

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Konstruksi suatu bangunan adalah suatu kesatuan dan rangkaian dari beberapa elemen yang direncanakan agar mampu menerima beban dari luar maupun berat sendiri tanpa mengalami perubahan bentuk yang melampaui batas persyaratan.

Dalam merealisasikan suatu konstruksi sebuah bangunan khususnya bangunan dengan tingkat tiga keatas diperlukan perencanaan yang matang agar terbentuknya sebuah bangunan yang memiliki kualitas dan mutu yang baik. Perencanaan dapat diartikan sebagai suatu bentuk usaha dalam penyusunan, mengatur atau mengorganisasikan kegiatan-kegiatan yang terdapat dalam sebuah proyek pembangunan sehingga menghasilkan *output* (hasil) yang sesuai dengan keinginan bersama (pemilik, perencana, dan pelaksana proyek) dengan tetap memperhatikan standar ekonomis, keamanan, kekuatan, dan kenyamanan. Kegiatan perencanaan sebuah bangunan diawali dengan *survey* dan penyelidikan tanah hingga kegiatan perawatan bangunan yang telah dihasilkan pada akhir kegiatan proyek nantinya.

Pada perencanaan suatu konstruksi bangunan gedung diperlukan beberapa landasan teori berupa analisa struktur, ilmu tentang kekuatan bahan serta hal lain yang berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia. Ilmu teoritis diatas tidaklah cukup karena analisa secara teoritis tersebut hanya berlaku pada kondisi struktur ideal sedangkan gaya-gaya yang dihitung hanya merupakan pendekatan dari keadaan yang sebenarnya atau yang diharapkan terjadi.

Konstruksi suatu bangunan dapat berupa konstruksi beton, konstruksi baja, atau gabungan dari keduanya yaitu konstruksi komposit. Dalam buku Teknologi Beton (Mulyono, 2005) mengatakan beton yang digunakan sebagai struktur dalam konstruksi Teknik Sipil, dapat dimanfaatkan untuk banyak hal. Dalam teknik sipil, struktur beton digunakan untuk membangun pondasi, kolom, balok, portal, pelat (pelat cangkang). Teknik sipil hidro, beton digunakan untuk

bangunan air seperti bendungan, saluran, dan drainase. Beton juga digunakan dalam teknik sipil tranpostasi, untuk pekerjaan *rigid pavement* (lapisan keras permukaan kaku), saluran samping, gorong-gorong dan lainnya. Jadi, beton hampir digunakan dalam semua struktur dalam Teknik Sipil akan menggunakan beton.

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

a. Kuat (kokoh)

Suatu gedung harus direncanakan kekuatan batasnya terhadap pembebanan.

b. Ekonomis

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

c. Artistik (estetika)

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

2.2 Ruang Lingkup Perencanaan

Ruang lingkup perencanaan sebuah bangunan gedung meliputi beberapa tahapan-tahapan yaitu mulai dari tahap persiapan, studi kelayakan, mendesain bangunan, perhitungan struktur, dan perhitungan biaya.

2.2.1 Tahapan perencanaan (desain) konstruksi

Perencanaan sebuah konstruksi bangunan merupakan sebuah sistem yang sebaiknya dilakukan dengan tahapan-tahapan tertentu agar konstruksi yang dihasilkan sesuai dengan tujuan bersama yang ingin dicapai. Adapun tahapan-tahapan yang dimaksud adalah :

a. Tahap pra-perencanaan (*preliminary design*)

Pada tahap ini ahli struktur harus mampu membantu arsitek untuk memilih komponen-komponen penting pada struktur bangunan yang

direncanakan, baik dimensi maupun posisi struktur tersebut. Pada pertemuan pertama biasanya arsitek akan datang membawa informasi mengenai :

1. Sketsa denah, tampak dan potongan-potongan gedung beserta segala atributnya.
2. Penjelasan dari fungsi setiap lantai dan ruangan.
3. Konsep awal dari sistem komponen vertikal dan horizontal dengan informasi mengenai luas tipikal dari lantai gedung dan informasi awal mengenai rencana pengaturan denah lantai tipikal, daerah *entrance*, *function room* ruang tangga dan lain-lain.
4. Rencana dari komponen-komponen non-struktural, misalnya dinding arsitektural yang berfungsi sebagai partisi.

Selanjutnya dengan bekal dari informasi yang telah didapat (sesuai dengan contoh di atas), seorang ahli arsitektur harus mampu memberikan masukan mengenai :

1. Pengaturan komponen vertikal, termasuk jarak kolom, ukuran kolom dan penempatan kolom.
2. Sistem komponen horizontal termasuk sistem balok dan sistem lantai.
3. Sistem pondasi.
4. Usulan mengenai komponen non-struktural pada bangunan nanti.

b. Tahap perencanaan

Pada tahap perencanaan ini, kegiatan proyek pembangunan sebuah gedung meliputi :

1. Perencanaan bentuk arsitektur bangunan

Dalam kegiatan perencanaan arsitektur bangunan ini, seorang perencana belum memperhitungkan kekuatan bangunan sepenuhnya, namun perencana telah mencoba merealisasikan keinginan-keinginan dari pemilik bangunan sesuai dengan desain yang diinginkannya.

2. Perencanaan struktur (konstruksi) bangunan

Dalam perencanaan struktur bangunan ini, perencana mulai menghitung komponen-komponen struktur berdasarkan dari bentuk arsitektural yang telah didapat. Perencana mulai mendimensi serta menyesuaikan

komponen-komponen struktur tersebut dengan lebih spesifik agar memenuhi syarat-syarat konstruksi yang kuat, aman, dan nyaman untuk ditinggali namun masih berdasarkan prinsip-prinsip yang ekonomis.

Struktur adalah suatu kesatuan dan rangkaian dari beberapa elemen yang direncanakan agar mampu menerima beban luar maupun berat sendiri tanpa mengalami perubahan bentuk yang melampaui batas persyaratan yang menjadi kerangka bangunan yang menopang semua beban yang diterima oleh bangunan tersebut.

Ada dua struktur pendukung selain struktur utamanya beton bertulang, yang biasanya terdapat pada sebuah bangunan yaitu :

a) Struktur bangunan atas (*upper structure*)

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

- 1) tahan Api
- 2) kuat
- 3) mudah diperoleh, dalam arti tidak memerlukan biaya mobilisasi bahan yang demikian tinggi
- 4) awet untuk jangka waktu pemakaian yang lama
- 5) ekonomis, dengan perawatan yang relatif mudah.

Adapun struktur atas pada suatu bangunan yaitu : struktur atap, struktur pelat lantai, struktur tangga, struktur portal, balok, serta kolom.

b) Struktur bangunan bawah (*sub structure*)

Struktur bangunan bawah merupakan sistem pendukung bangunan yang menerima beban struktur atas, untuk diteruskan ke tanah dibawahnya. Adapun struktur bawah pada suatu bangunan yaitu : struktur sloof dan pondasi bangunan itu sendiri.

2.2.2 Dasar-Dasar Perencanaan

Dalam perencanaan bangunan, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang telah ditetapkan dan berlaku di Indonesia. Peraturan yang digunakan adalah :

1. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002) oleh Agus Setiawan.
2. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002).
3. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002).
4. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPPURG_1987)
5. Struktur Beton Bertulang berdasarkan SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI oleh Istimawan Dipohusodo.
6. Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang, berdasarkan SNI T.15-1991-31. Oleh W.C Vis dan Gideon Kusuma. Buku ini berisi penjelasan mengenai Grafik dan Tabel yang digunakan dalam perhitungan struktur beton bertulang.
7. Ilmu Konstruksi Bangunan 2, oleh Heinz Frick.
8. Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang seri I, oleh W.C. Vis dan Gideon Kusuma.

Suatu konstruksi bangunan gedung juga harus direncanakan kekuatannya terhadap suatu pembebanan. Berdasarkan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung tahun 1987 jenis pembebanan terdiri dari :

1. Beban mati

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

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

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 ⁽¹⁾	2.200 kg/m ³
Beton bertulang ⁽²⁾	2.400 kg/m ³
Kayu kelas I	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	1.4500 kg/m ³
Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600 kg/m ³
Pasir (jenis 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)	1700 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000 kg/m ³
Tanah hitam	11.400 kg/m ³
KOMPONEN GEDUNG	
Adukan, per cm tebal :	
- Dari semen	21 kg/m ²
- Dari kapur, seen merah atau tras	17 kg/m ²
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral tambahan, per cm tebal	14 kg/m ²
Dinding pas. Bata merah :	
- Satu batu	450 kg/m ²

Lanjutan Tabel 2.1

- Setengah batu	250 kg/m ²
Dinding pasangan batako :	
Berlubang :	
- Tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m ²
- Tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/m ²
Tanpa lubang :	
- Tebal dinding 15 cm	300 kg/m ²
- Tebal dinding 10 cm	200 kg/m ²
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari :	
Semen asbes (eternity dan bahan lain sejenisnya), dengan tebal maksimum 4mm	11 kg/m ²
Kaca, dengn tebal 3-5 mm	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.sminimum 0,8 m	7 kg/m ²
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kasau per m ² bidang atap	50 kg/m ²
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kasau per m ² bidang atap	40 kg/m ²
Penutup atap gelombang (BWG 24) tanpa gording	10 kg/m ²
Penutup lantai dari ubin semen Portland teraso dan beton, tanpa adukan per cm tebal	24 kg/m ²
Tebal asbes gelombang (tebal 5mm)	11 kg/m ²

Sumber : Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung tahun 1987

2. Beban hidup (beban sementara)

Semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal

dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap. Khusus pada atap, ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (*energy kinetic*) butiran air ke dalam beban hidup tidak termasuk beban angin, beban gempa, dan beban khusus.

Tabel 2.2 Beban Hidup pada Lantai Gedung

Beban Hidup Pada Lantai Gedung			
a.	Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam b	200	Kg/m ²
b.	Lantai dan tangga rumah sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan toko, pabrik atau bengkel.	125	Kg/m ²
c.	Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, tosarba, restoran, hotel, asrama, dan rumah sakit.	250	Kg/m ²
d.	Lantai ruang olahraga	400	Kg/m ²
e.	Lantai ruang dansa	500	Kg/m ²
f.	Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain dari pada yang disebut dalam a s/d e, seperti masjid, gereja, ruang pegelaran, ruang rapat, bioskop, dan panggung penonton.	400	Kg/m ²
g.	Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri.	500	Kg/m ²
h.	Tangga, bordes tangga, dan gang dari yang disebutkan dalam c.	300	Kg/m ²
i.	Tangga, bordes tangga, dan gang yang disebutkan dalam d, e, f, dan g.	250	Kg/m ²
j.	Lantai ruang pelengkap dari yang disebutkan dalam c, d, e, f, dan g.	250	Kg/m ²

Lanjutan Tabel 2.2

k.	Lantai untuk : pabrik, bengkel,, gudang, perpustakaan, ruang arsip, took buku, took besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri, dengan minimum	400	Kg/m ²
l.	Lantai gedung parker bertingkat :		
	- Untuk lantai bawah	800	Kg/m ²
	- Untuk lantai tingkat lain	400	Kg/m ²
m.	Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lanta ruang yang berbatasan dengan minimum.	300	Kg/m ²

Sumber : Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung tahun 1987

3. Beban angin

Semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban memperhitungkan adanya tekanan positif dan negative yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Beban angin menganggap adanya tekanan positif (*pressure*) dan tekanan negative/isapan (*suction*) bekerja tegak lurus bidang yang ditinjau. Besar tekanan positif dan tekanan negatif ini dinyatakan dalam bentuk kg/m², ditentukan dengan mengalikan tekanan.

a. Tekanan tiup :

- Daerah laut dan tepi laut, tekanan tiup minimum 25 kg/m²
- Di laut dan tepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai, tekanan tiup minimum 40 kg/m²
- Jika kecepatan angin bisa menimbulkan tekanan yang lebih besar :

$$P = \frac{V^2}{16} \dots\dots\dots(2.1)$$

V = Kecepatan angin (m/detik)

b. Koefisien angin

Tabel 2.3 Tabel Koefisien Angin

Jenis Gedung/Struktur	Posisi Tinjauan	Koefisien
Gedung Tertutup :		
a. Gedung vertikal	Dipihak angin	+0,9
	Dibelakang angin	-0,4
	Sejajar arah angin	-0,4
b. Atap segitiga	Dipihak angin ($< 65^{\circ}$)	(0,02. -0,4)
	Dipihak angin ($65^{\circ} < < 90^{\circ}$)	+0,9
	Dibelakang angin (semua sudut)	-0,4 (0,02. -0,4)
c. Atap segitiga majemuk	Bidang atap dipihak angin ($< 65^{\circ}$)	+0,9
	Bidang atap dipihak angin ($65^{\circ} < < 90^{\circ}$)	-0,4
	Biang atap dibelakang angin (semua sudut)	-0,4
d. Gedung terbuka sebelah	Bidang atap vertikal dibelakang angin (semua sudut)	-0,4
	Sama dengan No. 1, dengan tambahan :	
	Bid. Dinding dalam dipihak angin	+0,6
	Bid. Dinding dalam dibelakang angin	-0,3

Sumber : Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung tahun 1987

4. Beban gempa

Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada struktur bangunan gedung yang menirukan gerakan tanah akibat gempa di dalam bumi. Dalam hal ini pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisis dinamik.

5. Beban hujan

Dalam hitungan beban hujan diasumsikan sebagai beban yang bekerja tegak lurus terhadap bidang atap dan koefisien beban hujan ditetapkan sebesar (40-80) kg/m^3 dan sebagai sudut atap.

6. Beban tekanan air dan tanah

Struktur dibawah permukaan tanah cenderung mendapat beban yang berbeda dengan beban diatas tanah. Substruktur sebuah bangunan harus memikul tekanan lateral yang disebabkan oleh tanah dan air. Gaya-gaya ini bekerja tegak lurus pada dinding lantai substruktur.

7. Beban khusus

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

8. Kombinasi beban

Beban tinggi dari gedung akan menghadapi beban sepanjang usia bangunan tersebut, dan banyak diantaranya yang bekerja bersamaan. Efek beban harus digabung apabila bekerja pada garis kerja yang sama dan harus dijumlahkan.

2.3 Perhitungan Struktur

2.3.1 Perencanaan rangka atap/kuda-kuda

Rangka atap adalah suatu bagian dari struktur gedung yang berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan penutup atap sehingga dalam perencanaan, pembebanan tergantung dari jenis penutup atap yang digunakan.

a. Pembebanan

Pembebanan yang bekerja pada rangka atap yaitu :

a) Beban mati (q_D)

Beban mati adalah beban dari semua bagian atap yang tidak bergerak, beban tersebut adalah :

- Beban sendiri kuda-kuda
- Berat penutup atap
- Berat gording

b) Beban hidup (q_L)

Beban hidup adalah beban yang terjadi akibat pengerjaan maupun akibat penggunaan gedung itu sendiri, termasuk didalamnya adalah :

- Beban pekerjaan
- Beban air hujan = $(40 - 0,8)$ kg/m² (PPPURG,1987)
- Beban angin (w)

Untuk atap segitiga majemuk ($\alpha < 65^\circ$)

Angin tekan = $(0,02 - 0,4) w$

Angin hisap = $w - 0,4$

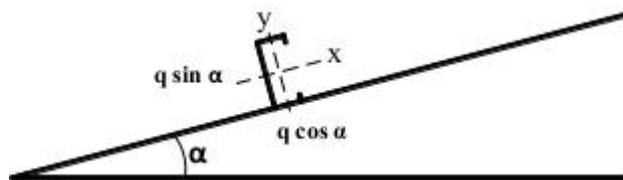
$w = \min 25 \text{ kg/m}^2$ (PPPURG,1987)

b. Gording

Gording adalah balok atap sebagai pengikat yang menghubungkan antar kuda-kuda. Gording juga menjadiudukan untuk kasau dan balok jurai dalam. Dalam perencanaan struktur bangunan gedung ini kusususnya pada perencanaan gording.

Struktur gording direncanakan kekuatannya berdasarkan pembebanan beban mati dan beban hidup. Kombinasi pembebanan yang ditinjau adalah beban pada saat pemakaian yaitu beban mati ditambah beban air hujan, sedangkan beban sementara yaitu beban-benban mati ditambah beban pekerja pada saat pelaksanaan.

Apabila gording ditempatkan dibawah penutup atap, maka komponen beban atap dipindahkan tegak lurus ke gording,maka terjadi pembebanan sumbu ganda terjadi momen pada sumbu x dan y adalah M_x an M_y .



Gambar 2.1 Gording kanal

$$q_{uy} = q_u \cdot \cos \alpha \dots\dots\dots(2.2)$$

$$q_{ux} = q_u \cdot \sin \alpha \dots\dots\dots(2.3)$$

1) Perencanaan Gording menggunakan metode berikut :

a. Metode plastis

Suatu komponen struktur yang dibebani momen lentur harus memenuhi :

$$M_u \leq M_n \dots\dots\dots(2.4)$$

Momen nominal untuk penampang kompak yang memenuhi $p \leq p_c$, kuat lentur nominal penampang adalah :

$$M_n = M_p \dots\dots\dots(2.5)$$

Untuk penampang tak kompak yang memenuhi $p_c < p \leq p_r$, kuat lentur nominal penampang ditentukan sebagai berikut :

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \dots\dots\dots(2.6)$$

Untuk penampang langsing yang memenuhi $p > p_r$, kuat lentur nominal penampang adalah :

$$M_n = M_r \left(\frac{\lambda_r}{\lambda} \right)^2 \dots\dots\dots(2.7)$$

b. Metode elastis

Suatu komponen struktur yang memikul lentur terhadap sumbu x harus memenuhi :

$$M_{ux} \leq w_x M_n \text{ (SNI 03-1729-2002)} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

M_{ux} = momen lentur terfaktor terhadap sumbu x

w_x = faktor reduksi = 0,9

Mn = kuat nominal dari momen lentur penampang terhadap sumbu x. Suatu komponen struktur yang memikul lentur terhadap sumbu y harus memenuhi :

$$M_{uy} \leq \phi M_n \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

Muy = momen lentur terfaktor terhadap sumbu y

w = faktor reduksi = 0,9

Mn = kuat nominal dari momen lentur penampang terhadap sumbu y

Setelah semua momen di ultimatekan, maka di periksa kekuatan penampang berdasarkan kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 03-1729-2002 pembebanan yang terjadi dengan menggunakan rumus :

$$\frac{c_{mx}.M_{ux}}{\phi M_{nx}} \eta_1 + \frac{c_{my}.M_{uy}}{\phi M_{ny}} \eta_2 \leq 1 \dots\dots\dots(2.10)$$

Mux = momen ultimate arah x

φ = factor reduksi = 0,9

Muy = momen ultimate arah y

Mnx dan Mny = momen nominal arah x dan arah y

Cmx = cmy diambil = 1

2) Komponen struktur yang mengalami gaya tarik aksial :

a. Kuat tarik rencana :

Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor Nu, harus memenuhi :

$$N_u \leq \phi N_n \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan φ Nn adalah kuat tarik rencana yang besarnya diambil sebagai nilai terendah diantara dua perhitungan menggunakan harga-harga φ dan Nn di bawah ini :

$$\phi = 0,9 ; N_n = A_g F_y \text{ dan } \phi = 0,75 ; N_n = A_e F_u \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

Ag = luas penampang bruto (mm²)

Ae = Luas penampang efektif (mm²)

F_y = tegangan leleh (MPa)

F_u = tegangan tarik putus (MPa)

b. Penampang efektif :

Luas penampang efektif komponen struktur yang mengalami gaya tarik ditentukan sebagai berikut :

$$A_e = AU \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

A = luas penampang

U = faktor reduksi ($1 - x/L$) 0,9

x = eksentrisitas sambungan, jarak tegak lurus arah gaya tarik, antara titik berat penampang komponen yang disambung dengan bidang sambungan (mm)

L = panjang sambungan dalam arah gaya tarik, yaitu jarak antara dua baut yang terjauh pada suatu sambungan atau panjang las dalam arah gaya tarik (mm).

3) Komponen struktur yang mengalami gaya tekan aksial :

Untuk penampang yang mempunyai perbandingan lebar terhadap tebalnya lebih kecil daripada nilai r_c , daya dukung nominal komponen struktur tekan dihitung sebagai berikut :

$$N_n = A_g \cdot F_{cr} \ ; \ F_{cr} = \frac{F_y}{\omega} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$N_n = A_g \frac{F_y}{\omega} \dots\dots\dots(2.15)$$

Untuk $r_c \leq 0,25$ maka $S = 1$

Untuk $0,25 < r_c \leq 1,2$ maka $S = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 r_c}$

Untuk $r_c > 1,2$ maka $S = 1,25 r_c^2$

Keterangan :

N_n = kuat tekan nominal komponen struktur

A_g = luas penampang bruto (mm²)

F_{cr} = tegangan kritis penampang (mm²)

F_y = tegangan leleh material (MPa)

c. Konstruksi rangka baja (kuda-kuda)

Kuda-kuda diperhitungkan terhadap pembebanan :

1. Beban mati

- Beban sendiri kuda-kuda
- Beban penutup atap
- Beban gording

2. Beban hidup

- Beban air hujan
- Beban angin dari sebelah kiri
- Beban angin dari sebelah kanan
- Beban pekerja

Pada masing-masing beban diatas (1 dan 2) kemudian dapat dicari gaya-gaya batangnya dengan menggunakan program SAP 2000 V.14.

Perhitungan konstruksi rangka dapat dihitung :

a) Cara grafis, terdiri dari :

- Keseimbangan titik simpul
- Cremona

Dimana kedua cara ini harus menggunakan skala gaya dan skala.

b) Cara analisis, terdiri dari :

- Keseimbangan titik simpul

Keseimbangan titik simpul ini harus memenuhi persyaratan :

1. Batang-batang harus kaku dan simpul
2. Sambungan pada titik buhul/simpul engsel tidak terjadi geseran
3. Penyambungan batang adalah sentries yakni sumbu-sumbu batang bertemu pada satu titik
4. Pembebanan yang menyebar dapat dipindahkan pada titik simpul yang bersangkutan.

- Riter

Cara ini biasanya digunakan untuk mengontrol pekerjaan dari cara Cremona dan langsung menghitung gaya batng yang lain.

Cara memotong rangka konstruksi harus benar-benar lepas satu sama lain. Gaya-gaya terpotong yang belum diketahui arah besarnya maka dianggap gaya tarik.

3. Beban kombinasi

Berdasarkan beban-beban tersebut diatas maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan di bawah ini :

1,4D

$$1,2D + 1,6 L + 0,5 (L_a \text{ atau } H) \dots\dots\dots(2.16)$$

$$1,2D + 1,6 L (L_a \text{ atau } H) + (L L \text{ atau } 0,8 W) \dots\dots\dots(2.17)$$

$$1,2D + 1,3 W + L L + 0,5 (L_a \text{ atau } H) \dots\dots\dots(2.18)$$

$$1,2D \pm 1,0 E + L L \dots\dots\dots(2.19)$$

$$0,9D \pm (1,3W \text{ atau } 1,0E) \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan :

D adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga dan peralatan layan tetap.

L adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan dan lain-lain.

L_a adalah beban hidup diatap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan beban bergerak.

H adalah beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.

W adalah beban angin.

E adalah beban gempa, yang ditentukan menurut SNI 03-1726-1989, atau penggantinya.

Dengan,

$$L = 0,5 \text{ bila } L < 5 \text{ kPa, dan } L = 1 \text{ bila } L \geq 5 \text{ kPa.}$$

Kecuali : Faktor beban untuk L didalam kombinasi pembebanan pada persamaan 2.17, 2.18, dan 2.19 harus sama dengan 1,0 untuk garasi parker, daerah yang digunakan untuk pertemuan umum, dan semua daerah dimana beban hidup lebih besar dari pada 5 kPa.

d. Sambungan

1) Perencanaan sambungan baut

Suatu baut yang memikul gaya terfaktor, R_u , harus memenuhi :

$$R_u \leq \phi R_n \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana :

ϕ = reduksi kekuatan geser (0,75)

R_n = kuat geser nominal baut

- Baut tanpa ulir pada bidang gaya geser :

$$R_n = 0,5 \cdot f_u \cdot A_b \dots\dots\dots(2.22)$$

- Baut dengan ulir pada bidang geser :

$$R_n = 0,4 \cdot f_u \cdot A_b \dots\dots\dots(2.23)$$

$$A_b = \text{luas penampang baut} = \frac{1}{4} d^2$$

* Untuk baut yang mengalami bidang geser ganda (rangkap) maka kuat geser baut dikumulatifkan.

* Baut yang memikul gaya tarik rencana :

$$R_u \leq \phi R_n \implies \phi = 0,75$$

$$R_n = 0,75 \cdot f_u \cdot A_b \dots\dots\dots(2.24)$$

a) Baut dalam geser

Kuat geser rencana dari satu baut dihitung sebagai berikut :

$$V_d = \phi_f V_n = \phi_{fr} f_u^b A_b \dots\dots\dots(2.25)$$

b) Baut yang memikul gaya tarik

Kuat tarik rencana satu baut dihitung sebagai berikut :

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f 0,75 f_u^b A_b \dots\dots\dots(2.26)$$

c) Kuat tumpu

Apabila jarak lubang tepi terdekat dengan sisi pelat dalam arah kerja gaya $> 1,5$ kali diameter lubang, jarak antar lubang > 3 kali diameter lubang, dan ada lebih dari satu baut dalam arah kerja gaya, maka kuat rencana tumpu dapat dihitung sebagai berikut :

$$R_d = \phi_f R_n = 2,4 \phi_f d_f t_p f_u \dots\dots\dots(2.27)$$

d) Pelat pengisi pada sambungan yang tebal antara 6 mm – 20 mm, kuat geser nominal satu baut yang ditetapkan harus dikurangi 15%.

e) Sambungan tanpa slip

Pada sambungan tipe friksi yang menggunakan baut mutu tinggi yang slipnya dibatasi, satu baut yang hanya memikul gaya geser terfaktor, V_u , dalam bidang permukaan friksi harus memenuhi :

$$V_u = V_d = (\phi V_n) \dots\dots\dots(2.28)$$

f) Tata letak baut

Jarak antar pusat lubang pengencang tidak boleh kurang dari 3 kali diameter nominal pengencang. Jarak antara pusat tidak boleh melebihi $15 t_p$.

Syarat pada perencanaan sambungan pada baut ada dua yaitu :

a. Syarat minimum :

- Jarak sumbu ke sumbu baut (S)

$$S \geq 3d \longrightarrow d = \text{diameter baut}$$

- Jarak sumbu baut paling pinggir ke tepi pelat (S1)

$$\text{Tepi potong tangan} = 1,75 d$$

$$\text{Tepi potongan mesin} = 1,5 d$$

$$\text{Tepi hasil cetak} = 1,25 d$$

b. Syarat maksimum :

- Jarak sumbu ke sumbu baut (S)

$$\left. \begin{array}{l} S < 15 t_p \\ S < 200 \text{ mm} \end{array} \right\} t_p = \text{tebal pelat tipis}$$

- Jarak sumbu baut paling pinggir ke tepi pelat (S1)

$$S1 < 12 t_p \qquad S < 150 \text{ mm}$$

2) Perencanaan sambungan las

- a. Pengelasan konstruksi sipil harus dilakukan dengan las listrik.

Ukuran las sudut harus ditentukan dengan panjang kaki las yang ditentukan sebagai t_w1 dan t_w2 .

Tabel 2.4 Tebal Minimum Las Sudut

Tebal bagian paling tebal t (mm)	Tebal minimum las sudut t_w (mm)
$t \leq 7$	3
$7 < t < 10$	4
$10 < t < 15$	5
$15 < t$	6

Sumber : SNI 03-1729-2002

- b. Kuat las sudut

Las sudut memikul gaya terfaktor persatuan panjang las, R_u , harus memenuhi :

$R_u \leq \phi R_{nw}$ dengan :

$$\phi R_{nw} = 0,75 t_t (0,6 f_{uw}) \longrightarrow \text{Las}$$

$$\phi R_{nw} = 0,75 t_t (0,6 f_{uw}) \longrightarrow \text{Bahan dasar}$$

$\phi = 0,75$ faktor reduksi kekuatan saat fraktur

Dari kedua perhitungan kuat rencana tersebut, diambil nilai terkecil untuk mencari nilai L_w :

$$\phi R_{nw} \cdot l_w = R_u \dots\dots\dots(2.29)$$

Sehingga :

$$l_w = \frac{R_u}{\phi R_{nw}}$$

Kemudian cek gaya-gaya pada penampang dengan menggunakan persamaan :

$$R_{u1} + R_{u2} = R_u \dots\dots\dots(2.30)$$

Sehingga : $L_w = L_{w1} + L_{w2}$

$$l_{w1} = \frac{R_{u1}}{\phi R_{nw}}$$

$$l_{w2} = \frac{R_{u2}}{\phi R_{nw}}$$

2.3.2 Perencanaan pelat

Struktur bangunan gedung umumnya tersusun atas komponen pelat atap, pelat lantai, balok anak, balok induk, dan kolom yang merupakan satu kesatuan monolit atau terangkai seperti halnya pada sistem pracetak.

a. Perencanaan pelat atap

Pelat atap merupakan suatu struktur yang hampir menyerupai struktur pelat lantai, namun ketebalan pada struktur pelat atap lebih kecil dibandingkan dengan struktur pelat lantai. Dan yang pasti struktur ini adalah konstruksi yang tidak terlindungi, sehingga memiliki ketebalan selimut beton yang lebih tebal dibandingkan dengan pelat lantai. Hal tersebut berfungsi untuk melindungi tulangan beton pada pelat atap dari pengaruh cuaca (udara, panas maupun hujan).

Hal yang membedakan perencanaan pelat atap dengan pelat lantai adalah beban-beban yang bekerja di atasnya lebih kecil sehingga ketebalan pelat atap lebih tipis dibandingkan pelat lantai. Adapun beban-beban yang bekerja pada pelat atap, berdasarkan PPPURG (1987) yaitu :

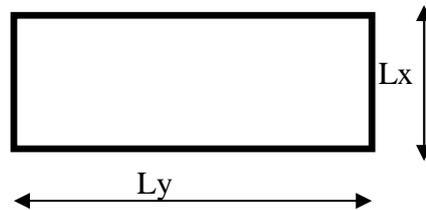
1. Beban mati (W_D)
 - Beban sendiri pelat atap
 - Beban yang diterima oleh pelat karena adanya adukan mortar, plafond dan penggantung plafond
2. Beban hidup (W_L), diambil 100 kg/m^2

b. Perencanaan pelat lantai

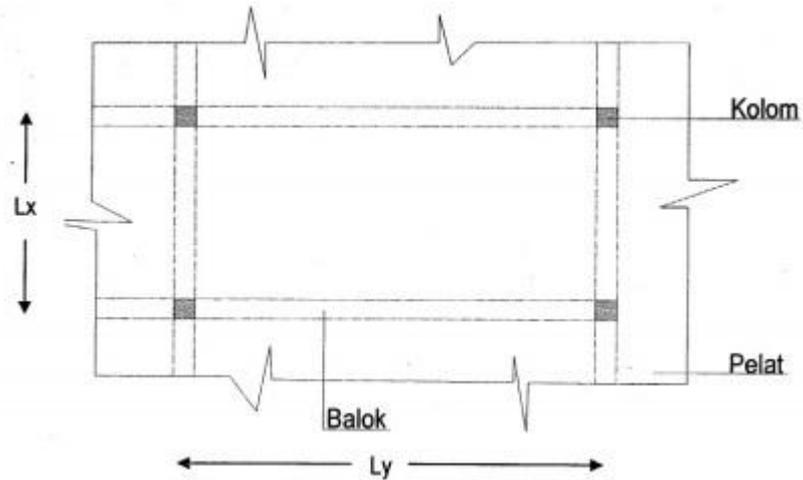
Pelat beton bertulang dalam suatu struktur dipakai pada lantai, pada pelat ruang ditumpu balok pada keempat sisinya terbagi menjadi dua berdasarkan geometrinya, yaitu :

1. Pelat satu arah (*one way slab*)

Suatu pelat dikatakan pelat satu arah apabila $\frac{l_y}{l_x} < 2$, dimana l_y dan l_x adalah panjang dari sisi-sisinya.



Gambar 2.2 Ly, Lx pada pelat satu arah



Gambar 2.3 Pelat satu arah

Dalam perencanaan struktur pelat satu arah, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

a. Penentuan tebal pelat

Penentuan tebal pelat terlentur satu arah tergantung pada beban atau momen lentur yang bekerja, defleksi yang terjadi, dan kebutuhan kuat geser yang dituntut.

b. Menghitung beban mati pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung momen rencana (W_u).

$$W_u = 1,2 W_{DD} + 1,6 W_{LL} \dots\dots\dots(2.31)$$

Keterangan :

W_{DD} = jumlah beban mati pelat (KN/m)

W_{LL} = jumlah beban hidup pelat (KN/m)

Tabel 2.5 Tebal Minimum Pelat Satu Arah

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Dua tumpuan sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau pelat rusuk satu arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8

Sumber : Dipohusodo, 1999

Catatan :

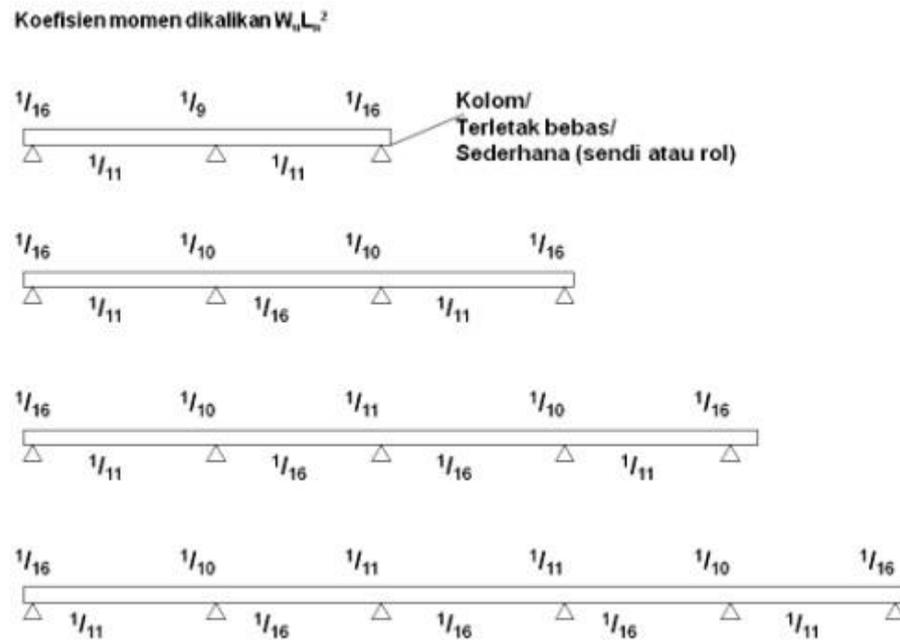
- Panjang bentang dalam mm (millimeter)
- Nilai yang harus diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan berat beton normal 24 KN/m³ dan baja tulangan BJTD mutu 40. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasi sebagai berikut :
 - a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis di antara 1500 kg/m³ sampai 2000 kg/m³, nilai harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,00 w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,90, dimana w_c adalah berat jenis dalam kg/m³.
 - b) Untuk f_y selain 400 Mpa nilainya harus dikalikan dengan : $0,4 + \frac{f_y}{700}$
- c. Menghitung momen rencana (M_u) baik dengan cara tabel atau analisis.

Sebagai alternatif, metode pendekatan berikut ini dapat digunakan untuk menentukan momen lentur dan gaya geser dalam perencanaan balok menerus dan pelat satu arah, yaitu pelat beton bertulang dimana tulangnya hanya direncanakan untuk memikul gaya-gaya dalam satu arah dengan metode koefisien momen antara lain :

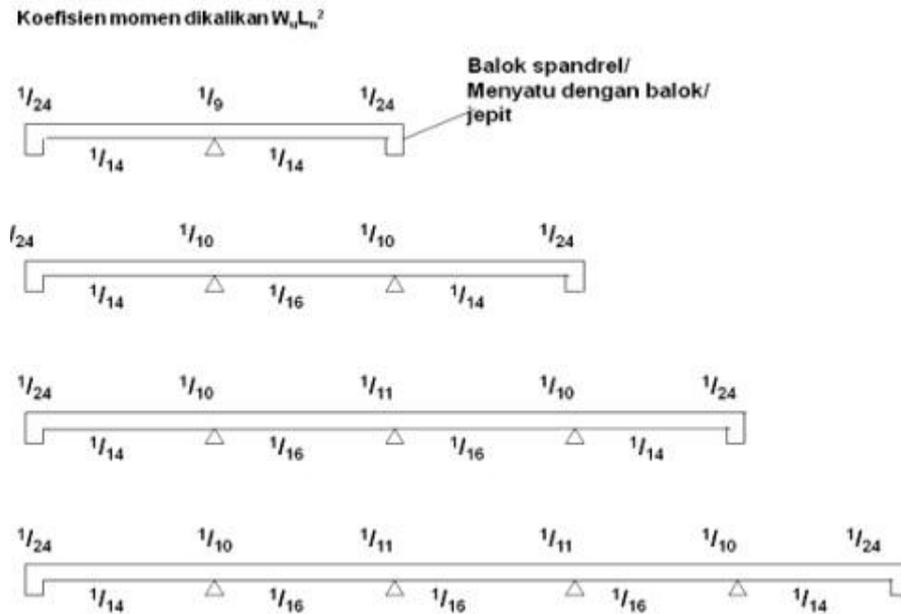
- 1) Jumlah minimum bentang yang ada haruslah dua

- 2) Ketentuan untuk panjang bentang bersebelahan yaitu bentang yang paling besar tidak boleh memiliki panjang lebih besar dari 1,2 kali bentang yang paling pendek
- 3) Beban yang bekerja merupakan beban terbagi rata
- 4) Beban hidup per satuan panjang tidak melebihi tiga kali beban mati per satuan panjang, dan
- 5) Komponen struktur adalah prismatis.

Gambar di bawah ini dapat menjelaskan besarnya momen-momen yang terdapat dalam suatu struktur pelat(momen tumpuan dan momen lapangan).



Gambar 2.4 Balok sprandel/terletak bebas/sederhana(sendi atau roll)



Gambar 2.5 Kolom/menyatu dengan balok(jepit)

- Untuk momen lapangan, l_n = panjang bersih rata-rata dari yang ditinjau.
 - Sedangkan untuk momen tumpuan, l_n = panjang bersih rata-rata dari dua bentang pelat yang bersebelahan.
- d. Perkiraan tinggi efektif (d_{eff})

Dalam suatu struktur beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk besi tulangan harus memenuhi ketentuan yang sesuai dengan tabel 2.6 berikut ini :

Tabel 2.6 Tebal Selimut Beton

Tebal minimum selimut beton,(mm)	
a. Beton yang dicor langsung diatas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	70
b. Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca : <ul style="list-style-type: none"> - Batang D-19 hingga D-56 - Batang D-16, jarring kawat polos atau ulir W16 dan yang lebih kecil 	50 40

Lanjutan Tabel 2.6

c. Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau tanah :	
1. Pelat, dinding, pelat berusuk :	
Batang D-44 dan D-56	40
Batang D-36 dan yang lebih kecil	20
2. Balok, kolom :	
Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral	40
3. Komponen struktur cangkang, pelat lipat :	
Batang D-16 dan yang lebih besar	20
Batang D-16, jarring kawat polos atau ulir P16 dan yang lebih kecil	15

Sumber : SNI 03-2847-2002

e. Menghitung K_{perlu}

$$k = \frac{Mu}{\phi b d_{eff}^2} \dots\dots\dots(2.32)$$

Keterangan :

- k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)
- Mu = momen terfaktor pada penampang (KN/m)
- b = lebar penampang (mm) diambil 1 m
- d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)
- Ø = faktor kuat rencana

f. Menentukan rasio penulangan () dari tabel

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

g. Hitung A_s yang diperlukan

$$A_s = \rho b d_{eff} \dots\dots\dots(2.33)$$

Keterangan :

- A_s = luas tulangan (mm²)
- ρ = rasio penulangan
- d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

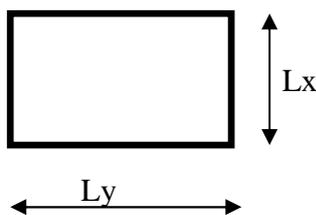
- h. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan suhu dan susut dengan menggunakan tabel.

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

- 1) Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut :
 - a) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 300 adalah 0,0020
 - b) Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jarring kawat las (polos atau ulir) mutu 400 adalah 0,0018
 - c) Pelat yang menggunakan tegangan leleh melebihi 400 Mpa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 % adalah $0,0018 \times 400/f_y$
- 2) Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari lima kali tebal pelat, atau 450 mm.

2. Pelat dua arah (*two way slab*)

Suatu pelat dikatakan pelat dua arah apabila $\frac{L_y}{L_x} < 2$, dimana L_y dan L_x adalah panjang pelat dari sisi-sisinya.



Gambar 2.6 L_y , L_x pada pelat dua arah

Berikut adalah prosedur perencanaan perhitungan pelat dua arah :

1. Menghitung H minimum pelat

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

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

Tabel 2.7 Tebal Minimum Pelat

Tegangan Leleh (Mpa)	Tanpa Penebalan				Dengan Penebalan			
	Panel Luar		Panel Dalam		Panel Luar		Panel Dalam	
	Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir			Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir		
300	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{40}$	$\frac{l_n}{40}$	$\frac{l_n}{40}$
400	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$
500	$\frac{l_n}{30}$	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{33}$	$\frac{l_n}{31}$	$\frac{l_n}{31}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$	$\frac{l_n}{36}$

Sumber : SNI 03-2847-2002

Untuk m lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{fy}{1500})}{36 + 5\beta} \dots\dots\dots(2.34)$$

Dan tidak boleh kurang dari 120 mm.

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

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{fy}{1500})}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots(2.35)$$

Dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

Dimana :

$$m = E_{cb} I_b / E_{cs} I_s \dots\dots\dots(2.36)$$

Keterangan :

E_{cb} = modulus elastis balok beton

E_{cs} = modulus elastis pelat beton

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

I_s = inersia pelat ($\frac{lnh^3}{12}$)

l_n = jarak bentang bersih (mm)

h = tinggi balok

t = tebal pelat

= rasio bentang panjang bersih terhadap bentang pendek
bersih pelat

Menghitung beban rencana pelat :

$$W_u = 1,2 W_{DD} + 1,6 W_{LL} \dots\dots\dots(2.37)$$

W_{DD} = jumlah beban mati pelat (KN/m)

W_{LL} = jumlah beban hidup pelat (KN/m)

Menghitung momen rencana (M_u) menurut W.C Vis dan Gideon Kusuma, 1993 :

$$M_x = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koef. momen} \dots\dots\dots(2.38)$$

$$M_y = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koef. momen} \dots\dots\dots(2.39)$$

Keterangan :

M_x = momen sejauh X meter

M_y = momen sejauh Y meter

c. Menentukan tinggi efektif (d_{eff})

$$d_x = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah x} \dots\dots\dots(2.40)$$

$$d_y = h - \text{tebal selimut beton} - \emptyset \text{ tulangan pokok x} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan arah y} \dots\dots\dots(2.41)$$

d. Menghitung K_{perlu}

$$k = \frac{M_u}{\emptyset b d_{eff}^2 f^2} \dots\dots\dots(2.42)$$

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

M_u = momen terfaktor pada penampang (KN/m)

b = lebar penampang (mm) diambil 1 m

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

\emptyset = faktor kuat rencana (SNI 2002)

e. Menentukan rasio penulangan () dari tabel

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

f. Hitung A_s yang diperlukan

$$A_s = \rho b d_{eff} \dots\dots\dots(2.43)$$

Keterangan :

A_s = luas tulangan (mm^2)

= rasio penulangan

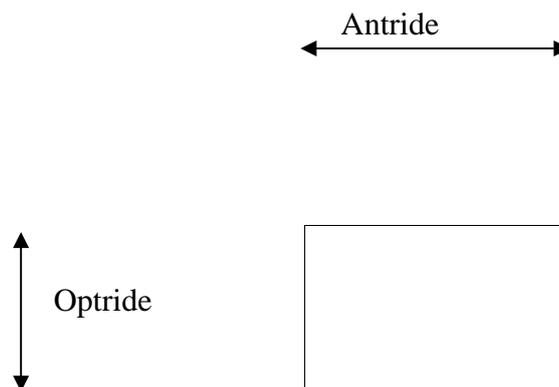
d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

- g. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan suhu dan susut dengan menggunakan tabel momen rencana pelat metode amplot.

2.3.3 Perencanaan tangga

Tangga adalah suatu konstruksi yang menghubungkan antara lantai yang satu ke lantai yang lain yang mempunyai ketinggian yang berbeda dan dapat dibuat dari kayu, pasangan batu, baja, besi dan beton. Perhitungan– perhitungan perencanaan tangga adalah sebagai berikut (Kusuma,1993) :

1. Tangga terdiri dari anak tangga. Anak tangga terdiri dari dua, yaitu :
 - a. Antride adalah bagian dari anak tangga pada horizontal yang merupakan bidang tempat kaki berpijak.
 - b. Optride adalah bagian dari anak tangga pada bidang vertikal yang merupakan selisih antara dua buah anak tangga yang berurutan.



Gambar 2.7 Anak tangga (menjelaskan posisi opride dan antride)

2. Syarat – syarat umum tangga :
 - a. Mudah dilewati
 - b. Kuat dan kaku
 - c. Ukuran tangga harus sesuai dengan sifat dan fungsinya
 - d. Material yang digunakan harus baik
 - e. Letak tangga harus strategis
 - f. Sudut kemiringan tidak lebih dari 45° .
3. Syarat – syarat khusus tangga :
 - a. Untuk rumah tinggal
 - 1) Antride = 25 cm (minimum)
 - 2) Optride = 20 cm (maksimum)
 - 3) Lebar tangga = 80 – 100 cm
 - b. Untuk perkantoran dan lain- lain
 - 1) Antride = 25 cm (minimum)
 - 2) Optride = 17 cm (maksimum)
 - 3) Lebar tangga = 120 – 200 cm
 - c. Syarat langkah
$$2 \text{ opride} + 1 \text{ antride} = 50 \text{ cm} - 70 \text{ cm}$$
 - d. Sudut kemiringan
$$\text{Maksimum} = 45^\circ$$
$$\text{Minimum} = 25^\circ$$
 - e. Tinggi bebas diatas anak tangga 2,00 m
4. Langkah – langkah perencanaan tangga :
 - a. Menentukan antride dan opride setelah diketahui tinggi ruangan
 - b. Menentukan jumlah antride dan opride
 - c. Menentukan panjang tangga
 - d. Menghitung pembebanan tangga
 - 1) Beban mati
 - Berat sendiri tangga
 - Berat sendiri bordes
 - Berat spesi dan ubin

- Beban sandaran

2) Beban hidup

e. Perhitungan tangga dengan metode *cross*

$$K = \frac{4EI}{L} \dots\dots\dots(2.44)$$

Faktor distribusi :

$$\mu = \frac{K}{\sum K} \dots\dots\dots(2.45)$$

Momen primer :

$$M_{AB} = \frac{1}{12} \times W_u \times L^2 \dots\dots\dots(2.46)$$

Bidang gaya dalam D, N dan M :

$$N = V \cdot \sin \theta + H \cdot \cos \theta \dots\dots\dots(2.47)$$

$$D = V \cdot \cos \theta + H \cdot \sin \theta \dots\dots\dots(2.48)$$

f. Merencanakan tulangan

1) Menentukan momen yang bekerja

2) Mencari tulangan yang diperlukan

3) Mengontrol tulangan

4) Menentukan jarak spesi

5) Menentukan luas tulangan yang diperlukan(A_s)

$$K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \dots\dots\text{didapat nilai} \dots\dots\dots(2.49)$$

$$A_s = \dots \cdot b \cdot d \dots\dots\dots(2.50)$$

2.3.4 Perencanaan portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sebagai satu kesatuan yang lengkap yang terdiri dari berat sendiri, peralatan berat gording, beban hidup, dan beban mati. Portal-portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati, portal akibat beban hidup, dan portal akibat beban gempa.

Sebelum merencanakan portal terlebih dahulu kita harus mendimensikan portal baik itu struktur balok maupun struktur kolom. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pendimensian portal adalah sebagai berikut :

a. Pendimensian balok

Tebal minimum balok ditentukan dalam SNI 03-2847-2002 adalah :

- Untuk balok dengan dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum $\frac{1}{16}$
- Untuk balok dengan satu ujung menerus memiliki tebal minimum $\frac{1}{18,5}$
- Untuk balok dengan satu ujung menerus memiliki tebal minimum $\frac{1}{21}$
- Sedangkan untuk balok kantilever memiliki tebal minimum $\frac{1}{8}$

- b. Pendimensian kolom
- c. Analisa pembebanan
- d. Menentukan gaya-gaya dalam

Dalam menghitung dan menentukan besarnya momen yang bekerja pada suatu struktur bangunan, kita mengenal berbagai macam metode perhitungan yaitu, metode cross, metode takabeya, serta metode dengan menggunakan bantuan aplikasi computer yaitu menggunakan program SAP 2000 V. 14.

Berikut cara menghitung besarnya momen dengan menggunakan program SAP 2000 V.14 :

1. Perencanaan portal akibat beban mati dan beban hidup

- a) Perencanaan portal akibat beban mati

Untuk merencanakan portal akibat beban mati ini yang harus dilakukan adalah menentukan pembebanan pada portal, pembebanan ini terdiri dari :

- Beban sendiri pelat
- Beban balok
- Beban penutup lantai dan adukan semen
- Berat plafon + penggantung
- Berat balok
- Berat pasangan dinding bata
- Berat plesteran dinding

- b) Perencanaan portal akibat beban hidup

Untuk perencanaan portal akibat beban hidup yang harus dilakukan adalah menentukan pembebanan pada portal serta perhitungan akibat beban hidup sama dengan perhitungan akibat

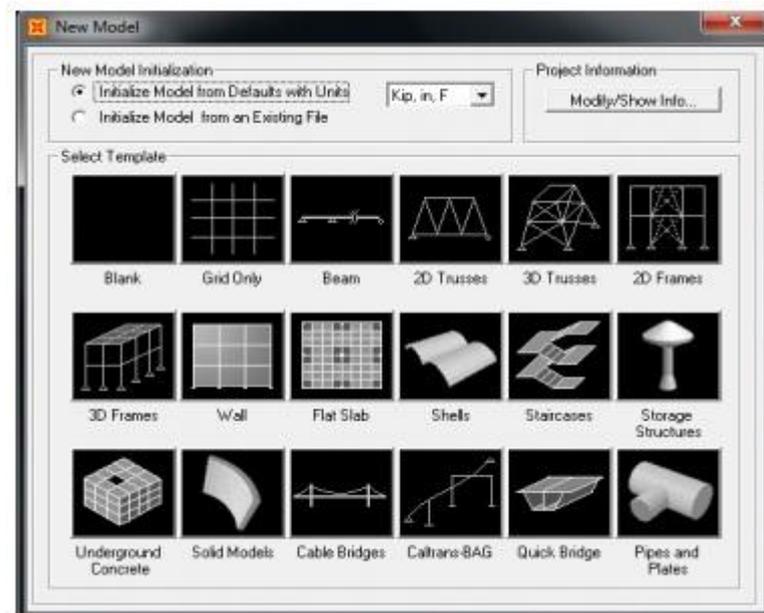
beban mati. Pembebanan pada portal akibat beban hidup menurut PPPURG, 1987 yaitu:

- 1) Beban hidup untuk pelat lantai diambil sebesar 250 kg/m^2 .
- 2) Beban hidup pada atap diambil sebesar 100 kg/m^2 .

2. Langkah-langkah perhitungan

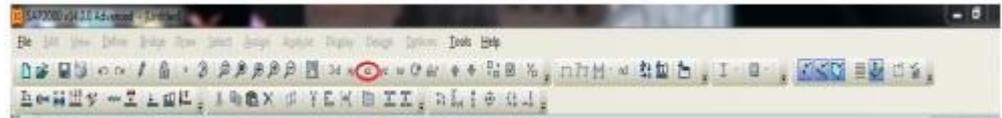
a) Buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup

Langkah pertama yang dilakukan adalah memilih perhitungan yang akan digunakan. Dimana model yang digunakan adalah model *Grid Only*. Pilih units satuan dalam KN M C.



Gambar 2.8 Membuat model struktur

Kemudian dilanjutkan dengan mengatur *grid* penghubung garis atau *frame*. Dimana nilai *xz* diisi, *x* untuk arah horizontal dan *z* arah vertikal (*y* diisi 1 untuk bangunan 2 dimensi). Selanjutnya pilih *Edit grid* untuk mengatur panjang vertikal dan horizontal tiap *frame*. Setelah selesai pilih OK, kemudian *set view* dalam arah *xz* dengan mengklik menu *xz* pada *toolbar*.

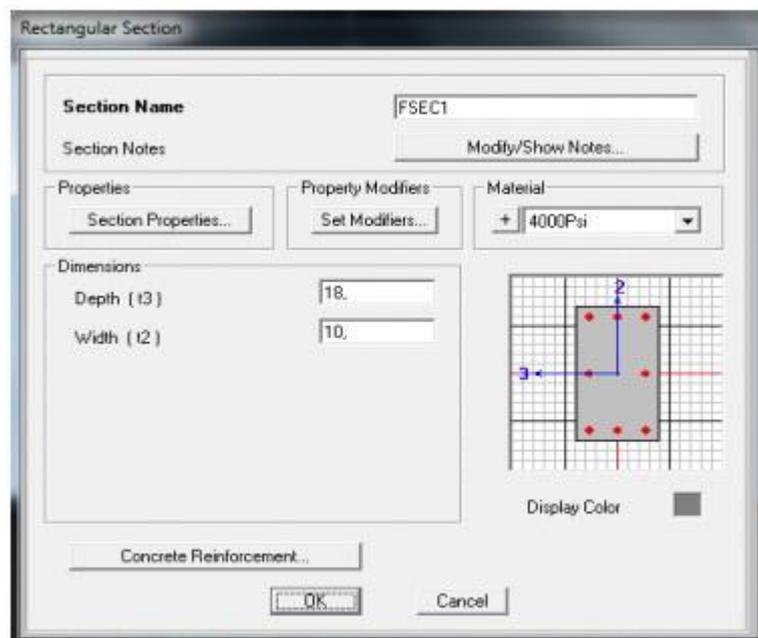


Gambar 2.9 Memilih tampilan(arah tinjauan)

b) Input data perencanaan

- Dimensi kolom
- Dimensi balok
- Mutu beton (f_c')

Cara memasukan nilai dimensi kolom dan balok pada umumnya sama, yaitu : Balok *frame* kolom atau balok, lalu pilih *Define – Frame Section* pada *toolbar*, setelah memilih manu diatas maka akan tampil *toolbar Frame Properties, Choose Property Type to Add*, pilih *Add Rectangular* (untuk pemampang berbentuk segiempat), klik *Add new Property* hingga muncul *toolbar* seperti dibawah ini :



Gambar 2.10 Memasukkan data perencanaan

Ganti *Section Name* dengan nam Balok (untuk balok), dan nama kolom (untuk kolom). Ganti ukuran tinggi (*Depth*) dan lebar (*Weidh*) masing-masing pada kolom dan balok sesuai dengan ukuran yang

telah direncanakan. Kemudian klik *Concrete Reinforcement*, lalu klik *Column* untuk kolom dan *Beam* untuk balok, lalu klik OK.

Untuk menentukan *frame* balok atau kolom yaitu dengan cara *blok frame* kemudian pilih *Assign – Frame Section – Modify/Show Property* pilih balok atau kolom.

Cara memasukkan nilai F_y , F_c dan Modulus Elastis, yaitu : Balok semua *Frame*, lalu pilih *Define* pada *toolbar – Material Type* – pilih *concrete* untuk beton, lalu klik *Modify/Show Material*. Seperti pada gambar dibawah ini :

The image shows a software dialog box for defining material properties for concrete. The 'Material Type' dropdown menu is highlighted with a red circle and set to 'Concrete'. Other visible fields include 'Material Name and Display Color' (4000Psi), 'Weight per Unit Volume' (23563.122), 'Modulus of Elasticity, E' (2.486E+10), and 'Specified Concrete Compressive Strength, f'c' (27579032). The dialog also includes sections for 'Isotropic Property Data' and 'Other Properties for Concrete Materials', along with 'OK' and 'Cancel' buttons.

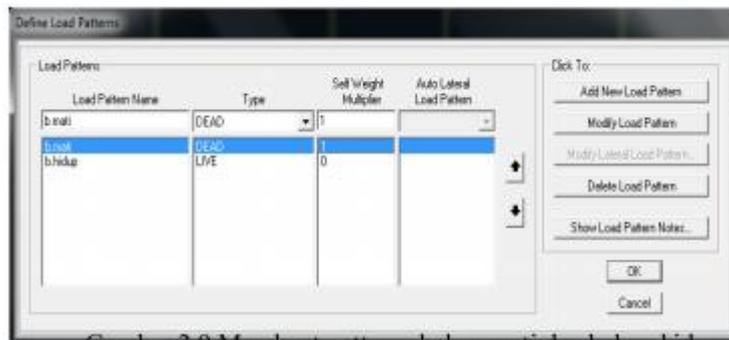
Gambar 2.11 Memasukkan nilai F_y , F_c dan modulus elastisitas

Ganti nilai *Weight per Unit Volume* dengan 24 yaitu nilai dari berat jenis beton. Ubah nilai *Modulus of Elasticity* dengan $4700 \overline{f'c}$

x 1000, serta nilai F_c dan F_y sesuai dengan perencanaan masing-masing dikali 1000, lalu klik OK.

c) Mentukan *patterns* beban mati dan beban hidup

Pilih *Define* pada toolbar lalu pilih *Load Patterns* – buat nama pembebanan, tipe pembebanan dan nilai koefisien beban mati diisi dengan nilai 1, sedangkan koefisien beban hidup diisi dengan nilai 0. Seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :

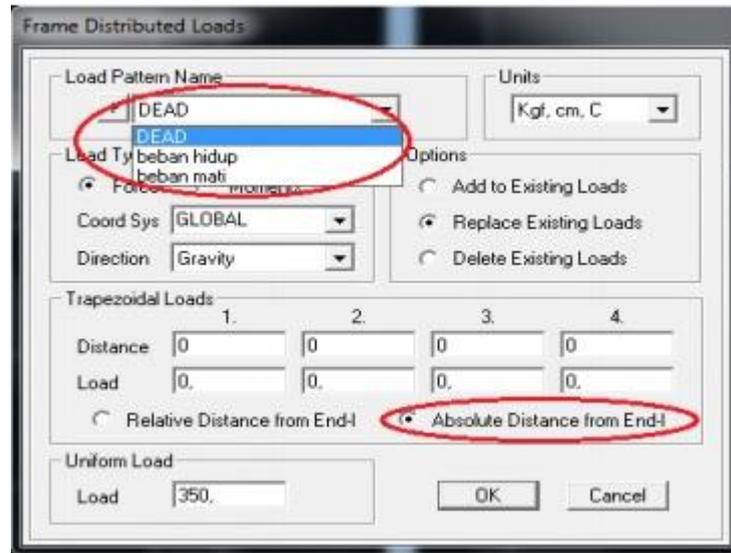


Gambar 2.12 Membuat *patterns* beban mati dan beban hidup

d) Input nilai beban mati dan beban hidup

1) Akibat beban merata

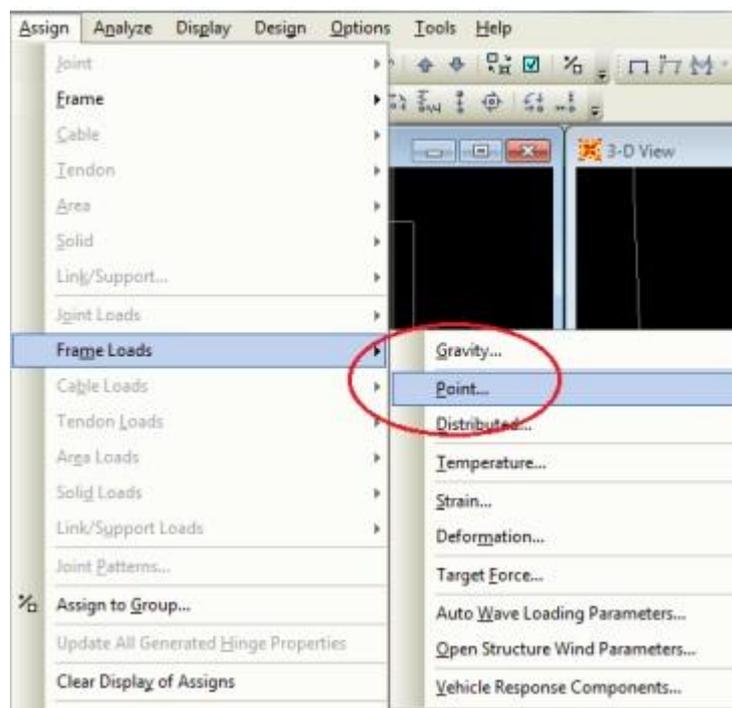
Blok *frame* yang akan di input, lalu pilih *Assing* pada *toolbar*, lalu pilih *Frame Load – Distributed* – pilih beban mati atau beban hidup untuk pembebanan tersebut pada *Load Pattern Name* – klik *absolute Distance frome End-1* (agar dapat mengatur jarak yang diinginkan) – atur jarak *Distance* di titik 1 isi dengan 0 dan titik 2 isi dengan panjang *frame* yang telah direncanakan, serta isi nilai bebannya pada 2 titik tersebut.



Gambar 2.13 Memasukkan nilai beban mati dan beban hidup

2) Akibat beban terpusat

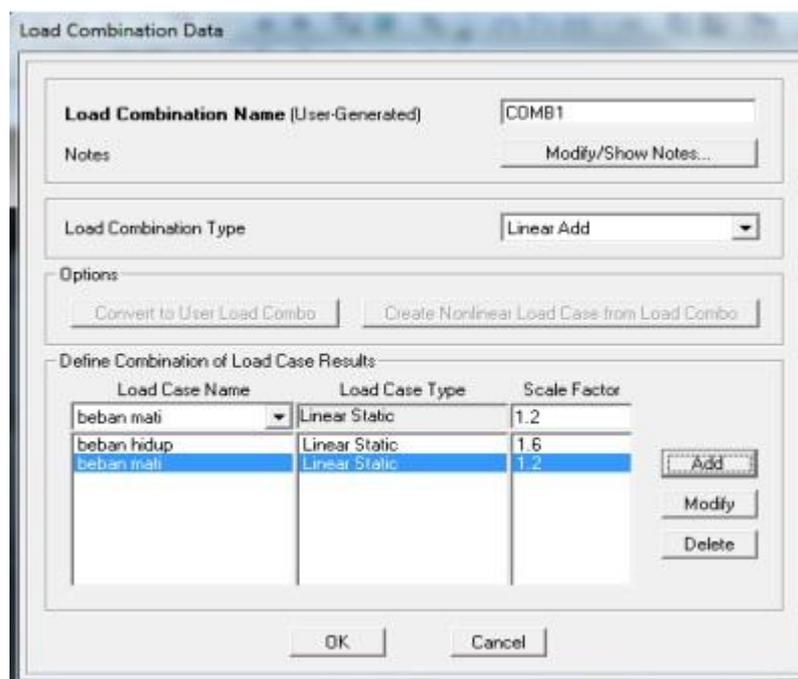
Menginput data beban terpusat sama halnya seperti menginput data pada beban merata, hanya saja setelah memilih menu *Frame Load* selanjutnya yang dipilih adalah *Point*.



Gambar 2.14 Memasukkan nilai beban terpusat

Cara memasukkan nilai beban terpusat sama dengan halnya dengan seperti memasukkan nilai beban merata.

- e) Input *Load Combination* (beban kombinasi), yaitu 1,2 beban mati + 1,6 beban hidup. Langkah pertama yaitu blok seluruh *frame* yang akan dikombinasi, kemudian pilih *Define – Load Combination – Add New Combo*. Kemudian pada *Load Case Name* pilih masing-masing beban, untuk beban hidup *Scale Factor* diisi dengan nilai 1,6, sedangkan beban mati diisi dengan nilai 1,2.



Gambar 2.15 Memasukkan nilai beban kombinasi

- f) Run analisis

Setelah beban akibat mati (*Dead Load*) dan beban akibat beban hidup (*Live Load*) dan beban akibat angin di input, portal tersebut siap untuk di analisis seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.16 Run analisis

2.3.5 Perencanaan balok

Balok merupakan batang horizontal dari rangka struktur yang memikul beban tegak lurus sepanjang batang tersebut biasanya terdiri dari dinding, pelat atau atap bangunan dan menyalurkannya pada tumpuan atau struktur dibawahnya.

Adapun beberapa jenis struktur balok beton bertulang dapat dibedakan berdasarkan perencanaan lentur dan berdasarkan tumpuannya.

a. Berdasarkan perencanaan lentur jenis balok dibedakan sebagai berikut :

1. Balok persegi dengan tulangan rangkap

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

2. Balok “ T ”

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

b. Berdasarkan tumpuannya, balok dibagi menjadi 2 antara lain :

1. Balok induk

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

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

a) Menentukan mutu beton yang akan digunakan

b) Menghitung pembebanan yang terjadi, yaitu :

1) Beban mati yang bekerja pada balok

2) Beban hidup yang bekerja pada balok

3) Beban sendiri balok

c) Menghitung beban *ultimate*

$$W_u = 1,2 D_L + 1,6 L_L \dots\dots\dots(2.51)$$

$$W_u = 1,05 (D + L_R \pm E) \dots\dots\dots(2.52)$$

$$W_u = 0,9 (D \pm E) \dots\dots\dots(2.53)$$

d) Perhitungan penulangan balok

Perhitungan penulangan pada balok dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1) Menentukan momen maksimum

2) Menentukan d_{efektif}

$$d_{\text{efektif}} = h - p - \emptyset_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \cdot \emptyset_{\text{tulangan pokok}} \dots\dots\dots(2.54)$$

3) Menentukan nilai k

$$k = \frac{Mu}{\emptyset b d} \dots\dots\dots(2.55)$$

4) Menentukan ρ (cek daktilitas)

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots(2.56)$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot b = 0,75 \frac{0,85 f_c' \beta_1}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} \dots\dots\dots(2.57)$$

$$\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}, \text{ bila } \rho < \rho_{\text{min}} \text{ maka dipakai } \rho_{\text{min}} \dots\dots\dots(2.58)$$

5) Menghitung penulangan

- Tentukan $d_{\text{efektif}} = h - p - \emptyset_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \cdot \emptyset_{\text{senggang}} \dots\dots\dots(2.59)$

- Hitung nilai k

$$k = \frac{Mu}{\emptyset b d e f^2} \rightarrow \text{didapat nilai } k \text{ dari tabel} \dots\dots\dots(2.60)$$

menghitung nilai A_s

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{\text{eff}} \dots\dots\dots(2.61)$$

- Tentukan diameter tulangan yang akan dipakai menggunakan tabel diameter tulangan.

- Kontrol jarak tulangan yang digunakan

- Kontrol momen nominal

$$= \frac{A_s \cdot f_y}{0,8 \cdot f_c' \cdot b} \dots\dots\dots(2.62)$$

6) Perencanaan perhitungan tulangan geser balok dengan ketentuan :

- Menentukan gaya lintang maksimum ($V_{u_{\text{maks}}}$) berdasarkan perhitungan portal

$$v_u = \frac{V_u}{b \cdot d} \dots\dots\dots(2.63)$$

jika $v_u > \phi v_c$, maka diperlukan tulangan geser. Sedangkan $v_u < \phi v_c$, maka tidak diperlukan tulangan geser.

- Menentukan nilai ϕv_c

$$v_c = \frac{1}{6} \times \overline{f'c'} \cdot b_w \cdot d \dots\dots\dots(2.64)$$

- 7) Menentukan tulangan geser yang dipakai dan jaraknya

$$S_{maks} = \frac{d \cdot e \cdot f \cdot f}{2} \dots\dots\dots(2.65)$$

$$S_{min} = \frac{A_v \cdot 1200 \cdot f_y}{75 \cdot \overline{f'c'} \cdot b_w} \dots\dots\dots(2.66)$$

2. Balok anak

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

2.3.6 Perencanaan kolom

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil. Sedangkan komponen struktur yang menahan beban aksial vertikal dengan rasio bagian tinggi dengan dimensi lateral terkecil kurang dari tiga dinamakan *pedestal*. Perencanaan struktur kolom pada laporan akhir ini adalah kolom berbentuk segiempat dan beban yang bekerja merupakan beban sentris dan beban eksentris.

Ketentuan-ketentuan yang perlu diperhatikan dalam perencanaan struktur kolom bangunan gedung adalah sebagai berikut :

- a. Dimensi batang terpendek tidak boleh $< 300 \text{ mm}$ ($b < 300 \text{ mm}$)
- b. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi yang tegak lurus padanya tidak boleh $< 0,4$ atau ($\frac{h}{b} < 0,4$)
- c. Rasio tinggi kolom terhadap dimensi kolom terpendek adalah tidak boleh > 25 , untuk kolom yang dapat mengalami momen yang dapat berbalik tanda rasionya tidak boleh > 16 , untuk kolom kantilever rasionya tidak boleh > 10

- d. Jumlah ruas tulangan memanjang untuk rasio tulangan adalah tidak boleh <0,001 dan tidak boleh >0,06 dan pada daerah sambungan tidak boleh >0,08 pada perencanaan gempa
- e. Tulangan pokok memanjang berpegikat sengkang minimum 4 buah batang tulangan untuk bentuk segiempat dan lingkaran serta 3 buah batang tulangan segitiga dan 6 buah batang tulangan yang dikelilingi spiral
- f. Tebal minimum untuk selimut beton adalah 40 mm.

Tahapan-tahapan dalam perencanaan dan perhitungan struktur kolom adalah sebagai berikut :

1. Menentukan pembebanan

$$W_u = 1,2 D_L + 1,6 L_L \dots\dots\dots(2.67)$$

2. Menentukan momen rencana struktur kolom

$$M_u = 1,2 M_{D_L} + 1,6 M_{L_L} \dots\dots\dots(2.68)$$

3. Menghitung nilai kekakuan kolom

$$E_k = \frac{E_c I_g}{2,5(1 + \beta_d)} \dots\dots\dots(2.69)$$

Dimana :

E_c = modulus elastisitas beton, 4700 $\sqrt{f'c}$ Mpa

I_g = momen inersia penampang beton utuh dan diandaikan tak bertulang, untuk kolom persegi $I_g = \frac{1}{12} b \cdot h^3$

β_d = faktor yang menunjukkan hubungan antara beban mati (berat sendiri) dan beban keseluruhan

4. Menhitung momen yang diperbesar untuk balok

$$E_{lb} = \frac{E_c I_g}{5(1 + \beta_d)} \dots\dots\dots(2.70)$$

5. Cek kelangsingan kolom

$$\text{Kelangsingan kolom} = \frac{\frac{E_k \text{ lantai } 1}{l_k \text{ lantai } 1} + \frac{E_k \text{ lantai } 2}{l_k \text{ lantai } 2}}{\frac{E_{lb} \text{ kiri}}{l_b \text{ kiri}} + \frac{E_{lb} \text{ kanan}}{l_b \text{ kanan}}} \dots\dots\dots(2.71)$$

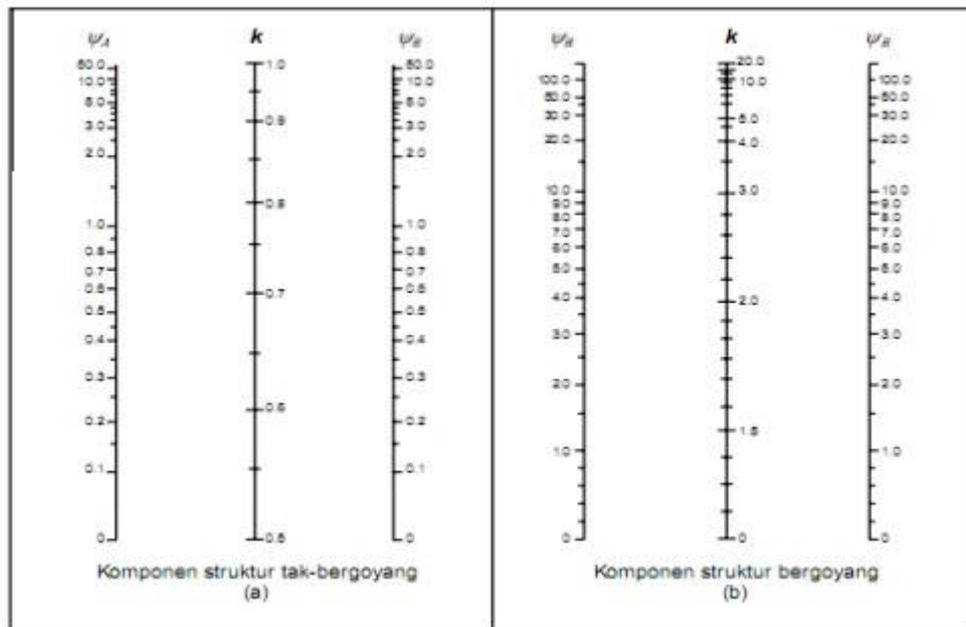
6. Menentukan nilai k

Menentukan nilai k dari struktur kolom dengan pengaku dengan menggunakan grafik alignment (grafik nomogram) seperti gambar 2.17.

Ketentuan kolom langsing adalah sebagai berikut :

a) Rangka tanpa pangaku lateral $= \frac{klu}{r} < 22 \dots\dots\dots(2.72)$

b) Rangka dengan pengaku lateral $= \frac{klu}{r} < 34 \quad 12 \left(\frac{M1-b}{M2-b} \right) \dots\dots\dots(2.73)$



Gambar 2.17 Grafik nomogram

7. Mencari nilai Pc

$$Pc = \frac{\pi^2 \cdot EIk}{k \cdot lu^2} \dots\dots\dots(2.74)$$

8. Mencari nilai δb

$$s = \frac{Cm}{1 - \frac{Pu}{\phi rc}}, 0 \quad b = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu}{\phi \sum Pc}}, 0 \dots\dots\dots(2.75)$$

$$Cm = 0,6 + 0,4 \times \frac{M1b}{M2b} \quad 0,4 \text{ (kolom dengan pengaku)} \dots\dots\dots(2.76)$$

$$Cm = 1,0 \text{ (kolom tanpa pengaku)} \dots\dots\dots(2.77)$$

Keterangan :

s = faktor pembesar ekstra pada struktur rangka tanpa pengaku

b = faktor pembesar pada struktur rangka dengan pengaku

M1B = momen kolom terbesar pada struktur kolom dengan pengaku

M2B = momen kolom terkecil dalam 1 kolom

9. Mendesain penulangan

Hitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 1% luass kolom

$$As = As' = \rho \cdot D \cdot d_{\text{eff}} \dots \dots \dots (2.78)$$

10. Menentukan tulangan yang dipakai

$$\rho = \frac{As \text{ pakai}}{b \cdot d} \dots \dots \dots (2.79)$$

11. Memeriksa P_u terhadap beban seimbang

$$d = h - d' \dots \dots \dots (2.80)$$

$$Cb = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} \dots \dots \dots (2.81)$$

$$ab = \beta_1 \cdot Cb \dots \dots \dots (2.82)$$

$$f_s' = \frac{Cb - d'}{cb} \dots \dots \dots (2.83)$$

$$f_y = \frac{f_y}{E_s} \dots \dots \dots (2.84)$$

$$f_s' > f_y \longrightarrow f_s' = f_y ; As = As' \dots \dots \dots (2.85)$$

$$\phi P_n = \phi (0,85 \cdot f_c' \cdot ab \cdot b + (As' \cdot f_s' - As \cdot f_y)) \dots \dots \dots (2.86)$$

Keterangan :

$\phi P_n > P_u \longrightarrow$ beton belum hancur pada daerah tarik

$\phi P_n < P_u \longrightarrow$ beton hancur pada daerah tarik

12. Memeriksa kekuatan penampang

a) Akibat keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{As \cdot f_y}{\frac{e}{d-d'} + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\frac{3 \cdot h \cdot e'}{d'} + 1,18} \dots \dots \dots (2.87)$$

b) Akibat keruntuhan tarik

$$P_n = 0,85 f_c' \cdot b \cdot d \frac{h-2e}{2d} + \frac{h-2e}{2d} + 2Mp \left(1 - \frac{d'}{d} \right) \dots \dots \dots (2.88)$$

Dengan :

$$e = \frac{Mu}{Pu} \dots \dots \dots (2.89)$$

$$e_{\text{min}} = 15 + 0,03 h \dots \dots \dots (2.90)$$

diambil nilai e terbesar

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} \dots \dots \dots (2.91)$$

Nilai ϕP_n harus lebih besar daripada P_u kolom.

13. Menentukan tulangan sengkang

1) Berdasarkan syarat teoritis

Adapun syarat penulangan sengkang :

a) Jarak spasi :

- 48 kali diameter tulangan sengkang
- 16 kali diameter tulangan pokok
- Selebar kolom

b) Untuk tulangan pokok ≤ 32 mm, digunakan sengkang $\varnothing 10$ mm

c) Untuk tulangan pokok > 32 mm, digunakan sengkang $\varnothing 12 - 16$ mm.

2) Berdasarkan perhitunga V_u

Perhitungan sengkang berdasarkan nilai V_u perhitungannya sama seperti sengkang pada struktur balok.

2.3.7 Perencanaan sloof

Sloof adalah salah satu struktur bawah suatu bangunan yang menghubungkan pondasi dan berfungsi sebagai penerima beban dinding di atasnya. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan dan perhitungan sloof adalah :

a. Menentukan dimensi sloof

b. Menentukan pembebanan sloof

- Berat sloof
- Berat dinding
- Berat plesteran

Kemudian semua beban dijumlahkan untuk mendapatkan beban total yang bekerja pada struktur sloof, lalu dikalikan dengan faktor beban untuk mendapatkan beban terfaktor.

$$W_u = 1,4 D_L \dots\dots\dots(2.92)$$

c. Menghitung momen yang bekerja pada struktur sloof menggunakan SAP 2000 V.14

d. Menghitung penulangan

- Tentukan $d_{eff} = h - p - \varnothing_{sengkang} - \frac{1}{2} \varnothing_{sengkang} \dots\dots\dots(2.93)$

- Hitung nilai k

$$k = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d_{eff}^2} \longrightarrow \text{diambil nilai dari tabel} \dots\dots\dots(2.94)$$

Keterangan :

Mu = momen terfaktor pada penampang (KN/m)

b = lebar penampang (mm) diambil 1 m

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

Ø = faktor kuat rencana

Menghitung nilai A_s

$$A_s = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d_{eff}} \dots\dots\dots(2.95)$$

- Tentukan diameter tulangan yang akan dipakai menggunakan tabel diameter tulangan
- Kontrol jarak tulangan yang digunakan
- Kontrol momen nominal

$$= \frac{A_s \cdot f_y}{0,8 \cdot f_c' \cdot b} \dots\dots\dots(2.96)$$

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1} \dots\dots\dots(2.97)$$

- e. Perencanaan perhitungan tulangan geser balok dengan ketentuan :

- Menentukan gaya lintang maksimum (V_{umaks}) berdasarkan perhitungan portal

$$V_u = \frac{Vu}{b \cdot d} \dots\dots\dots(2.98)$$

$V_u > \phi V_c \longrightarrow$ diperlukan tulangan geser

$V_u < \frac{1}{2} \phi V_c \longrightarrow$ tidak diperlukan tulangan geser.

- Menentukan nilai ØV_c

$$V_c = \frac{1}{6} \times \overline{f_c'} \cdot b_w \cdot d \dots\dots\dots(2.99)$$

- f. Menentukan tulangan geser yang dipakai dan jaraknya

$$S_{maks} = \frac{d_{eff}}{2} \dots\dots\dots(2.100)$$

$$S_{min} = \frac{A_v \cdot 1200 \cdot f_y}{75 \cdot \overline{f_c'} \cdot b_w} \dots\dots\dots(2.101)$$

2.3.8 Perencanaan pondasi

Pondasi umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang letaknya terbawah pada sebuah bangunan. Struktur pondasi ini berfungsi untuk :

- a. Menyebarkan dan menyalurkan beban yang diterima bangunan ke dalam tanah
- b. Mencegah terjadinya penurunan pada bangunan
- c. Memberikan kestabilan pada bangunan di atasnya

Hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan struktur pondasi sebuah bangunan, yaitu :

1. Keadaan tanah dilokasi pembangunan
2. Jenis konstruksi bangunan
3. Kondisi bangunan di sekitar lokasi
4. Waktu dan biaya pekerjaan

Sebuah pondasi haruslah memenuhi beberapa persyaratan stabilitas dan persyaratan deformasi antara lain menurut Bowles J.E :

1. Kedalaman haruslah memadai untuk menghindarkan pengeliruan bahan dalam arah lateral dari bawah pondasi khususnya untuk telapak dan pondasi rakit.
2. Kedalaman haruslah berada dibawah daerah perubahan volume musiman yang disebabkan oleh pembekuan, pencairan dan pertumbuhan proyek.
3. Sistem harus aman terhadap penjungkir balikan, rotasi penyorongan atau perpecahan tanah (kegagalan kekuatan geser).
4. Sistem harus aman terhadap korosi atau kemerosotan yang disebabkan oleh bahan berbahaya yang terdapat didalam tanah. Hal ini perlu mendapatkan perhatian khusus didalam mendapat dan memperoleh kembali urugan tanah yang sehat dan kadang-kadang untuk pondasi laut.
5. Sistem harus memadai untuk menahan beberapa perubahan didalam tempat yang terkemudian atau geometri konstruksi dan mudah untuk dimodifikasi seandainya perubahan-perubahan kelak akan meliputi ruang lingkup yang besar.
6. Pondasi haruslah ekonomis didalam metode pemasangan.

7. Pergerakan tanah seluruhnya dan pergerakan diferensial harus dapat ditolerir untuk kedua elemen pondasi dan elemen bagian bangunan diatas tanah.
8. Pondasi dan kosntruksinya harus memenuhi syarat standar untuk perlindunagn lingkungan.

Jenis-jenis pondasi :

1. Pondasi dangkal (*shallow foundation*)

Pondasi dangkal adalah pondasi yang membeban secara langsung dan kedalamannya 0 – 3 meter.

a. Pondasi telapak (*isolated footing*)

- 1) Bujur sangkar
- 2) Persegi panjang
- 3) lingkaran

b. Pondasi jalur (*combined footing*)

c. Pondasi pelat (*mat foundation*)

d. Pondasi menerus (*continous footing*)

e. *Strap footing*

2. Pondasi dalam (*deep foundation*)

Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke dalam tanah keras atau batu yang terletak relatif jauh dari permukaan dan kedalamannya > 7 meter.

a. Pondasi beton pracetak (*precast concrete pile*)

b. Pondasi cor ditempat (*cast in place pile*)

c. Pondasi tiang baja (*steel pile*)

Daya dukung pondasi adalah kemampuan pondasi untuk mendukung atau memikul beban yang bekerja diatas pondasi. Menurut Terzaghi (1943) daya dukung tanah untuk pondasi adalah sebagai berikut :

1. Pondasi berbentuk tapak (persegi atau bujur sangkar)

$$Q_{ult} = 1,3.c.N_c + m.z.N_q + 0,4. m.B.N \dots\dots\dots(2.102)$$

2. Pondasi persegi panjang

$$Q_{ult} = c.N_c + m.z.N_q + 0,5. m.B.N \dots\dots\dots(2.103)$$

3. Pondasi tapak berbentuk lingkaran

$$Q_{ult} = 1,3.c.N_c + m.z.N_q + 0,3. m.B.N \dots\dots\dots(2.104)$$

Nilai dari faktor daya dukung N_c , N_q , dan N merupakan fungsi dari sudut geser dalam (ϕ). Nilai faktor daya dukung tersebut dapat dicari dengan menggunakan diagram Terzaghi.

$$q_{all} = \frac{Q_{ult}}{F} \dots\dots F = 2,5 - 3,0 \dots\dots\dots(2.105)$$

Perhitungan gaya geser pada pondasi telapak harus memenuhi :

$$V_u \quad V_n = V_c + V_s \dots\dots\dots(2.106)$$

Langkah-langkah perhitungan pondasi telapak :

1) Hitung pembebanan

$$- \text{Beban design pondasi, } P = P_D + P_L \dots\dots\dots(2.107)$$

- Berat sendiri pondasi

2) Hitung momen design pondasi

$$M = M_D + M_L \dots\dots\dots(2.108)$$

3) Tentukan tebal pondasi telapak

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

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

4) Tentukan d

$$d = h - p - \frac{1}{2} \phi_{tul} \dots\dots\dots(2.109)$$

5) Tentukan daya dukung ijin

$$q_a = \frac{q_c}{40} \dots\dots\dots(2.110)$$

$q_{ijin} = q_a - \text{berat sendiri pondasi} - \text{berat tanag urugan}$

6) Cari dimensi tapak dengan menggunakan beban bekerja

$$\frac{P}{A} \pm \frac{M_x}{W_y} \pm \frac{M_y}{W_x} \quad q_{ijin} \dots\dots\dots(2.111)$$

7) Kontrol kekuatan geser

a) Untuk aksi 2 arah

$$V_c = \frac{1}{12} \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \overline{f_c'} \cdot B_0 \cdot d \dots\dots\dots(2.112)$$

$$c = \frac{B_x}{B_y} = \frac{1,8}{1,8} = 1$$

b) Untuk aksi 1 arah

$$V_c = \frac{1}{3} B_w \cdot d \cdot \overline{f_c'} \dots\dots\dots(2.113)$$

8) Hitung penulangan dengan menggunakan beban ultimate

$$P_u = 1,2 P_D + 1,6 P_L \dots\dots\dots(2.114)$$

$$M_u = 1,2 M_D + 1,6 M_L \dots\dots\dots(2.115)$$

$$q_{12} = \frac{P_u}{A} \pm \frac{M_x}{W_y} \pm \frac{M_y}{W_x} \dots\dots\dots(2.116)$$

9) Pilih tulangan dengan As terpasang As yang direncanakan.

2.4 Manajemen Proyek

Manajemen proyek (pengelolaan proyek) adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Lebih jauh, manajemen proyek menggunakan pendekatan sistem dan *hirarki* (arus kegiatan) vertikal maupun horizontal. Fungsi dasar manajemen dikelompokkan menjadi 3 kelompok kegiatan, yaitu :

1. Kegiatan perencanaan

a. Penetapan tujuan (*goal setting*)

Yaitu tahap awal yang harus dilakukan terlebih dahulu dengan menentukan tujuan utama yang ditetapkan harus spesifik, realistis, terukur, dan mempunyai durasi pencapaian.

b. Perencanaan (*planning*)

Perencanaan ini dibuat sebagai upaya peramalan masa yang akan datang dan perumusan kegiatan-kegiatan yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan yang ditetapkan berdasarkan peramalan tersebut. Bentuk perencanaan dapat berupa perencanaan prosedur, perencanaan metode kerja, perencanaan standar pengukuran hasil, perencanaan anggaran biaya, perencanaan program (rencana kegiatan beserta jadwal).

c. Pengorganisasian (*organizing*)

Kegiatan ini bertujuan melakukan pengaturan dan pengelompokkan kegiatan proyek konstruksi agar kinerja yang dihasilkan sesuai dengan harapan.

2. Kegiatan pelaksanaan

a. Pengisian staf (*staffing*)

Tahap ini adalah perencanaan personel yang akan ditunjuk sebagai pengelola pelaksanaan proyek. Kesuksesan proyek juga ditentukan oleh kecermatan dan ketepatan dalam memposisikan seseorang sesuai keahliannya.

b. Pengarahan (*directing*)

Merupakan tahapan lanjutan dari pengisian staf, yaitu setelah dilakukan pengarahan berupa penjelasan tentang lingkup pekerjaan dan paparan waktu untuk memulai dan menyelesaikan pekerjaan tersebut.

3. Kegiatan pengendalian

a. Pengawasan (*supervising*)

Merupakan interaksi antar individu-individu yang terlibat dalam organisasi proyek. Proses ini harus dilakukan secara berkelanjutan dari waktu ke waktu guna mendapatkan keyakinan bahwa pelaksanaan kegiatan berjalan sesuai prosedur yang ditetapkan untuk mencapai hasil yang diinginkan.

b. Pengendalian (*controlling*)

Merupakan proses penetapan atas apa yang telah dicapai, evaluasi keaja dan langkah perbaikan bila diperlukan.

c. Koordinasi (*coordinating*)

Yaitu pemantauan prestasi kegiatan dari pengendalian akan digunakan sebagai bahan untuk melakukan langkah perbaikan, baik proyek dalam keadaan terlambat maupun lebih cepat.

2.4.1 Rencana kerja dan syarat-syarat

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

Untuk dapat menyusun rencana kerja yang baik dibutuhkan :

- a. Gambar kerja proyek
- b. Rencana anggaran biaya pelaksanaan proyek
- c. *Bill of quantity* (BOQ) atau daftar volume pekerjaan
- d. Data lokasi proyek berada
- e. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub kontraktor yang tersedia disekitar lokasi pekerjaan proyek berlangsung
- f. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub kontraktor yang harus didatangkan ke lokasi proyek
- g. Data kebutuhan tenaga kerja dan ketersediaan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan
- h. Data cuaca atau musim dilokasi pekerjaan proyek
- i. Data jenis transportasi yang dapat digunakan disekitar lokasi
- j. Metode kerja yang digunakan untuk melaksanakan masing-masing item pekerjaan
- k. Data kapasitas produksi meliputi peralatan, tenaga kerja, sub kontraktor, material
- l. Data keuangan proyek meliputi arus kas, cara pembayaran pekerjaan, tenggang waktu pembayan progress, dll.

2.4.2 Volume pekerjaan

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

pekerjaan agar didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek.

2.4.3 Analisa harga satuan

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

2.4.4 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 berada di masing-masing daerah disebabkan karena perbedaan harga bahan upah tenaga kerja. Tujuan dari pembuatan RAB itu sendiri adalah untuk memberikan gambaran yang pasti tentang besarnya biaya.

2.4.5 Rencana pelaksanaan

Rencana pelaksanaan pada proyek konstruksi dapat dibuat dalam bentuk sebagai berikut :

a. *Network planning* (NWP)

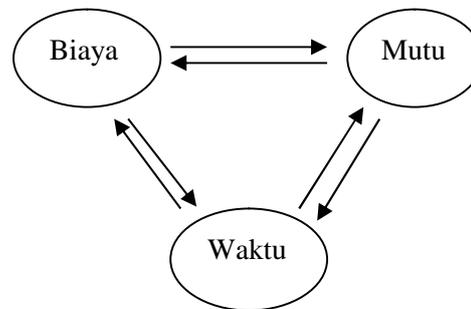
Network planning adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (*variables*) yang digambarkan/divisualisasikan dalam diagram *network*. Dengan demikian diketahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, bilah perlu dilembur (tambah biaya) pekerjaan mana yang menunggu selasainya pekerjaan yang lain, pekerjaan mana yang tidak perlu

tergesa-gesa sehingga alat dan orang dapat digeser ke tempat lain demi efisiensi.

Bahasa/symbol-simbol diagram *network* pada perkembangannya yang terakhir dikenal 2 simbol yaitu :

- 1) *Event on the node*, peristiwa digambarkan dalam lingkaran
- 2) *Activity on the node*, kegiatan digambarkan dalam lingkaran

Pada konstruksi membutuhkan perencanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek. Tujuannya adalah menyelaraskan antara biaya proyek yang dioptimalkan mutu pekerjaan yang baik/berkualitas, dan waktu pelaksanaan yang tepat. Karena ketiganya adalah 3 elemen yang saling mempengaruhi.



Ilustrasi dari 3 *circle* diagram diatas adalah jika biaya proyek berkurang (dikurangi) sementara waktu pelaksanaan direncanakan tetap, maka secara otomatis anggaran belanja material akan dikurangi dan mutu pekerjaan akan berkurang, dengan demikian secara umum proyek rugi. Jika waktu pelaksanaan mundur/terlambat, sementara tidak ada rencana penambahan anggaran, maka mutu pekerjaan juga akan berkurang maka secara umum proyek rugi. Jika mutu ingin dijaga, sementara waktu pelaksanaan mundur/terlambat, maka akan terjadi peningkatan anggaran belanja dengan begini secara umum proyek juga rugi. Proyek dapat dikategorikan mengalami untung jika waktu pelaksanaan lebih cepat selesai dari yang direncanakan dengan mutu pekerjaan tetap terjaga, secara otomatis akan ada keuntungan pada biaya anggaran belanja.

Sebelum menggambar diagram *network* perlu diingat (Badri,1997) :

- 1) Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya *duration* dan *resources* yang dibutuhkan
- 2) Aktivitas-aktivitas apa yang mendahului dan aktivitas-aktivitas apa yang mengikuti
- 3) Aktivitas-aktivitas apa yang dapat bersama-sama
- 4) Aktivitas-aktivitas itu dibatasi saat mulai dan saat selesai
- 5) Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas itu
- 6) Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari tiap kegiatan
- 7) Besar kecilnya juga tidak mempunyai arti, dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa. Anak panah selalu menghubungkan dua nodes, arah dari anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.

b. *Barchat*

Barchat 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 secara 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 diatas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersama.
- 3) Waktu pelaksanaan pekerjaan, adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan akhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.

c. Kurva S

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif *progress* pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva tersebut dibuat berdasarkan rencana atau pelaksanaan *progress* pekerjaan dari setiap pekerjaan.