

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Konstruksi suatu bangunan merupakan suatu kesatuan dan rangkaian dari beberapa elemen yang direncanakan mampu menerima beban dari luar maupun beban dari dalam (berat sendiri) tanpa mengalami perubahan bentuk yang melampaui batas persyaratan. Secara umum konstruksi suatu bangunan harus memenuhi 5 persyaratan berikut, diantaranya :

1. Kuat dan awet, dalam artian suatu bangunan harus mempunyai konstruksi yang kuat untuk melindungi penghuni dari bahaya keruntuhan serta direncanakan agar memiliki umur yang panjang dan tidak mudah rusak.
2. Fungsional, memiliki pengertian bahwa sebuah bangunan yang didirikan harus sesuai dengan kegunaannya baik berupa bentuk, ukuran, dan tata ruangnya.
3. Memiliki keindahan, suatu bangunan konstruksi harus memperhatikan aspek-aspek keindahan (estetika), tata letak, dan bentuk sehingga orang-orang yang menempatnya akan merasa aman dan nyaman.
4. Higienis, maksudnya suatu bangunan harus memiliki sirkulasi udara dan pencahayaan yang cukup agar penghuni didalamnya akan merasa nyaman.
5. Ekonomis, dalam artian ketika proses pembangunan suatu bangunan tidak terdapat pemborosan sehingga biaya yang dikeluarkan efektif dan efisien sesuai dengan kebutuhannya.

Dalam merealisasikan konstruksi suatu bangunan khususnya bangunan yang memiliki tingkat tiga keatas, maka diperlukan suatu perencanaan yang matang agar terbentuknya sebuah bangunan yang memiliki kualitas dan mutu yang baik. Perancangan dapat diartikan sebagai suatu bentuk usaha dalam penyusunan, mengatur dan mengorganisasikan kegiatan-kegiatan yang terdapat dalam sebuah proyek pembangunan sehingga menghasilkan *output* (hasil) yang sesuai dengan keinginan bersama (antara pemilik, perencana dan pelaksana

proyek) dengan tetap memperhatikan standar ekonomis, keamanan, kekuatan, dan kenyamanan. Kegiatan perancangan sebuah bangunan akan diawali dengan kegiatan *survey* dan penyelidikan tanah hingga kegiatan perawatan bangunan yang telah dihasilkan pada akhir kegiatan proyek nantinya.

Pada perancangan suatu konstruksi bangunan gedung diperlukan beberapa landasan teori berupa analisa struktur, ilmu tentang kekuatan bahan serta hal lainnya yang berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia. Ilmu teoritis tersebut tidaklah cukup karena analisa secara teoritis 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 konstruksi gabungan dari keduanya yaitu konstruksi komposit. Beton sendiri adalah material konstruksi yang diperoleh dari pencampuran antara pasir, kerikil, batu pecah, semen serta air. Terkadang beberapa macam bahan tambahan dicampurkan ke dalam campuran beton dengan tujuan memperbaiki sifat-sifat beton, yakni antara lain untuk meningkatkan *workability*, *durability*, serta waktu pengerasan beton. Berikut ini beberapa keuntungan penggunaan material beton bertulang adalah :

1. Memiliki kuat tekan yang tinggi.
2. Memiliki ketahanan api yang lebih baik dibandingkan dengan material baja, apabila disediakan selimut beton yang mencukupi.
3. Membentuk struktur yang sangat kaku.
4. Memiliki umur layan yang panjang dengan biaya perawatan yang murah.
5. Untuk beberapa tipe struktur seperti bendungan, pilar jembatan dan pondasi, penggunaan beton dianggap lebih ekonomis.
6. Beton dapat dicetak menjadi beragam bentuk penampang, sehingga banyak digunakan dalam industri pracetak.
7. Tidak terlalu dibutuhkan tenaga kerja dengan keterampilan yang tinggi.

2.2 Ruang Lingkup Perencanaan

Ruang lingkup perancangan sebuah bangunan gedung meliputi beberapa tahapan-tahapan, antara lain yaitu mulai dari tahapan persiapan, studi kelayakan, mendesain/merancang bangunan, perhitungan struktur, serta perhitungan biaya.

2.2.1 Tahapan Perancangan (Desain) Konstruksi

Perancangan sebuah konstruksi bangunan merupakan suatu sistem yang sebaiknya dilakukan dengan tahapan-tahapan tertentu agar konstruksi yang dihasilkan sesuai dengan tujuan bersama yang akan dicapai. Adapun tahapan-tahapan yang dimaksud antara lain :

1. Tahap Pra-Perancangan (*Preliminary Design*)

Pada tahapan pra-perancangan ini, ahli struktur harus mampu membantu arsitek untuk memilih komponen-komponen penting pada struktur bangunan yang akan direncanakan, baik dimensinya maupun posisi struktur tersebut. Dan pada pertemuan pertama biasanya arsitek akan datang dan membawa informasi mengenai :

- a. Sketsa denah, gambar tampak dan potongan-potongan gedung beserta segala atributnya.
- b. Penjelasan mengenai fungsi setiap lantai dan ruangan.
- c. Konsep awal dari sistem komponen vertikal dan horizontal dengan informasi mengenai luas dari lantai gedung serta informasi awal mengenai rencana pengaturan denah lantai, denah *entrance*, *function room* ruang tangga dan lain-lain.
- d. Rencana dari komponen-komponen non-struktural, misalnya dinding arsitektural yang berfungsi sebagai partisi.

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

- a. Pengaturan komponen vertikal, termasuk ukuran kolom, jarak kolom, dan penempatan kolom.
- b. Sistem komponen horizontal termasuk sistem balok dan lantai.

- c. Sistem pondasi
- d. Usulan mengenai komponen non-struktural pada bangunan.

2. Tahap Perancangan

Pada tahapan perancangan ini, kegiatan proyek pembangunan sebuah gedung meliputi beberapa kegiatan, yaitu :

a. Perancangan bentuk arsitektur bangunan

Dalam kegiatan perancangan arsitektur bangunan, seorang perancang belum memperhitungkan kekuatan bangunan sepenuhnya, namun perancang telah mencoba merealisasikan keinginan-keinginan dari pemilik bangunan sesuai dengan desain yang diinginkan.

b. Perancangan struktur (konstruksi) bangunan

Dalam perancangan struktur bangunan, perancang mulai melakukan perhitungan komponen-komponen struktur berdasarkan bentuk arsitektural yang didapat. Perancang mulai mendimensikan serta menyesuaikan komponen-komponen struktur lebih spesifik agar memenuhi syarat-syarat konstruksi namun masih berdasarkan prinsip-prinsip efisien dan 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. Struktur berfungsi sebagai 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, antara lain sebagai berikut :

a. Struktur bangunan atas (*upper structure*)

Struktur bangunan atas harus mampu mewujudkan perencanaan estetika dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi struktur yaitu keamanan maupun kenyamanan bagi penggunanya. Adapun struktur atas dari suatu bangunan antara lain : struktur atap, struktur pelat lantai, struktur tangga, struktur portal, serta struktur kolom.

b. Struktur bangunan bawah (*sub structure*)

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

2.2.2 Dasar-Dasar Perancangan

Dalam perancangan bangunan, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang telah ditetapkan dan berlaku di Indonesia. Peraturan-peraturan yang digunakan antara lain :

1. Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang Seri I dan Seri IV, oleh W.C Vis dan Gideon Kusuma.
2. Struktur Beton Bertulang (Berdasarkan SNI T-15-1991-03), oleh Istimawan Dipohusodo.
3. Perencanaan Struktur Beton Bertulang Untuk Bangunan Gedung (Berdasarkan SNI 03-2847-2013), oleh Agus Setiawan.
4. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002), oleh Agus Setiawan.
5. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013).
6. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung Tahun 1987.
7. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung (SNI 03-1727-2013).
8. Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 03-1729-2002).
9. Daftar-Daftar Untuk Konstruksi Baja Cetakan ke 6, oleh Bustraan dan Z. Lambri.
10. Ilmu Bangunan Gedung Seri B, oleh Supribadi

Suatu konstruksi bangunan gedung juga harus direncanakan kekuatannya terhadap suatu pembebanan. Menurut SNI 1727:2013, beban adalah gaya aksi lainnya yang diperoleh dari berat seluruh bangunan, penghuni, barang-barang yang ada di dalam bangunan gedung, efek lingkungan, selisih perpindahan, dan

gaya kekangan akibat perubahan dimensi. Berdasarkan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung Tahun 1987 jenis-jenis pembebanan terdiri atas :

1. Beban Mati

Beban mati didefinisikan sebagai berat semua bagian dari gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, mesin-mesin, serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung tersebut.

Beberapa berat sendiri dari bahan bangunan dan komponen gedung dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini.

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	7.450 kg/m ³
Beton ⁽¹⁾	2.200 kg/m ³
Beton bertulang	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	1.450 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)	1.700 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, semen merah atau tras	17 kg/m ²
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral tambahan, per cm tebal	14 kg/m ²
Dinding pasangan bata merah	
- Satu batu	450 kg/m ²
- 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 4 mm	11 kg/m ²
Kaca, dengan tebal 3-5 mm	10 kg/m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang 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 minimum 0,80 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 5 mm)	11 kg/m ²

Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung Tahun 1987

2. Beban Hidup (Beban Sementara)

Beban hidup ialah 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 tersebut. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh butiran air.

Beberapa beban hidup pada lantai gedung dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini.

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, toserba, 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
k.	Lantai untuk : pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip, toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan tersendiri dengan minimum.	400 kg/m ²
l.	Lantai gedung parkir 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 lantai ruang yang berbatasan dengan minimum	300 kg/m ²

Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung Tahun 1987

3. Beban Angin

Beban angin merupakan semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang diakibatkan oleh perbedaan dalam tekanan udara. Beban memperhitungkan adanya tekanan positif dan negatif yang bekerja tegak lurus pada bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan negatif ini dinyatakan dalam 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 :

$$P = \frac{V^2}{16}$$

Dimana, V = Kecepatan angin (m/detik)

b. Koefisien angin

Beberapa koefisien beban angin pada suatu bangunan dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3 Koefisien Angin

Jenis Struktur	Posisi Tinjauan	Koefisien	
Gedung Tertutup :	- Gedung Vertikal	Dipihak angin	+0,9
		Dibelakang angin	-0,4
		Sejajar arah angin	-0,4
		Dipihak angin ($\alpha < 65^\circ$)	(0,02 α -0,4)
- Atap Segitiga	Dipihak angin ($65^\circ < \alpha < 90^\circ$)	+0,9	
	Dibelakang angin (semua sudut)	-0,4 (0,02 α -0,4)	
	Bidang atap dipihak angin ($\alpha < 65^\circ$)	+0,9	
- Atap Segitiga Majemuk	Bidang atap dipihak angin ($65^\circ < \alpha < 90^\circ$)	-0,4	
	Bidang atap dibelakang angin (semua sudut)	-0,4	
	Bidang atap vertikal dibelakang angin (semua sudut)	-0,4	

- Gedung Terbuka Sebelah	Sama dengan point 1, dengan tambahan : Bidang dinding dalam dipihak angin Bidang dinding dalam dibelakang angin	+0,6 -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 perhitungan, beban hujan diasumsikan sebagai beban yang bekerja tegak lurus terhadap bidang atap dan koefisien beban hujan ditetapkan sebesar $(40-80 \alpha)$ kg/m³ dan α sebagai sudut atap.

Dalam SNI 03-1727-2013, suatu struktur, komponen dan pondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi dari beban terfaktor dalam kombinasi berikut ini :

1. $1,4D$
2. $1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3. $1,2D + 1,6L (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5. $1,2D + 1,0E + L + 0,2S$
6. $0,9D + 1,0W$
7. $0,9D + 1,0E$

2.3 Metode Perhitungan Struktur

Dalam pekerjaan suatu konstruksi bangunan, diperlukan beberapa metode perhitungan struktur agar hasil perhitungan dapat menjadi acuan dan konstruksi dapat menahan beban dengan sempurna, baik berupa beban sendiri maupun beban-beban lainnya. Berikut ini adalah struktur bangunan yang memerlukan perhitungan struktur :

2.3.1 Perancangan Rangka Atap

Rangka atap adalah suatu susunan rangka batang yang berfungsi untuk mendukung beban atap termasuk juga berat sendirinya dan sekaligus dapat memberikan bentuk pada atapnya. Pada dasarnya konstruksi kuda-kuda terdiri dari rangkaian batang yang senantiasa membentuk segitiga.

1. Pembebanan

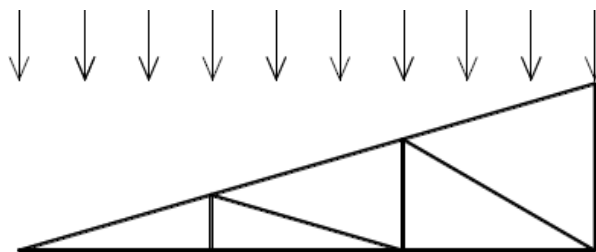
Adapun beberapa pembebanan-pembebanan yang bekerja pada rangka atap antara lain :

a. Beban Mati (q_D)

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

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

Beban mati yang bekerja pada rangka atap dapat digambarkan seperti gambar 2.1 berikut :



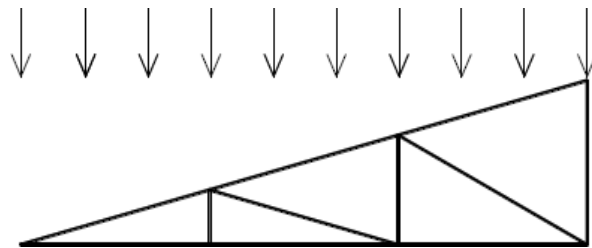
Gambar 2.1 Beban Mati Rangka Atap

b. Beban Hidup (q_L)

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

- Beban pekerja
- Beban air hujan = $(40 - 0,8\alpha)$ kg/m², dimana α adalah sudut kemiringan atap (berdasarkan PPPURG, 1987)

Beban hidup yang bekerja pada rangka atap dapat digambarkan seperti gambar 2.2 berikut :



Gambar 2.2 Beban Hidup Rangka Atap

c. Beban angin (w)

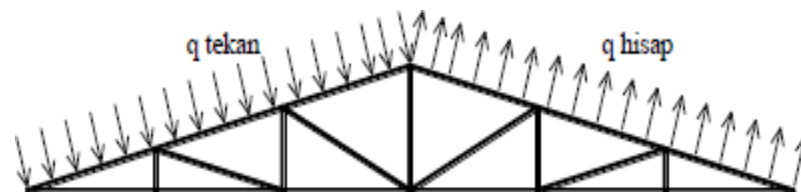
Untuk atap segitiga majemuk ($\alpha < 65^\circ$)

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

Angin hisap = $w - 0,4$

$W = \min 25$ kg/m² (berdasarkan PPPURG, 1987)

Penggambaran beban angin yang bekerja pada rangka atap dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut ini :

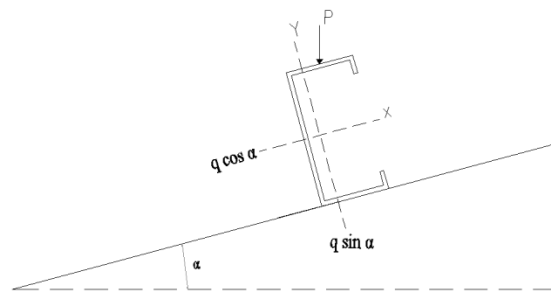


Gambar 2.3 Beban Angin Rangka Atap

2. Gording

Gording adalah batang memanjang yang sejajar balok tembok yang diletakkan di atas kaki kuda-kuda untuk menumpu kasau dan balok jurai dalam. Dalam perancangan struktur bangunan gedung khususnya pada perancangan gording, struktur gording dirancang kekuatannya berdasarkan pembebanan beban mati dan beban hidup. Kombinasi pembebanan yang ditinjau adalah beban pada saat pemakaian yaitu beban mati yang ditambahkan dengan beban air hujan. Sedangkan beban sementara yaitu beban mati yang ditambahkan dengan beban pekerja pada saat pelaksanaan pekerjaan.

Apabila gording ditempatkan dibawah penutup atap, maka komponen beban atap dipindahkan tegak lurus gravitasi ke gording. Akibatnya terjadi pembebanan sumbu ganda yang menjadikan momen pada sumbu x dan sumbu y, yaitu M_x dan M_y .



Gambar 2.4 Gording Kanal

$$q_{uy} = q_u \times \sin \alpha$$

$$q_{ux} = q_u \times \cos \alpha$$

a. Perencanaan gording menggunakan metode berikut :

a) Metode Plastis

Suatu komponen struktur yang dibebani momen lentur harus memenuhi persamaan (berdasarkan SNI 03-1729-2002) :

$$M_u \leq \phi M_n$$

Momen nominal untuk penampang kompak yang memenuhi $\lambda \leq \lambda_p$, kuat lentur nominal penampang adalah :

$$M_n = M_p$$

Untuk penampang tidak kompak yang memenuhi $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$, kuat lentur nominal penampang ditentukan sebagai berikut :

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

Untuk penampang langsing yang memenuhi $\lambda_r < \lambda$, kuat lentur nominal penampangnya adalah :

$$M_n = M_r \left(\frac{\lambda_r}{\lambda} \right)$$

b) Beban Elastis

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

$$M_{ux} \leq \phi M_n \text{ (berdasarkan SNI 03-1729-2002)}$$

Keterangan :

M_{ux} = momen lentur terfaktor terhadap sumbu x

ϕ = faktor reduksi = 0,9

M_n = kuat nominal momen lentur penampang terhadap sumbu x.

Suatu komponen struktur yang memikul lentur terhadap sumbu y harus memenuhi persamaan :

$$M_{uy} \leq \phi M_n$$

Keterangan :

M_{uy} = momen lentur terfaktor terhadap sumbu y

ϕ = faktor reduksi = 0,9

M_n = kuat nominal momen lentur penampang terhadap sumbu y.

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

$$\left(\frac{c_{mx} \cdot M_{ux}}{\phi M_{nx}} \right)^n + \left(\frac{c_{my} \cdot M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right)^n \leq 1$$

Keterangan :

M_{ux} = momen ultimate arah x

M_{uy} = momen ultimate arah y

ϕ = faktor reduksi = 0,9

M_{nx} = momen nominal arah x

M_{ny} = momen nominal arah y

c_{mx} = c_{my} , diambil = 1

b. Komponen stuktur yang mengalami gaya tarik aksial :

a) Kuat Tarik Rencana

Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor N_u , harus memenuhi persamaan (berdasarkan SNI 03-1729-2002) :

$$N_u \leq \phi N_n$$

Dengan ϕN_n adalah nilai kuat tarik rencana yang besarnya diambil sebagai nilai terendah diantara dua perhitungan menggunakan harga-harga ϕ dan nilai N_n dibawah ini :

$$\phi = 0,9 ; N_n = A_g \cdot F_y$$

$$\phi = 0,75 ; N_n = A_e \cdot F_u$$

Keterangan :

A_g = luas penampang bruto (mm^2)

A_e = luas penampang efektif (mm^2)

F_y = tegangan leleh (MPa)

F_u = tegangan tarik (MPa)

b) Penampang Efektif

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

$$A_e = A \cdot U$$

Keterangan :

A = luas penampang

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

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 terjatuh pada suatu sambungan atau panjang las dalam arah gaya tarik (mm)

c. Komponen struktur yang mengalami gaya tekan aksial :

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

$$N_n = A_g \cdot F_{cr}$$

$$\text{Dimana, } F_{cr} = \frac{F_y}{\omega}$$

Sehingga,

$$N_n = A_g \cdot \frac{F_y}{\omega}$$

Untuk $\lambda_c \leq 0,25$, maka $\omega = 1$

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

Untuk $\lambda_c \geq 1,2$ maka $\omega = 1,25 \cdot \lambda_c^2$

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)

3. Konstruksi Rangka Baja (Kuda-Kuda)

Kuda-kuda adalah suatu susunan rangka batang yang berfungsi untuk mendukung beban atap termasuk juga beratnya sendiri dan sekaligus dapat memberikan bentuk pada atapnya. Pada dasarnya konstruksi kuda-kuda terdiri dari rangkaian batang yang senantiasa selalu membentuk segitiga. Dengan mempertimbangkan berat atap serta bahan dan bentuk penutupnya, maka

konstruksi kuda-kuda satu sama lain akan berbeda. Namun demikian setiap susunan rangka batang haruslah merupakan suatu kesatuan bentuk yang kokoh yang nantinya mampu memikul beban yang diberikan padanya tanpa mengalami perubahan.

Konstruksi kuda-kuda diperhitungkan terhadap pembebanan, antara lain :

a. Beban Mati

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

b. Beban Hidup

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

Pada masing-masing beban diatas, kemudian dapat dicari nilai gaya-gaya batangnya dengan menggunakan program SAP 2000 V.14. Perhitungan konstruksi rangka dapat dihitung dengan cara :

a. Cara Grafis, yang terdiri dari :

- Keseimbangan titik simpul
- Cremona

Dimana kedua cara ini harus menggunakan skala gaya dan skala gambar.

b. Cara Analisis

- Keseimbangan titik simpul

Keseimbangan titik simpul ini harus memenuhi beberapa persyaratan, antara lain :

- a) Batang-batang harus kaku dan simpul
- b) Sambungan pada titik buhul/simpul engsel tidak terjadi geseran
- c) Penyambungan batang adalah sentries yakni sumbu-sumbu batang bertemu pada satu titik

d) Pembebanan yang menyebar dapat dipindahkan pada titik simpul yang bersangkutan

- Ritter

Cara ini biasanya digunakan untuk mengontrol pekerjaan dari cara cremona dan langsung menghitung gaya batang 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.

c. Beban Kombinasi

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

$$1,4 D$$

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

$$1,2 D + 1,6 L (La \text{ atau } H) + (\gamma L L \text{ atau } 0,8 W)$$

$$1,2 D + 1,3 W + \gamma L L + 0,5 (La \text{ atau } H)$$

$$1,2 D \pm 1,0 E + \gamma L L$$

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

Keterangan :

D = beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafond, partisi tetap, tangga, dan peralatan yang bersifat tetap.

L = beban hidup yang ditimbulkan akibat penggunaan gedung, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan dan lainnya.

La = beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, material atau selama penggunaan biasa oleh orang dan beban bergerak.

H = beban hujan, tidak termasuk diakibatkan genangan air.

W = beban angin.

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

Dengan,

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

Kecuali : faktor beban untuk L di dalam kombinasi pembebanan pada persamaan 2.19, 2.20, dan 2.21 harus sama dengan 1,0 untuk garasi parkir, daerah yang digunakan untuk pertemuan umum, dan semua daerah dimana beban hidup lebih besar daripada 5 kPa.

4. Sambungan

a. Perencanaan Sambungan Baut

Suatu baut yang memikul gaya terfaktor (R_u), harus memenuhi persamaan berikut (SNI 03-1729-2002) :

$$R_u \leq \phi R_n$$

Dimana :

$$\phi = \text{reduksi kekuatan geser (0,75)}$$

$$R_n = \text{kuat geser nominal baut}$$

- Untuk baut tanpa ulir pada bidang gaya geser :

$$R_n = 0,5 \cdot f_u \cdot A_b$$

- Untuk baut dengan ulir pada bidang geser :

$$R_n = 0,4 \cdot f_u \cdot A_b$$

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

Catatan :

- Untuk baut yang mengalami bidang geser ganda (rangkap), maka kuat geser baut dikumulatitkan.
- Baut yang memikul gaya tarik rencana :

$$R_u \leq \phi R_n, \text{ dimana } \phi = 0,75$$

$$\text{Sehingga, } R_n = 0,75 \cdot f_u \cdot A_b$$

a) Baut dalam geser

Kuat geser rencana dari satu baut dihitung sebeagai berikut :

$$V_d = \phi V_n = \phi f_r 1 f_u^b A_b$$

b) Baut yang memikul gaya tarik

Kuat tarik rencana satu baut dihitung sebagai berikut :

$$T_d = \phi_f T_n = \phi_f 0,75 f_u^b A_b$$

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 :

$$R_d = \phi_f R_n = 2,4 \phi_f d_f t_p f$$

d) Pelat pengisi pada sambungan yang tebal antara 6 mm – 20 mm, maka 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 persamaan :

$$V_u = V_d = \phi V_n$$

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 tp.

Syarat-syarat 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)

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

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

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

- b) Syarat maksimum :

- Jarak sumbu ke sumbu baut (S)

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

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

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

b. Perancangan Sambungan Las

- a) Pengelesan konstruksi sipil harus dilakukan dengan las listrik

Ukuran las sudut harus ditentukan dengan panjang kaki las yang ditentukan sebagai tw_1 dan tw_2 .

Tebal minimum las sudut pada perencanaan sambungan las dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.4 Tebal Minimum Las Sudut

Tebal bagian paling tebal t (mm)	Tebal minimum las sudut tw (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_n), harus memenuhi :

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

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

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

$$\phi = 0,75 \text{ (faktor reduksi kekuatan saat fraktur)}$$

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

$$\phi R_{nw} \cdot L_w \geq R_u$$

Sehingga,

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

kemudian di cek gaya-gaya pada penampang dengan menggunakan persamaan :

$$R_{u1} + R_{u2} = R_u$$

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 Perancangan Pelat

Pelat adalah suatu elemen horizontal yang berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun statis ke elemen pemikul beban vertikal yaitu balok, kolom maupun dinding.

1. Perancangan Pelat Atap

Pelat atap merupakan suatu struktur yang hampir menyerupai struktur pelat lantai, namun ketebalan pada struktur pelat atap lebih besar 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 perancangan 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, antara lain :

- a. Beban Mati (W_D)
 - Beban sendiri pelat atap
 - Beban yang diterima oleh pelat akibat adanya adukan mortal, plafond, dan penggantung plafond.
- b. Beban Hidup (W_L), untuk pelat atap diambil sebesar 1 kN/m^2 dan untuk pelat lantai diambil sebesar $2,40 \text{ kN/m}^2$ (Berdasarkan SNI 03-1727-2013 beban hidup untuk ruangan kantor).

2. Perancangan Pelat Lantai

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

a. Pelat Dua Arah (*Two Way Slab*)

Suatu pelat dikatakan dua arah apabila struktur pelat beton ditopang di keempat sisinya, dan nilai rasio antara bentang panjang terhadap bentang pendeknya kurang dari 2 atau $\frac{l_y}{l_x} \leq 2$.

Berikut ini adalah beberapa prosedur perhitungan pelat dua arah :

1) Menghitung H minimum pelat

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

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

Tabel 2.5 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	$L_n/33$	$L_n/36$	$L_n/36$	$L_n/36$	$L_n/40$	$L_n/40$
400	$L_n/30$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/33$	$L_n/36$	$L_n/36$
500	$L_n/28$	$L_n/31$	$L_n/31$	$L_n/31$	$L_n/34$	$L_n/34$

Sumber : SNI 03-2847-2002

Untuk α_m lebih besar dari 2,0 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari 120 mm menggunakan persamaan :

$$h = \frac{L_n \left(0,8 + \frac{f_y}{150}\right)}{36 + 5\beta (\alpha_m - 0,2)}$$

b) Untuk α_m lebih besar dari 2,0 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari 90 mm dengan menggunakan persamaan :

$$h = \frac{L_n \left(0,8 + \frac{f_y}{150}\right)}{36 + 9\beta}$$

Dimana,

$$\alpha_m = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s}$$

Jika mutu beton balok maupun pelat sama, maka

$$\alpha_m = \frac{I_b}{I_s}$$

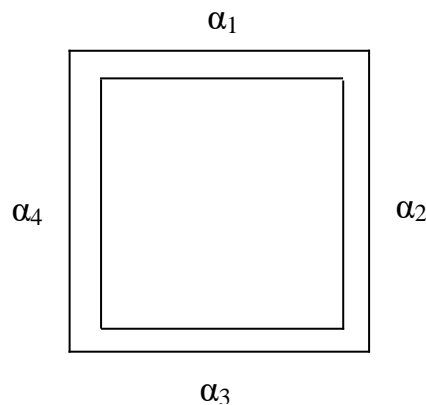
Keterangan :

E_{cb} = modulus elastis balok beton

E_{cs} = modulus elastis pelat beton

I_b = inersia balok $\left(\frac{bh^3}{12}\right)$

- I_s = inersia pelat ($\frac{L_n \cdot h^3}{12}$)
 L_n = jarak bentang bersih (mm)
 h = tinggi balok
 t = tebal pelat
 β = rasio bentang panjang bersih terhadap bentang pendek bersih pelat



Gambar 2.5 Nilai α pada Masing-Masing Sisi Pelat

2) Menghitung beban rencana pelat (W_u)

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

Dimana, W_D = jumlah beban mati pelat (KN/m)

W_L = jumlah beban hidup pelat (KN/m)

3) Menghitung momen rencana (M_u) menurut W.C Vis dan Gideon

Kusuma, 1993 :

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

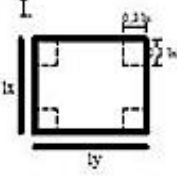
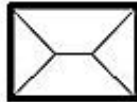
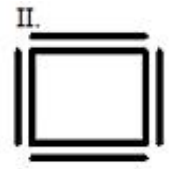
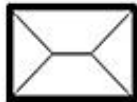
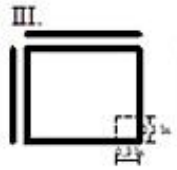
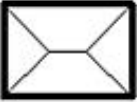
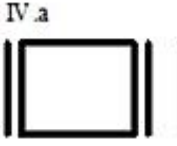

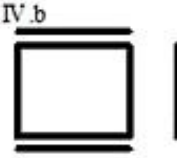

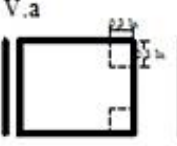

$$M_y = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koef. Momen}$$


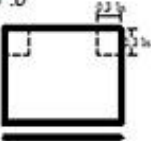
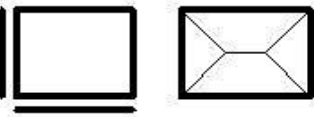
Keterangan :

M_x = momen sejauh x meter

M_y = momen sejauh y meter

Adapun cara menghitung momen rencana menurut W.C Vis dan Gideon Kusuma, 1993 dapat dilihat seperti dibawah ini.

<p>I.</p> 		<p> $M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{ty} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$ </p>
<p>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>III.</p> 		<p> $M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{ty} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$ </p>
<p>IV.a</p> 		<p> $M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ </p>
<p>IV.b</p> 		<p> $M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$ </p>
<p>V.a</p> 		<p> $M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{ty} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$ </p>

<p>V.la</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>V.b</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>V.lb</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>

Keterangan :

M_{lx} = momen lapangan maksimum per meter lebar di arah x

M_{ly} = momen lapangan maksimum per meter lebar di arah y

M_{tx} = momen tumpuan maksimum per meter lebar arah x

M_{ty} = momen tumpuan maksimum per meter lebar arah y

M_{tix} = momen jepit tak terduga per meter lebar arah x

M_{tiy} = momen jepit tak terduga per meter lebar arah y

4) Menentukan tinggi efektif (d_{eff})

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

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

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 Minimum Selimut Beton

Tebal Minimum Selimut Beton (mm)	
b. Beton yang dicor langsung diatas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
c. Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca :	
- Batang D-19 hingga D-57	50
- Batang D-16, jaring kawat polos atau ulir M16 dan yang lebih kecil	40
d. Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau tanah :	
- Pelat, dinding, dan pelat berusuk :	
Batang D-44 dan D-57	40
Batang D-36 dan yang lebih keci	20
- Balok dan kolom :	
Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral	40
- Komponen struktur cangkang dan pelat lipat :	
Batang D-19 dan yang lebih besar	20
Batang D-16, jaring kawat polos atau ulir P16 dan yang lebih kecil	15

Sumber : SNI 03-2847-2013

5) Mencari nilai ρ

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

Keterangan :

Mu = Momen rencana/ terfaktor pada penampang

b = Lebar penampang

d = Tinggi efektif

\emptyset = faktor reduksi (0,75)

Jika $\rho > \rho_{\min}$, maka diambil nilai ρ

Jika $\rho < \rho_{\min}$, maka diambil nilai ρ_{\min} , dimana

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

6) Hitung A_s yang diperlukan

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

Keterangan :

A_s = luas tulangan (mm^2)

ρ = rasio penulangan

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

7) Menentukan jumlah tulangan dan jarak antar tulangan

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

$$S = \frac{1000 \text{ mm}}{n}$$

8) Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan suhu dan susut. Menurut SNI 03-2847-2013, luasan tulangan suhu dan susut harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014 :

a. Slab yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 280 atau 350.

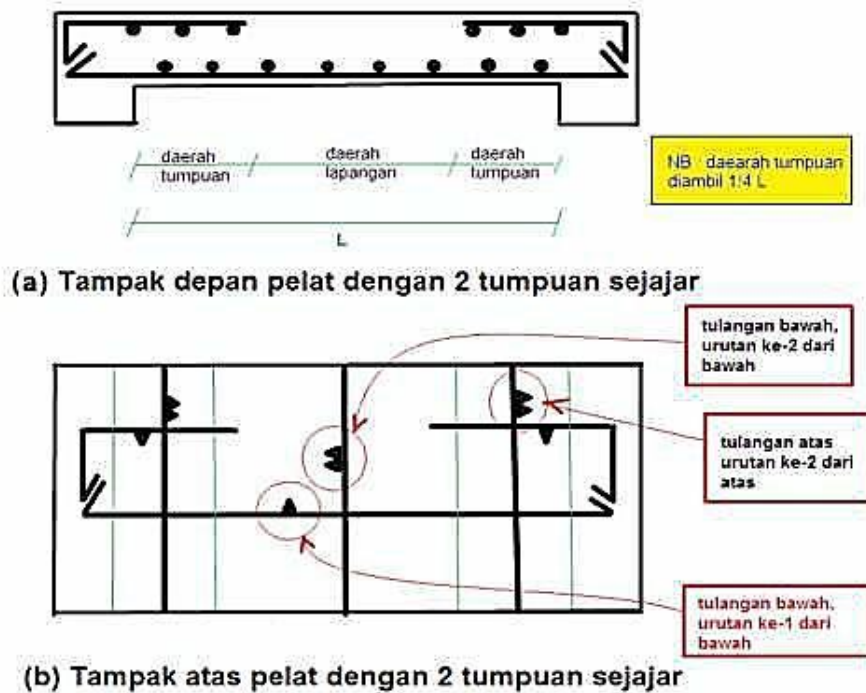
($A_s = 0,0020$).

b. Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420. ($A_s = 0,0018$).

c. Slab yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 persen. ($A_s =$

$$\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$$

Gambar 2.6 berikut ini adalah gambar serta penjelasan mengenai sistem penulangan pelat lantai.



Gambar 2.6 Sistem Penulangan Pelat Lantai

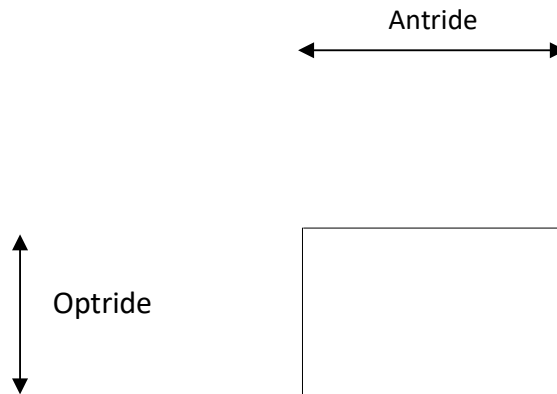
2.3.3 Perancangan Tangga

Tangga adalah suatu konstruksi yang menghubungkan antara lantai yang satu ke lantai lainnya yang mempunyai elevasi/ketinggian yang berbeda. Tangga dapat terbuat dari kayu, pasangan batu, baja, besi, maupun beton.

1. Bagian-bagian tangga

- a. Tangga terdiri dari anak tangga. Anak tangga terdiri dari 2 jenis, yaitu :
 - a) *Antride*, adalah bagian horizontal dari anak tangga yang merupakan bidang tempat kaki berpijak.
 - b) *Optride*, adalah bagian vertikal dari anak tangga yang merupakan selisih antara dua buah anak tangga yang berurutan.

Seperti terlihat pada gambar 2.7, dapat dilihat ilustrasi antara *optride* dan *antride*.



Gambar 2.7 Anak Tangga (Antride dan Optrade)

- b. Ibu tangga, merupakan bagian tangga berupa dua batang atau papan miring yang berfungsi menahan kedua ujung anak tangga.
- c. Bordes, merupakan bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila terasa lelah. Bordes dibuat apabila jarak tempuh tangga sangat panjang yang mempunyai jumlah anak tangga lebih dari 20 buah atau lebar tangga cukup akan tetapi ruangan yang tersedia untuk tangga biasa/ tusuk tidak mencukupi.

Untuk menentukan panjang bordes (L), menggunakan rumus berikut :

$$L = L_n + 1.a \text{ s/d } 2.a$$

Keterangan

L = panjang bordes

L_n = ukuran satu langkah normal datar

a = antride

2. Syarat-syarat umum tangga :

a. Penempatannya

- Penempatan tangga diusahakan menggunakan ruangan sehemat mungkin.
- Ditempatkan sedemikian rupa sehingga mudah ditemukan oleh banyak orang (bagi yang memerlukannya) dan mendapat sinar matahari pada waktu siang hari.

- Diusahakan penempatan tidak mengganggu/ menghalangi lalu lintas orang banyak (untuk tangga di tempat-tempat yang ramai).

b. Kekuatannya

- Bila menggunakan bahan kayu, hendaknya menggunakan kayu kelas I atau II agar nantinya tidak terjadi pelenturan/ goyang.
- Tangga harus kokoh dan stabil (kuat) bila dilalui oleh sejumlah orang dan/atau barang sesuai dengan perencanaan.

c. Bentuknya

- Sudut yang digunakan untuk konstruksi tangga tidak boleh lebih dari 45° .
- Bentuk konstruksi tangga diusahakan sederhana, layak, sehingga dapat dikerjakan dengan cepat dan mudah serta hemat biaya.
- Bentuk konstruksi tangga diusahakan rapi dan indah.

3. Syarat-syarat khusus tangga :

a. Untuk bangunan rumah tinggal

- Antride = 25 cm (minimum)
- Optride = 20 mm (maksimum)
- Lebar tangga = 80 – 100 cm

b. Untuk perkantoran dan lain-lain

- Antride = 25 cm (minimum)
- Optride = 17 mm (maksimum)
- Lebar tangga = 120 – 200 cm

c. Syarat langkah

- 1) Cara 1 = 2 opride + 1 antride = 57 s/d 65 cm
- 2) Cara 2 = 2 opride + 1 antride = 77 s/d 85 cm

d. Sudut kemiringan tangga

Maksimum = 45°

Minimum = 25°

e. Lebar tangga

Adapun persyaratan daftar ukuran lebar tangga yang ideal dapat dilihat pada tabel 2.8 dibawah ini.

Tabel 2.7. Daftar Ukuran Lebar Tangga Ideal

Digunakan untuk	Lebar Efektif (cm)	Lebar Total (cm)
1 orang	± 65	± 85
1 orang + anak	± 100	± 120
1 orang + bagasi	± 85	± 105
2 orang	120 – 130	140 – 150
3 orang	180 – 190	200 – 210
> 3 orang	> 190	> 210

Sumber : Ilmu Bangunan Gedung, Supribadi

Berikut ini adalah langkah-langkah perhitungan dalam perancangan tangga antara lain :

1. Mendesain tangga

- a. Menentukan panjang tangga, jumlah antride, dengan mengasumsikan tinggi opride.

$$\text{Jumlah antride} = \frac{h}{\text{tinggi opride}}$$

- b. Menentukan antride dan tinggi opride yang sebenarnya

$$\text{Tinggi opride sebenarnya} = \frac{h}{\text{jumlah opride}}$$

$$\text{Antrede} = Ln - 2 \text{ opride}$$

- c. Menentukan sudut kemiringan tangga

$$\text{Arc tan } \Theta = \frac{\text{oprside}}{\text{antride}}$$

- d. Menentukan tebal pelat tangga

$$h_{\min} = \frac{1}{28} L$$

e. Menentukan pembebanan pada anak tangga

1) Beban Mati

- Berat sendiri bordes
- Berat anak tangga

$$Q = \left(\frac{\text{antride} \times \text{optride}}{2} \right) \cdot \left(\frac{\text{jumlah anak tangga}}{\text{panjang anak tangga}} \right) \times \\ \text{Ln} \times \gamma \text{ beton} \times \cos \alpha$$

- Berat penutup lantai (ubin + spesi), berat adukan

2) Beban Hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga yaitu 3 KN/m² (PPIUG 1987)

Perhitungan tangga menggunakan program *SAP2000*

f. Perhitungan tulangan pada tangga

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

Nilai rasio penulangan (ρ)

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

Keterangan :

- Mu = Momen rencana/ terfaktor pada penampang
- b = Lebar penampang
- d = Tinggi efektif
- \emptyset = faktor reduksi (0,75)

Jika $\rho > \rho_{\text{min}}$, maka diambil nilai ρ

Jika $\rho < \rho_{\text{min}}$, maka diambil nilai ρ_{min}

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

Menghitung As yang diperlukan

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

g. Menentukan tulangan pembagi

Untuk tulangan suhu dan susut dihitung berdasarkan peraturan SNI 03-2847-2013, yaitu :

- 1) Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi kurang dari 0,0014 :
 - Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 280 atau 350 adalah 0,0020.
 - Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir dan jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 420 adalah 0,0018.
 - Pelat yang menggunakan tegangan leleh melebihi 400 MPa yang diukur pada tegangan leleh sebesar 0,35% adalah $0,0018 \times 420/f_y$.
- 2) Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari lima kali tebal pelat, atau 450 mm.

h. Perhitungan Tulangan Balok Bordes

$$\frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} = f_y \cdot \rho - \frac{f_y^2 \cdot \rho^2}{1,7 \cdot f'_c}$$

Nilai ρ didapatkan dengan rumus abc

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

i. Penulangan Geser Balok Bordes

$$V_u \text{ rencana} = \frac{V_u \cdot (X-p)}{X}$$

$$\phi V_c = \phi \left(\frac{1}{6} \lambda \sqrt{f'_c} \right) b_w \cdot d_{\text{eff}}$$

$$\phi V_c = \frac{\phi V_c}{b \cdot d}$$

Jika $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$, maka diperlukan tulangan geser.

Tulangan geser minimum digunakan apabila $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$.

Sedangkan apabila $V_u < \phi V_c$, maka balok tersebut tidak memerlukan tulangan geser.

j. Perhitungan Torsi Balok Bordes

$$\text{Momen Torsi (Wu)} = 1,2 \text{ Wd} + 1,6 \text{ Wl}$$

$$\text{Momen Torsi per meter (Tu)} = \text{Wu} \times \text{Lengan Momen}$$

Ketentuan :

$$\text{Tu} > \frac{\emptyset \sqrt{f_c t}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right), \text{ maka dibutuhkan tulangan torsi}$$

$$\text{Tu} < \frac{\emptyset \sqrt{f_c t}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right), \text{ maka tidak dibutuhkan tulangan torsi}$$

Dimana, A_{cp} = Luas Penampang Bruto Balok Bordes

P_{cp} = Keliling Penampang Bruto Balok Bordes

$$\text{Luas Sengkang Torsi (Avt)} = \frac{T_n \cdot s}{2 \cdot A_o \cdot f_y \cdot \cot \theta}$$

$$\text{Luas Sengkang tiap meter (Avs)} = \frac{n \cdot \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot 1000}{s \text{ geser}}$$

Jarak Sengkang Total :

P_h = Keliling Penampang Balok Bordes Netto

$$S_1 = \frac{n \cdot \frac{1}{4} \pi d^2 \cdot 1000}{A_{vt} + A_{vs}}$$

$$S_2 = \frac{P_h}{8}$$

$$S_3 \leq 300 \text{ mm}$$

Tulangan Lentur

$$A_t = \frac{A_{vt}}{s} \cdot P_h \cdot \left(\frac{f_y}{f_y} \right) \cot^2 \alpha$$

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

$$(A_t + A_{st}) > \frac{5 \sqrt{f_c} \cdot A_{cp}}{12 \cdot f_y} - \frac{A_{vt}}{s} \cdot P_h \cdot \frac{f_y}{f_y}$$

Jumlah tulangan torsi :

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

2.3.4 Perancangan Portal

Portal merupakan suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sebagai satu kesatuan 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. Perencanaan portal ini dihitung dengan menggunakan program SAP 2000.V14.

Berikut ini adalah beberapa tahapan dalam merancang perhitungan suatu portal :

1. Menghitung besarnya momen (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. Adapun pembebanan yang dimaksud terdiri dari :

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

b. Perencanaan portal akibat beban hidup

Untuk perencanaan portal akibat beban hidup, yang harus dilakukan adalah menentukan beban pada portal serta perhitungan akibat beban hidup sama dengan perhitungan akibat beban mati. Berikut ini pembebanan pada portal akibat beban hidup menurut PPPURG, 1987 yaitu :

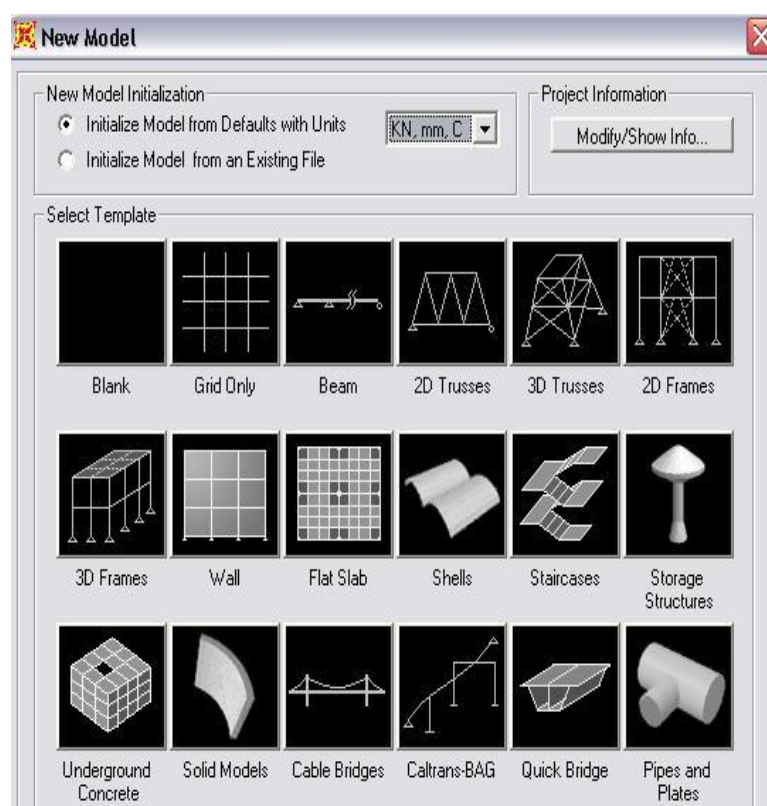
- Beban hidup untuk pelat lantai diambil sebesar 250 kg/m^2
- Beban hidup pada atap diambil sebesar 100 kg/m^2

2. Langkah-langkah perhitungan

Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam menghitung perancangan portal dengan menggunakan Program SAP 2000.V14 :

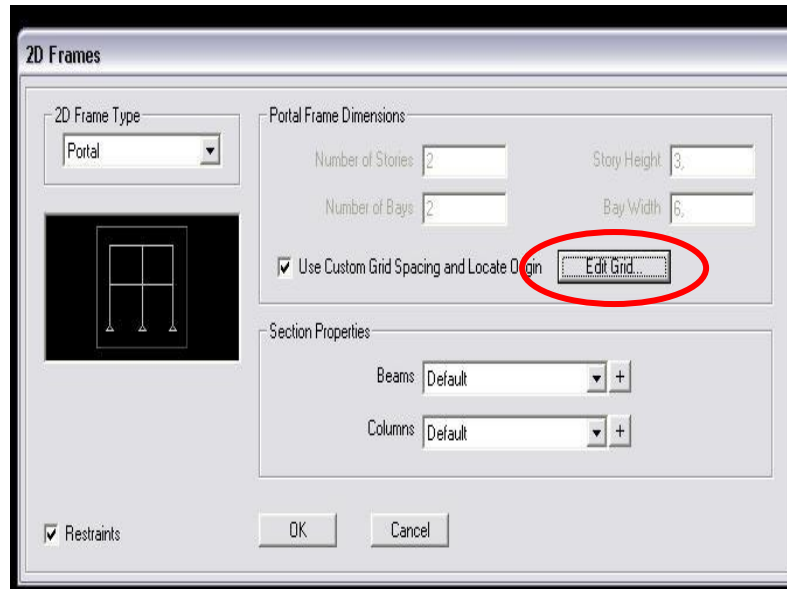
a. Membuat model struktur

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah memilih perhitungan yang akan digunakan. Dimana model yang digunakan ialah model 2D *Frames*. Kemudian atur unit satuan dalam KN.M.C, seperti gambar dibawah.

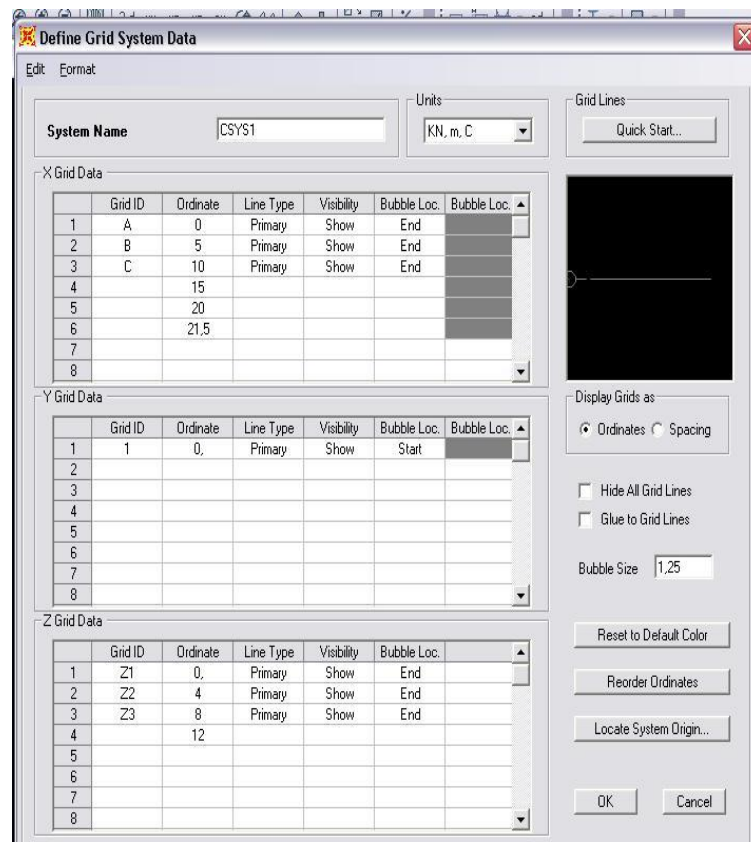


Gambar 2.8 Memilih Model Struktur

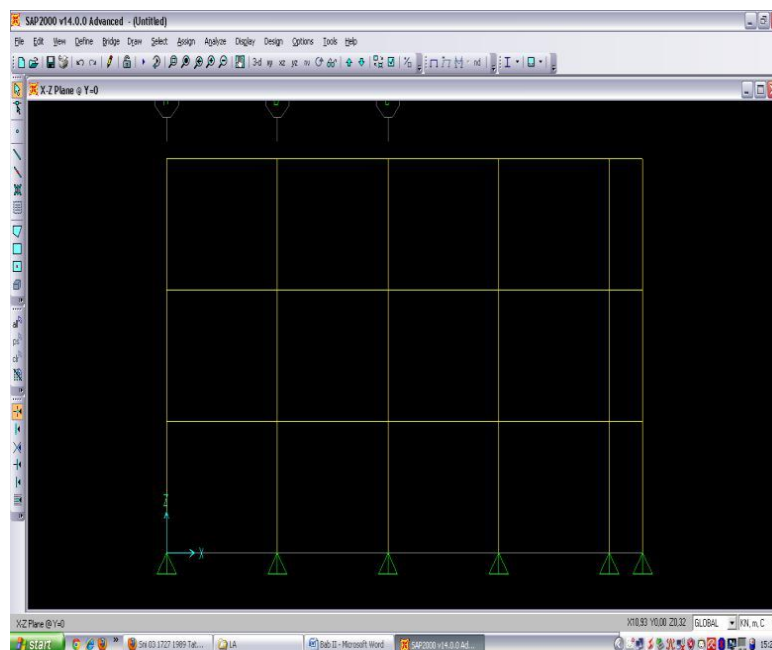
- b. Pilih model grid 2D pada model diatas, lalu akan muncul tampilan seperti gambar, pilih *Edit Grid* dan masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



Gambar 2.9 Bagan 2D *Frames*

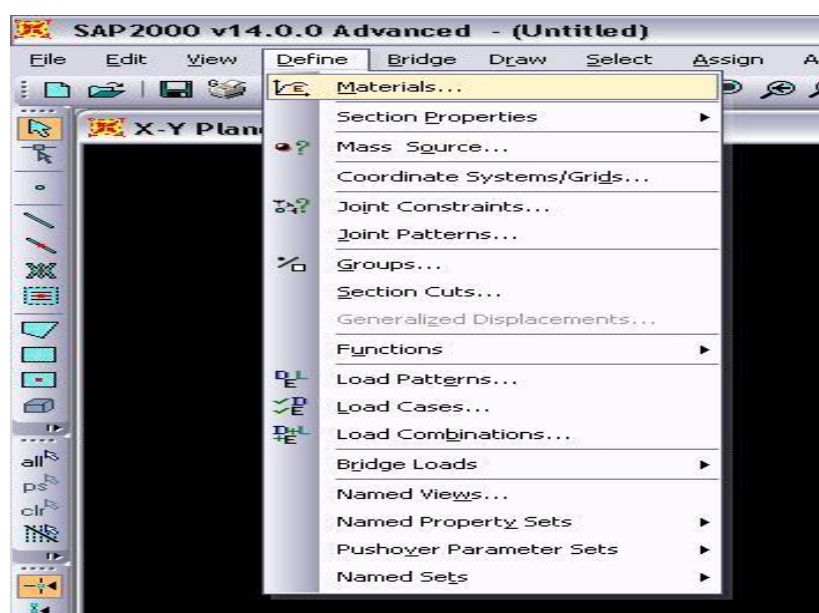


Gambar 2.10 Memasukkan Data Sesuai Perencanaan

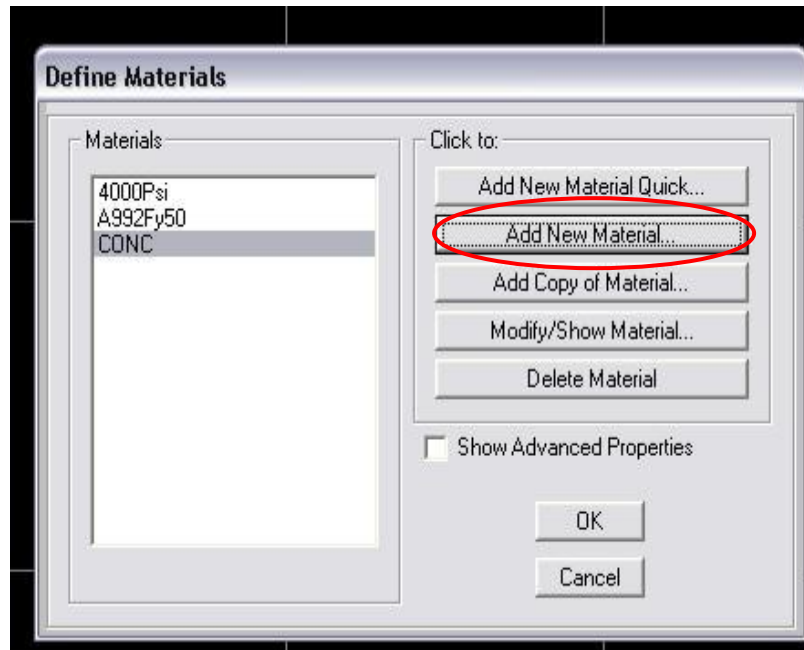


Gambar 2.11 Tampilan Model Portal

- c. Selanjutnya memasukkan data-data material yang digunakan (*concrete*), masukkan pula mutu beton (f_c'), dan mutu baja (f_y) yang digunakan dengan mengklik **Define – Material – Add New Material – Concrete**. Dan masukkan data sesuai dengan perencanaan seperti gambar dibawah.



Gambar 2.12 *Toolbar Define*



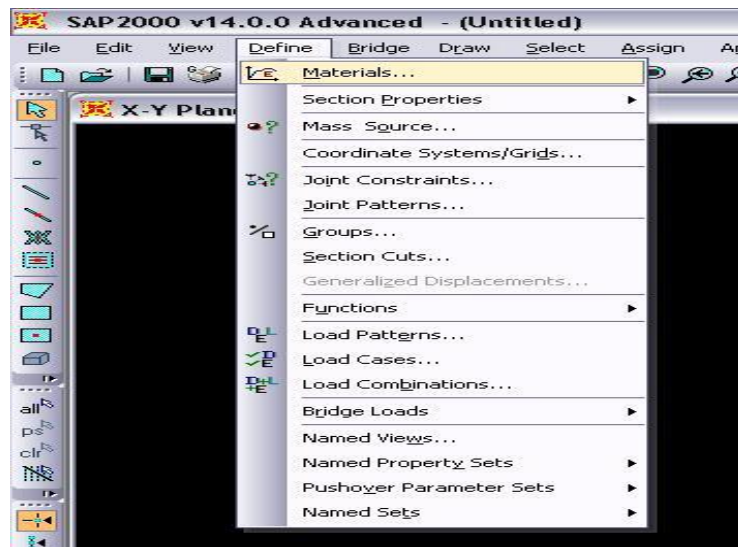
Gambar 2.13 Add New Material

Gambar 2.14 Memasukkan Data-Data Material

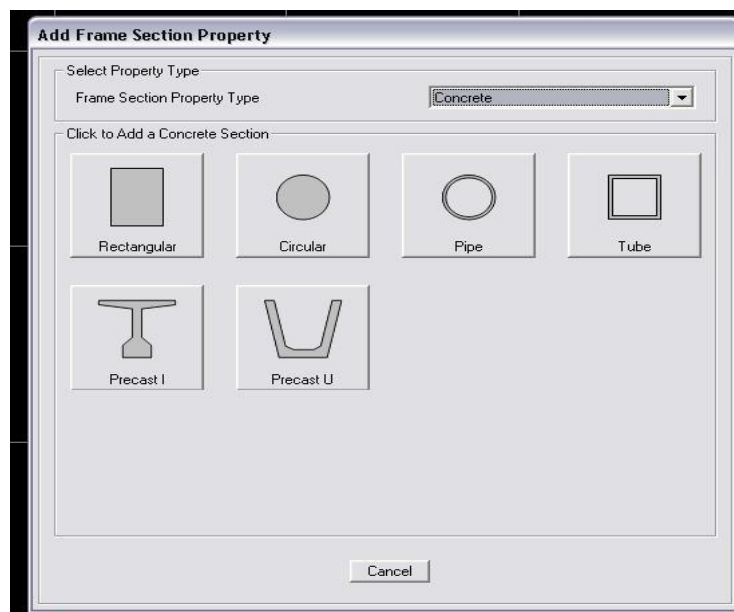
d. Memasukkan data-data kolom dan balok

- Kolom = (b x h) cm
- Balok = (b x h) cm

Memasukkan data-datanya dengan mengklik **Define – Section Properties – Frame Section – Add New Property – Section Name** setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan seperti gambar dibawah.



Gambar 2.15 *Toolbar Define*



Gambar 2.16 *Frame Properties*

Rectangular Section

Section Name: BALOK

Section Notes: Modify/Show Notes...

Properties: Section Properties...

Property Modifiers: Set Modifiers...

Material: + 4000Psi

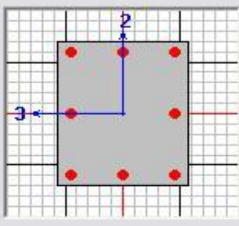
Dimensions:

Depth (t3): 0,5

Width (t2): 0,4

Concrete Reinforcement...

OK Cancel



Gambar 2.17 Memasukkan Data Balok dan Kolom

Reinforcement Data

Rebar Material:

Longitudinal Bars: + A615Gr60

Confinement Bars (Ties): + A615Gr60

Design Type:

Column (P-M2-M3 Design)

Beam (M3 Design Only)

Reinforcement Configuration:

Rectangular

Circular

Confinement Bars:

Ties

Spiral

Longitudinal Bars - Rectangular Configuration:

Clear Cover for Confinement Bars: 0,04

Number of Longit Bars Along 3-dir Face: 3

Number of Longit Bars Along 2-dir Face: 3

Longitudinal Bar Size: + #9

Confinement Bars:

Confinement Bar Size: + #4

Longitudinal Spacing of Confinement Bars: 0,15

Number of Confinement Bars in 3-dir: 3

Number of Confinement Bars in 2-dir: 3

Check/Design:

Reinforcement to be Checked

Reinforcement to be Designed

OK Cancel

Gambar 2.18 Reinforcement Data

- e. Menentukan *patterns* beban mati dan beban hidup

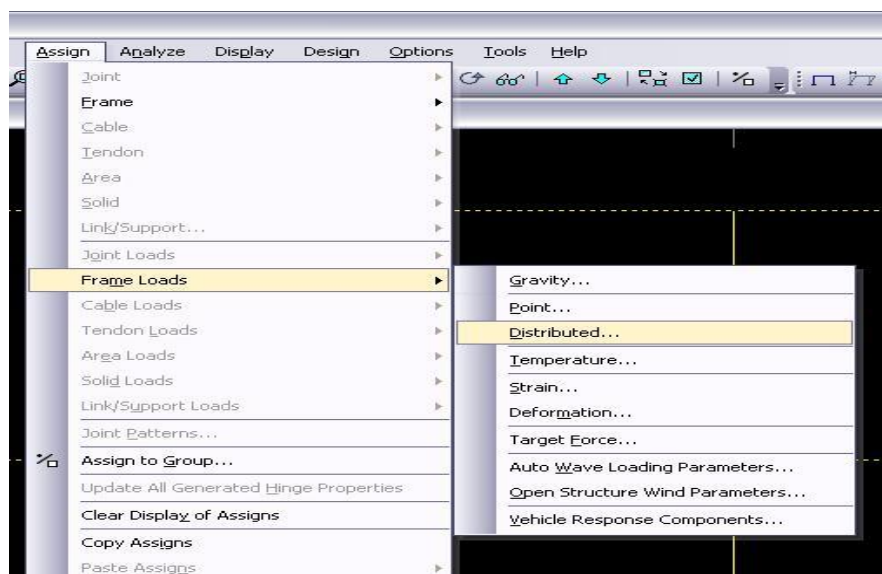
Pilih *Define* pada toolbar lalu pilih *Load Patterns* – buat nama pembebanan, tipe pembebanan dan nilai koefisien beban mati diisi dengan nilai 1, sedangkan koefisien beban hidup diisi dengan nilai 0 seperti tertera pada gambar 2.19 berikut.



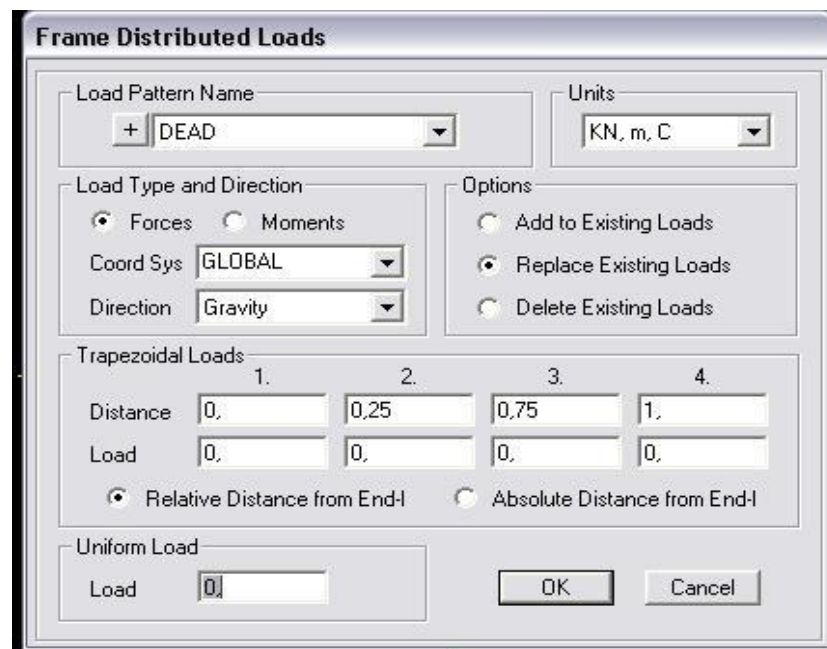
Gambar 2.19 *Load Patterns*

- f. Memasukkan data akibat beban mati

Untuk memasukkan data akibat beban mati, klik batang portal pada model lalu pilih *Assign – Frame Load – Distributed*, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan seperti tertera pada gambar.



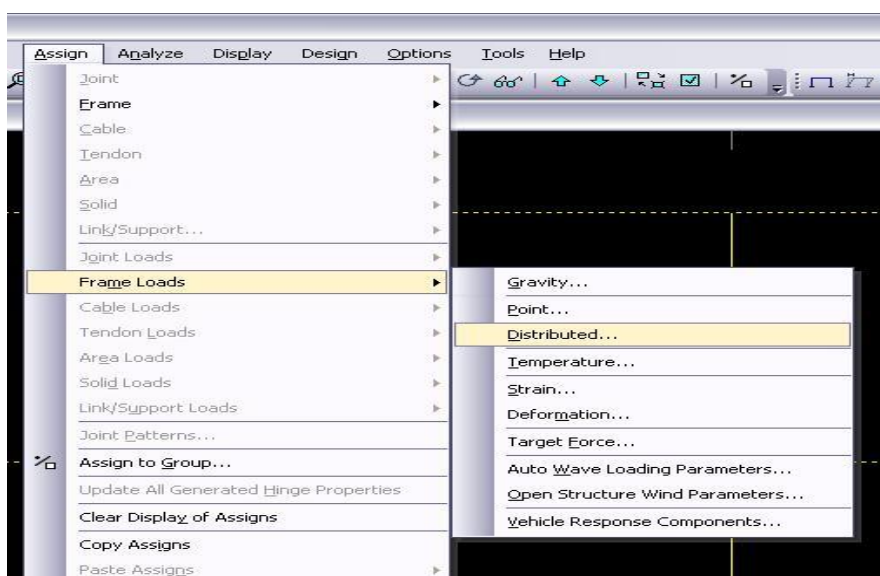
Gambar 2.20 *Toolbar Assign*



Gambar 2.21 Memasukkan Data Beban Mati

g. Memasukkan data akibat beban hidup

Untuk memasukkan data akibat beban hidup, klik batang portal pada model lalu pilih *Assign – Frame Load – Distributed*, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2.22 Toolbar Assign

Gambar 2.23 Memasukkan Data Beban Hidup

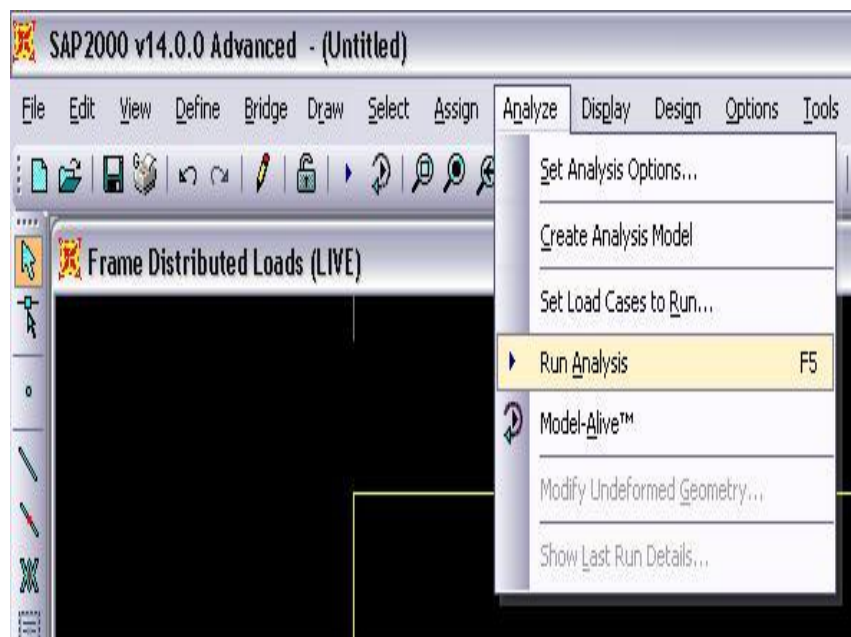
- h. Memasukkan *Load Combination* (beban kombinasi) dengan mengklik *Define – Load Combinaton – Add New Combo*. Kemudian pada *Load Case Name* pilih masing-masing beban, untuk *scale faktor* beban hidup diisi dengan nilai 1,2 sedangkan untuk beban mati sebesar 1,6 seperti gambar.

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
beban mati	Linear Static	1.2
beban hidup	Linear Static	1.6
beban mati	Linear Static	1.2

Gambar 2.24 Memasukkan Beban Kombinasi

i. Melakukan *run analysis*

Setelah semua beban mati dan beban hidup dimasukkan ke portal, maka portal tersebut siap untuk di analisis dengan menggunakan *Run Analysis* seperti yang terlihat pada gambar 2.25.



Gambar 2.25 *Run Analysis*

2.3.5 Perancangan Balok

Balok merupakan elemen horizontal atau miring yang panjang dengan ukuran lebar serta tinggi yang terbatas. Balok berfungsi untuk menyalurkan beban dari pelat. Pada umumnya balok dicetak secara monolit dengan pelat lantai.

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

1. Berdasarkan perencanaan lenturnya, jenis balok dibedakan menjadi :

a. 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 beban yang bekerja.

b. Balok “T”

Balok T merupakan suatu balok yang tidak berbentuk persegi, melainkan berbentuk huruf T. Sebagian dari pelat akan bekerja sama dengan bagian atas balok untuk memikul beban tekan.

2. Berdasarkan tumpuannya, balok dibagi menjadi 2, yaitu :

a. Balok induk

Balok induk merupakan 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.

b. Balok anak

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

Berikut ini beberapa langkah yang harus dilakukan untuk merancang sebuah struktur balok :

1. Menentukan mutu beton yang akan digunakan
2. Menentukan dimensi balok yang akan direncanakan
3. Menghitung pembebanan yang terjadi, antara lain :
 - a. Beban mati yang bekerja pada balok
 - b. Beban hidup yang bekerja pada balok
 - c. Beban sendiri balok

$$\text{Berat sendiri beton} = b h \gamma_{\text{beton}}$$

d. Berat sambungan pelat

$$\text{Berat sambungan pelat} = \text{beban mati pelat/m}^2 \times h$$

4. Menghitung beban dan momen ultimate

Beban ultimate balok

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

Momen ultimate pada balok

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

5. Perhitungan penulangan balok

Perhitungan penulangan pada balok dapat dilakukan melalui langkah-langkah berikut ini :

a. Menentukan momen maksimum

b. Menentukan d_{efektif}

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

c. Nilai rasio penulangan (ρ) dilihat dari tabel istimewa, atau :

$$\rho = \frac{f_c'}{f_y} \left(0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \left(\frac{1,7 M_u}{\emptyset f_c' b d^2} \right)} \right)$$

Keterangan :

M_u = Momen rencana/ terfaktor pada penampang

b = Lebar penampang

d = Tinggi efektif

\emptyset = faktor reduksi (0,75)

Dengan syarat, $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$, apabila $\rho < \rho_{\min}$ maka digunakan ρ_{\min}

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

$$\rho_{\max} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

d. Menghitung nilai A_s

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

Keterangan :

A_s = luas tulangan (mm^2)

ρ = rasio penulangan

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

e. Menentukan diameter tulangan yang akan digunakan berdasarkan nilai A_s yang didapat. Dengan $A_{s\text{pakai}} < A_s$

f. Mengontrol momen nominal

$$\alpha = \frac{A_{s\text{pakai}} \cdot f_y}{0,8 \cdot f_c' \cdot b}$$

6. Perencanaan perhitungan tulangan geser balok

a. Menentukan gaya lintang rencana ($V_{u\text{rencana}}$) berdasarkan perhitungan portal.

$$V_{u\text{rencana}} = \frac{V_u}{b \cdot d}$$

b. Menentukan nilai V_c (Berdasarkan SNI 2847:2013)

$$\phi V_c = \frac{1}{6} \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d_{\text{eff}}$$

Keterangan :

b_w = lebar badan balok

d_{eff} = tinggi efektif balok

Gaya geser V_u yang dihasilkan oleh beban terfaktor harus kurang dari atau sama dengan kuat geser nominal dikali dengan faktor reduksi (ϕ).

$$V_u < \phi V_c$$

Bila, $V_n = V_c + V_s$

Sehingga,

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

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

Jika $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$, maka diperlukan tulangan geser.

Tulangan geser minimum digunakan apabila $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$.

Sedangkan apabila $V_u < \phi V_c$, maka balok tersebut tidak memerlukan tulangan geser.

c. Menentukan jarak tulangan

$$X_1 = \frac{(V_u \text{ rencana} - \frac{1}{2}\phi V_c) \cdot (X - P)}{V_u \text{ rencana}}$$

$$X_2 = \frac{(\phi V_c - \frac{1}{2}\phi V_c) \cdot (X - P - X_1)}{\phi V_c}$$

$$X_3 = (X - p - X_1 - X_2)$$

d. Menghitung luas minimum tulangan geser (berdasarkan SNI 03-2847-2013)

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

e. Menentukan tulangan geser yang dipakai dan jaraknya

$$S_{\text{maks}} = \frac{d_{\text{eff}}}{2}$$

$$S_{\text{min}} = \frac{A_v \cdot f_y}{0,35 \cdot b_w}$$

2.3.6 Perancangan Kolom

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

Secara umum kolom dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori, diantaranya :

1. Berdasarkan beban yang bekerja, kolom diklasifikasikan menjadi :
 - a. Kolom dengan beban aksial
 - b. Kolom dengan beban eksentris
 - c. Kolom dengan beban biaksial
2. Berdasarkan panjangnya, kolom dibedakan menjadi :
 - a. Kolom pendek
 - b. Kolom panjang
3. Berdasarkan bentuk penampangnya, kolom dapat berbentuk bujur sangkar, segi delapan, persegi panjang, lingkaran, bentuk L, dan bentuk lainnya dengan ukuran sisi yang mencukupi.

4. Berdasarkan jenis tulangan sengkang, dibedakan menjadi kolom dengan tulangan sengkang persegi dan sengkang spiral.
5. Berdasarkan kekangan dalam arah lateral, kolom dibagi menjadi suatu portal bergoyang dan tidak bergoyang.
6. Berdasarkan materialnya, dibedakan menjadi kolom beton bertulang biasa, kolom beton prategang, dan kolom komposit.

Adapun beberapa ketentuan yang perlu diperhatikan dalam perancangan struktur kolom pada suatu bangunan gedung antara lain :

1. Dimensi bidang terpendek tidak boleh $< 300 \text{ mm}$ ($b < 300 \text{ mm}$).
2. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi yang tegak lurus padanya tidak boleh $< 0,4$ atau $\left(\frac{h}{b} < 0,4\right)$.
3. Rasio tinggi kolom terhadap dimensi kolom terpendek tidak boleh > 25 , untuk kolom yang dapat mengalami momen yang dapat berbalik tanda rasionya tidak boleh > 16 , untuk kolom kantilever rasionya tidak boleh > 10 .
4. Jumlah ruas tulangan memanjang untuk rasio tulangan (ρ) tidak boleh $< 0,001$ dan tidak boleh $> 0,06$. Pada daerah sambungan tidak boleh $> 0,08$ pada perencanaan gempa.
5. Tulangan pokok memanjang berpengikat 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.
6. Tebal minimum untuk selimut beton adalah 40 mm.

Berikut ini beberapa tahapan dalam perancangan dan perhitungan struktur kolom, antara lain :

1. Menentukan pembebanan yang terdiri dari beban mati dan beban hidup.

$$Q_u = 1,2 Q_D + 1,6 Q_L$$

2. Menentukan momen rencana struktur kolom.

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

3. Menghitung nilai kekakuan kolom

$$EI_{\text{kolom}} = \frac{E_c \cdot I_g}{2,5 (1 + \beta d)}$$

4. Menghitung nilai kekakuan balok

$$EI_{\text{balok}} = \frac{E_c \cdot I_g}{5(1 + \beta d)}$$

Keterangan :

E_c = modulus elastisitas beton, $4700 \sqrt{f_c'}$ MPa

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

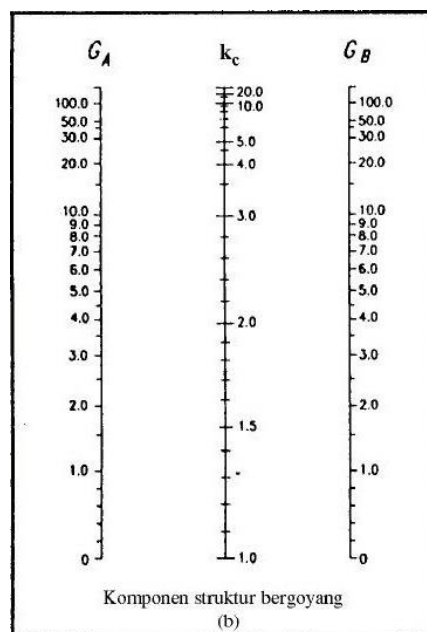
βd = faktor yang menunjukkan hubungan antara beban mati (berat sendiri) dan beban keseluruhan.

5. Cek kelangsingan kolom

$$\Psi = \frac{\sum \frac{E_c \cdot I_k}{L_k}}{\sum \frac{E_c \cdot I_b}{L_b}}$$

6. Menentukan nilai k (faktor panjang efektif komponen struktur tekan)

Menentukan nilai k dari struktur kolom menggunakan diagram nomogram seperti gambar 2.26.



Gambar 2.26 Diagram Nomogram

7. Menentukan angka kelangsingan kolom

Ketentuan kolom langsung adalah sebagai berikut :

a) Rangka tanpa pengaku lateral = $\frac{Klu}{r} > 22$

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

Keterangan :

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan

lu = panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang

r = jari-jari putaran potongan lintang komponen struktur tekan

8. Mencari nilai P_c (beban tekuk)

$$P_c = \frac{\pi^2 EIk}{(k \cdot lu)^2}$$

9. Mencari nilai pembesaran momen

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

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu}{\phi \sum P_c}} \geq 1,0$$

10. Mendesain tulangan

Menghitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 1% luas kolom.

$$A_s = A_s' = \rho \times b \times d_{\text{eff}}$$

Keterangan :

A_s = luas tulangan (mm^2)

ρ = rasio penulangan

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

11. Menentukan tulangan yang digunakan

$$\rho = \rho' = \frac{A_s \text{ pakai}}{b \cdot d}$$

12. Memeriksa Pu terhadap beban seimbang

$$d = h - d'$$

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

$$a_b = \beta_1 \cdot C_b$$

$$f_s' = \left(\frac{C_b - d}{C_b} \right) \cdot 0,003$$

$$f_s' = f_y \longrightarrow f_s' = f_y ; A_s = A_s'$$

$$\phi P_n = \phi (0,85 \cdot f_c' \cdot a_b \cdot b + A_s' \cdot f_s' - A_s \cdot f_y)$$

$$\phi P_n = P_u \quad (\text{beton belum hancur pada daerah tarik})$$

$$\phi P_n < P_u \quad (\text{beton hancur pada daerah tarik})$$

$$\phi P_n > P_u \quad (\text{beton hancur pada daerah tekan})$$

13. Memeriksa kekuatan penampang

a) Akibat keruntuhan tarik

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

b) Akibat keruntuhan tekan

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

Keterangan :

 ρ = rasio penulangan tarik ρ' = rasio penulangan tekan A_s = luas tulangan tarik yang dipakai A_s' = luas tulangan tekan yang dipakai d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik d' = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan b = lebar daerah tekan komponen struktur h = diameter penampang f_c' = mutu beton f_y = mutu baja e = eksentrisitas

14. Menentukan tulangan sengkang

a) Berdasarkan syarat teoritis :

1) Jarak spesi :

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

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

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

b) Berdasarkan perhitungan V_u

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

2.3.7 Perancangan Sloof

Sloof merupakan salah satu struktur bawah suatu bangunan yang memiliki fungsi utama sebagai pengikat antar pondasi sehingga diharapkan bila terjadi penurunan pondasi, penurunan itu dapat tertahan atau akan terjadi secara bersamaan. Adapun beberapa langkah yang perlu diperhatikan dalam perancangan dan perhitungan sloof antara lain :

1. Menentukan dimensi sloof, mutu beton.

2. Menentukan pembebanan sloof, yang meliputi :

- Beban sendiri sloof
- Berat dinding
- Berat plesteran

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

$$Q_u = 1,4 Q_D$$

3. Menghitung momen yang bekerja.

Untuk mendapatkan nilai momen ultimate yang bekerja pada sloof menggunakan program SAP 2000 V.14.

4. Menentukan tinggi efektif (d_{eff})

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

5. Nilai rasio penulangan (ρ) dilihat dari tabel istimewa, atau :

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

Keterangan :

Mu = Momen rencana/ terfaktor pada penampang

b = Lebar penampang

d = Tinggi efektif

 \emptyset = faktor reduksi (0,75)Dengan syarat, $\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$, apabila $\rho < \rho_{\text{min}}$ maka digunakan ρ_{min}

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

$$\rho_{\text{maks}} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

6. Menghitung nilai As

$$A_s = A_s' = \rho \times b \times d_{\text{eff}}$$

Keterangan :

As = luas tulangan (mm^2) ρ = rasio penulangan d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

7. Kontrol momen nominal

$$\alpha = \frac{A_s \cdot f_y}{0,8 \cdot f_c' \cdot b}$$

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

8. Menentukan gaya lintang maksimum (V_{maks})

$$V_c = \frac{1}{6} \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d_{\text{eff}}$$

Keterangan :

b_w = lebar badan balok

d_{eff} = tinggi efektif balok

Gaya geser V_u yang dihasilkan oleh beban terfaktor harus kurang dari atau sama dengan kuat geser nominal dikali dengan faktor reduksi (ϕ).

$$V_u < \phi V_c$$

$$\text{Bila, } V_n = V_c + V_s$$

Sehingga,

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

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

Jika $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$, maka diperlukan tulangan geser.

Tulangan geser minimum digunakan apabila $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$. Biasanya digunakan tulangan berdiameter 10 mm yang diletakkan dengan jarak maksimum.

Sedangkan apabila $V_u < \phi V_c$, maka sloof tersebut tidak memerlukan tulangan geser.

9. Menentukan tulangan geser yang digunakan dan jaraknya

$$S_{maks} = \frac{d_{eff}}{2}$$

$$S_{min} = \frac{A_v \cdot 1200 \cdot f_y}{0,75 \sqrt{f_c'} \cdot b_w}$$

Keterangan :

A_v = luas tulangan geser

f_y = mutu baja

2.3.8 Perancangan Pondasi

Pondasi dalam istilah ilmu teknik sipil dapat didefinisikan sebagai bagian dari struktur bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi untuk menyalurkan beban-beban yang diterima dari struktur atas ke lapisan tanah.

Proses desain struktur pondasi memerlukan analisis yang cukup lengkap, meliputi kondisi/ jenis struktur atas, beban-beban yang bekerja pada struktur, profil lapisan tanah tempat bangunan, serta kemungkinan terjadinya penurunan (*settlement*). Hasil desain struktur pondasi yang optimal dapat menghasilkan biaya konstruksi yang minimal tanpa mengurangi tingkat keamanan dan kinerja dari struktur tersebut.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam perancangan struktur pondasi sebuah bangunan, yaitu :

1. Keadaan tanah dilokasi pembangunan
2. Jenis konstruksi bangunan yang dilakukan
3. Kondisi bangunan yang berada disekitar lokasi
4. Waktu dan biaya pekerjaan

Menurut Bowles J.E., sebuah pondasi haruslah memenuhi beberapa persyaratan stabilitas dan persyaratan deformasi antara lain :

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

dimodifikasi seandainya perubahan-perubahan kelak akan meliputi ruang lingkup yang besar.

6. Pondasi haruslah ekonomis di dalam metode pemasangannya.
7. Pergerakan tanah seluruhnya dan pergerakan diferensial harus dapat ditolerir.
8. Pondasi dan konstruksinya harus memenuhi syarat standar untuk perlindungan lingkungan.

Berikut ini merupakan beberapa jenis-jenis pondasi yang biasa diketahui, diantaranya :

1. Pondasi dangkal (*shallow foundation*)

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

a. Pondasi telapak (*isolated footing*)

- 1) Pondasi telapak bujur sangkar
- 2) Pondasi telapak persegi panjang
- 3) Pondasi telapak lingkaran

b. Pondasi lajur (*combined footing*)

c. Pondasi pelat (*mat foundation*)

d. Pondasi menerus (*continous footing*)

e. *Strap footing*

2. Pondasi dalam (*deep foundation*)

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

a. Pondasi beton pra-cetak (*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)

$$Q_{ult} = 1,3.c.Nc + \gamma m.z.Nq + 0,4.\gamma m.B.N\gamma$$

2. Pondasi persegi panjang

$$Q_{ult} = c.Nc + \gamma m.z.Nq + 0,5.\gamma m.B.N\gamma$$

3. Pondasi telapak berbentuk lingkaran

$$Q_{ult} = 1,3.c.Nc + \gamma m.z.Nq + 0,3.\gamma m.B.N\gamma$$

Pemilihan bentuk pondasi yang didasarkan daya dukung tanah, perlu diperhatikan beberapa hal sebagai berikut :

1. Bila tanah keras terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter dibawah permukaan tanah, maka pondasi yang dipilih sebaiknya jenis pondasi dangkal.
2. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 10 meter atau lebih dibawah permukaan tanah, maka jenis pondasi yang biasanya digunakan adalah pondasi tiang *minipile* dan pondasi sumuran atau *borpile*.
3. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 20 meter atau lebih dibawah permukaan tanah, maka jenis pondasi yang digunakan ialah pondasi tiang pancang.

Adapun langkah-langkah dalam perancangan suatu pondasi antara lain sebagai berikut :

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

Berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang :

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

Berdasarkan kekuatan tanah :

$$Q_{ijin} = \frac{NK \times Ab}{Fb} + \frac{JHP \times O}{Fs}$$

Keterangan :

NK = nilai konus

JHP = jumlah hambatan pekat

Ab = luas tiang pancang

O = keliling tiang pancang

F_b = faktor keamanan daya dukung ujung = 3

F_s = faktor keamanan daya dukung gesek = 5

2. Menentukan jumlah banyaknya tiang pancang

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

3. Menentukan jarak antar tiang pancang

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

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

Keterangan :

S = jarak antar tiang

d = diameter pile (tiang)

4. Menentukan efisiensi kelompok tiang

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

$$E_g = 1 - \frac{\theta}{90} \left\{ \frac{(m-1)n + (n-1)m}{mn} \right\} \longrightarrow \text{arc} \cdot \tan \frac{d}{s}$$

Dimana :

d = diameter pile (tiang)

s = jarak antar tiang

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

$$P = \frac{\Sigma V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{max}}{n_y \cdot \Sigma x^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{max}}{n_x \cdot \Sigma y^2}$$

Keterangan :

P = beban yang diterima oleh tiang pancang

ΣV = jumlah total beban

- M_x = momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus dengan sumbu x
 M_y = momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus dengan sumbu y
 n = banyak tiang pancang dalam kelompok tiang
 X_{max} = absis terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang pancang
 Y_{max} = ordinat terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang pancang
 n_y = banyak tiang pancang dalam satu baris arah sumbu y
 n_x = banyak tiang pancang dalam satu baris arah sumbu x
 Σx^2 = jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang
 Σy^2 = jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang

Mengontrol kemampuan tiang pancang :

$$P_{ijin} = \frac{P}{n}$$

$$P_{ijin} < P$$

6. Menentukan penulangan tiang pancang

Penulangan tiang pancang dihitung berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkatan.

a. Tulangan pokok tiang pancang

Nilai rasio penulangan (ρ) dilihat dari tabel istimewa, atau :

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

Keterangan :

M_u = Momen rencana/ terfaktor pada penampang

b = Lebar penampang

d = Tinggi efektif

ϕ = faktor reduksi (0,75)

Dengan syarat, $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$, apabila $\rho < \rho_{\min}$ maka digunakan ρ_{\min}

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

$$\rho_{\max} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

b. Tulangan geser tiang pancang

V_u rencana didapat dari pola pengangkatan sebagai berikut :

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

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

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

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

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

Syarat sengkang, $S_{\max} = \frac{1}{2} d_{\text{efektif}}$

7. Perhitungan *pile cap*

Pile cap merupakan bagian yang mengikat dan mengunci posisi tiang pancang.

Adapun langkah-langkah perencanaannya, yaitu :

a. Menentukan beban yang bekerja

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

Dimana :

W_D = beban mati

W_L = beban hidup

b. Menentukan dimensi *pile cap*

- Menentukan panjang *pile cap*

$$l_w = (k + 1) \times D + 300$$

- Menentukan lebar *pile cap*

$$b_w = D + 300$$

Keterangan :

lw = panjang *pile cap*

bw = lebar *pile cap*

D = dimensi pile

K = variabel jarak *pile cap*

2.4 Manajemen Proyek

Manajemen proyek (pengelolaan proyek) merupakan suatu proses 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, diantaranya :

1. Kegiatan perencanaan

a. Penetapan tujuan (*goal setting*)

Penetapan tujuan ini yaitu tahap awal yang harus dilakukan dengan menentukan tujuan utama yang ditetapkan secara spesifik, realistis, terukur, dan mempunyai durasi pencapaian/ target.

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 perencanaan tersebut. Bentuk perencanaan dapat berupa perencanaan prosedur, perencanaan metode kerja, perencanaan standar pengukuran hasil, perencanaan anggaran biaya, maupun perencanaan program (rencana kegiatan beserta jadwal).

c. Pengorganisasian (*organizing*)

Kegiatan pengorganisasian ini bertujuan untuk melakukan pengaturan dan pengelompokan kegiatan proyek konstruksi agar kinerja yang dihasilkan dapat 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 dengan keahliannya.

b. Pengarahan (*briefing*)

Pengarahan ini merupakan tahapan kelanjutan dari pengisian staf. Pada tahap ini dilakukan pengarahan berupa penjelasan tentang lingkup pekerjaan dan paparan waktu untuk memulai dan menyelesaikan pekerjaan tersebut.

3. Kegiatan pengendalian

a. Pengawasan (*supervising*)

Pengawasan ini 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 dengan lancar sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan untuk mencapai hasil yang diinginkan.

b. Pengendalian (*controlling*)

Controlling atau pengendalian merupakan proses penetapan atas apa yang telah dicapai, evaluasi kerja dan langkah perbaikan apabila diperlukan.

c. Koordinasi (*coordinating*)

Koordinasi 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 (RKS)

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

Untuk dapat menyusun rencana kerja untuk sebuah proyek, maka harus 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 proyek.
- 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 pembayaran *progress*, dan lainnya.

2.4.2 Volume Pekerjaan

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

2.4.3 Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan pekerjaan merupakan perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang terdapat

dalam suatu proyek pembangunan. Harga satuan ini berguna agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan setiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini nantinya akan diperoleh total biaya 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 suatu perhitungan banyaknya biaya yang akan diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lainnya yang berhubungan dengan pelaksanaan pembangunan suatu proyek. Anggaran biaya ini ialah 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 adanya perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. Tujuan dari pembuatan RAB ini sendiri adalah untuk memberikan gambaran yang pasti tentang besarnya biaya yang nantinya akan dikeluarkan untuk proses pembangunan.

2.4.5 Rencana Pelaksanaan

Rencana kerja merupakan serangkaian tujuan dan proses yang bisa membantu untuk mencapai tujuan pembangunan. Rencana pelaksanaan pada suatu proyek konstruksi dapat dibuat dalam bentuk berikut ini :

1. Network Planning (NWP)

Network planning merupakan suatu hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (*variables*) yang digambarkan/divisualisasikan dalam diagram *network*. Dengan demikian diketahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan. Adapun manfaat NWP antara lain :


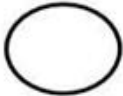


- Mengkoordinasikan antar kegiatan.
- Mengetahui apakah suatu kegiatan tergantung atau tidak dengan kegiatan yang lainnya.
- Mengetahui pekerjaan apa yang harus lebih dahulu diselesaikan.
- Mengetahui berapa hari suatu proyek dapat diselesaikan.

Sebelum menggambarkan diagram *network planning*, perlu diingat beberapa hal berikut :

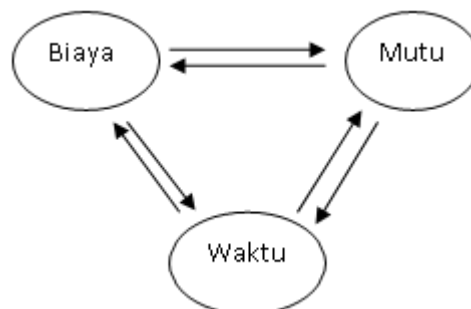
- Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak memiliki arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya durasi dan *resources* yang dibutuhkan.
- Aktivitas-aktivitas apa yang mendahului dan aktivitas apa yang mengikutinya.
- Aktivitas-aktivitas apa yang dapat dikerjakan bersamaan.
- Aktivitas-aktivitas itu dibatasi saat mulai dan saat selesai.
- Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas tersebut.
- Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari setiap kegiatan.
- Besar kecilnya juga tidak memiliki arti, dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa. Anak panah selalu menghubungkan dua nodes, arah dari anak panah menunjukkan urutan waktu.

Berikut ini beberapa simbol yang biasa digunakan dalam *network planning* :

Tabel 2.8 Simbol-Simbol *Network Planning*

No	Simbol	Keterangan
1		<i>Arrow</i> , bentuknya merupakan anak panah yang artinya aktivitas/kegiatan : adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan "duration" (jangka Waktu Tertentu) dan "Resources" (Tenaga, equipment, Material dan Baiaya) tertentu.
2		<i>Node/event</i> , bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian : adalah permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan-kegiatan.
3		<i>Double arrow</i> , Anak panah sejajar, merupakan kegiatan di Lintasan Kritis (Critical Path)
4		<i>Dummy</i> , Bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktivitas semu : adalah bukan kegiatan/aktivitas tetapi dianggap kegiatan/aktivitas, hanya saja tidak membutuhkan duration dan resource tertentu.

Pada proyek konstruksi membutuhkan perencanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek. Tujuannya ialah untuk menyelaraskan antara biaya proyek yang dioptimalkan, mutu pekerjaan yang baik/berkualitas, dan waktu pelaksanaan yang tepat. Karena ketiganya adalah 3 elemen yang saling mempengaruhi. Adapun ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 2.27 dibawah ini.



Gambar 2.27 Diagram Hubungan Biaya, Mutu dan Waktu

Ilustrasi dari 3 lingkaran diatas adalah jika biaya proyek berkurang (dikurangi) sementara waktu pelaksanaan direncanakan tetap, maka secara otomatis anggaran belanja material akan dikurangi dan mutu pekerjaan juga bisa jadi akan berkurang, dengan demikian secara umum proyek akan merugi. Jika waktu pelaksanaan mundut/terlambat sementara tidak ada rencana penambahan anggaran, maka mutu pekerjaan juga akan berkurang dan proyek tersebut akan merugi. Jika mutu ingin dijaga, sementara waktu pelaksanaan terlambat, maka akan terjadi peningkatan jumlah anggaran biaya dan proyek juga akan merugi. Proyek dapat dikatakan untung jika waktu pelaksanaan lebih cepat selesai dari rencana dengan mutu yang tetap terjaga dan secara otomatis akan ada keuntungan pada biaya anggaran belanja.

2. *Barchat*

Barchat adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal sedangkan kolom 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-langkah berikut :

- Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada di dalam rencana pembangunan.
- Urutan pekerja, 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 secara bersamaan.
- 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.

3. Kurva S

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif *progress* pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva tersebut dibuat berdasarkan rencana atau pelaksanaan *progress* kegiatan dari setiap pekerjaan atau berdasarkan bobot setiap pekerjaan dari awal sampai berakhirnya pekerjaan. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan harga pekerjaan dan harga total keseluruhan dari jumlah penawaran (anggaran biaya).