu Kelas 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 merah	1.700 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu belah, batu gunung	2.200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu cetak	2.200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu karang	1.450 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (jenuh air)	1.800 kg/m <sup>3</sup>
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1.850 kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700 kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000 kg/m <sup>3</sup>
Tanah hitam (timbel)	11.400 kg/m <sup>3</sup>

## Komponen Gedung

Adukan, per cm tebal: - dari semen - dari kapur, semen merah atau tras	21 kg/m <sup>2</sup> 17 kg/m <sup>2</sup>
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral tambahan, per cm tebal	14 kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan batu merah: - satu batu - setengah batu	450 kg/m <sup>2</sup> 250 kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan batako berlubang: - tebal dinding 20 cm (HB 20) - tebal dinding 10 cm (HB 10)	200 kg/m <sup>2</sup> 120 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 - kaca, dengan tebal 3 – 4 mm	11 kg/m <sup>2</sup> 10 kg/m <sup>2</sup>
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m <sup>2</sup>	40 kg/m <sup>2</sup>
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s. minimum 0,8 m	7 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m <sup>2</sup> bidang atap	50 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m <sup>2</sup> bidang atap	40 kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	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: PPIUG 1983 )

## 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 lain ini berdasarkan tabel pada SNI 1727:2013, yaitu sebagai berikut.

Tabel 2.2 Beban hidup terdistribusi merata minimum

Hunian atau Penggunaan	Merata psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat Ib (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
- Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
- Ruang komputer	100 (4,79)	2000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)	
Ruang pertemuan		
- Kursi tetap (terikat dilantai)	100 (4,79)	
- Lobi	100 (4,79)	
- Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
- Panggung pertemuan	100 (4,79)	
- Lantai podium	150 (7,18)	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79) kN/m <sup>2</sup> )	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor		
- Lantai pertama	100 (4,79)	
- Lantai lain	Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in × 2 in [50 mm × 50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in × 1 in [25 mm × 25 mm])		200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran	100 (4,79)	
- Hunian satu keluarga saja	40 (1,92)	
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	
Helipad	60 ( 2,87) Tidak boleh direduksi	
Rumah sakit		
- Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1000 (4,45)
- Ruang pasien	40 (1,92)	1000 (4,45)
- Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
- Ruang baca	60 (2,87)	1000 (4,45)
- Ruang penyimpanan	150 (7,18)	1000 (4,45)
- Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Pabrik		
- Ringan	125 (6,00)	2000 (8,90)
- Berat	250 (11,97)	3000(13,40)
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)
Lembaga hukum		
- Blok sel	40 (1,92)	
- Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
- Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan yang sama	75 (3,59)	
- Bangsal dansa dan ruang dansa	100 (4,79)	
- Gimnasium	100 (4,79)	
- Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79)	
- Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87)	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
- Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48)	
- Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0,96)	
- Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	30 (1,44)	
- Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	

Semua hunian rumah tinggal lainnya		
- Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	40 ( 1,92)	
- Ruang publik dan koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	
Atap		
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)	
Atap digunakan untuk taman atap	100 (4,79)	
Atap yang digunakan untuk tujuan lain	Sama seperti hunian dilayani	
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya		
Awning dan kanopi		
Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24) tidak boleh direduksi	
Rangka tumpu layar penutup	5 (0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka	200 (0,89)
Semua konstruksi lainnya		
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai	20 (0,96)	2000 (8,9)
Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi.		300 (1,33)
Semua komponen struktur atap utama lainnya.		
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		300 (1,33)
Sekolah		
- Ruang kelas	40 (1,92)	1000 (4,5)
- Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,5)
- Koridor lantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,5)
Bak-bak/ <i>scuttles</i> , rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97)	8000 (35,6)
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	300
- Rumah tinggal untuk satu keluarga dan dua keluarga	40 (1,92)	300

Gudang diatas langit-langit Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat)	20 (0,96)	
- Ringan	125 (6,00)	
- Berat	250 (11,97)	
Toko		
Eceran		
- Lantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,45)
- Lantai diatasnya	75 (3,59)	1000 (4,45)
Grosir, disemua lantai	125 (6,00)	1000 (4,45)
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)

### c. Beban Angin

Beban angin ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam  $\text{kg/m}^2$ .

Beban angin yang digunakan dalam desain SPBAU untuk bangunan gedung tertutup atau tertutup sebagian tidak boleh kecil dari  $16 \text{ lb/ft}^2$  ( $0,77 \text{ kN/m}^2$ ) dikalikan dengan luas dinding bangunan dan  $8 \text{ lb/ft}^2$  ( $0,38 \text{ kN/m}^2$ ) dikalikan dengan luas atap bangunan gedung yang terproyeksi pada bidang vertikal tegak lurus terhadap arah angin yang diasumsikan. Beban angin dan atap harus ditetapkan secara stimulan. Gaya angin desain untuk bangunan gedung terbuka harus tidak kurang dari  $16 \text{ lb/ft}^2$  ( $0,77 \text{ kN/m}^2$ ) dikalikan dengan luas  $A_f$  (SNI 1727:2013).

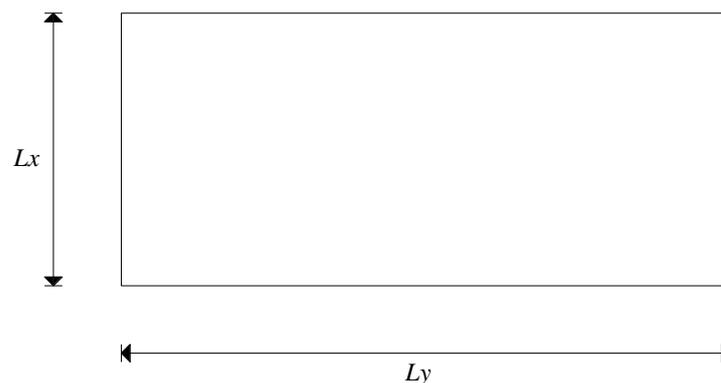
## 2.5 Metode Perhitungan Struktur

### 2.5.1 Perhitungan 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 (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*)

Jika sistem pelat hanya ditumpu di kedua sisinya, maka pelat tersebut akan melentur atau mengalami lendutan dalam arah tegak lurus dari sisi tumpuan. Beban akan didistribusikan oleh pelat dalam satu arah saja yaitu ke arah tumpuan. Pelat jenis ini disebut juga dengan pelat satu arah. Apabila pelat tertumpu di keempat sisinya, dan rasio bentang panjang terhadap 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). Pelat satu arah dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 2.1 Pelat Satu Arah

Adapun batasan dalam mendesain pelat satu arah berdasarkan Peraturan SNI 2847-2013 yaitu sebagai berikut:

1) Menentukan tebal minimum pelat satu arah ( $h$  pelat)

Ketebalan minimum pelat satu arah yang menggunakan  $f_y = 400$  Mpa harus sesuai seperti pada tabel di SNI 2847-2013 halaman 70 seperti dibawah ini:

Tabel 2.3 Tebal minimum pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Komponen Struktur	Tebal Minimum, $h$			
	Tertumpu Sederhana	Satu Ujung Menerus	Kedua Ujung Menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	$\frac{l}{20}$	$\frac{l}{24}$	$\frac{l}{28}$	$\frac{l}{10}$
Balok atau pelat rusuk satu arah	$\frac{l}{16}$	$\frac{l}{18,5}$	$\frac{l}{21}$	$\frac{l}{8}$

(Sumber: SNI 2847:2013)

Catatan:

- Panjang bentang dalam mm.
- Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan-tulangan mutu 420 Mpa. Untuk kondisi lain, nilai diatas harus dimodifikasikan sebagai berikut:
  - (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (*equilibrium density*),  $w_c$ , diantara 1440 sampai 1840  $\text{kg/m}^3$ , nilai tadi harus dikalikan dengan  $(1,65 - 0,0003w_c)$  tetapi tidak kurang dari 1,09.
  - (b) Untuk  $f_y$  selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_y/700)$

## 2) Menghitung pembebanan

Menghitung beban mati yang dipikul pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup, serta menghitung beban rencana total ( $W_u$ ).

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

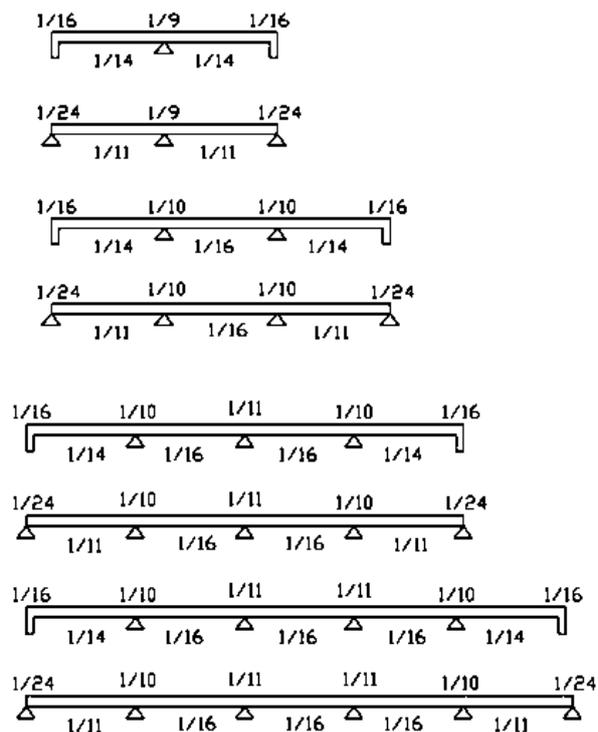
Dimana:

$W_u$  = Momen rencana total / beban ultimit

$W_D$  = Jumlah beban mati pelat (kN/m)

$W_L$  = Jumlah beban hidup pelat (kN/m)

## 3) Mendistribusikan momen dengan metode koefisien momen, $M =$ koefisien. Metode ini menggunakan rumus $W_u \cdot l_n^2$ dengan catatan:



Gambar 2.2 Koefisien Momen

(Sumber: Vis, W.C. dan Gideon Kusuma, 1993:75)

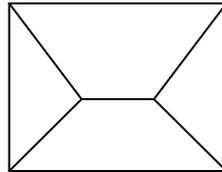
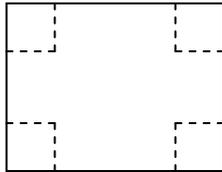
- Untuk momen lapangan,  $l_n$  = panjang bersih dari bentang yang ditinjau.
- Untuk momen tumpuan,  $l_n$  = panjang bersih rata-rata dari dua bentang bersebelahan.

4) Menghitung momen rencana ( $M_u$ )

Momen rencana ( $M_u$ ) dapat dianalisa melalui tabel dibawah ini.

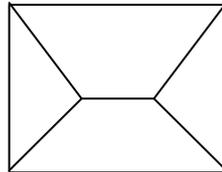
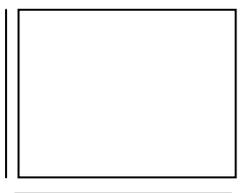
Tabel 2.4 Momen yang menentukan per meter lebar dalam jalur tengah pada pelat dua arah akibat beban terbagi rata

## Cara I:



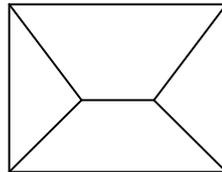
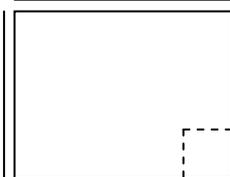
$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{ly} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{tx} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{ty} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{tix} &= \frac{1}{2} \cdot M_{lx} \\ M_{tiy} &= \frac{1}{2} \cdot M_{ly} \end{aligned}$$

## Cara II:



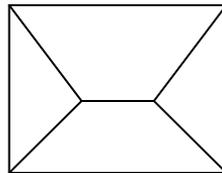
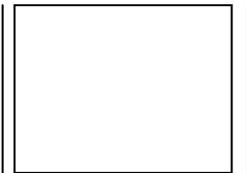
$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{ly} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{tx} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{ty} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \end{aligned}$$

## Cara III:



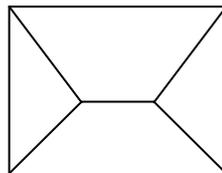
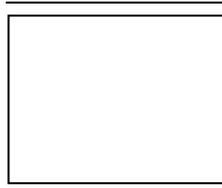
$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{ly} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{tx} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{ty} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{tix} &= \frac{1}{2} \cdot M_{lx} \\ M_{tiy} &= \frac{1}{2} \cdot M_{ly} \end{aligned}$$

## Cara IV:



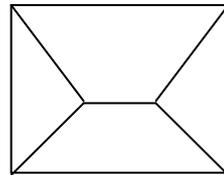
$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{ly} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{tx} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{ty} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{tix} &= \frac{1}{2} \cdot M_{lx} \end{aligned}$$

## Cara V:



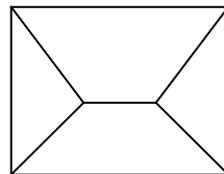
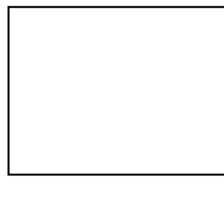
$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{ly} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{tx} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{ty} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\ M_{tiy} &= \frac{1}{2} \cdot M_{ly} \end{aligned}$$

## Cara VI:



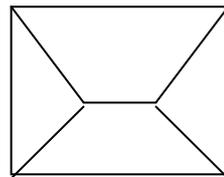
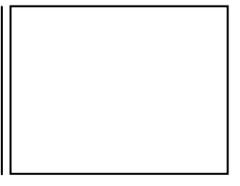
$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{ly} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{tx} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{tix} &= \frac{1}{2} \cdot M_{lx} \\
 M_{tiy} &= \frac{1}{2} \cdot M_{ly}
 \end{aligned}$$

## Cara VII:



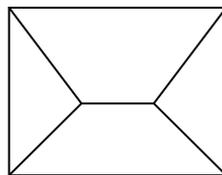
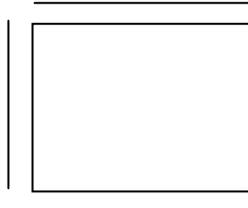
$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{ly} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{tx} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{tix} &= \frac{1}{2} \cdot M_{lx} \\
 M_{tiy} &= \frac{1}{2} \cdot M_{ly}
 \end{aligned}$$

## Cara VIII:



$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{ly} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{tx} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{ty} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{tix} &= \frac{1}{2} \cdot M_{lx}
 \end{aligned}$$

## Cara IX:



$$\begin{aligned}
 M_{lx} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{ly} &= 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{tx} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{ty} &= -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen} \\
 M_{tiy} &= \frac{1}{2} \cdot M_{ly}
 \end{aligned}$$

## 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
- $M_{tix}$  adalah momen jepit tak terduga (insidental) per meter lebar di arah x.
- $M_{tiy}$  adalah momen jepit tak terduga (insidental) per meter lebar di arah y.

5) Memperkiraan dan menghitung tinggi efektif pelat ( $d_{eff}$ )

Memperkirakan tinggi efektif dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$d_{eff} = h - p - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan pokok}$$

Tinggi efektif dipengaruhi oleh tebal selimut beton. Untuk struktur beton bertulang tebal selimut beton minimum 20 mm untuk struktur yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca dan tanah. Selimut beton yang disyaratkan menurut SNI 2847:2013 Pasal 7.7.1 ditunjukkan pada tabel 2.5 berikut ini:

Tabel 2.5 Tebal Selimut Beton

	<b>Tebal Selimut Beton ( mm )</b>
Beton yang di cor di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca.	
- Batang tulangan D-19 hingga D-57.....	50
- Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil.....	40
Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah:	
- Slab, dinding, balok usuk:	
Batang tulangan D-44 dan D-57.....	40
Batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil.....	20
- Balok, kolom:	
Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral.....	40
- Komponen struktur cangkang, pelat lipat:	
Batang tulangan D-19 dan yang lebih besar.....	20
Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil.....	13

(Sumber: SNI 2847:2013)

6) Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ )

Dalam menentukan rasio penulangan ( $\rho$ ) ditentukan dengan melihat tabel. Jika  $\rho > \rho_{\max}$ , maka ditambahkan balok anak untuk memperkecil momen.

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

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}, \text{ untuk mutu beton } f'c \leq 30 \text{ MPa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4f_y}, \text{ untuk mutu beton } f'c > 30 \text{ MPa}$$

$$\rho = \frac{f'c}{f_y} \left( 0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \text{ Mu}}{\phi \cdot f'c \cdot b \cdot d^2}} \right)$$

Jika  $\rho_{\min} > \rho$  maka dipakai  $\rho_{\min}$

7) Menghitung luas tulangan ( $A_s$ ) yang diperlukan

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

Dimana :

$A_s$  : luas tulangan ( $\text{mm}^2$ )

$\rho$  : rasio penulangan

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

Menentukan tulangan pokok yang akan dipasang serta tulangan susut dan suhu menggunakan tabel. Untuk tulangan suhu dan susut dihitung sebagai berikut:

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

Tabel 2.6 Persyaratan Tulangan Susut dan Suhu untuk Pelat

Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu $f_y = 280 \text{ Mpa}$ atau $f_y = 350 \text{ Mpa}$	0,0020
-------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------

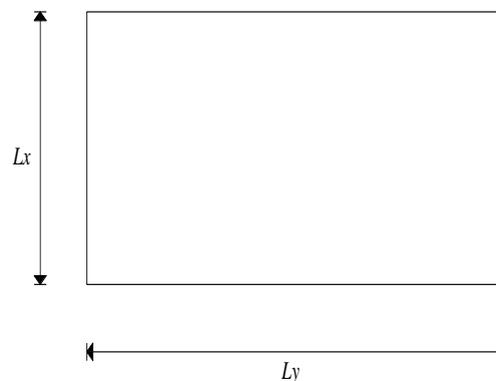
Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau kawat las mutu $f_y = 420$ Mpa	0,0018
Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 Mpa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35%	$\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$

(Sumber: SNI 2847:2013)

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

### b. Pelat Dua Arah (*Two Way Slab*)

Apabila struktur pelat beton ditopang di keempat sisinya, dan rasio antara bentang panjang terhadap bentang pendeknya kurang dari 2, maka pelat tersebut dikategorikan sebagai sistem pelat dua arah ( $\frac{l_y}{l_x} \leq 2$ ).



Gambar 2.3 Pelat dua arah

Langkah-langkah dalam perencanaan pelat dua arah yaitu sebagai berikut:

- 1) Menentukan tebal minimum pelat dua arah

Untuk pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya,  $h$ , harus memenuhi ketentuan sesuai SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3 sebagai berikut.

- (a) Untuk  $\alpha_{fm} \leq 2$  harus menggunakan Tabel 2.7

Tabel 2.7 Tebal Minimum Pelat Dua Arah Tanpa Balok Dalam

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 : SNI 2847 : 2013)

(b) Untuk  $0,2 < \alpha f_m < 2,0$ , h tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha f_m - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

(c) Untuk  $\alpha f_m > 2,0$ , ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$$

dan tidak 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).

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

$\alpha f_m$  = nilai rata-rata  $\alpha f$  untuk semua balok tepi – tepi dari suatu pelat.

$\alpha_f$  = rasio kekakuan lentur penampang balok ( $E_{cb}I_b$ ) terhadap kekakuan lentur pelat ( $E_{cs}I_s$ ), yang dibatasi secara lateral oleh garis – garis sumbu tengah dari pelat – pelat yang bersebelahan pada tiap sisi balok

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

$I_b$  = momen inersia bruto dari penampang balok terhadap sumbu berat, penampang balok mencakup pula bagian pelat pada balok sebesar proyeksi balok yang berada diatas atau dibawah pelat, namun tidak lebih dari empat kali tebal pelat.

$I_s$  = momen inersia bruto dari penampang pelat.

## 2) Menghitung pembebanan

Menghitung beban-beban yang dipikul pelat seperti beban mati dan beban hidup serta menghitung momen ultimit ( $W_u$ ).

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

Dimana :

$W_u$  = Beban rencana total / Momen ultimit

$W_D$  = Jumlah beban mati pelat (kN/m)

$W_L$  = Jumlah beban hidup pelat (kN/m)

## 3) Mencari momen rencana ( $M_u$ )

Momen rencana ( $M_u$ ) ditentukan sesuai dengan tabel 14 dari buku Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang jilid I karangan *W.C. Vis dan Gideon H. Kusuma* dapat dilihat pada Tabel 2.4.

## 4) Menentukan tinggi efektif ( $d_{eff}$ )

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

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

Lalu untuk langkah selanjutnya dapat dilanjutkan menggunakan cara dan rumus yang sama seperti pada pelat satu arah.

- 5) Menghitung  $k_{\text{perlu}}$
- 6) Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ )
- 7) Menghitung luas tulangan ( $A_s$ ) digunakan rumus:
- 8) Memilih tulangan pokok yang akan dipasang dengan menggunakan tabel tulangan.

### 2.5.2 Perhitungan Tangga

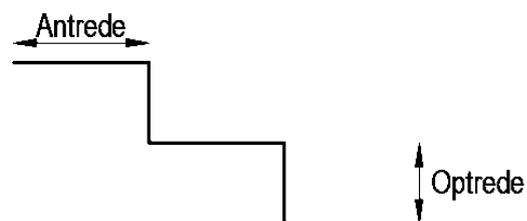
Tangga adalah merupakan salah satu bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat penghubung lantai bawah dan lantai yang ada di atasnya pada bangunan bertingkat dalam kegiatan tertentu. Tangga terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:

a. Anak tangga

Anak tangga (*trede*) adalah bagian dari tangga yang berfungsi untuk meminjakkan melangkah kaki ke arah vertikal maupun horizontal (datar).

Anak tangga terbagi menjadi dua bagian:

- 1) *Aantrede* (langkah datar) merupakan bidang trede datar yang merupakan tempat berpijaknya telapak kaki.
- 2) *Optrede* (langkah tegak/naik) merupakan bidang trede tegak yang merupakan selisih tinggi antara dua trede yang berurutan.



Gambar 2.4 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.

b. 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.

Syarat-syarat perencanaan tangga:

a. Syarat Umum Tangga

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

1) Penempatannya

- a) Penempatan tangga diusahakan sehemat mungkin menggunakan ruangan
- b) Ditempatkan sedemikian rupa sehingga mudah ditemukan oleh banyak orang dan mendapat sinar pada waktu siang hari
- c) Diusahakan penempatannya tidak mengganggu atau menghalangi lalu lintas banyak orang (untuk tangga ditempat-tempat yang ramai seperti tangga gedung bioskop, pasar dan lain-lain).

2) Kekuatannya

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

3) Bentuknya

- a) Bentuk konstruksi tangga diusahakan sederhana, layak, sehingga dengan mudah dan cepat dikerjakan serta murah biayanya.
- b) Bentuknya rapih, indah dipandang dan serasi dengan keadaan disekitar tangga itu berada.

b. Syarat Khusus Tangga

Kenyamanan dan keamanan menjalani 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) Kemiringan maksimal  $45^\circ$  atau dengan mempergunakan perbandingan dibawah ini :  
 $2 \text{ optride} + 1 \text{ apride} = 1 \text{ langkah}$   
 $1 \text{ langkah} = 58 \text{ cm} - 64 \text{ cm}$  (panjang satu langkah)
- 2) Tinggi optride  
 Untuk rumah tinggal = 20 cm (maksimum)  
 Untuk bangunan umum = 17 cm
- 3) Antride minimum 25 cm
- 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	$\pm 100$	$\pm 120$
3	1 orang + bagasi	$\pm 85$	$\pm 105$
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 (ln) ditambah dengan satu atau dua langkah panjat datar (Aantrede = a) . Pada kebanyakan panjang bordes diambil antara 80 cm – 150 cm. Untuk menentukan panjang bordes (L) :

$$L = ln + a \text{ s/d } 2.a$$

Dimana :

L = panjang bordes

ln = ukuran satu langkah normal datar

a = *Antrede*

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

$$\text{Arc tan } \theta = \frac{\text{Opride}}{\text{Antride}}$$

- 6) Hitung ukuran bordes

$$L = ln + a^S/d \cdot 2 \cdot a$$

- 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

b) Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga 1,33 kN (SNI 1727 2013)

- 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 1,33 kN (SNI 1727:2013)

c. Menghitung gaya-gaya yang bekerja pada tangga dengan menggunakan program SANSPRO V.5.10

d. Perhitungan tulangan tangga

1) Penentuan momen yang bekerja

2) Penentuan tulangan yang diperlukan

Penentuan tulangan dapat dilanjutkan menggunakan cara dan rumus yang sama seperti pada pelat

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

$d = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan pokok}$

a) Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ )

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

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

$d_{eff}$  : tinggi efektif (mm)

c) Menentukan tulangan pokok yang akan digunakan beserta tulangan suhu dan susut dengan menggunakan tabel.

### 2.5.3 Perhitungan Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sebagai satu kesatuan yang lengkap. Portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati, beban hidup dan beban angin. Portal dihitung dengan menggunakan program SANSPRO V.5.10.

Adapun langkah-langkah perencanaan portal akibat beban mati dan beban hidup adalah sebagai berikut:

a. Portal akibat beban mati

Portal ini ditinjau pada arah memanjang dan melintang. Pembebanan pada portal ini yaitu:

- 1) Berat sendiri pelat
- 2) Berat plafond dan penggantung
- 3) Berat penutup lantai
- 4) Berat adukan
- 5) Berat dari pasangan dinding bata

b. Portal akibat beban hidup

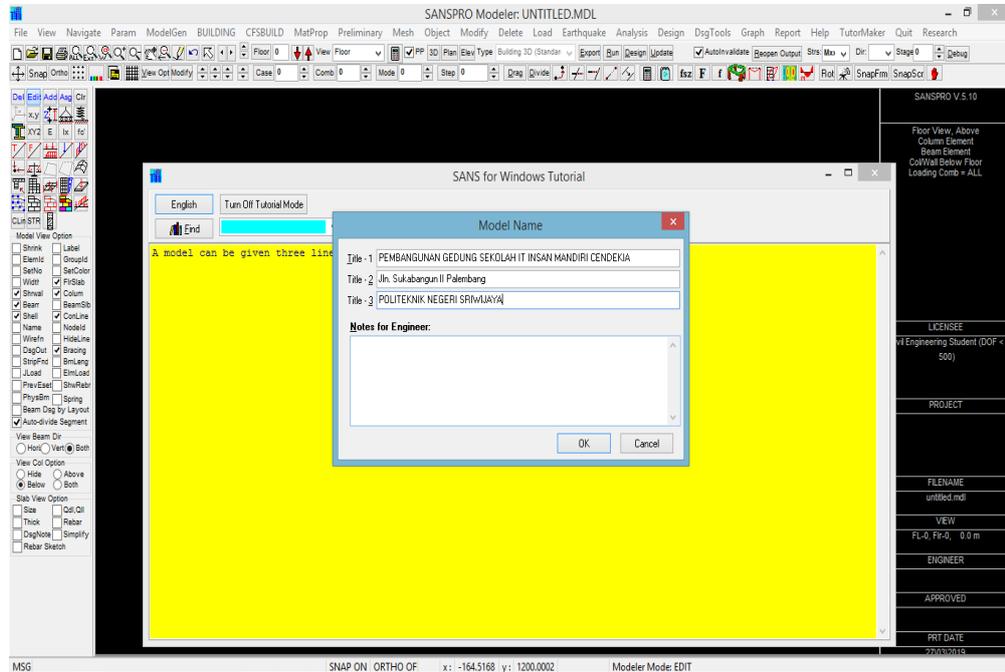
Beban hidup yang digunakan harus sesuai dengan peraturan SNI 1727:2013 tentang pembebanan gedung dengan berdasarkan kepada fungsi gedung yang akan dibangun.

Adapun langkah-langkah menghitung portal dengan menggunakan program SANSIRO V.5.10 adalah sebagai berikut:

a. Menentukan material yang akan digunakan dan juga tipe bangunan dengan cara mengklik salah satu dari pilihan berikut:

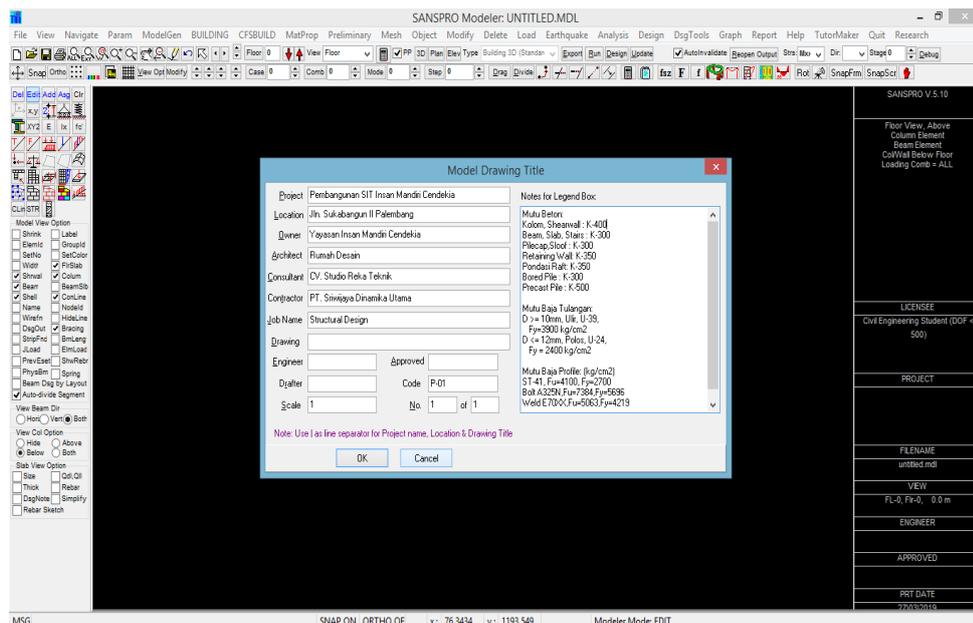
- 1) ***Building – concrete bulding properties generator (no mesh) – small bulding.*** Perintah ini akan menghasilkan beberapa material properties dan section properties yang berguna untuk bangunan kecil.
- 2) ***Building – concrete bulding properties generator (no mesh) – medium bulding.*** Perintah ini akan menghasilkan beberapa material properties dan section properties yang berguna untuk bangunan medium.
- 3) ***Building – concrete bulding properties generator (no mesh) – small bulding.*** Perintah ini akan menghasilkan beberapa material properties dan section properties yang berguna untuk bangunan tinggi.
- 4) ***Steel building (no mesh).*** Perintah ini akan menghasilkan beberapa material properties dan section properties yang berguna untuk bangunan dari baja.

- b. Membuat judul untuk data gambar dengan cara mengklik **building – Title and Notes**, kemudian masukkan data-data gambar.



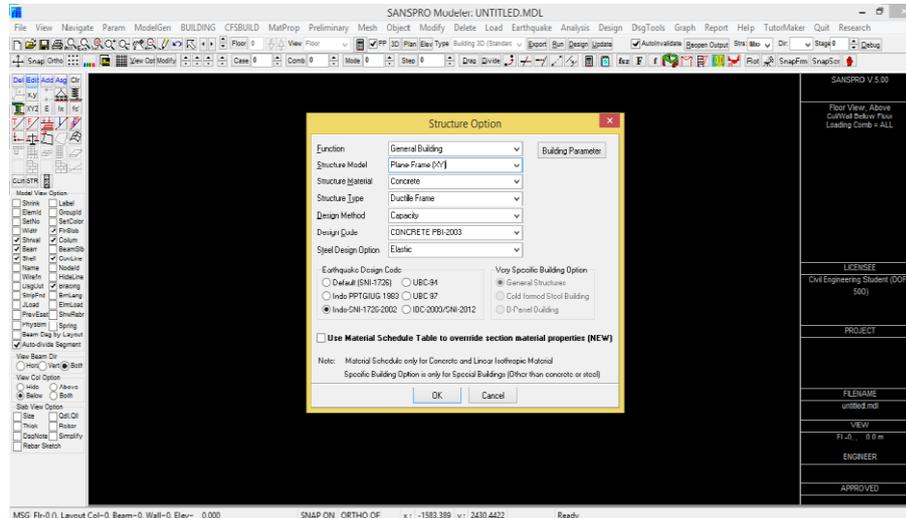
Gambar 2.5 Membuat Judul Untuk Data Gambar

- c. Memasukkan data-data gambar untuk kepala gambar dengan cara mengklik **building – drawing title**.



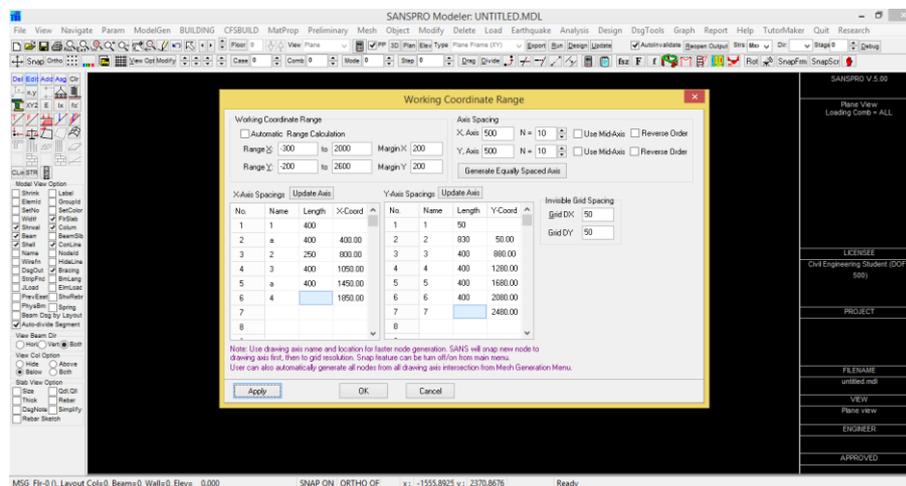
Gambar 2.6 Memasukkan Data Kepala Gambar

- d. Menentukan peraturan struktur yang akan digunakan dengan cara mengklik *building – structural parameters*. Pilih peraturan desain struktur yang akan digunakan.



Gambar 2.7 Menentukan Peraturan Struktur Bangunan

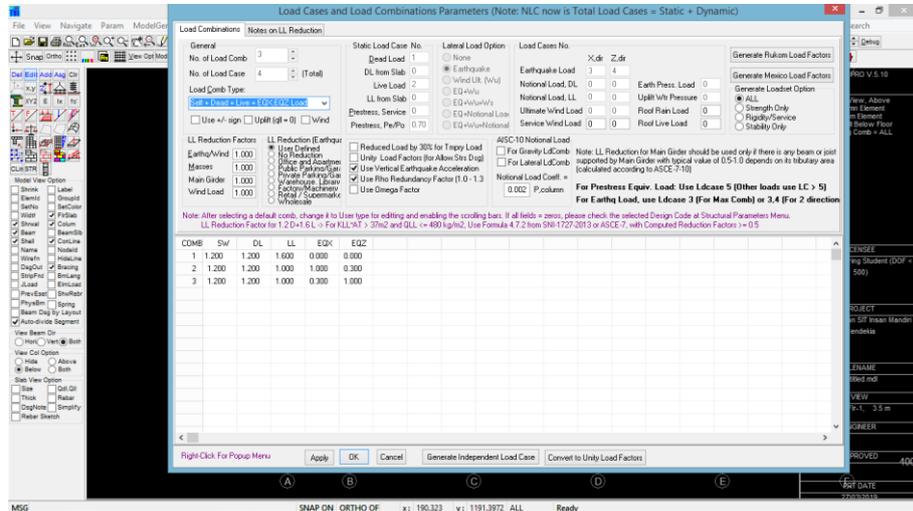
- e. Membuat garis As bangunan dengan cara mengklik *building – define coordinate axis*. Masukkan data-data sesuai perencanaan.



Gambar 2.8 Memasukkan jarak As

Kemudian klik [Apply] dan klik [Ok] : *coordinate axis* akan dihasilkan secara otomatis

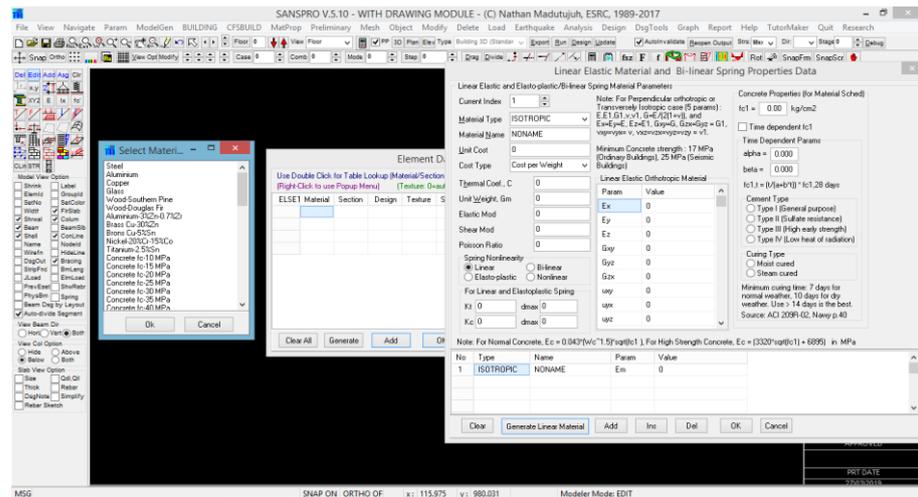
- f. Memilih kombinasi pembebanan yang akan digunakan dalam perencanaan struktur dengan cara klik **building – building load combination**.



Gambar 2.9 Menentukan Kombinasi Pembebanan

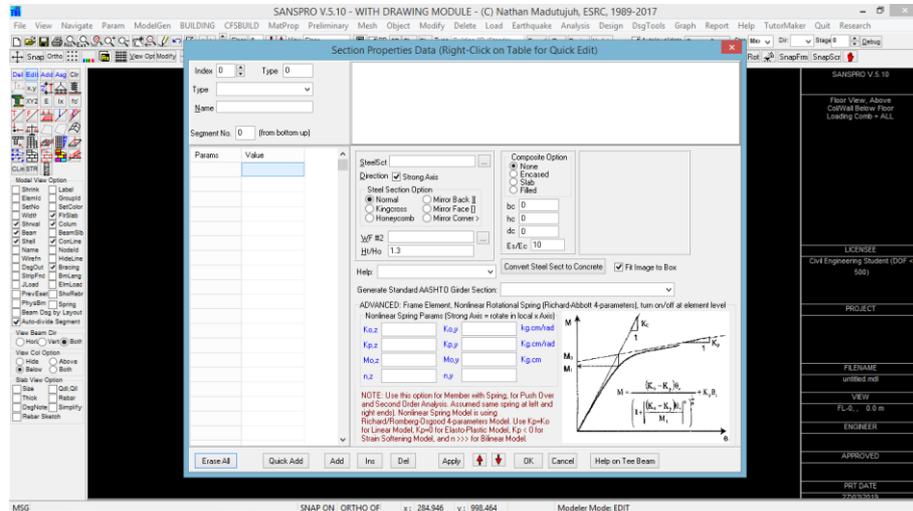
- g. Menentukan kelengkapan elemen struktur bangunan sesuai perencanaan dengan cara mengklik **building – element properties**. Elemen data set properties dibagi kedalam 4 tabel, sebagai berikut :

- 1) **Material Table**. Tabel ini berisi material data, satuan, factor reduksi, dll. Untuk mengisi tabel ini klik menu **Matprop – Material (Linear)**.



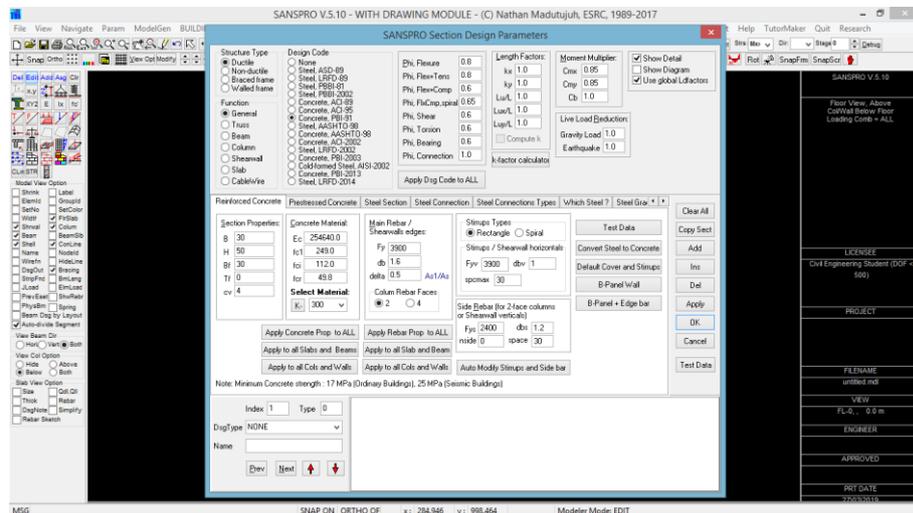
Gambar 2.10 Tabel Material

- 2) *Section Table*. Tabel ini berisi ukuran struktur, b, h, dll. Untuk mengakses tabel ini klik menu *Matprop – Section*.



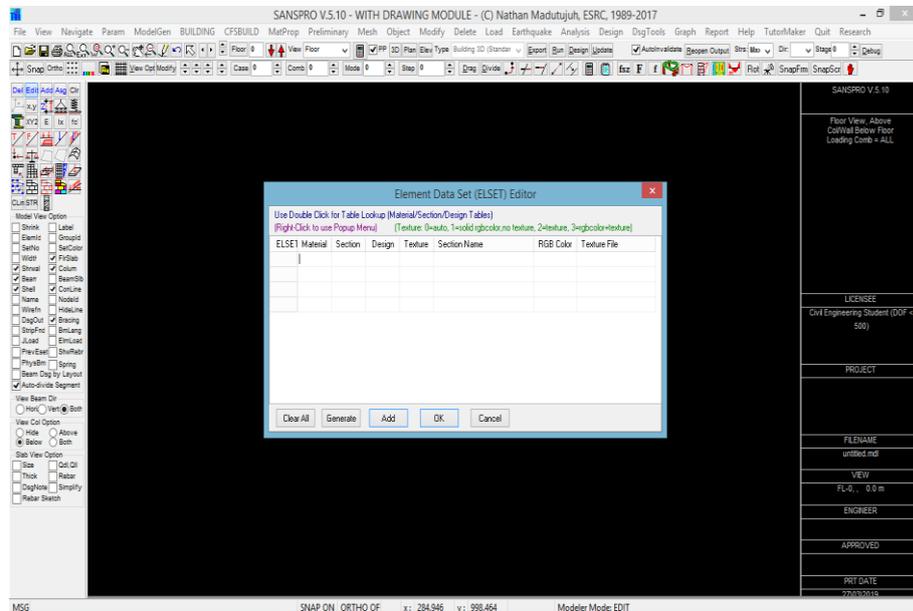
Gambar 2.11 Tabel Section.

- 3) *Design Table*. Tabel ini berisi mutu beton, mutu tulangan, diameter tulangan, dan lain-lain. Untuk mengakses tabel ini klik menu *Matprop – Design*.



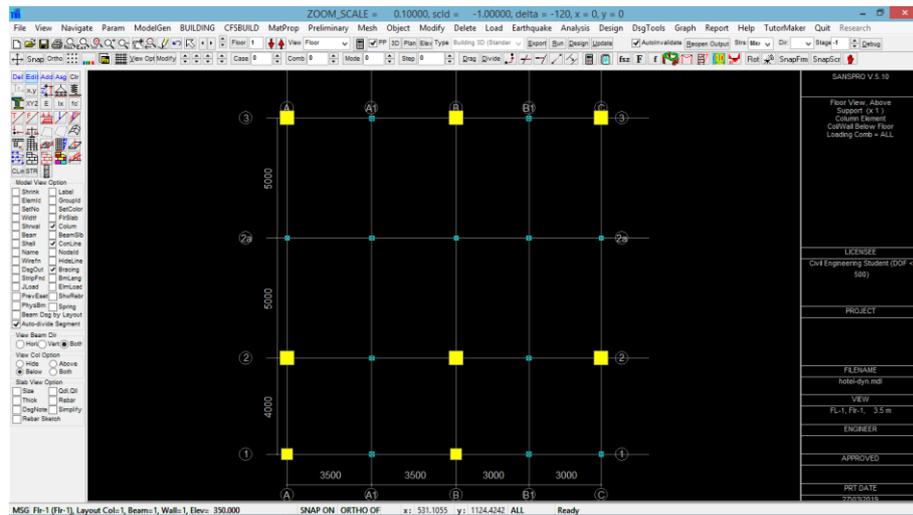
Gambar 2.12 Tabel Design.

- 4) *ELSET Table*. Tabel ini mengkombinasikan ketiga tabel diatas kedalam satu *ELSET table*. Untuk mengakses *ELSET Table* klik menu **Matprop – Elset**.



Gambar 2.13 Tabel ELSET

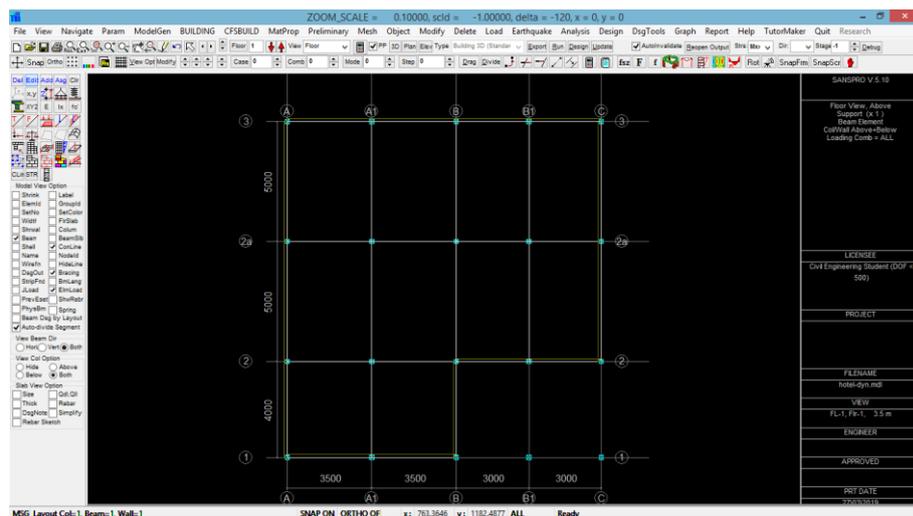
- h. Setelah menentukan semua *element properties* dan kombinasi pembenanan, selanjutnya menentukan elemen struktur, dimulai dari elemen kolom sebagai berikut:
- 1) Pilih lantai bangunan
  - 2) Klik ikon , Klik ikon 
  - 3) Pilih posisi kolom dan pilih elset sesuai tipe kolom pada titik yang di pilih



Gambar 2.14 Penempatan Titik Kolom

i. Selanjutnya menentukan elemen balok pada struktur bangunan sebagai berikut:

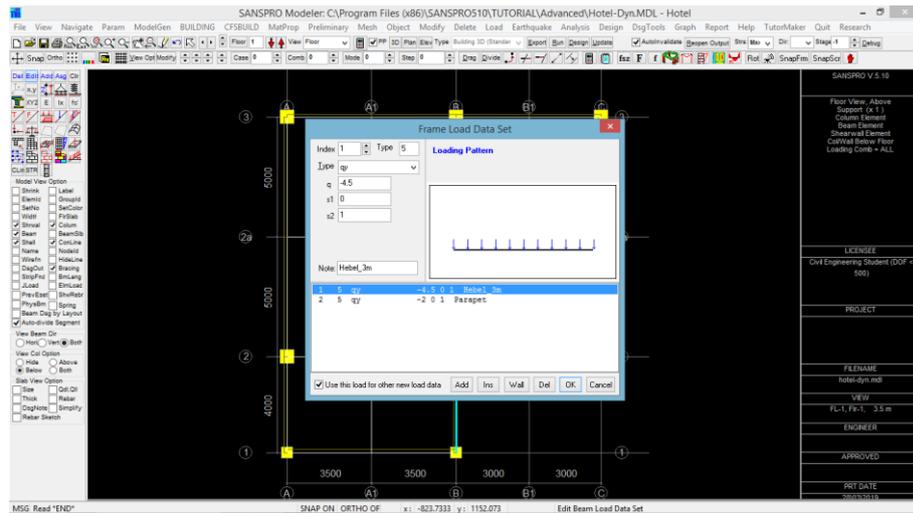
- 1) Pilih lantai bangunan
- 2) Klik ikon  , Klik ikon 
- 3) Pilih titik pertama dari suatu balok, kemudian drag ke titik kedua sepanjang garis balok yang ukurannya sama.
- 4) Pilih elset dengan tipe balok yang dipilih.



Gambar 2.15 Penempatan Balok

j. Menambahkan beban yang bekerja pada balok dengan cara sebagai berikut :

- 1) Klik ikon  kemudian klik .
- 2) Masukkan jenis pembebanan yaitu beban mati dan beban hidup
- 3) Pilih tipe balok yang akan diberi beban, lakukan terhadap semua tipe balok yang lain.

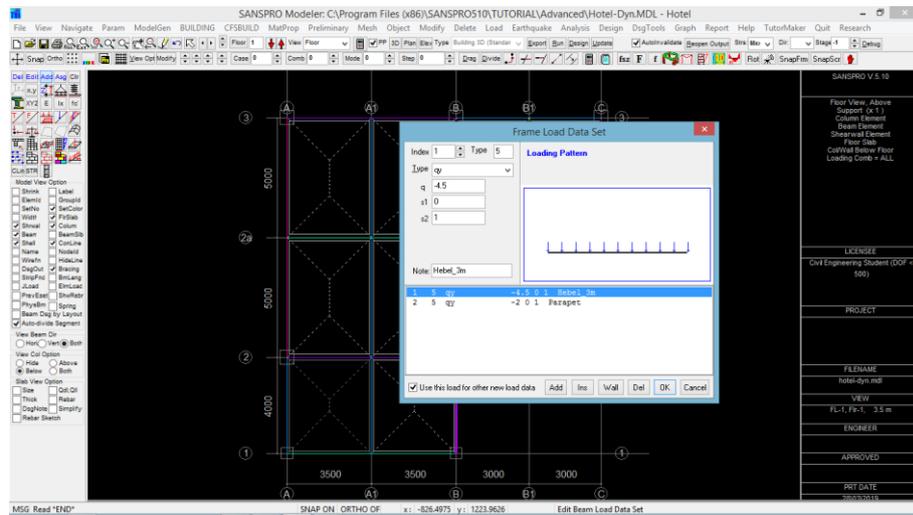


Gambar 2.16 Menambahkan Beban Pada Balok

k. Menambahkan beban balok ke balok lantai dengan cara sebagai berikut :

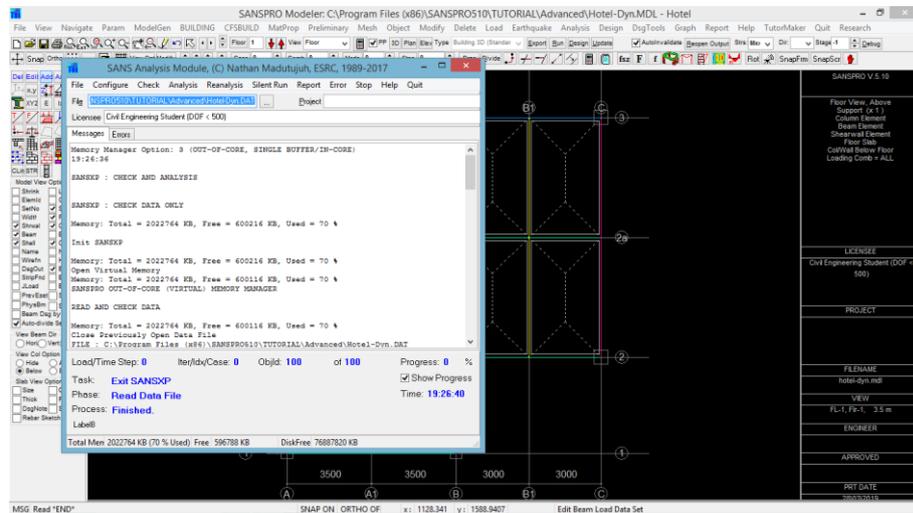
- 1) Pilih lantai yang akan ditinjau
- 2) Klik Ikon , Klik Ikon 
- 3) Klik suatu balok di sisi tepian
- 4) Pilih suatu beban balok dari tabel beban balok, klik [OK]

Suatu garis kedua akan muncul pada balok yang terpilih. Jika suatu balok memiliki lebih dari 1 beban balok maka garis kedua akan berubah warna.



Gambar 2.17 Menambahkan Beban Pada Balok

1. Menganalisis hasil perhitungan momen dengan cara klik menu **Analysis – Analysis Menu**. Kemudian SANSPRO analysis akan muncul lalu klik **Analysis** untuk memulai analisis.



Gambar 2.18 Menganalisis Hasil Perhitungan Pada SANSPRO..

### a. Perhitungan Balok

Balok adalah batang horizontal dari rangka structural yang memikul beban tegak lurus sepanjang beban tersebut (biasanya berasal dari dinding, pelat, atau atap bangunan) dan mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang. Balok merupakan penyangga struktur utama pada bangunan yang secara fisik mengikat kolom-kolom utama bangunan secara tigid. Seluruh gaya-gaya yang bekerja pada balok akan didistribusikan ke pondasi melalui kolom bangunan.

Adapun langkah-langkah dalam perhitungan balok adalah sebagai berikut:

- 1) Menentukan dimensi balok, mutu beton yang akan digunakan.
- 2) Menghitung pembebanan pada balok induk untuk kemudian di proses menggunakan program SANSPRO V.5.10 untuk mendapatkan gaya dalamnya.
- 3) Menentukan momen dan gaya geser maksimum berdasarkan hasil analisa menggunakan program SANSPRO V.5.10.
- 4) Melakukan perhitungan tulangan lentur lapangan dan tumpuan.
  - a) Hitung rasio penulangan seimbang ( $\rho_b$ ), dan rasio tulangan maksimum

( $\rho_{maks}$ ).

$$\rho_b = 0,85 \times \beta \times \frac{f_c'}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{maks} = \rho_b \times \left( \frac{0,003 + \frac{f_y}{ES}}{0,008} \right)$$

b) Hitung luas tulangan tunggal ( $A_{s1} = \rho_{maks} \times b \times d$ )

c) Hitung  $R_{u maks}$

$$R_{u maks} = \phi \rho_{maks} \times f_y \times \left( 1 - \frac{\rho_{maks} \times f_y}{1,7 \times f_c'} \right)$$

- d) Hitung kuat momen rencana balok bertulang tunggal  
 $(M_{u1} = R_{u_{maks}} \times b \times d^2)$
- e) Hitung  $M_{u2} = M_u - M_{u1}$  = kuat momen rencana yang dipikul oleh tulangan tekan.
- f) Hitung  $A_{s2}$  dari hubungan  $M_{u2} = \phi A_{s2} f_y (d - d')$
- g) Hitung tegangan tulangan tekan (Apabila  $M_{u1} < M_u$ )
- h) Pilih tulangan yang akan digunakan sebagai  $A_s$  dan  $A'_s$ , yang mencukupi untuk lebar balok ( $b$ ). Pada beberapa kasus  $A_s$  dapat disusun dalam dua baris atau lebih.
- i) Hitung tinggi balok ( $h$ ) dan periksa bahwa  $\rho - \rho' (f'_s / f_y) < \rho_{maks}$ .
- j) Lakukan pemeriksaan akhir,  $\phi M_n > M_u$ .
- k) Regangan pada tulangan dapat dihitung

5) Menghitung tulangan geser rencana.

- a) Hitung gaya geser ultimit ( $V_u$ ) dari beban terfaktor yang bekerja pada struktur. ( $V_u < \phi V_n$ )
- b) Hitung nilai  $\phi V_c = \phi V_c = \phi (0,17) \lambda \sqrt{f'_c} . b_w . d$
- c) Periksa nilai  $V_u$
- Jika  $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$ , tidak dibutuhkan tulangan geser.
  - Jika  $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq V_c$ , dibutuhkan tulangan geser minimum
  - Jika  $V_u > \phi V_c$ , tulangan geser harus disesuaikan sesuai langkah 4 hingga 7.
- d) Jika  $V_u > \phi V_c$ , hitung gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser

$$\left( V_u = \phi V_c + \phi V_s \text{ atau } V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} \right)$$

- e) Hitung nilai  $V_{c1}$  dan  $V_{c2}$
- $V_{c1} = 0,33 \sqrt{f'_c} . b . d$
  - $V_{c2} = 0,66 \sqrt{f'_c} . b . d$

f) Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan berikut :

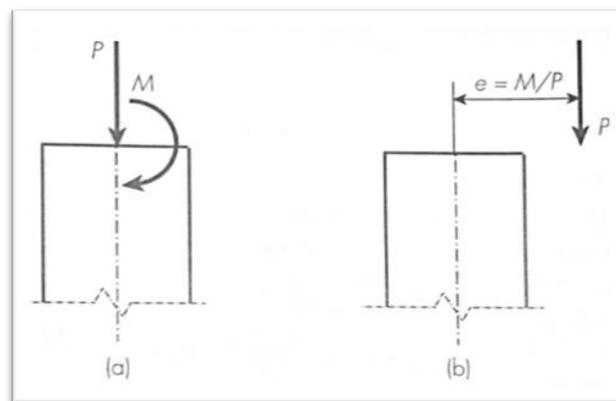
$$s_1 = A_v \cdot f_y \cdot d / V_s$$

g) Tentukan jarak maksimum tulangan sengkang sesuai dengan persyaratan dalam SNI 2847 : 2013, dengan memilih jarak terkecil antara  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ , atau  $S_4$ .

## b. Perhitungan Kolom

Kolom adalah salah satu komponen struktur vertikal yang secara khusus difungsikan untuk memikul beban aksial tekan (dengan atau tanpa adanya momen lentur) dan memiliki rasio tinggi/panjang terhadap dimensi terkecil sebesar 3 atau lebih (Agus Setiawan, 2016). Kolom memikul beban vertikal yang berasal dari pelat lantai atau atap dan menyalurkannya ke pondasi.

Pada bangunan bertingkat tidak memungkinkan untuk menjamin kevertikalannya secara sempurna, dan akibatnya akan muncul beban yang eksentris terhadap pusat dari penampang kolom. Ketika sebuah elemen kolom diberi beban aksial ( $P$ ) dan momen lentur ( $M$ ) seperti pada Gambar 2.26, maka biasanya dapat diekuivalenkan dengan beban  $P$  yang bekerja pada eksentrisitas  $e = M/P$  seperti pada Gambar 2.26.



Gambar 2.19 Kolom dengan beban aksial dan momen lentur

Analisis penampang kolom, biasanya dapat diklasifikasikan berdasarkan eksentrisitasnya. Apabila penampang kolom diberi beban tekan eksentris dengan eksentrisitas yang besar, maka akan terjadi keruntuhan tarik. Kolom mengalami keruntuhan akibat luluhnya tulangan baja dan hancurnya beton pada saat rangkai

tulangan baja melampaui  $\epsilon_y = f_y / E_s$ . Dalam kasus ini kuat tekan nominal penampang,  $P_n$ , akan lebih kecil dari  $P_b$ , atau eksentrisitas,  $e = M_n/P_n$  lebih besar dari eksentrisitas. Maka apabila  $e > d$  dapat diasumsikan keruntuhan tarik.

Apabila gaya tekan,  $P_n$ , melebihi gaya tekan dalam kondisi seimbang,  $P_b$ , atau eksentrisitas,  $e = M_n/P_n$ , lebih kecil daripada eksentrisitas pada kondisi seimbang,  $e_b$ . Maka penampang kolom akan mengalami keruntuhan tekan. Pada kasus ini regangan pada beton akan mencapai 0,003, sedangkan regangan pada tulangan baja akan kurang dari  $\epsilon_y$ . Sebagian besar penampang beton akan berada dalam keadaan tekan. Sumbu netral akan bergerak mendekati tulangan tarik, menambah luas daerah tekan beton, sehingga jarak sumbu netral dari serat tekan beton akan melebihi jaraknya pada kondisi seimbang ( $c > c_b$ ). Beban tekan nominal,  $P_n$ , dapat dihitung dengan prinsip-prinsip dasar kesetimbangan gaya.

Desain kolom dilakukan berdasarkan beban terfaktor, yang tidak boleh lebih besar daripada kuat rencana penampang, yaitu:

$$\begin{aligned} \phi M_n &> M_u \\ \phi P_n &> P_u \end{aligned}$$

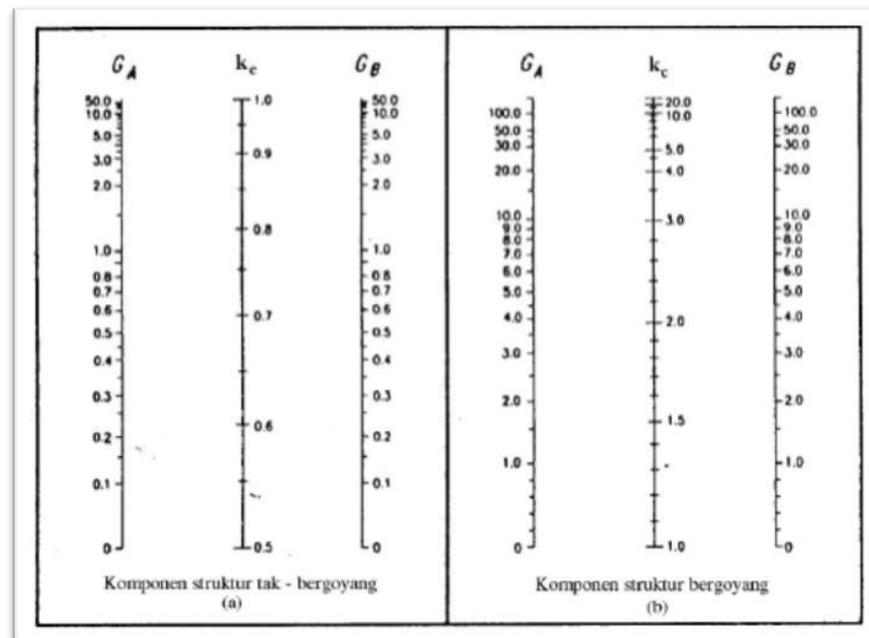
Proses analisis dan desain untuk elemen kolom harus dipertimbangkan beberapa faktor bila kolom termasuk dalam kategori kolom panjang. Beberapa faktor lain yang turut mempengaruhi proses elemen kolom panjang adalah tinggi/panjang kolom, ukuran penampang, rasio kelangsingan dan kondisi tumpuan ujung.

Panjang kolom yang dipergunakan untuk menentukan rasio kelangsingan kolom adalah fungsi dari panjang efektif kolom ( $klu$ ). Panjang efektif kolom ini merupakan fungsi dari dua buah faktor utama, yaitu:

- 1) Panjang tak terkekang ( $l_u$ ), merepresentasikan tinggi tak terkekang kolom antara dua lantai tingkat. Nilai ini diukur dari jarak bersih antar pelat lantai, balok, ataupun elemen struktur lain yang memberikan kekangan lateral pada kolom.

- 2) Faktor panjang efektif ( $k$ ), Ini merupakan rasio antara jarak dua titik dengan momen nol terhadap panjang tak terkekang sebesar  $l_u$ , dan jarak antara dua titik yang memiliki momen sama dengan nol adalah  $l_u$  juga, memiliki faktor panjang efektif,  $k = l_u/l_u = 1,0$ . Jika kedua tumpuan ujung adalah jepit, momen nol terjadi pada jarak  $l_u/4$  dari kedua tumpuan, sehingga  $k = 0,5l_u/l_u = 0,5$ . Nilai  $k$  dapat ditentukan pula dengan menggunakan nomogram dengan terlebih dahulu menghitung faktor tahanan ujung.

$$\psi = \frac{\sum \frac{EI}{l_c} \text{ kolom}}{\sum \frac{EI}{l} \text{ balok}}$$



Gambar 2.20 Diagram nomogram untuk menentukan tekuk dari kolom

Batasan antara kolom pendek dan kolom panjang sangat ditentukan oleh rasio kelangsingannya. Batasan tersebut diberikan dalam SNI 2847:2013 Pasal 10.10.1 yang menyatakan bahwa efek kelangsingan boleh diabaikan untuk:

1) Elemen struktur tekan bergoyang

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

2) Elemen struktur tekan tak bergoyang

$$\frac{kl_u}{r} \leq 34 - 12\left(\frac{M_1}{M_2}\right) \leq 40$$

Dimana:

$M_1$  = momen ujung terfaktor pada kolom

$M_2$  = momen ujung terfaktor pada kolom

$k$  = faktor panjang efektif

$l_u$  = panjang tak terkekang dari elemen kolom

$r$  = jari – jari girasi penampang yang dapat diambil sebesar  $0,3h$  untuk penampang persegi dan  $0,25$  kali diameter untuk penampang lingkaran

Setelah menentukan apakah kolom termasuk kategori kolom pendek atau kolom panjang, selanjutnya melakukan perhitungan kolom sebagai berikut:

### 1) Kolom Pendek

Analisa kolom pendek pada laporan akhir ini menggunakan metode *Reiprokal Bresler* yang mempertimbangkan eksentrisitas dua arah dengan mengasumsikan kolom terjadi keruntuhan tekan. Adapun langkah-langkah analisis kolom pendek sebagai berikut:

- a) Menentukan nilai beban tekan ultimit kolom ( $P_u$ ) pada saat lentur dua arah terjadi. Nilai  $P_u$  yang diambil adalah nilai  $P_u$  kombinasi dari tiap batang kolom dikurangi berat batang kolom yang ditinjau.
- b) Menghitung nilai eksentrisitas ( $e_x$  dan  $e_y$ ) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

- c) Menentukan kapasitas beban  $P_{nx}$  terhadap sumbu x yang bekerja dengan eksentrisitas  $e_y$ . Analisa akan dilakukan dengan langkah – langkah sebagai berikut:

- (1) Analisa untuk keadaan seimbang (jarak sumbu netral)

$$c_b = \frac{600}{600 + f_y}$$

$$a_b = \beta_1 c_b$$

$$f'_s = 600 \left( \frac{c_b - d'}{c_b} \right)$$

Jika  $f'_s > f_y$  maka  $f'_s = f_y = 400 \text{ Mpa}$

Selanjutnya menghitung gaya-gaya yang bekerja pada penampang kolom:

$$C_c = 0,85 f'_c a_b b$$

$$T = A_s f_y$$

$$C_s = A'_s (f'_s - 0,85 f'_c)$$

$$\text{Maka nilai } P_{b,x} = C_c + C_s - T$$

- (2) Periksa nilai  $e_y$  terhadap  $d$ , apabila  $e_y < d$ , maka asumsikan terjadi keruntuhan tekan kemudian lakukan analisa sebagai berikut:

- (a) Analisa  $P_n$  dari kesetimbangan gaya dengan persamaan berikut:

$$P_n = C_c + C_s - T$$

Dengan :

$$C_c = 0,85 f'_c a_b b$$

$$C_s = A'_s (f'_s - 0,85 f'_c)$$

(asumsikan tulangan tekan sudah luluh)

$$T = A_s f_y \quad (f_s < f_y)$$

- (b) Analisa  $P_n$  dengan mengambil jumlahan momen terhadap  $A_s$  dengan persamaan berikut:

$$P_n = \frac{1}{e'} \left[ C_c \left( d - \frac{a}{2} \right) + C_s (d - d') \right]$$

Dengan  $e' = e + d''$  (atau  $e' = e + d - h/2$ , jika  $A_s = A'_s$ ).

(c) Asumsikan nilai  $c$  sehingga  $c > c_b$ . Hitung  $a = \beta_1 c$ .

Asumsikan  $f'_s = f_y$ .

(d) Hitung nilai  $f_s$  berdasarkan asumsi nilai  $c$  dengan persamaan berikut:

$$f_s = \varepsilon_s E_s = 600 \left( \frac{d - c}{c} \right) \leq f_y$$

(e) Hitung nilai  $P_{n1}$  dan  $P_{n2}$  dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_{n1} = C_c + C_s - T$$

$$P_{n2} = \frac{1}{e'} \left[ C_c \left( d - \frac{a}{2} \right) + C_s (d - d') \right]$$

Apabila  $P_{n1}$  cukup dekat dengan  $P_{n2}$ , maka nilai  $P_n$  diambil dari nilai terkecil antara  $P_{n1}$  dan  $P_{n2}$  atau rerata keduanya.

Jika  $P_{n1}$  dan  $P_{n2}$  tidak cukup dekat, maka asumsikan nilai  $c$  dan  $a$  yang baru dan ulangi perhitungan hingga  $P_{n1}$  cukup dengan  $P_{n2}$  (kurang lebih 1%).

(f) Periksa apakah tulangan tekan benar sudah luluh sesuai dengan asumsi semula, dengan menghitung  $\varepsilon'_s$  dan membandingkannya dengan  $\varepsilon_y$ . Bila  $\varepsilon'_s > \varepsilon_y$  maka tulangan tekan sudah luluh. Jika belum luluh, maka  $f'_s$  dihitung sebagai berikut:

$$f_s = 600 \left( \frac{c - d'}{c} \right) \leq f_y$$

d) Menentukan kapasitas beban  $P_{ny}$  terhadap sumbu  $y$  yang bekerja dengan eksentrisitas  $e_x$ . Analisa akan dilakukan dengan langkah – langkah yang sama seperti langkah c.

e) Tentukan nilai  $P_0$  dengan menggunakan persamaan berikut:

$$P_0 = 0,85 f'_c A_g + A_{st} (f_y - 0,85 f'_c)$$

f) Hitung  $P_n$  dengan menggunakan persamaan *Resiprokal Bresler* berikut:

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{P_{nx}} + \frac{1}{P_{ny}} - \frac{1}{P_0}$$

Desain kolom dilakukan berdasarkan beban terfaktor, yang tidak boleh lebih besar daripada kuat rencana penampang, yaitu :

$$\phi M_n > M_u$$

$$\phi P_n > P_u$$

Dengan  $\phi = 0,65$  untuk sengkang persegi dan  $\phi = 0,75$  untuk sengkang spiral.

## 2) Kolom Panjang

Proses perhitungan kolom panjang sama halnya dengan kolom pendek. Namun, pada perhitungan kolom panjang dilakukan terlebih dahulu perbesaran momen dengan metode perbesaran momen portal bergoyang. Prosedur untuk menentukan faktor perbesaran momen pada portal bergoyang dapat diurutkan sebagai berikut:

- a) Tentukan apakah portal termasuk portal bergoyang atau tidak, tentukan faktor panjang efektif,  $k$  dan panjang tak terkekang  $l_u$ .
- b) Hitung besarnya  $EI$ ,  $P_c$  dan  $C_m$  dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:
  - (1) Kekakuan kolom ( $EI$ )

$$EI = \frac{0,2E_c I_g + E_s I_{se}}{1 + \beta_{dns}}$$

atau

$$EI = \frac{0,4E_c I_g}{1 + \beta_{dns}}$$

Dengan:

$$E_c = 4.700 \sqrt{f'_c}$$

$$E_s = 200.000 \text{ Mpa}$$

$I_g$  = momen inersia bruto penampang terhadap sumbu yang ditinjau

$I_{se}$  = momen inersia tulangan baja

$$\beta_{dns} = \frac{\text{beban tetap aksial terfaktor maksimum}}{\text{beban aksial terfaktor maksimum}} = \frac{1,2 D}{1,2 D + 1,6L}$$

(2) Beban tekuk *Euler* ( $P_c$ )

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kl_u)^2}$$

(3) Hitung nilai  $C_m$

$$C_m = 0,6 + \frac{0,4M_1}{M_2} \geq 0,4$$

c) Menghitung faktor perbesaran momen dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\delta_s = \frac{1}{1 - Q} \geq 1,0$$

Namun bila  $\delta_s$  yang dihasilkan besarnya melebihi 1,5, maka  $\delta_s$  harus dihitung berdasarkan analisa orde dua, atau dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\delta_s = \frac{1}{\frac{1 - \sum P_u}{0,75 \sum P_c}} \geq 1,0$$

Dengan:

$\sum P_u$  : jumlah seluruh beban vertikal terfaktor yang bekerja pada suatu tingkat.

$\sum P_c$  : jumlah seluruh kapasitas tekan kolom-kolom bergoyang pada suatu tingkat.

d) Hitung momen ujung,  $M_1$  dan  $M_2$  yang telah diperbesar:

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

Dengan  $M_{1ns}$  dan  $M_{2ns}$  adalah momen yang diperoleh dari kondisi tak bergoyang, sedangkan  $M_{1s}$  dan  $M_{2s}$  adalah momen yang diperoleh dari kondisi bergoyang.

- e) Apabila  $M_2 > M_1$  yang dihasilkan dari analisis struktur, maka momen yang digunakan untuk desain kolom adalah:

$$M_c = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

- f) Elemen struktur tekan dapat didesain terhadap beban terfaktor aksial  $P_u$  dan momen  $M_c$  pada persamaan  $M_c = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$ , apabila:

$$l_u/r < \frac{35}{\sqrt{\frac{P_u}{f'_c \cdot A_g}}}$$

Sebagai tambahan elemen struktur tekan tersebut harus didesain terhadap beban terfaktor aksial  $P_u$  beserta momen  $M_c = \delta_{ns} M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$ , apabila:

$$l_u/r < \frac{35}{\sqrt{\frac{P_u}{f'_c \cdot A_g}}}$$

### c. Perhitungan Sloof

Sloof merupakan salah satu struktur bawah suatu bangunan yang menghubungkan pondasi dan berfungsi sebagai penerima beban dinding di atasnya. Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dan perhitungan *sloof* sendiri sama seperti perencanaan pada **struktur balok**, yakni sebagai berikut:

- 1) Menentukan mutu beton yang akan digunakan
- 2) Menghitung pembebanan pada *sloof* untuk kemudian di proses menggunakan program SANSPRO V.5.10 untuk mendapatkan data gaya dalamnya.
- 3) Menentukan momen dan gaya geser maksimum berdasarkan hasil analisa menggunakan program SANSPRO V.5.10.
- 4) Melakukan perhitungan struktur pada *sloof*.
- 5) Menghitung tulangan tekan dan tarik yang dibutuhkan.
- 6) Menghitung penulangan geser.

### 2.5.4 Perhitungan Pondasi

Pondasi adalah bagian dari struktur bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi menyalurkan beban-beban yang diterima dari struktur atas ke lapisan tanah. Proses desain struktur pondasi memerlukan analisa yang cukup lengkap, meliputi kondisi/jenis struktur atas, beban-beban kerja pada struktur, profil dari lapisan tanah tempat bangunan/struktur tersebut berada, serta kemungkinan terjadinya penurunan (*settlement*). Langkah yang dilakukan dalam proses desain pondasi meliputi proses pemilihan jenis pondasi, letaknya pada tanah, penentuan ukuran/dimensi pondasi tersebut, hingga penentuan bagaimana pelaksanaan konstruksinya (Setiawan, 2016).

Adapun langkah – langkah perhitungan pondasi tiang pancang dan *pile cap* adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan daya dukung izin tanah melalui perhitungan dengan berdasarkan data-data yang ada sebagai berikut :

- 1) Berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang :

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

- 2) Berdasarkan ketahanan tanah

$$Q_{ultimit} = 40 \cdot N \cdot A_b + \frac{\bar{N} \cdot A_s}{5}$$

$$Q_{izin} = \frac{Q_{ultimit}}{F}$$

Dimana:

N : Nilai SPT pada ujung tiang

$\bar{N}$  : Rata – rata nilai SPT sepanjang tiang

$A_b$  : Luas penampang ujung tiang ( $m^2$ )

$A_s$  : Luas kulit/selimut tiang ( $m^2$ )

F : Faktor keaman daya dukung = 3

- b. Menentukan jumlah tiang pancang

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

c. Menentukan jarak antar tiang

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

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

Dimana:

$S$  : Jarak antar tiang

$D$  : Ukuran *pile* (tiang)

d. Menentukan efisiensi kelompok tiang

Perhitungan efisiensi kelompok tiang ini dilakukan apabila setelah didapat hasil perhitungan jumlah tiang yang lebih dari satu buah. Nilai efisiensi tiang pancang ( $E_g$ ) dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

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

Dimana:

$\theta$  : arc tan  $D/S$  ( $^\circ$ )

$D$  : Diameter tiang (m)

$S$  : Jarak antar tiang (m)

$m$  : Jumlah baris tiang dalam kelompok tiang (buah)

$n$  : Jumlah kolom tiang dalam kelompok tiang (buah)

e. Menentukan kemampuan tiang pancang terhadap sumbu x dan y.

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

Dimana:

$P$  : Beban yang diterima oleh tiang pancang

$\sum V$  : Jumlah total beban

$M_x$  : Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu x

$M_y$  : Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus sumbu y

$n$  : Banyak tiang pancang dalam kelompok tiang (*pile group*)

- $x_{max}$  : Absis terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang pancang
- $y_{max}$  : Ordinat terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang pancang
- $n_y$  : Banyak tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu y
- $n_x$  : Banyak tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu x
- $\Sigma x^2$  : Jumlah kuadrat absis – absis tiang pancang
- $\Sigma y^2$  : Jumlah kuadrat ordinat – ordinat tiang pancang

Kontrol kemampuan tiang pancang:

$$P_{izin} = \frac{p}{n}$$

$$P_{izin} < P$$

f. Penulangan tiang pancang

Penulangan tiang pancang dihitung berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkutan.

1) Tulangan pokok tiang pancang

Menentukan nilai  $k$  menggunakan persamaan berikut :

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

Menentukan luas tulangan ( $A_s$ ) dengan menggunakan persamaan :

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

Dimana :

$b$  : Ukuran tiang

$d$  : Tinggi efektif

Menentukan jumlah tulangan

Selain menggunakan table, pada buku beton bertulang Istimawan

Dipohusodo dapat dihitung menggunakan persamaan:

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

Dimana :

$A_s$  : Luas tulangan

$d_b$  : diameter tulangan

2) Tulangan geser tiang pancang

$V_u$  didapat dari pola penurunan sebagai berikut:

$$\phi V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c b_w d}$$

Jika  $V_u < \phi V_c$  maka diperlukan tulangan geser

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

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

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

Syarat sengkang  $S_{maks} = \frac{1}{2} \cdot d_{eff}$

g. Perhitungan *pile cap*

*Pile cap* biasanya terbuat dari beton bertulang berfungsi untuk mengikat tiang-tiang pancang menjadi satu kesatuan dan memindahkan beban kolom kepada tiang. Adapun langkah-langkah perencanaan *pile cap* adalah sebagai berikut:

1) Menentukan beban yang bekerja

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

2) Menentukan dimensi *pile cap*

a) Panjang *pile cap*

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

b) Lebar *pile cap*

$$b_w = D + 300$$

Dimana:

$L_w$  : Panjang *pile cap* (mm)

$D$  : Diameter tiang pancang (mm)

$K$  : Variabel jarak *pile cap*

## 3) Kontrol kekuatan geser

## a) Kontrol kekuatan geser secara kelompok

Untuk aksi dua arah:

## (1) Gaya geser terfaktor

$$V_u = n \cdot P_u$$

Dengan  $n$  adalah jumlah tiang pancang dalam *pile cap* diluar kolom.

## (2) Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) b_o d \sqrt{f'_c}$$

$$B = \frac{L}{B} = 1$$

$$\phi V_c = \frac{1}{3} b_o d \sqrt{f'_c}$$

$$b_o = 2(a1 + d) + 2(a2 + d)$$

Dimana:

$a1$  : ukuran kolom terkecil

$a2$  : ukuran kolom terbesar

Dari hasil perhitungan, nilai  $\phi V_c$  diambil yang terkecil. Apabila  $V_u < \phi V_c$  maka tebal pelat telah mencukupi dan tidak memerlukan tulangan geser.

Untuk aksi satu arah:

## (a) Gaya geser terfaktor

$$V_u = m \cdot P_u$$

Dengan  $m$  adalah jumlah tiang pancang dalam satu baris yang ditinjau dari sumbu x dan sumbu y.

## (b) Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \frac{1}{6} b_w d \sqrt{f'_c}$$

$$b_w = B$$

$$b_w = L$$

Apabila  $V_u < \phi V_c$  maka tebal pelat telah mencukupi dan tidak memerlukan tulangan geser.

b) Kontrol kekuatan geser secara individual

(1) Keliling

$$b_o = \pi(\phi_{pile} + d)$$

(2) Gaya geser terfaktor

$$V_u = 1 \cdot P_u$$

(3) Gaya geser nominal

$$V_c = \phi \frac{1}{3} b_o d \sqrt{f'_c}$$

c) Perhitungan momen lentur akibat beban terfaktor

$$P_u = X_1 \cdot P_u \left( S - \frac{a}{2} \right)$$

Dimana:

$X_1$  : Jarak tiang pancang diluar sisi kolom

$S$  : Jarak antar tiang

$a$  : ukuran *pile cap* ( $a_1 = a_2 = a$  apabila simetris)

Kemudian didapat nilai  $\rho$  berdasarkan table (Istimawan Dipohusodo), apabila didapat nilai  $K_{min}$  maka menggunakan  $\rho_{min}$ .

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

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

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

d) Perhitungan tulangan pasak

Disyaratkan untuk menggunakan tulangan pasak minimum sebesar :

$$A_{Smin} = 0,005 \cdot A_g$$

Dimana  $A_g$  merupakan luas kolom pondasi

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

e) Kontrol panjang penyaluran pasak

Tulangan pasak yang didapatkan harus disalurkan diatas dan dibawah pertemuan dari kolom dan telapak. Panjang penyaluran ( $L_{db}$ ) yang harus disyaratkan untuk memikul gaya:

$$L_{db} = \frac{0,25 \cdot f_y \cdot d_b}{\sqrt{f_{cr}}}$$

Panjang penjangkaran dibawah pertemuan kolom dengan pondasi  $L_1$  yang tersedia adalah:

$$L_1 = h - p - (2 \cdot \phi_{pondasi}) - \phi_{pasak}$$

$$L_1 > L_d \rightarrow OK$$

## 2.6 Manajemen Proyek

Manajemen diartikan sebagai kemampuan untuk memperoleh hasil dalam rangka pencapaian tujuan melalui kegiatan sekelompok orang. Pengertian manajemen pada dasarnya mencakup suatu metode/teknik atau proses untuk mencapai suatu tujuan tertentu secara sistematis dan efektif, melalui tindakan-tindakan perencanaan (*planning*), pengorganisasian (*organizing*), pelaksanaan (*actuating*) dan pengendalian (*controlling*) dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara efisien.

### 2.6.1 Dokumen Tender

Dokumen tender atau dokumen lelang berupa gambar rencana dari bangunan secara lengkap, spesifikasi dan *Bill of Quantity* (BOQ) yang digunakan oleh calon peserta lelang beberapa hari sebelumnya dengan cara mengganti biaya penggandaan. (Wulfram I, 2005:83). Dokumen tender terdiri dari rencana kerja dan syarat-syarat serta gambar yang diperlukan.

a. Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS)

Rencana kerja dan syarat-syarat adalah segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh para kontraktor pada saat akan mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan nantinya. Syarat-syarat pada rencana kerja terbagi menjadi 3 yaitu syarat-syarat umum, syarat-syarat administrasi, dan syarat-syarat teknis.

b. Gambar

Gambar dari pekerjaan yang akan dilaksanakan secara lengkap dapat memberikan informasi sedetail mungkin sehingga tidak terjadi keragu-raguan dalam melaksanakannya. Gambar pada dokumen tender digunakan untuk melengkapi penjelasan proyek dan menentukan tata letak, rancangan serta taksiran biaya yang didapat dengan melihat gambar agar calon peserta mempunyai gambaran mengenai konstruksi yang akan dibangun. Gambar pada dokumen tender terbagi menjadi 3 yaitu:

- Gambar layout

Gambar layout merupakan gambar denah dari letak bangunan, yang terdiri dari gambar rencana halaman, rencana garis batas tanah, rencana jalan dan pagar. Gambar layout menggunakan skala 1:100.

- Gambar Rencana

Gambar rencana menggambarkan rencana dari komponen bangunan yang dibangun seperti gambar rencana atap, rencana tangga, rencana balok sampai rencana pondasi. Gambar rencana menggunakan skala 1:100

- Gambar Detail Potongan

Gambar detail potongan adalah gambar detail bangunan yang dipotong arah vertikal dan horizontal yang memperlihatkan isi atau bagian dalam bangunan tersebut yang digunakan untuk menjelaskan letak dan dimensi tinggi ruang. Gambar detail potongan menggunakan skala 1:50.

Skala pada gambar digunakan untuk memudahkan membuat gambar dan agar gambar benda dapat proporsional ukurannya di atas media gambar. Skala terbagi menjadi 3, yaitu:

- Skala Pembesaran, yaitu skala yang memperbesar ukuran objek sebenarnya kedalam media gambar, sehingga objek yang berukuran kecil dapat diperbesar dan diperjelas detailnya.
- Skala pengecilan, yaitu skala yang memperkecil ukuran objek sebenarnya ke dalam media gambar, sehingga objek yang berukuran besar dapat diperkecil dan sesuai dengan bidang gambarnya. Misalnya skala 1:5. Maksudnya adalah setiap 1 cm di kertas mewakili 5 unit pada ukuran sebenarnya.
- Skala 1:1, yaitu skala yang menggambarkan ukuran benda/objek sesuai dengan ukuran yang sebenarnya.

Misalnya objek yang sebenarnya memiliki panjang 10 cm, maka kita juga menggambarinya 10 cm di atas media gambar.

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

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. (Bachtiar Ibrahim, 2001:3)

Tahap-tahap yang sebaiknya dilakukan untuk menyusun anggaran biaya adalah sebagai berikut:

- Melakukan pengumpulan data tentang jenis, harga serta kemampuan pasar menyediakan bahan/material konstruksi secara kontinu.
- Melakukan pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku di daerah lokasi proyek atau upah pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.

- Melakukan perhitungan analisa bahan dan upah dengan menggunakan analisa yang diyakini baik oleh si pembuat anggaran. Dalam tulisan ini, digunakan perhitungan berdasarkan analisa BOW (*Burgelijke Openbare Werken*).
  - Melakukan perhilungan harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.
  - Membuat rekapitulasi (Wulafram I, 2005:142)
- a. Daftar Harga Satuan Upah dan Bahan

Harga satuan upah dan bahan adalah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis yang dikeluarkan oleh Balai Pengujian dan Informasi Konstruksi, Dinas Permukiman dan Tata Ruang. Harga bahan didapat di pasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapatkan dilokasi pengumpulan 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 pada lokasi pekerjaan. (Bachtiar Ibrahim, 2001:133)

b. Analisa Harga Satuan

Pada analisa harga satuan, perhitungan yang digunakan adalah perhitungan berdasarkan analisa BOW (*Burgelijke Openbare Werken*). Analisa BOW hanya dapat digunakan untuk pekerjaan padat yang memakai peralatan konvensional. Didalam perhitungan analisa harga satuan terdapat 3 bagian harga satuan, yaitu harga satuan bahan, harga satuan upah, dan harga satuan pekerjaan. Harga satuan pekerjaan didapat dari analisa bahan dan upah. (Bachtiar Ibrahim, 2001:133)

c. Perhitungan Volume

Perhitungan volume ialah menghitung jumlah banyaknya kuantitas pekerjaan dalam satu satuan. Volume juga disebut sebagai kubikasi pekerjaan. Jadi volume suatu pekerjaan, bukanlah merupakan volume (isi sesungguhnya), melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam satu kesatuan. (Bachtiar Ibrahim, 2001:23)

d. Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya berisikan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan, upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan alau proyek tersebut, seperti keuntungan, biaya perencanaan, biaya pengawasan serta biaya izin mendirikan bangunan (IMB).

e. Rekapitulasi RAB

Rekapitulasi RAB adalah penjumlahan dari rencana anggaran biaya dari semua pekerjaan dari proyek pembangunan.

### 2.6.3 Rencana Pelaksanaan Kerja

Sebelum pelaksanaan kegiatan proyek konstruksi dimulai, biasanya didahului dengan penyusunan rencana kerja waktu kegiatan yang disesuaikan dengan metoda konstruksi yang akan digunakan. Pihak pengelola proyek melakukan kegiatan pendataan lokasi proyek guna mendapatkan informasi detail untuk keperluan penyusunan rencana kerja. Rencana pelaksanaan kerja terdiri dari network planning, barchart, dan kurva s. (Wulafram I, 2005:153)

a. Net Work Planning (NWP)

Dalam menyelesaikan pekerjaan konstruksi yang akan dilaksanakan, maka dibutuhkan suatu perencanaan waktu. Salah satu metode yang digunakan dalam membuat perencanaan waktu pada pelaksanaan proyek adalah diagram jaringan kerja atau *network planning* (NWP). Diagram yang terbentuk dari metode jaring kerja menunjukkan hubungan preseden antar kegiatan. Diagram ini membantu pengguna dalam mengerti alur kerja suatu proyek sehingga sangat berguna pada perencanaan dan pengendalian pada penjadwalan. (Irika Widiyanti dan Leggogeni 2013:48)

Ada beberapa hal yang harus dilakukan terlebih dahulu dalam membuat metode jaringan kerja (Callahan 1992), yaitu:

- Menentukan Aktivitas/Kegiatan.
- Menentukan Durasi Aktivitas/Kegiatan.
- Mendeskripsikan Aktivitas/Kegiatan.
- Menentukan Hubungan yang Logis

Macam-macam network planning:

- 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 juga dikenal dalam 2 bahasa/symbol diagram network, yaitu sebagai berikut:

- 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 membutuhkan *duration* (jangka waktu tertentu) dan *resources* (tenaga, peralatan, 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 sejajar yang berarti lintasan kritis (*Critical Path*)
- 6)  *Dummy* berupa anak panah putus-putus yang berarti kegiatan semu atau aktivitas semu. *Dummy* bukan merupakan aktivitas/kegiatan tetapi dianggap kegiatan/aktivitas hanya saja tidak membutuhkan *duration* dan *resources* tertentu.

- 7)  $\longrightarrow$  Jalur kritis, merupakan jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat.

Syarat-syarat pembuatan network diagram:

- 1) Dalam penggambaran, network diagram harus jelas dan mudah untuk dibaca.
- 2) Harus dimulai dari event/kejadian dan diakhiri pada event/kejadian.
- 3) Kegiatan disimbolkan dengan anak panah yang digambar garis lurus dan boleh patah.
- 4) Dihindari terjadinya perpotongan anak-anak panah.
- 5) Diantara dua kejadian, hanya boleh ada satu anak panah.
- 6) Penggunaan kegiatan semu ditunjukkan dengan garis putus-putus dan jumlahnya seperlunya saja.
- 7) Penulisan kejadian dan kegiatan seperti gambar 2.25 dan 2.267

Perhitungan EET dan LET adalah sebagai berikut:

- Untuk menghitung besarnya nilai EET, digunakan perhitungan ke depan (*Forward Analysis*), dimulai dari kegiatan paling awal dan dilanjutkan dengan kegiatan berikutnya. Perhitungan dilakukan dengan ilustrasi.

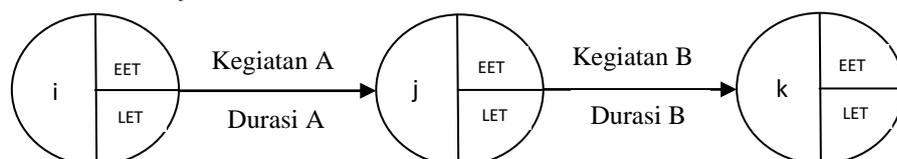
$$EET_j = EET_i + \text{Durasi A}$$

$$EET_k = EET_j + \text{Durasi A}$$

- Untuk perhitungan besarnya nilai LET, digunakan perhitungan kebelakang (*Backward Analysis*), dimulai dari kegiatan paling akhir dan dilanjutkan dengan kegiatan-kegiatan sebelumnya. Perhitungan dilakukan dengan ilustrasi.

- $LET_j = LET_k + \text{Durasi A}$

- $LET_i = LET_j + \text{Durasi A}$



Gambar 2.21 Kejadian dan Kegiatan



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.