

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 Istimawan 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

Baja	7.850 kg/m ³
Batu alam	2.600 kg/m ³
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500 kg/m ³
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m ³
Batu pecah	1.450 kg/m ³
Besi tuang	7.250 kg/m ³
Beton	2.200 kg/m ³
Beton bertulang	2.400 kg/m ³
Kayu Kelas 1	1.000 kg/m ³
Kerikil, koral, (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1.650 kg/m ³
Pasangan bata merah	1.700 kg/m ³
Pasangan batu belah, batu gunung	2.200 kg/m ³
Pasangan batu cetak	2.200 kg/m ³
Pasangan batu karang	1.450 kg/m ³
Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600 kg/m ³
Pasir (jenuh air)	1.800 kg/m ³
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1.850 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000 kg/m ³
Tanah hitam (timbel)	11.400 kg/m ³

Tabel 2.2 Berat Komponen Gedung Bahan Bangunan

KOMPONEN BANGUNAN	Kg/m²
Adukan, per cm tebal: - dari semen - dari kapur, semen merah atau tras	21 kg/m ² 17 kg/m ²
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral tambahan, per cm tebal	14 kg/m ²
Dinding pasangan batu merah: - satu batu - setengah batu	450 kg/m ² 250 kg/m ²
Dinding pasangan batako berlubang: - tebal dinding 20 cm (HB 20) - tebal dinding 10 cm (HB 10)	200 kg/m ² 120 kg/m ²
Dinding pasangan bataku tanpa lubang: - tebal dinding 15 cm - tebal dinding 10 cm	300 kg/m ² 200 kg/m ²
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 ² 10 kg/m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ²	40 kg/m ²
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s. minimum 0,8 m	7 kg/m ²
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50 kg/m ²
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m ² bidang atap	40 kg/m ²
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	10 kg/m ²
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24 kg/m ²
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m ²

(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 2.3 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum

Hunian atau Penggunaan	Merata psf (kN/m²)	Terpusat Ib (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses <ul style="list-style-type: none"> - Ruang kantor - Ruang komputer 	50 (2,4) 100 (4,79)	2000 (8,9) 2000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)	
Ruang pertemuan <ul style="list-style-type: none"> - Kursi tetap (terikat dilantai) - Lobi - Kursi dapat dipindahkan - Panggung pertemuan - Lantai podium 	100 (4,79) 100 (4,79) 100 (4,79) 100 (4,79) 150 (7,18)	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79) kN/m ²)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor <ul style="list-style-type: none"> - Lantai pertama - Lantai lain 	100 (4,79) 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 - Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 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 - Ruang pasien - Koridor di atas lantai pertama	60 (2,87) 40 (1,92) 80 (3,83)	1000 (4,45) 1000 (4,45) 1000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan - Ruang baca - Ruang penyimpanan - Koridor diatas lantai pertama	60 (2,87) 150 (7,18) 80 (3,83)	1000 (4,45) 1000 (4,45) 1000 (4,45)
Pabrik - Ringan - Berat	125 (6,00) 250 (11,97)	2000 (8,90) 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 - Kantor - Koridor di atas lantai pertama	100 (4,79) 50 (2,40) 80 (3,83)	2000 (8,90) 2000 (8,90) 2000 (8,90)
Lembaga hukum - Blok sel		

- Koridor	40 (1,92) 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	200 (0,89)

Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi. Semua komponen struktur atap utama lainnya. Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan	ditumpu oleh rangka 20 (0,96)	2000 (8,9) 300 (1,33) 300 (1,33)
Sekolah - Ruang kelas - Koridor di atas lantai pertama - Koridor lantai pertama	40 (1,92) 80 (3,83) 100 (4,79)	1000 (4,5) 1000 (4,5) 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 - Rumah tinggal untuk satu keluarga dan dua keluarga	100 (4,79) 40 (1,92)	300 300
Gudang diatas langit-langit Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat) - Ringan - Berat	20 (0,96) 125 (6,00) 250 (11,97)	
Toko Eceran - Lantai pertama - Lantai diatasnya Grosir, disemua lantai	100 (4,79) 75 (3,59) 125 (6,00)	1000 (4,45) 1000 (4,45) 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 (W)

Beban angin adalah 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 kg/m^2 .

Beban angin yang digunakan dalam desain SPBAU untuk bangunan gedung tertutup atau tertutup sebagian tidak boleh kecil dari 16 lb/ft^2 ($0,77 \text{ kN/m}^2$) dikalikan dengan luas dinding bangunan dan 8 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 lb/ft^2 ($0,77 \text{ kN/m}^2$) dikalikan dengan luas A_f (SNI 1727:2013).

2.5 Metode Perhitungan Struktur

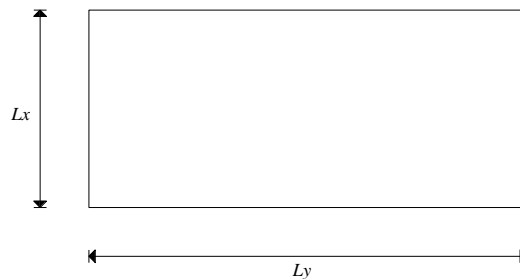
2.5.1 Perhitungan Pelat

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/m². (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 2.4 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 kg/m³, 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:

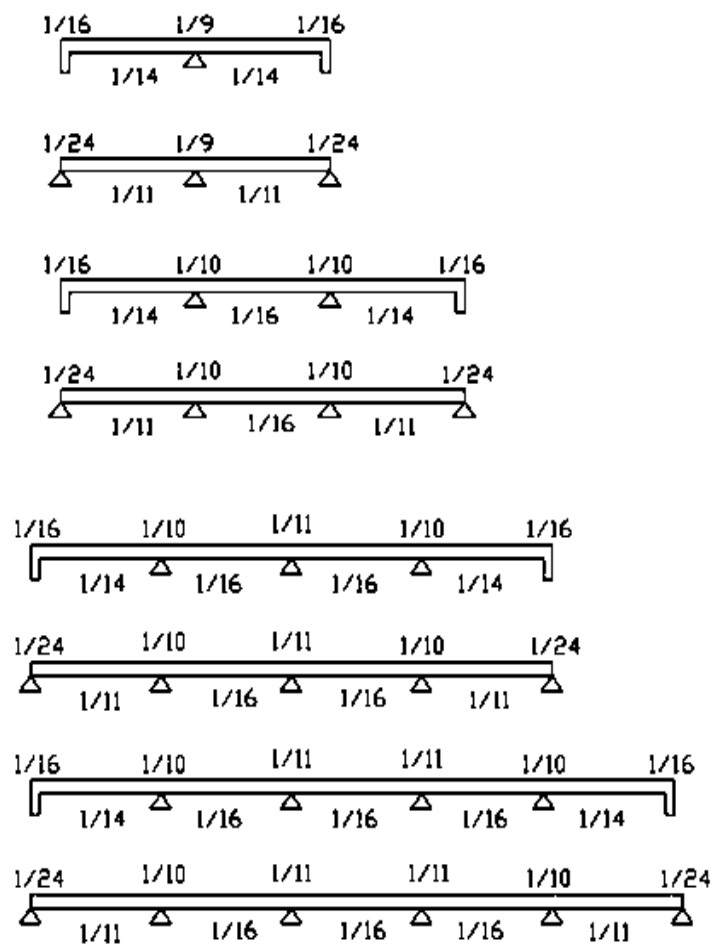
W_u = Momen rencana total / beban ultimit

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


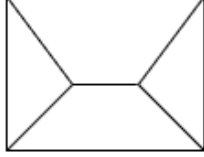
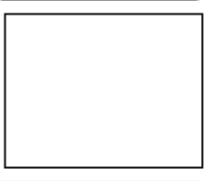
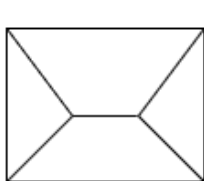
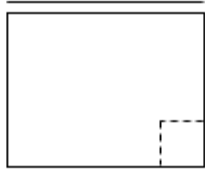
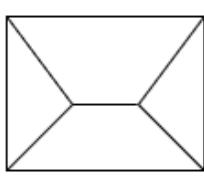
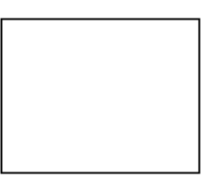
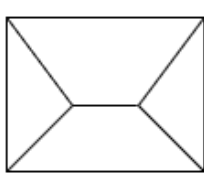
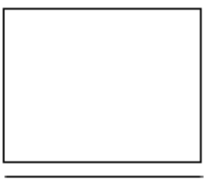
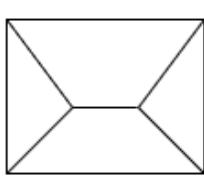
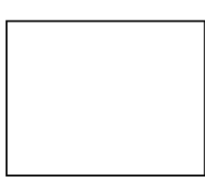
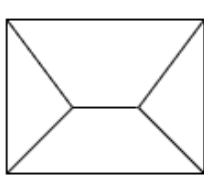
(Sumber: Vis, W.C. dan Gideon Kusuma, 1993:75)


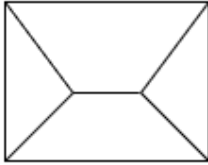

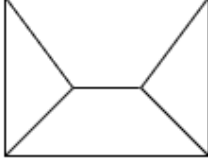

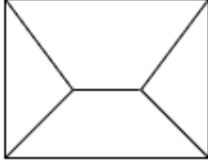
- Untuk momen lapangan, l_n = panjang bersih dari bentang yang ditinjau.
- Untuk momen tumpuan, l_n = panjang bersih rata-rata dari dua bentang bersebelahan.

4) Menghitung momen rencana (M_u)

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

Tabel 2.5 Momen yang menentukan per meter lebar dalam jalur tengah pada pelat dua arah akibat beban terbagi rata

<p style="text-align: center;">CARA I</p> 		<p> $M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$ </p>
<p style="text-align: center;">CARA II</p> 		<p> $M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ </p>
<p style="text-align: center;">CARA III</p> 		<p> $M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$ </p>
<p style="text-align: center;">CARA IV</p> 		<p> $M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ </p>
<p style="text-align: center;">CARA V</p> 		<p> $M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$ </p>
<p style="text-align: center;">CARA VI</p> 		<p> $M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$ </p>

<p style="text-align: center;">CARA VII</p> 		$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$
<p style="text-align: center;">CARA VIII</p> 		$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$
<p style="text-align: center;">CARA IX</p> 		$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$

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 2.6 Tebal Selimut Beton

	Tebal Selimut Beton (mm)
Beton yang di cor di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca.	50
- Batang tulangan D-19 hingga D-57.....	40
- 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 (ρ)

Dalam menentukan rasio penulangan (ρ) ditentukan dengan melihat tabel.

Jika $\rho > \rho_{\max}$, maka ditambahkan balok anak untuk memperkecil momen.

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

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

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

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

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

7) Menghitung luas tulangan (A_s) yang diperlukan

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

Dimana :

A_s : luas tulangan (mm^2)

ρ : rasio penulangan

d_{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 2.7 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 $f_y = 420 \text{ Mpa}$	0,0018

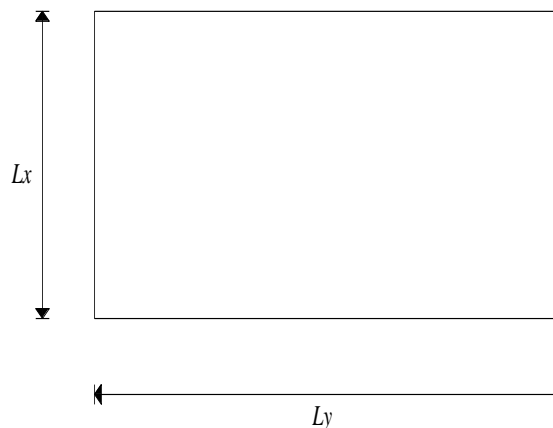
Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 Mpa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35%	$\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$
--	---------------------------------

(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 2.8 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 $0,2 < \alpha_{fm} < 2,0$, h tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

(c) Untuk $\alpha_{fm} > 2,0$, 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).

β = rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap arah pendek dari pelat dua arah.

α_f = nilai rata-rata α_f untuk semua balok tepi – tepi dari suatu pelat.

α_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_{perlu}
- 6) Menentukan rasio penulangan (ρ)
- 7) Menghitung luas tulangan (A_s) digunakan rumus:
- 8) Memilih tulangan pokok yang akan dipasang dengan menggunakan tabel tulangan.

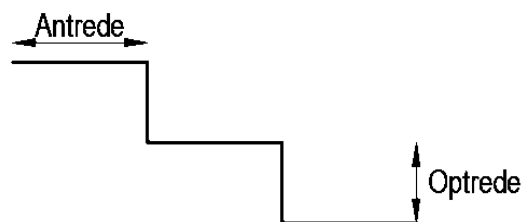
2.5.2 Perhitungan Tangga

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:

c. 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.

d. 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° 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 2.9 Daftar Ukuran Lebar Tangga Ideal

No.	Digunakan Untuk	Lebar Efektif (cm)	Lebar Total (cm)
1	1 orang	± 65	± 85
2	1 orang + anak	± 100	± 120
3	1 orang + bagasi	± 85	± 105
4	2 orang	120 @ 130	140 @ 150
5	3 orang	180 @ 190	200 @ 210
6	> 3 orang	> 190	> 210

(sumber : 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 ($Aantrede = a$) . Pada kebanyakan panjang bordes diambil antara 80 cm – 150 cm. Untuk menentukan panjang bordes (L) :

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

Dimana :

L = panjang bordes

l_n = ukuran satu langkah normal datar

a = *Antrede*

Langkah-langkah perhitungan tangga :

a. Merencanakan Tangga

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

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

- 3) Hitung tinggi optride sebenarnya

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

- 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

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

- 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 SAP 2000

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 (ρ)

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

b) Menghitung luas tulangan (A_s)

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

Dimana:

A_s : luas tulangan (mm^2)

ρ : rasio penulangan

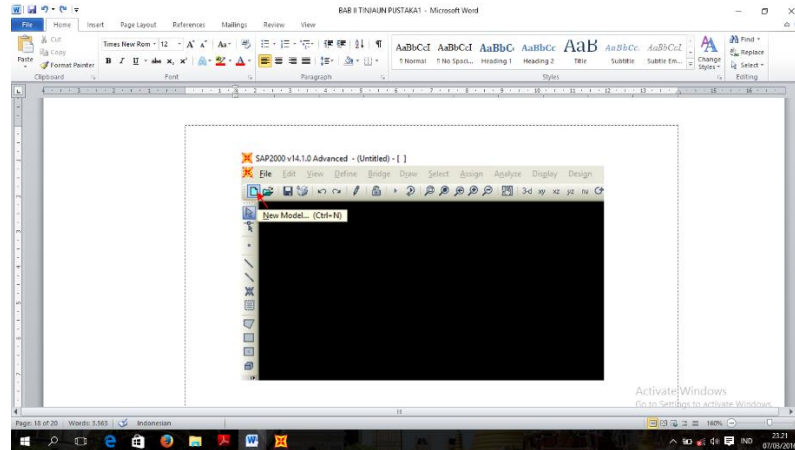
d_{eff} : tinggi efektif (mm)

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

2.5.3 Perencanaan Portal

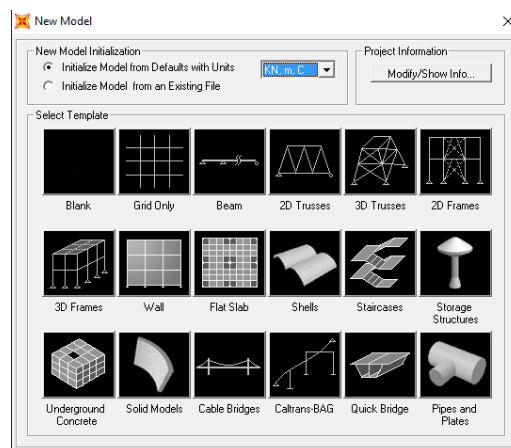
Langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode SAP 2000 20 yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

1. Buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup
 - a. Klik **New Model** atau CTRL + N



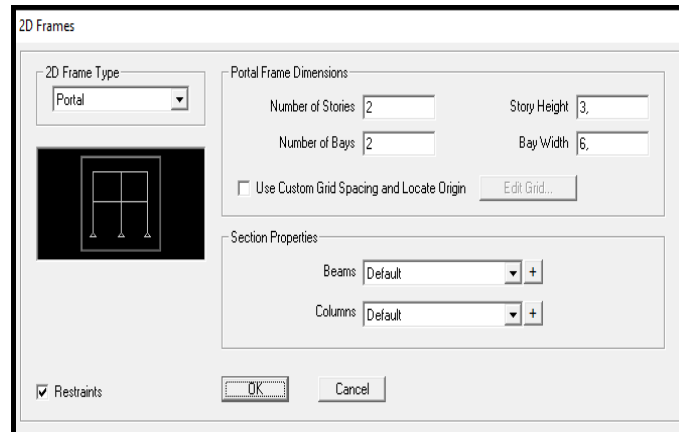
Gambar 2.5 Toolbar New Model

- b. Kemudian akan tampil kotak seperti gambar dibawah ini, tetapkan satuan yang akan dipakai, misal kgf, m, c.



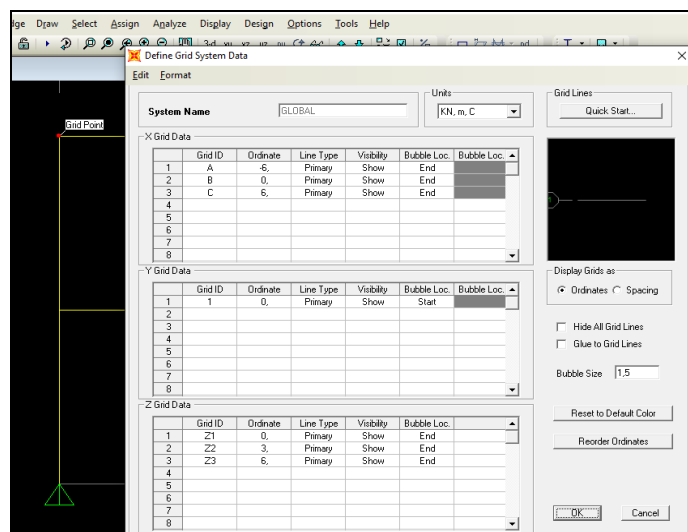
Gambar 2.6 Tampilan New Model

- c. Pilih model template *2D Frames*, akan muncul jendela seperti Gambar 2.7 isikan *Number of stories*, *stroy height*, *Number of Bays*, dan *bay width* masukan sesuai data – data perencanaan. Kemudian klik ok.



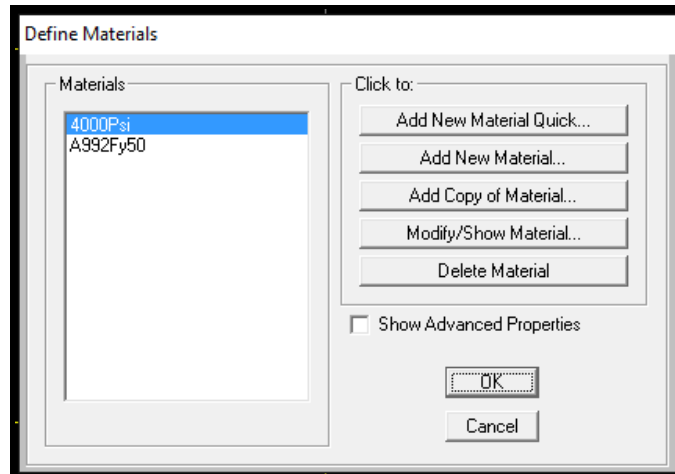
Gambar 2.7 Tampilan 2D frames

- d. 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 2.8) Setelah itu dapat dilakukan penyesuaian kembali jarak portal dengan data perencanaan yang ada dan disesuaikan arah x,dan z pada SAP v.20



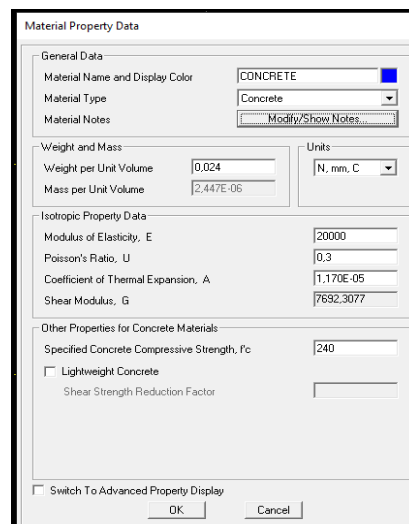
Gambar 2.8 Define Grid System data.

2. Menentukan Material
 - a. Langkah pertama klik *Difane* pada Toolbar > selalu klik *Materials* maka akan muncul jendela *Define Materials*.



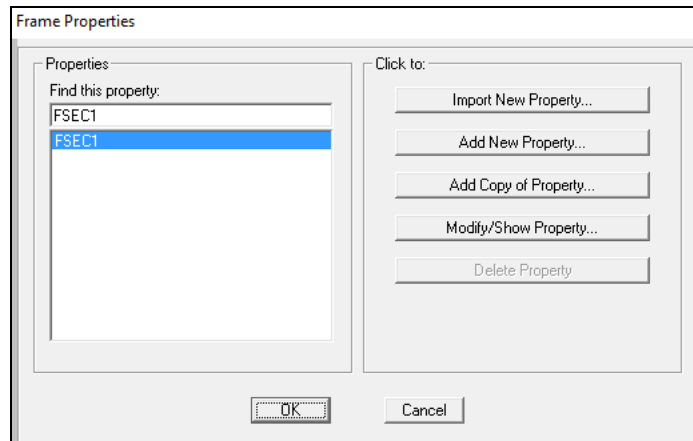
Gambar 2.9 Jendela Define Materials

- b. 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 $4700F_c \cdot 1.1000$, serta ubah juga nilai F_c dan F_y sesuai dengan perencanaan dengan masing-masing dikali 1000, klik OK.



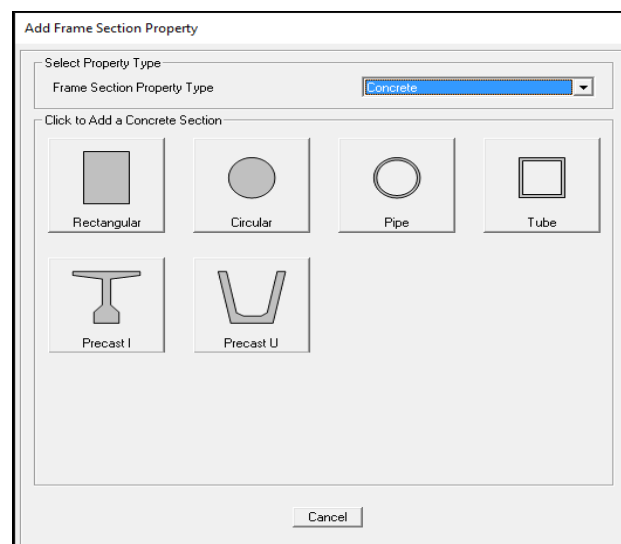
Gambar 2.10 Jendela Material Property Data

3. Menentukan nilai dimensi kolom dan balok
 - a. 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 2.11.



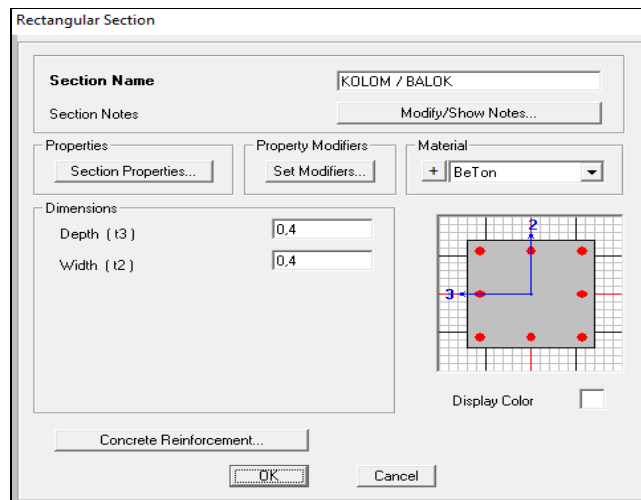
Gambar 2.11 Toolbar Frame Properties

- b. 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).



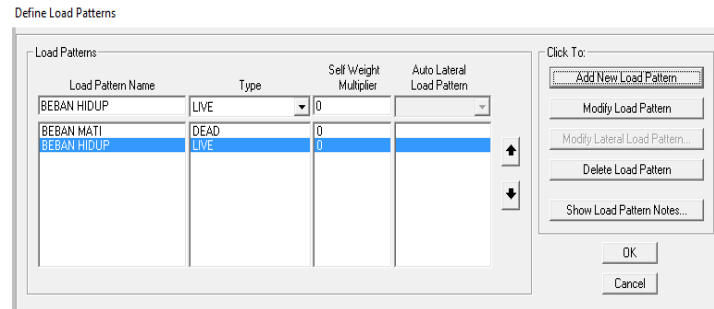
Gambar 2.12 Jendela Add Frame Section Property

Maka akan muncul jendela seperti Gambar 2.13



Gambar 2.13 Jendela Rectangular Section

- c. Ganti section name dengan nama Balok (untuk balok), Kolom (untuk kolom). ganti ukuran tinggi (Depth) dan lebar (Width) Balok /Kolom sesuai dengan perencanaan. Kemudian klik Concrete Reinforcement, klik Column (untuk kolom), Beam (untuk balok) lalu klik OK.
 - d. 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.
4. Membuat cases beban mati dan beban hidup.
- a. 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.

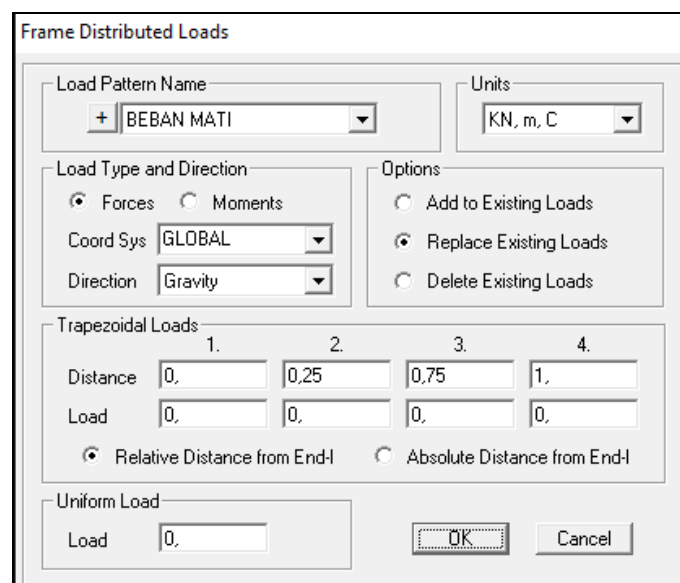


Gambar 2.14 Jendela Define Load Patterns

b. Input nilai beban mati dan beban hidup

1. Akibat beban merata

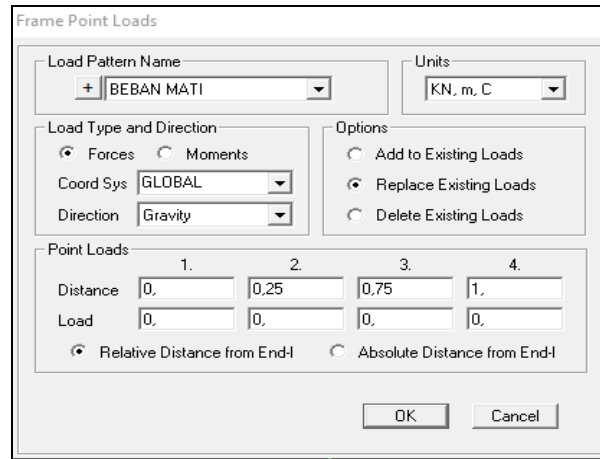
Blok frame yang akan di input, lalu pilih menu pada toolbar, *Assign – Frame Loads – Distributed* - pilih beban mati atau beban hidup untuk pembebanan tersebut pada *Load pattern Name* – klik *absolute distance from end-1* (agar dapat mengatur jarak yang diinginkan) – atur jarak (*distance*) di titik 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 2.15 Jendela Frame Distributed Loads

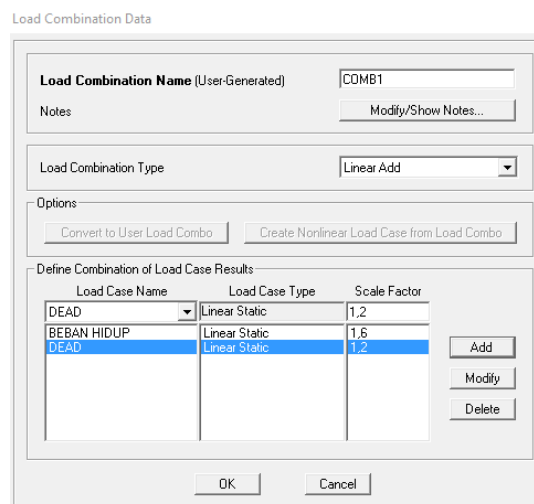
2. Akibat beban terpusat

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



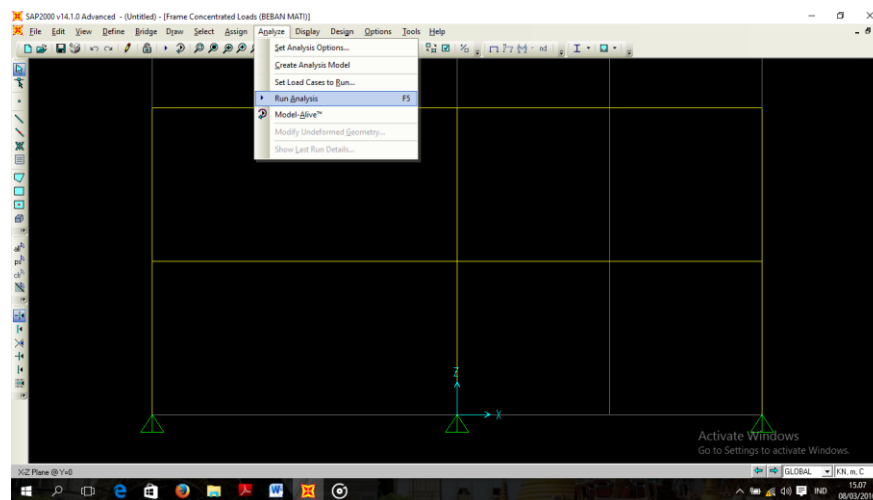
Gambar 2.16 Jendela *Frame Point Loads*

- c. Input *Load Combination* (beban kombinasi), yaitu 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 2.17 Jendela *Loads Combination*

5. Run analisis, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.18 Run Analisis

2.5.4 Perencanaan Balok

Balok adalah batang horizontal dari rangka struktur yang memikul beban tegak lurus sepanjang batang tersebut biasanya terdiri dari dinding, pelat, atau atap bangunan dan mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang. Selain itu ring balok juga berfungsi sebagai pengikat antar kolom agar apabila terjadi pergerakan, kolom-kolom tersebut tetap bersatu padu mempertahankan bentuk dan posisi semula. Berikut langkah-langkah perencanaan balok :

- 1) Menentukan mutu beton yang digunakan
- 2) Menentukan dimensi balok yang akan direncanakan
- 3) Menghitung pembebanan yang terjadi, yaitu
 - a. Beban Mati (*Dead Load*)
 - b. Beban Hidup (*Live Load*)
 - c. Berat Sendiri Balok
- 4) Menghitung beban ultimate

$$W_U = 1,2 W_D + 1,6 W_L$$
- 5) Menghitung momen rencana

$$M_U = 1,2 M_D + 1,6 M_L$$

6) Periksa dimensi penampang balok

a. Menentukan d_{eff}

$$d_{eff} = h - p - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan utama}$$

b. Mencari nilai ρ

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ (Digunakan untuk mutu beton } \leq 30 \text{ MPa) atau;}$$

$$\rho_{min} = \sqrt{\frac{f_c}{4f_y}} \text{ (Digunakan untuk mutu beton } > 30 \text{ MPa) atau;}$$

$$\rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f'_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b$$

$$\rho_{hitung} = \frac{f'_c}{f_y} \left(0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot Mu}{\phi \cdot f'_c \cdot b \cdot d_{eff}^2}} \right)$$

Dengan beberapa syarat, seperti :

- Jika $\rho_{min} < \rho_{hitung} < \rho_{maks} = \text{OKE}$.
- Jika $\rho_{hitung} < \rho_{min}$, maka penampang terlalu besar sehingga dimensi balok bisa dikurangi.
- Jika $\rho_{hitung} > \rho_{maks}$, maka penampang terlalu kecil sehingga dimensi balok harus dibesarkan.

7) Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Menentukan d_{eff}

$$d_{eff} = h - p - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan utama}$$

b. Mencari nilai ρ

$$\rho_{hitung} = \frac{f'_c}{f_y} \left(0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot Mu}{\phi \cdot f'_c \cdot b \cdot d_{eff}^2}} \right)$$

c. Hitung As yang diperlukan

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

- Menentukan diameter tulangan yang dipakai dengan syarat $As_{terpasang} \geq As_{direncanakan}$

8) Perencanaan tulangan geser

a. $V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'c} \text{ bw } d$

(SNI 2847-2013 hal.89 pasal 11.2.1.1)

- b. Gaya geser V_u yang dihasilkan oleh beban terfaktor harus kurang atau sama dengan kuat geser nominal dikalikan dengan faktor reduksi ϕ . Dengan besar faktor reduksi (ϕ) untuk geser adalah sebesar 0,75.

- c. Luas minimum tulangan geser

$$A_{v\min} = 0,062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \left(\frac{b_w \cdot S}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot b_w \cdot S}{f_{yt}}$$

(SNI 2847-2013 hal 92 pasal 11.4.6.1)

- d. Jarak maksimum tulangan geser

Jika $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \text{bw} \cdot d$, maka : $S = \frac{d}{2}$ atau 600 mm

Jika $V_s \leq 0,66 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \text{bw} \cdot d$, maka : $S = \frac{d}{4}$ atau 300 mm

Dengan batasan kebutuhan luas tulangan geser :

$$S_{\text{maks}} = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,0062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \text{bw}}, \text{ untuk } f'c > 30 \text{ MPa}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,35 \cdot \text{bw}}, \text{ untuk } f'c \leq 30 \text{ MPa}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.4.5)

Sehingga, untuk sengkang vertikal dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

2.5.5 Perencanaan 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 dapat dikalsifikasi menjadi beberapa kategori sebagai beriku:

1. Berdasarkan beban yang beerja, kolom ilasifikasi menjadi :
 - a. Kolom dengan beban aksial
 - b. Kolom dengan beban eksentris
 - c. Kolom dengan beban biaksial
2. Berdasarkan panjangnya, kolom dibedakan menjadi :
 - a. Kolom panjang
 - b. Kolom pendek
3. Berdasarkan jenis-jenis bentruk kolom yaitu
 - a. Kolom segi empat dengan sengkang,
 - b. Kolom bulat dengan sengkang dan spiral, dan
 - c. Kolom komposit (beton dan profil baja).

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

Berikut langkah-langkah perencanaan kolom, yaitu :

1. Hitung MU ; PU
2. Menghitung ukuran kolom

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

$$\omega = \rho \times \frac{fy}{f'c'}$$

3. Menghitung luas tulangan yang diperlukan

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

4. Periksa Pu terhadap kondisi seimbang, jika :

- a. Jika $\phi \cdot Pnb < Pu \rightarrow$ kolom akan mengalami hancur dengan diawali beton didaerah tekan
- b. Jika $\phi \cdot Pnb > Pu \rightarrow$ kolom akan mengalami hancur dengan diawali luluhnya tulangan tarik.

$$\phi \cdot Pnb = \phi(0,85 \cdot f'c' \cdot a_b \cdot b + As' \cdot fs' - As \cdot fy)$$

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

β_1 adalah konstanta yang tergantung dari kuat tekan beton :

- Untuk $f'c \leq 30 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,85$
 - Untuk $f'c > 30 \text{ Mpa} \rightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,008 (f'c - 30) \geq 0,65$
- $$\epsilon_s' = \frac{(cb - d')}{cb} \cdot 0,003 \rightarrow \text{jika } \epsilon_s' \leq \frac{fy}{Es} \text{ maka } f_s' = \epsilon_s' \cdot Es$$
- Jika $\epsilon_s' > \frac{fy}{Es}$ maka $f_s' = fy$

5. Periksa kekuatan penampang

a. Untuk keruntuhan Tekanan

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

b. Untuk Keruntuhan Tarik

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

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

Adapun persyaratan diameter tulangan sengkang :

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

2.5.6 Perencanaan 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 :

1. Menentukan dimensi sloof
2. Menentukan pembebanan pada sloof
 - a. Berat sendiri sloof

b. Berat dinding dan plesteran

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

$$Mu = 1,4 \times M$$

$$Mu = 1,2M_D + 1,6M_L$$

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

Penulangan lentur lapangan

1) Menentukan $d_{\text{eff}} = h - p - \emptyset_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tulangan utama}}$

2) Menghitung nilai ρ

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

Dengan syarat jika $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{hitung}} < \rho_{\text{maks}}$ (OKE)

3) Menghitung A_s yang diperlukan

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

4) Menentukan diameter tulangan yang dipakai dengan syarat A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan

4. Perencanaan tulangan geser

$$V_c = \frac{\sqrt{f'c}}{6} \times b_w \times d$$

(SNI 2847-2013 hal.89 pasal 11.2.1.1)

1. $V_u \leq \emptyset V_c$ (tidak perlu tulangan geser)

$$S_{\text{maks}} = \frac{1}{2} \cdot d \text{ atau } h$$

$$A_{V_{\text{min}}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{b \cdot s}{f_y}$$

$$A_{V_1} = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$S = \frac{A_{V_1}}{A_{V_{\text{min}}}}$$

S dan S_{maks} diambil S terkecil diantara keduanya.

2. $V_u \geq \emptyset V_c$ (Perlu Tulangan Geser)

$$V_{S_{\text{perlu}}} = \frac{V_{\text{rencana}} - \emptyset V_c}{\emptyset}$$

$$V_{S_{maks}} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'}$$

$$S_{maks} = \frac{1}{2} \cdot d \text{ atau } h$$

$$S = \frac{A_{v1}}{A_{vmin}}$$

S dan S_{maks} diambil Sterkecil diantara keduanya

$$3. V_u \leq \phi V_n$$

$$4. V_n = V_c + V_s$$

$$5. V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$$

(Sumber : SNI 03-2847-2013,96)

$$6. S_{perlu} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

Keterangan :

V_c = Kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = Gaya geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = Kuat geser nominal

V_s = Kuat geser nominal yang disumbangkan tulang geser

A_v = Luas penampang tulangan geser total pada daerah sejarak

s , 2 A_s dimana A_s =luas penampang batang tulangan sengkang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan Tarik

2.5.7 Perencanaan Pondasi

Pondasi merupakan bagian dari kontruksi bangunan di bawah permukaan tanah yang berfungsi sebagai penopang dari beban bangunan di atasnya dan beban tersebut didistribusikan ke lapisan tanah pendukung, sehingga bangunan dalam keadaan stabil. Secara umum terdapat dua macam pondasi, yaitu :

1. Pondasi Dangkal

Dipakai untuk bangunan bertanah keras atau bangunan-bangunan sederhana.

Termasuk pondasi dangkal antara lain :

- Pondasi batu kali setempat
 - Pondasi lajur batu kali
 - Pondasi tapak atau pelat beton setempat
 - Pondasi beton lajur
 - Pondasi Strauss
2. Pondasi Dalam
- Dipakai untuk bangunan bertanah lembek, bangunan berbenteng lebar (memiliki jarak kolom lebih dari 6 meter), dan bangunan bertingkat. Yang termasuk pondasi dalam, antara lain:
- Pondasi tiang pancang
 - Pondasi sumuran
 - Pondasi Bored Pile

Berikut langkah-langkah perhitungan perencanaan pondasi, yaitu :

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

- 1) Berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang

$$Q_{\text{bahan}} = 0,3 \times f^c \times A_{\text{tiang}}$$

- 2) Berdasarkan kekuatan tanah

$$Q_{\text{ijin}} = \frac{A_{\text{tiang}} \times p}{f_b} + \frac{o \times l \times c}{f_s}$$

2. Menentukan jumlah banyaknya tiang pancang

$$Q = (P \times 10\%) + P + \text{berat porter}$$

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

3. Menentukan jarak antar tiang pancang

Apabila telah dilakukan perhitungan jumlah banyanya tiang pancang, maka langkah selanjutnya adalah menentukan jarak antar masing-masing tiang pancang.

$$S = 1,5d - 3d$$

4. Menentukan efisiensi kelompok tiang

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

Daya dukung grup ijin tiang :

$$Q_{ult\text{grup}} = E_g \cdot Q_{ijin} \cdot n$$

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

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

6. Pengangkatan tiang pancang

- 1) Pengangkatan pola 1 (pada waktu pengangkatan)

Kondisi pengangkatan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan dua tumpuan.

$$M_1 = M_2$$

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

- 2) Pengangkatan pola 2 (pasa waktu pengangkatan)

Kondisi pengangkatan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan satu tumpuan.

$$M_1 = M_2$$

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

7. Perhitungan tulangan tiang pancang

- 1) Menentukan $d_{\text{eff}} = h - p - \emptyset$ sengkang $- \frac{1}{2} \emptyset$ tulangan utama

- 2) Berdasarkan nilai P yang paling besar

Hitung arah absis x dan absis y

$$\text{absis } x = \frac{P_u}{\emptyset \cdot A_g \cdot 0,85 \cdot f'c} \cdot \left(\frac{e}{h} \right)$$

$$\text{absis } y = \frac{P_u}{\emptyset \cdot A_g \cdot 0,85 \cdot f'c}$$

Nilai $\rho_g = 0,001 < \rho_{\text{min}} = 0,01$, maka dipakai ρ_{min}

$$\rho = \rho_{\text{min}} \cdot \beta$$

Sehingga $A_{S_{\text{tot}}} = b \cdot h$

- 3) Berdasarkan nilai momen pada saat pengangkatan

Menghitung nilai ρ_{hitung}

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y}, \text{ atau } \rho_{\text{min}} = \frac{\sqrt{f'c}}{4 \cdot f_y}, \text{ ambil nilai terbesar}$$

$$\rho_{\text{hitung}} = \frac{f_{rc}}{f_y} \left(0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot M_u}{\phi \cdot f'c \cdot b \cdot d_{\text{eff}}^2}} \right)$$

Menghitung luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_{S_{\text{tot}}} = b \cdot h$$

8. Perhitungan tulangan geser tiang pancang

1) Menghitung nilai V_u

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

$$2) \phi V_c = \phi \frac{1}{6} \sqrt{f'c} b_w d$$

3) Gaya geser V_u yang dihasilkan oleh beban terfaktor harus kurang atau sama dengan kuat geser nominal dikalikan dengan faktor reduksi ϕ , atau

$$V_u < \phi V_n$$

Dimana $V_n = V_c + V_s$

Sehingga

$$V_u < \phi (V_c + V_s)$$

Dengan besar faktor reduksi (ϕ) untuk geser adalah sebesar 0,75.

4) Luas minimum tulangan geser

$$A_{V_{\text{min}}} = 0,062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \left(\frac{b_w \cdot S}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot b_w \cdot S}{f_{yt}}$$

(SNI 2847-2013 hal 92 pasal 11.4.6.1)

5) Jarak maksimum tulangan geser

Jika $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d$, maka : $S = \frac{d}{2}$ atau 600 mm

Jika $V_s \leq 0,66 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d$, maka : $S = \frac{d}{4}$ atau 300 mm

Dengan batasan kebutuhan luas tulangan geser :

$$S_{\text{maks}} = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,0062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w}, \text{ untuk } f'c > 30 \text{ MPa}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,35 \cdot b_w}, \text{ untuk } f'c \leq 30 \text{ MPa}$$

(SNI 2847:2013 Pasal 11.4.5)

Sehingga, untuk sengkang vertikal dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

9. Perhitungan tulangan geser *Pile Cap*

1) Kontrol kekuatan geser secara kelompok

Untuk menghitung tulangan geser *pile cap* ditinjau dengan 2 cara, yaitu aksi dua arah dan aksi satu arah.

a. Untuk aksi dua arah

- Tegangan tanah ultimit akibat beban terfaktor

$$P_{ult} = P_u/A$$

$$V_u = P_{ult} \cdot B \cdot L - ((a_2+d) \cdot (a_1+d))$$

- Gaya geser nominal

$$\phi V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f_c} \cdot b_o \cdot d$$

$$\phi V_c = 0,33 \lambda \cdot b_o \cdot d \cdot \sqrt{f_c'}$$

$$\phi V_c = 0,83 \left(\frac{a_s \cdot d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f_c} \cdot b_o \cdot d$$

Dari ketiga persamaan tersebut, diambil yang terkecil. Jika

$\phi V_c > V_u$ maka tidak diperlukan tulangan geser. Jika

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

b. Untuk aksi dua arah

- Gaya geser terfaktor

$$P_{ult} = P_u/A$$

$$V_u = P_{ult} \cdot B \cdot \left(\frac{L}{2} - \frac{c}{2} - d \right)$$

- Gaya geser nominal

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

2) Kontrol kekuatan geser secara kelompok

a. Gaya geser terfaktor (V_u)

b. Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \frac{1}{3} \cdot b_o \cdot d \cdot \sqrt{f_c'}$$

10. Perhitungan tulangan pokok *Pile Cap*

1) Menghitung nilai ρ

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ atau } \rho_{\min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{f_y}, \text{ ambil nilai terbesar}$$

$$\rho_{\text{hitung}} = \frac{f_c'}{f_y} \left(0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot M_u}{\phi \cdot f_c' \cdot b \cdot d_{\text{eff}}^2}} \right)$$

2) Menghitung tulangan yang dibutuhkan

$$A_s = \rho_{\min} \times b \times d$$

$$S = \frac{A_{\text{stulangan}}}{A_{\text{spakai}}} \times \text{lebar pile cap}$$

11. Perhitungan kekuatan tulangan pokok pasak

1) Kuat tekan rencana kolom

$$\phi P_n = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A_g$$

2) Kontrol panjang penyaluran pasak

$$L_{db} = \frac{0,25 \cdot f_y \cdot d_b}{\sqrt{f_c'}}$$

2.6 Manajemen Proyek

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

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

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

2.6.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah pekerjaan bentuk bangunan yang memenuhi syarat, menentukan biaya dan menyusun tata cara pelaksanaan teknik dan administrasi. Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda di masing-masing daerah disebabkan karena perbedaan harga bahan upah tenaga kerja. Tujuan dari pembuatan RAB itu sendiri adalah untuk memberikan gambaran yang pasti tentang besarnya biaya.

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 perhitungan harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.
- Membuat rekapitulasi

1) Daftar upah 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.

2) 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.

3) 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

4) 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.

2.6.3 Rencana Pelaksanaan Kerja

Sebelum kegiatan pelaksanaan proyek konstruksi dimulai, biasanya didahului dengan penyusunan rencana kerja waktu kegiatan yang disesuaikan dengan metode konstruksi yang akan digunakan. Pihak pengelola proyek melakukan kegiatan pendataan lokasi proyek untuk mendapatkan informasi detail untuk keperluan penyusunan rencana kerja. Rencana pelaksanaan kerja terdiri dari Network Planning (NWP), bar chart, dan kurva S.

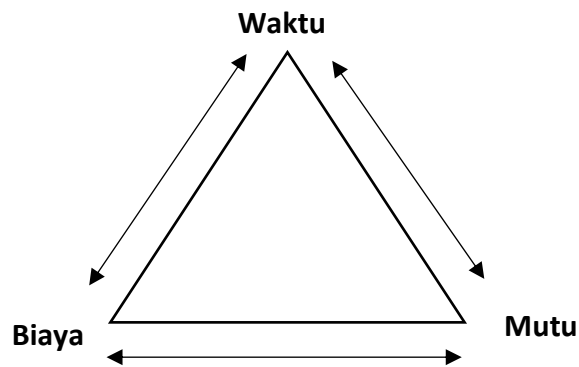
a. Network Planning (NWP)

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 jaringan 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.

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

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

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



Gambar 2.19 Siklus Biaya, Mutu, dan Waktu (BMW)


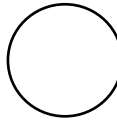
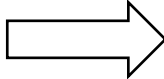
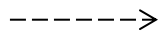
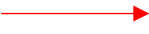
Ilustrasi siklus di atas menunjukkan bahwa apabila biaya proyek berkurang/dikurangi, sementara waktu pelaksanaan tetap maka secara otomatis anggaran belanja material akan dikurangi dan mutu pekerjaan akan berkurang. Secara umum proyek akan merugi. Akan tetapi, jika waktu pelaksanaan mundur/terlambat,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

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

Selain itu, 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

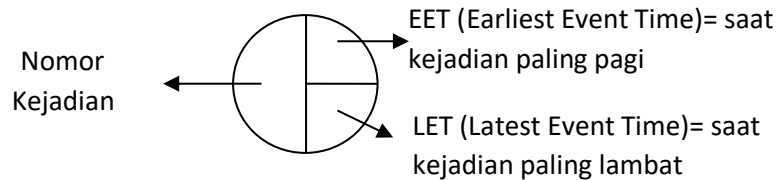
Pada Perkembangannya NWP ini dikenal dalam 2 bahasa/ simbol diagram network, yaitu sebagai berikut :

- 1) Event on the node, yaitu peristiwa yang digambarkan dalam lingkaran
- 2) Activity on the node, yaitu kegiatan yang digambarkan dalam lingkaran
- 3)  **Arrow**, bentuknya berupa anak panah yang berarti aktivitas/kegiatan, dimana suatu pekerjaan penyelesaiannya membutuhkan *duration* (jangka waktu tertentu) dan *resources* (tenaga, equipment, material dan biaya) tertentu
- 4)  **Node/event** bentuknya berupa lingkaran bulat yang berarti saat, peristiwa atau kejadian, permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan.
- 5)  **Double arrow** berupa anak panah 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.
- 7)  **Jalur kritis**, merupakan jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat.
- 8)

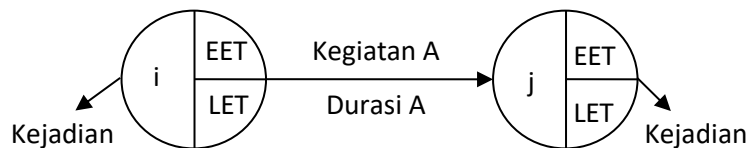
Syarat-syarat pembuatan network diagram :

- 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. dan 2.



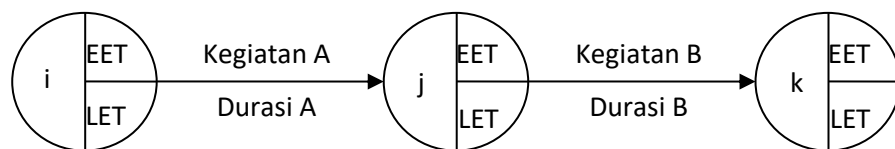
Gambar 2.20 Penulisan Kejadian



Gambar 2.21 Simbol Antar Kejadian

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 seperti pada gambar 2.22



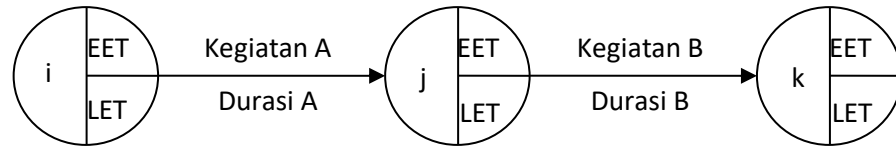
Gambar 2.22 Kejadian dan Kegiatan

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

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

- 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 seperti pada gambar 2.23



Gambar 2.23 Kejadian dan Kegiatan

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

$$LET_i = LET_j - \text{Durasi B}$$

b. 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.

Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

- 1) Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- 2) Urutan pekerjaan, dari daftar item kegiatan tersebut, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.
- 3) Waktu pelaksanaan pekerjaan, adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan. (Wulfram I, 2005:162)

Cara membuat barchart adalah sebagai berikut :

- 1) Rencanakan waktu pelaksanaan setiap pekerjaan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui item pekerjaan yang harus diselesaikan sebelum

