

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uraian Umum

Perancangan adalah suatu kegiatan yang sangat penting sebelum dilakukannya pelaksanaan proyek. Kesalahan dalam Perancangan akan mengakibatkan terjadinya kerugian dalam suatu proyek. Perancangan struktur adalah suatu proses desain berdasarkan peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia. Perancangan struktur dilakukan untuk menghasilkan suatu gedung yang kuat, aman, ekonomis dan sesuai standart yang berlaku serta hemat biaya, waktu dan tenaga pengerjaannya sehingga dapat digunakan sebagaimana fungsinya.

Ada tiga aspek yang harus diperhatikan perencana dalam melakukan analisis struktur yakni beban, kekuatan bahan dan keamanan. Adapun tahapan perancangan sebuah konstruksi bangunan antara lain sebagai berikut:

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 dirancang, baik dimensinya maupun posisi struktur tersebut. Dan pada pertemuan pertama biasanya arsitek akan datang dan membawa informasi mengenai sketsa denah, gambar tampak dan potongan, penjelasan fungsi setiap lantainya, konsep awal gedung, serta rencana komponen non-struktural.

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.

Secara umum, struktur bangunan gedung terdiri dari dua bagian yaitu struktur bagian atas berupa plat lantai, balok dan kolom serta struktur bagian bawah berupa pondasi dan *sloof*. Struktur gedung dirancang untuk memberikan jaminan keselamatan penghuni gedung, maka dari itu gedung yang direncanakan harus memenuhi standart.

Dalam perancangan struktur, umumnya ada 3 hal utama yang harus diperhatikan. Yaitu sebagai berikut:

1. Keamanan dari struktur untuk memikul beban-beban layan dengan baik. Hal ini dapat dicapai dengan menyediakan kuat rencana kompeten struktur yang mencukupi.
2. Lendutan dari komponen struktur akibat beban layan. Lendutan yang dapat terjadi pada suatu komponen struktur pada umumnya dibatasi oleh suatu nilai yang besarnya ditentukan oleh panjang bentang komponen struktur tersebut.
3. kontrol terhadap lebar letak yang terjadi akibat beban layan. Retak yang terjadi pada struktur akan mengurangi penampilan dari struktur tersebut, disamping itu adanya retak akan memungkinkan udara masuk ke dalam beton dan menyebabkan korosi pada baja tulangan, yang pada akhirnya akan menurunkan kekuatan dari komponen tersebut. SNI 2847:2019 lebar retak dalam struktur sangat bervariasi.

2.2 Ruang Lingkup Perancangan

Ruang lingkup perancangan meliputi beberapa tahapan yaitu tahap persiapan, tahap studi kelayakan, tahap desain bangunan, tahap perhitungan struktur, dan tahap perhitungan biaya. Sebelum melakukan perancangan bangunan, langkah awal yang dilakukan yaitu perancangan gambar bangunan oleh seorang arsitek. Arsitek mendesign bangunan sesuai dengan keinginan pemilik (*owner*). Setelah gambar *design* disetujui oleh pemilik, selanjutnya dilakukan perancangan struktur yang mampu menjamin keamanan dan stabilitas struktur tersebut.

2.2.1 Perencanaan Konstruksi

Perancangan Konstruksi 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 utama beton bertulang, yang biasanya terdapat pada sebuah bangunan, antara lain sebagai berikut:

a. Struktur Bangunan Atas (*Upper Structure*)

Struktur atas merupakan seluruh elemen struktur yang terletak diatas muka tanah. Adapun Perhitungan perancangan struktur bangunan atas meliputi: Perhitungan atap, Perhitungan pelat lantai, Perhitungan tangga, Perhitungan balok, Perhitungan kolom

b. Struktur Bangunan Bawah (*Sub Structure*)

Struktur bawah merupakan elemen struktur yang berada dibawah muka tanah. Struktur bangunan bawah merupakan sistem pendukung bangunan yang menerima beban dari struktur atas, untuk diteruskan ke tanah yang berada dibawahnya. Adapun Perhitungan perancangan struktur bangunan bawah meliputi: Perhitungan *sloof*, Perhitungan pondasi.

Pemilihan jenis struktur atas akan sangat berpengaruh pada sistem fungsional gedung. Dalam mendesain struktur perlu dicari kedekatan antara jenis struktur dengan masalah-masalah yang akan memberikan dampak pada struktur tersebut. Adapun masalah-masalah yang menjadi faktor pemilihan jenis struktur dibagi menjadi beberapa aspek yaitu sebagai berikut:

a. Fungsional Dalam perancangan struktur yang baik sangat perlu memperhatikan fungsi dari bangunan tersebut. Kaitannya dengan penggunaan ruang, aspek fungsional sangat mempengaruhi besarnya dimensi bangunan yang direncanakan

b. Kekuatan dan kestabilan struktur Kekuatan dan kestabilan struktur memiliki hubungan erat dengan kemampuan struktur dalam menahan beban – beban yang

- bekerja, baik beban arah vertikal dan horizontal. Kestabilan struktur adalah keadaan seimbang dari struktur setelah menerima beban – beban tersebut.
- c. Arsitektur Pengolahan elemen – elemen struktur dengan memperhatikan segi estetika seperti perancangan denah, gambar tampak, potongan, perspektif, interior dan eksterior.
 - d. Ekonomi dan Kemudahan Pelaksanaan Struktur yang dirancang harus mampu memikul beban yang akan bekerja pada suatu bangunan tersebut secara aman tanpa adanya kelebihan tegangan atau deformasi yang melampaui batas izin. Tetapi dalam perancangan juga harus memperhatikan segi ekonomi dan harus memperhatikan kondisi yang memungkinkan terjadinya keamanan dan kenyamanan dalam pelaksanaannya.
 - e. Lingkungan Aspek lingkungan adalah salah satu aspek lain yang ikut menentukan dalam perancangan dan pelaksanaan suatu proyek. Aspek ini juga bisa menjadi tujuan utama dalam suatu pembangunan proyek. Misalnya, dengan adanya pembangunan ini diharapkan akan memperbaiki kondisi lingkungan yang menjadi lokasi proyek tersebut serta memberikan dampak yang baik bagi masyarakat disekitar lokasi proyek. Aspek lingkungan juga menjadi bahan pertimbangan perencana dalam mengambil tindakan untuk mengurangi dampak buruk yang akan terjadi.

2.2.2 Dasar-Dasar Perencanaan

Dalam menyelesaikan perhitungan perancangan pembangunan Gedung Laboratorium Teknik 5.1 Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Lampung penulis berpedoman pada peraturan yang dibuat oleh Badan Standarisasi Nasional yang berlaku di Indonesia dan berbagai jenis buku, diantaranya yaitu:

- a. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (Berdasarkan SNI 2847:2019)
- b. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03)
- c. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung Tahun 1989.

- d. Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (berdasarkan SNI 03-1729-2020)
- e. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2020)
- f. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung (berdasarkan SNI 1726:2019)

2.2.3 Klasifikasi Pembebanan

Pembebanan pada struktur merupakan salah satu yang terpenting dalam perancangan sebuah gedung. Kesalahan dalam perancangan beban atau penerapan beban pada perhitungan akan mengakibatkan kesalahan yang fatal pada hasil desain bangunan tersebut. Untuk itu sangat penting bagi kita untuk merencanakan perhitungan pembebanan secara baik dan matang agar bangunan yang didesain nantinya akan aman pada saat dibangun akan digunakan sesuai fungsinya.

Suatu konstruksi bangunan gedung juga harus dirancang kekuatannya terhadap suatu pembebanan. Berdasarkan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung Tahun 1989 jenis pembebanan terdiri atas:

1. Beban Mati atau *Dead Load* (D)

Berdasarkan SNI 1727:2020, Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan structural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut material.

Dalam menentukan beban mati untuk perancangan, harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan bahwa tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak yang berwenang yang mengerti dan ahli bidangnya.

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan Gedung

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

(Sumber : Standar Nasional Indonesia 1727 : 2013)

Tabel 2.2 Berat Sendiri Komponen Bangunan Gedung

Adukan, per cm tebal: - Dari semen - Dari kapur, semen merah atau tras	21 kg/m ² 17 kg/m ²
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14 kg/m ²

Dinding pasangan bata merah - Satu batu - Setengah batu	450 kg/m ² 250 kg/m ²
Dinding pasangan batako : Berlubang : - Tebal dinding 20 cm (HB 20) - Tebal dinding 10 cm (HB 10) Tanpa lubang : - Tebal dinding 15 cm - Tebal dinding 10 cm	200 kg/m ² 120 kg/m ² 300 kg/m ² 200 kg/m ²
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari : - Semen asbes (eternity dan bahan lian sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm - Kaca, dengan tebal 3-5 mm	11 kg/m ² 10 kg/m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ²	40 kg/m ²
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 mm dan jarak s.k.s. maksimum 0,80 m	7 kg/m ²
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50 kg/m ²
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/taso. Per m ² bidang atap	40 kg/m ²
Penutup atap seng gelombang (BJLS-25) tanpa gordeng	10 kg/m ²
Penutup lantai dari ubin semen Portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24 kg/m ²
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m ²

(Sumber : Standar Nasional Indonesia 1727 : 2013)

2. Beban Hidup Atau *Live Load* (L)

Berdasarkan SNI 1727:2020, Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.

Semua beban hidup yang memungkinkan dalam proses konstruksi perlu dipertimbangkan untuk memperoleh hasil perhitungan yang maksimal. Oleh karena besar dan lokasi beban hidup yang berubah – ubah, maka penentuan

beban hidup dengan tepat merupakan suatu hal yang cukup sulit. Khusus pada pelat atap beban hidup dapat termasuk beban air hujan, akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air.

Tabel 2.3 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_o dan Beban Hidup Terpusat Minimum

Hunian atau penggunaan	Merata L_o psf (kN/m ²)	Terpusat Ib (kN)
Sistem lantai akses		
- Ruang kantor	50 (2,4)	2.000 (8,9)
- Ruang komputer	100 (4,79)	2.000 (8,9)
Ruang pertemuan		
- Kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	
- Lobi	100 (4,79)	
- Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
- Panggung pertemuan	150 (7,18)	
- Lantai podium	100 (4,79)	
- Tribun penonton stadion	60 (2,87)	
- Arena dengan kursi tetap (terikat di lantai)	100 (4,79)	
- Ruang pertemuan lainnya		
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor		
- Lantai pertama	100 (4,79)	
Hunian atau penggunaan	Merata L_o psf (kN/m²)	Terpusat Ib (kN)
- Lantai lain	Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Dudukan mesin elevator (pada daerah 2 in. x 2 in. [50 mm x 50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai finishing ringan		200 (0,89)

(pada area 1 in. X 1 in. [25 mm x 25 mm])		
Jalur penyelamatan saat kebakaran	100 (4,79)	
- Hunian satu keluarga saja	40 (1,92)	
Tangga permanen		Lihat pasal 4.5.
Garasi/parkir (lihat pasal 4.10)		Lihat pasal 4.10.1
- Mobil penumpang saja	40 (1,92)	Lihat pasal 4.10.2
- Truk dan bus	Lihat pasal 4.10.2	
Pegangan tangga dan pagar pengaman	Lihat 4.5.1	Lihat 4.5.1
- Batang pegangan		Lihat 4.5.2
Perpustakaan		
- Ruang baca	60 (2,87)	1.000 (4,45)
- Ruang penyimpanan	150 (7,18)	1.000 (4,45)
- Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1.000 (4,45)
Gedung perkantoran		
Ruang arsip dan computer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
- Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2.000 (8,90)
- Kantor	50 (2,40)	2.000 (8,90)
- Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2.000 (8,90)
Hunian atau Penggunaan	Merata L_o psf (kN/m²)	Terpusat Ib (kN)
Atap		
Atap datar, terhubung dan lengkung	20 (0,96)	
Atap yang digunakan penghuni	Sama dengan penggunaan yang dilayani	
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,79)	

Atap vegetatif dan atap lansekap - Atap bukan untuk hunian - Atap untuk tempat berkumpul - Atap untuk penggunaan lainnya	20 (0,96) 100 (4,79) Sama dengan penggunaan yang dilayani	
<i>Awning</i> dan kanopi - Atap konstruksi <i>fabric</i> yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan - Rangka penumpu layar penutup	5 (0,24) 5 (0,24)	200 (0,89) 200 (8,90)
Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai tempat bekerja - Titik panel tunggal dari kord bawah rangka batang atap atau suatu titik sepanjang komponen struktur utama pendukung atap diatas pabrik, gudang penyimpanan dan pekerjaanya, dan garasi bengkel - Semua komponen struktur atap utama lainnya	Berdasarkan area tributari dari atap yang didukung oleh komponen struktur rangka 20 (0,96)	2000 (8,9) 300 (1,33)
Hunian atau Penggunaan	Merata L_o psf (kN/m²)	Terpusat Ib (kN)
- Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		300 (1,33)
Sekolah - Ruang kelas - Koridor diatas lantai pertama - Koridor lantai pertama	40 (1,92) 80 (3,83) 100 (4,79)	1.000 (4,45) 1.000 (4,45) 1,000 (4,45)

Scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit – langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Jalan di pinggir untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk – truk	250 (11,97)	8.000 (35,60)
Tangga dan jalan keluar - Rumah tinggal untuk satu atau dua keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	300 (1,33) 300 (1,33)
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79)	

(Sumber : SNI 1727:2020)

3. Beban Angin (W)

Beban angin adalah beban yang timbul sebagai akibat adanya tekanan dari gerakan angin. Beban angin didistribusikan merata pada kolom yang berada di dinding terluar bangunan. Beban angin bangunan gedung yang termasuk sebagai Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) direncanakan sesuai dengan aturan pada SNI 1727:2020 sebagaimana berikut:

a. Kecepatan angin dasar (V)

Adapun untuk menentukan beban angin desain pada bangunan gedung dan struktur lainnya harus ditetapkan dari Instansi yang berwenang, yang sesuai dengan kategori-kategori resiko bangunan gedung dan struktur tersebut.

b. Faktor Arah Angin

Faktor arah angin dapat ditentukan pada tabel 2.4 berikut. Pengaruh angin dalam menentukan beban angin harus didasarkan pada analisis untuk kecepatan angin yang sesuai dengan persyaratan.

Tabel 2.4 Faktor Arah Angin (Kd)

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin Kd
Bangunan Gedung	0,85
Sistem Penahan Beban Angin Utama Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85

Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	0,90
Segi empat	0,95
Segi enam Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame	0,85
pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	
Papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

(Sumber: SNI 1727-2013, hal 50)

c. *Eksposur*

Untuk setiap arah angin yang ditentukan, eksposur lawan angin didasarkan pada kekerasan permukaan tanah yang dapat ditentukan dari: topografi, vegetasi, dan fasilitas bangunan.

d. Faktor Topografi

Efek peningkatan kecepatan angin harus dimasukkan dalam perhitungan beban angin desain dengan menggunakan faktor K_{zt} .

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 \dots \dots \dots (2.1)$$

Jika kondisi situs dan lokasi gedung dan struktur bangunan lain tidak memenuhi semua kondisi yang diisyaratkan, maka $K_{zt} = 1,0$.

e. Efek Tiupan Angin

Faktor efek tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar 0,85.

f. Tekanan Velositas

Tekanan *velositas* q_z , dievaluasi pada ketinggian z harus dihitung dengan persamaan berikut.

$$q_z = 0,613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot V^2 \text{ (N/m}^2\text{)} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

K_d = faktor arah angin

K_z = koefisien eksposur tekanan velositas

K_{zt} = faktor topografi tertentu

V = kecepatan angin dasar

q_z = tekanan velositas pada ketinggian z

q_h = tekanan velositas pada ketinggian atap rata-rata h

g. Beban Angin

Tekanan angin desain untuk SPBAU bangunan gedung kaku tertutup dan tertutup sebagian dari semua ketinggian harus ditentukan dengan persamaan:

$$p = qG C_p - q_i (G C_{pi}) \text{ (N/m}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

q = q_z untuk dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian z di atas permukaan tanah.

q = q_h untuk dinding disisi angin pergi, dinding samping, dan atap yang diukur pada ketinggian h .

q_i = q_z untuk dinding disisi angin datang, dinding samping, dinding disisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup untuk mengevaluasi tekanan internal negative pada bangunan Gedung tertutup sebagian.

q_i = q_z untuk mengevaluasi tekanan positif pada bangunan Gedung tertutup sebagian bila tinggi z ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada bangunan Gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif.

G = faktor tiupan angin

C_p = koefisien tekanan eksternal

$(G C_{pi})$ = koefisien tekanan internal

Tabel 2.5 Koefisien Tekanan Dinding, C_p

Permukaan	L/B	C_p	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	q_z
Dinding di sisi angin pergi	0 – 1	- 0,5	q_h
	2	- 0,3	
	≥ 4	- 0,2	
Dinding tepi	Seluruh nilai	- 0,7	q_h

(Sumber: SNI 1727-2013, hal 50)

Tabel 2.6 Koefisien Tekanan Atap, C_p

Arah angin	Di sisi angin datang									Di sisi angin pergi			
	Sudut, θ (derajat)										Sudut, θ (derajat)		
	h/L	10	15	20	25	30	35	45	≥ 60	10	15	≥ 20	
Tegak lurus terhadap bubungan $\theta \geq 10^\circ$	$\leq 0,25$	-0,7 -0,18	-0,50,0*	-0,3 0,2	-0,2 0,3	-0,2 0,3	0,0* 0,4	0,4	0,010	-0,3	-0,5	-0,6	
	0,5	-0,9 -0,18	-0,7 -0,18	-0,4 0,0*	-0,3 0,2	-0,2 -0,2	-0,2 0,3	0,0 0,4	0,010	-0,5	-0,5	-0,6	
	$\geq 1,0$	-1,3** -0,18	-1,0 -0,18	-0,7 -0,18	-0,5 0,0*	-0,3 0,2	-0,2 0,2	0,0 0,4	0,010	-0,7	-0,6	-0,6	
Tegak lurus terhadap bubungan $\theta < 10^\circ$	$\leq 0,5$	Jarak horizontal dari tepi sisi angin datang			C_p		* Nilai disediakan untuk keperluan interpolasi ** Nilai dapat direduksi secara linear dengan luas yang sesuai berikut ini:						
		0 sampai dengan h/2			-0,9, -0,18								
		h/2 sampai dengan h			-0,9, -0,18								
		h sampai dengan 2h			-0,5, -0,18								
		> 2h			-0,3, -0,18								
Sejajar bubungan untuk semua θ	$\geq 1,0$	0 sampai dengan h/2			-1,3**, -0,18		Luas (ft ²)		Faktor reduksi				
							≤ 100 (9,3 m ²)		1,0				
							250 (23,2 m ²)		0,9				
		> 2h			-0,7, -0,18		≥ 1000 (92,9 m ²)		0,8				

(Sumber: SNI 1727-2013, hal 68)

4. Beban Hujan

Beban hujan adalah beban akibat akumulasi massa air yang terjadi di atap selama hujan bercurah tinggi. Proses ini, yang disebut sebagai genangan, Sebagian besar terjadi di atap datar. Genangan di atap terjadi Ketika limpasan setelah curah hujan kurang dari jumlah air yang tertahan di atap. Air yang terkumpul di atap datar atau rendah selama hujan dapat menimbulkan beban struktural yang besar. Hal tersebut harus diperhatikan saat mendesain sebuah bangunan.

5. Beban Kombinasi

Setiap komponen struktur dirancang sedemikian rupa agar dapat memikul besarnya beban yang lebih besar daripada beban layan atau aktual guna memberikan jaminan keamanan terhadap kegagalan struktur. Dalam metode perancangan berbasis kekuatan (*strength design method*), elemen struktur didesain untuk memikul beban terfaktor yang diperoleh dengan mengalikan suatu faktor beban terhadap beban layan nominal. Beban hidup memiliki derajat ketidakpastian yang lebih tinggi dibandingkan dengan beban mati.

Berdasarkan catatan penelitian yang telah dilakukan secara terus-menerus, serta berdasarkan pada ilmu-ilmu probabilitas, SNI mengadopsi penggunaan faktor beban sebesar 1,2 untuk beban mati D, dan 1,6 untuk beban hidup L.

Berdasarkan persyaratan dalam SNI 1727:2020 halaman 13 besarnya kuat perlu, U yang harus dipertimbangkan sebagai kondisi paling kritis yang harus dipikul suatu elemen struktur adalah:

$$U = 1,4D$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R \text{ atau } S)$$

$$U = 1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R \text{ atau } S) + (L \text{ atau } 0,5W)$$

$$U = 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R \text{ atau } S)$$

$$U = 0,9D + 1,0W$$

Berikut adalah beberapa catatan tambahan untuk kombinasi beban:

- a. Nilai faktor beban untuk L dalam persamaan ke 3,4,5 dapat direduksi menjadi $0,5L$, jika nilai L tidak lebih besar daripada $4,8 \text{ kN/m}^2$ (atau 500 kg/m^2) disamping itu faktor tersebut tidak boleh direduksi untuk area garasi atau area tempat publik.
- b. Apabila beban angin, W, belum direduksi oleh faktor arah maka factor beban untuk beban angin dalam persamaan 4 harus diganti menjadi 1,6, dan dalam persamaan 3 diganti menjadi 0,8.
- c. Untuk struktur yang memikul beban fluida, maka unsur beban fluida tersebut dapat dimasukkan dalam persamaan 1 hingga 5 dan 7 dengan faktor beban yang sama dengan faktor beban untuk beban mati.
- d. Jika ada pengaruh tekanan tanah lateral, H, maka ada tiga kemungkinan yaitu:
 - 1) Apabila H bekerja sendiri atau menambah efek dari beban-beban lainnya maka H harus dimasukkan dalam kombinasi pembebanan dengan faktor beban sebesar 1,6.
 - 2) Apabila H permanen dan bersifat melawan pengaruh dari beban-beban lain, maka H dapat dimasukkan dalam kombinasi pembebanan dengan menggunakan faktor beban sebesar 0,9.
 - 3) Jika H tidak permanen, namun pada saat H bekerja mempunyai sifat melawan beban – beban lainnya, maka beban H boleh tidak dimasukkan dalam kombinasi pembebanan.

2.3 Metode Perancangan Struktur

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

2.3.1 Perencanaan Rangka Atap

Atap adalah salah satu bagian dari bangunan yang berfungsi sebagai penutup seluruh ruangan yang ada di bawahnya terhadap pengaruh panas, hujan, angin, debu dan untuk keperluan perlindungan.

Rangka atap berfungsi sebagai penahan beban dari bahan penutup atap sehingga umumnya berupa susunan balok-balok (dari kayu/bambu/baja) secara vertikal dan horizontal kecuali pada struktur atap dak beton. Salah satu bagian dari rangka atap adalah kuda-kuda. Mengingat berat, kekuatan bahan dan bentuk atap, maka bentuk dan ukuran kuda-kuda dapat bervariasi. Beban-beban yang bekerja pada rangka atap adalah:

a. Beban Mati (qD)

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

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

b. Beban Hidup (qL)

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

- Beban pekerja
- Beban air hujan
- Beban angin (w)

Adapun Langkah-langkah perhitungan rangka atap yang digunakan adalah sebagai berikut:

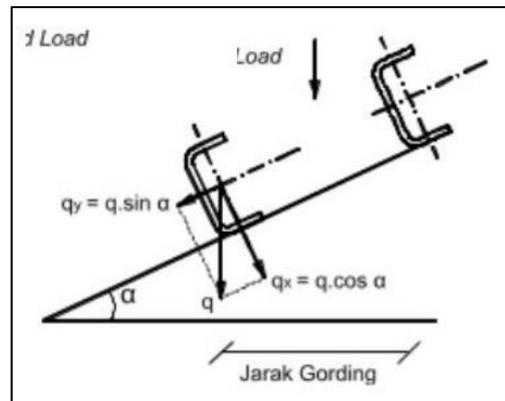
1. Gording

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 perencanaan 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 terhadap gravitasi ke gording. Akibatnya terjadi pembebanan sumbu ganda yang menjadikan momen pada sumbu x dan sumbu y, yaitu M_x dan M_y .

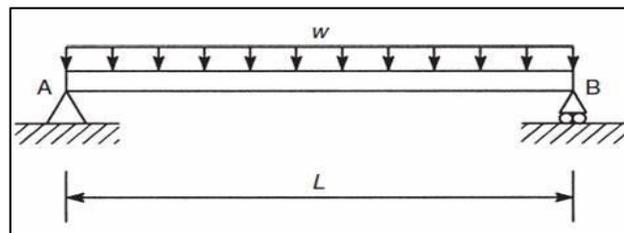
a) Pembebanan Akibat Beban Mati



Gambar 2.1 Uraian Beban Gording

$$q_{uy} = q_u \times \sin \alpha \text{ (Y) } \dots\dots\dots (2.4)$$

$$q_{ux} = q_u \times \cos \alpha \text{ (X) } \dots\dots\dots (2.5)$$

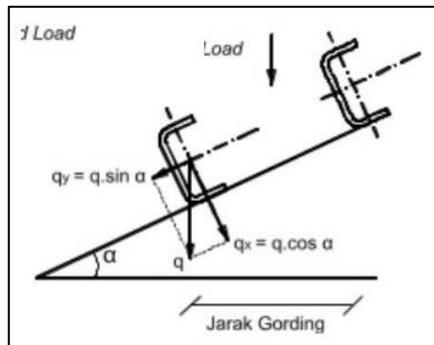


Gambar 2.2 Beban Merata Gording

$$\text{Momen pada sumbu x, } M_x = \frac{1}{8} \cdot q_x \cdot l^2 \dots\dots\dots (2.6)$$

$$\text{Momen pada sumbu y, } M_y = \frac{1}{8} \cdot q_y \cdot l^2 \dots\dots\dots (2.7)$$

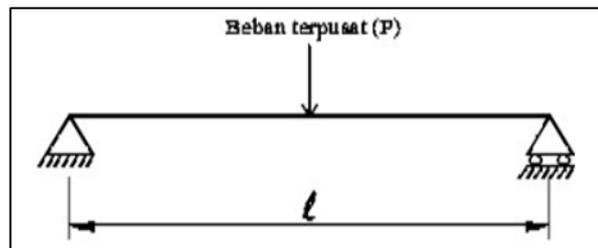
b) Pembebanan Akibat Beban Hidup



Gambar 2.3 Uraian Beban Gording

Beban pada sumbu x, $P_x = P \cos \alpha$ (2.8)

Beban pada sumbu y, $P_y = P \sin \alpha$ (2.9)



Gambar 2.4 Beban Terpusat Gording

Momen pada sumbu x, $M_x = \frac{1}{4} \cdot P_x \cdot l^2$ (2.10)

Momen pada sumbu y, $M_y = \frac{1}{4} \cdot P_y \cdot l^2$ (2.11)

Kombinasi momen arah x dan arah y

$M_{u_x} = 1,2 \cdot M_x D + 1,6 \cdot M_x L$ (2.12)

$M_{u_y} = 1,2 \cdot M_y D + 1,6 \cdot M_y L$ (2.13)

c) Kekuatan Penampang

- 1) Profil berpenampang kompak jika, $\lambda \leq \lambda_p$
- 2) Profil berpenampang tidak kompak jika, $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$
- 3) Profil berpenampang langsing jika, $\lambda > \lambda_r$

(Sumber : Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, 2008:85)

Cek kekompakkan plat sayap

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f} ; \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} ; \lambda_r = \frac{170}{\sqrt{f_y - f_r}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Cek kekompakkan plat badan

$$\lambda_f = \frac{h}{t_w} ; \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} ; \lambda_r = \frac{1702550}{\sqrt{f_y - f_r}} \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan:

Fr = tegangan tekan residual pada pllat sayap

= 70 Mpa untuk penampang rol

= 115 Mpa untuk dilas

Fy = tegangan leleh minimum

d) Momen Nominal

1) Momen nominal untuk penampang kompak, $L_b \leq L_p$

$$M_n = M_p = Z \cdot F_y \dots\dots\dots (2.16)$$

2) Momen nominal untuk $\lambda = \lambda_r$

$$M_n = M_p = (F_y - F_r) S_x \dots\dots\dots (2.17)$$

3) Momen nominal untuk $\lambda_p = \lambda = \lambda_r$

$$M_n = \frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} M_p + \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} M_r \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan:

Fy = tegangan leleh, MPa

Fr = tegangan sisa, MPa

Sx = modulus penampang elastic di sumbu x (mm^3)

e) Kontrol Lendutan

1) Kontrol Lendutan Akibat Beban Merata

Untuk memeriksa syarat lendutan, momen yang diperhitungkan adalah:

$$M = \frac{1}{8} \cdot q_l \cdot L^2 \dots\dots\dots (2.19)$$

Batas lendutan maksimum untuk tipe elemen struktur gording adalah:

$$\delta = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot EI} = \frac{5 \cdot M \cdot L^2}{48 \cdot EI} < \frac{L}{240} \dots\dots\dots (2.20)$$

2) Kontrol Lendutan Akibat Beban Terpusat

Syarat lendutan terhadap beban terpusat tidak boleh lebi dari $\frac{L}{240}$

Pembatasan ini dimaksudkan agar balok memberikan kemampuan layanan yang baik (*serviceability*).

$$\delta = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot EI} < L/240 \dots\dots\dots (2.21)$$

(Sumber : *Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD, hal.90*)

2. 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-gayabatangnya dengan menggunakan program ETABS V.20.

Perhitungan konstruksi rangka dapat dihitung dengan cara:

1. Cara Grafis, yang terdiri dari:
 - a) Keseimbangan titik simpul
 - b) *Cremona*

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

2. Cara Analitis

a) Keseimbangan titik simpul

Keseimbangan titik simpul ini harus memenuhi persyaratan berikut:

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

b) Riter

Cara ini biasanya digunakan untuk mengontrol pekerjaan dari Cremona dan langsung menghitung gaya batang yang lain. Cara memotong rangka konstruksi harus benar-benar terpotong yang belum diketahui arah besarnya maka dianggap gaya tarik.

c. Beban Kombinasi

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

$$1,4 D$$

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

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

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

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

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

Keterangan:

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

L = Beban 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, alat, material atau selama penggunaan oleh orang dan beban bergerak.

H = beban hidup, tidak termasuk diakibatkan genangan air

W = beban angin

E = beban gempa, yang ditentukan atau penggantinya

$\gamma L = 0,5$ bila $L < 5$ kPa, dan $\gamma L = 1$ bila $L > 5$ kPa

a. Komponen struktur yang mengalami gaya tekan

Kekuatan tekan nominal (Pn) harus ditentukan berdasarkan keadaan batas berupa tekuk lentur.

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g \dots\dots\dots (2.22)$$

Tegangan kritis (Fcr) ditentukan sebagai berikut:

1) Bila $\frac{L_c}{r} \leq 4,71 \frac{\sqrt{E}}{f_y}$ (atau $\frac{F_y}{F_e} \leq 2,25$)

$$F_{cr} = \left(0,685 \frac{F_y}{F_e}\right) \dots\dots\dots (2.23)$$

2) Bila $\frac{L_c}{r} \leq 4,71 \frac{\sqrt{E}}{f_y}$ (atau $\frac{r_y}{F_e} \leq 2,25$)

$$F_{cr} = 0,877 \cdot F_e \text{ (2.24)} \dots\dots\dots (2.24)$$

Keterangan:

A_g = luas penampang bruto komponen struktur, mm²

E = modulus elastisitas baja = 200.000MPa

F_e = tegangan tekuk elastis, MPa = $\frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_c}{r}\right)^2}$

F_y = tegangan leleh minimum, MPa

r = radius girasi, mm

(Sumber : SNI 1729 : 2020 : 34)

b. Komponen struktur yang mengalami gaya tarik aksial

- Kuat Tarik Rencana

Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor N_u , harus memenuhi persamaan (berdasarkan SNI 03-1729-2020):

$$N_u \leq \phi N_n \dots\dots\dots(2.25)$$

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:

$$\phi = 0,9 ; N_n = A_g \cdot F_y \dots\dots\dots (2.26)$$

$$\phi = 0,9 ; N_n = A_g \cdot F_u \dots\dots\dots (2.27)$$

Keterangan:

A_g = luas penampang bruto (mm²)

A_e = luas penampang efektif (mm²)

F_y = tegangan leleh (MPa)

F_u = tegangan tarik (MPa)

- Penampang efektif

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

$$A_e = A_n \cdot U \dots\dots\dots (2.28)$$

Keterangan:

A = Luas Penampang

U = Faktor reduksi

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

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

c. Komponen 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:

$$P_n = A_g \cdot F_{cr} \dots\dots\dots (2.29)$$

Dimana, $F_{cr} = \frac{F_y}{w}$

Sehingga,

$$N_n = A_g \cdot \frac{F_y}{w} \dots\dots\dots (2.30)$$

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 lebih material (MPa)

3. Sambungan

a. Perencanaan Sambungan Baut

Suatu baut yang memikul gaya terfaktor (R_u), harus memenuhi persamaan berikut (SNI 1729:2020 B3-1):

$$R_u \leq \phi R_n \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana:

ϕ = reduksi kekuatan geser (0,75)

R_n = kuat geser nominal

Pada desain sambungan baut, untuk menghitung kekuatan geser dan tarik desain menggunakan rumus yang sama (ϕR_n) menurut pasal J3.6:

$$R_n = F_n A_b \dots\dots\dots(2.32)$$

$$\phi = 0,75$$

Keterangan:

A_b = luas tubuh baut tidak berulir nominal atau bagian berulir, in.2 (mm²)

F_n = tegangan tarik nominal, F_{nt} , atau tegangan geser, F_{nw} dari Tabel J3.2

Pada desain sambungan baut, untuk menghitung kombinasi gaya tarik dan geser dalam sambungan tipe tumpuan menurut pasal J3.7:

$$R_n = F'_{nt} \cdot A_b \dots\dots\dots(2.33)$$

$$\phi = 0,75$$

Keterangan:

F'_{nt} = tegangan tarik nominal yang dimodifikasi mencakup efek tegangan geser, ksi (MPa)

$$F'_{nt} = 1,3 F_{nt} - F_{nt} \phi F_{nv} \text{ frv} \leq F_{nt} \text{ (SNI 1729:2015 J3-3a)}$$

F_{nt} = tegangan geser dari tabel J3.2, ksi (MPa)

F_{rv} = tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi beban aksi

Ukuran jarak tepi minimum buat ditentukan diameter baut pada tabel J3.4M. Syarat-syarat perencanaan sambungan pada baut ada dua, yaitu:

1) Syarat minimum:

- Jarak sumbu ke sumbu baut (S)
 $S \geq 3d$ □ d = diameter baut
- Jarak sumbu baut paling pinggir ke tepi pelat (SI)
Tepi potongan tangan $\geq 1,75 d$
Tepi potongan mesin $\geq 1,5 d$
Tepi hasil cetak $\geq 1,25 d$

2) Syarat maksimum:

- Jarak sumbu kesumbu baut (S)
 $S < 15 tp$ (tp = tebal pelat tipis)
 $S < 200 \text{ mm}$
- Jarak sumbu baut paling pinggir ke tepi pelat (SI)
 $SI < 12 tp$ $S < 150 \text{ mm}$

b. Perencanaan Sambungan Las

1) Pengelasan konstruksi sipil harus dilakukan dengan las listrik

Untuk 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 2.7 berikut ini.

Tabel 2.7 Tebal Minimum Las Filet

Ketebalan Materail dari Bagian Paling Tipis yang Tersambung, in. (mm)	Ukuran Minimum las Sudut, ^[a] in. (mm)
Sampai dengan ¼ (6)	1/8(3)
Lebih besar dari ¼ (6) sampai dengan ½ (13)	3/16(5)
Lebih besar dari ½ (13) sampai dengan ¾ (19)	1/4(6)
Lebih besar dari ¾ (19)	5/16(8)

(Sumber : SNI 1729:2020. Hal. 116, Tabel J2.4)

2) Kuat las sudut

Pada desain sambungan las tumpul, untuk menghitung kekuatan desain (ϕR_n) diperjelas dengan disediakan pada tabel J2.5.

Pada desain sambungan las sudut, untuk menghitung kekuatan desain (ϕR_n) menurut pasal J2.4:

$$R_n = F_n w A_w e \dots\dots\dots(2.34)$$

$$\Phi = 0,75$$

Keterangan:

$$F_{nw} = 0,60 \cdot F_{exx} (1,0 + 0,50 \sin^{1,5} \Theta) \text{ ksi (MPa) (SNI 1729:2022 J2-5)}$$

F_{EXX} = kekuatan klasifikasi logam pengisi, ksi (MPa)

Θ = longitudinal las, derajat ukuran minimum las sudut ditentukan dari tebal bagian paling tipis yang tersambung

2.3.2 Perhitungan Pelat

Pelat lantai adalah suatu elemen horizontal utama yang berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun statis ke elemen pemikul beban vertikal, yaitu balok, kolom maupun dinding (Setiawan, 2016). Pelat lantai pada umumnya dicor secara bersamaan dengan balok dan menjadi struktur monolit.

Beban pada pelat atap lebih kecil dibandingkan dengan pelat lantai. Beban pada pelat atap hanya terdiri dari beban mati sendirinya pelat atap, beban hujan, dan beban kemiringan untuk air, sementara pada pelat lantai selain beban mati sendirinya, pelat lantai juga diberi beban dinding dan beban hidup sesuai dengan penggunaan ruang yang ada di atasnya. Adapun beban-beban yang bekerja pada pelat antara lain:

1. Beban Mati (WD)
 - a. Berat sendiri pelat atap
 - b. Beban yang diterima oleh pelat akibat adanya adukan *mortar*, *plafond* dan penggantung *plafond*

2. Beban Hidup (WL)

Beban hidup untuk pelat atap diambil sebesar 100 kg/m². (Berdasarkan PPPURG, 1987).

Pada umumnya jenis-jenis pelat dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu:

1. Pelat Satu Arah (*One Way Slab*)

One Way Slab adalah slab yang didukung oleh balok pada kedua sisi yang berlawanan untuk memikul beban arah memanjang. Rasio bentang yang lebih panjang (L_x) ke bentang yang lebih pendek (L_y) > 2 , dianggap pelat satu arah karena slab ini akan menekuk dalam satu arah yaitu pada arah sepanjang rentang yang lebih pendek. Ciri-cirinya adalah:

- Pelat ditumpu pada sisi yang saling berhadapan.
- Pelat persegi yang ditumpu pada dua sisinya dengan perbandingan antar sisi panjang pelat (l_y) dan sisi lebar pelat (l_x) > 2 atau $\frac{l_y}{l_x} > 2$.

Dalam perancangan struktur pelat satu arah, langkah-langkahnya antara lain sebagai berikut:

- a. Penentuan Tebal Pelat 30 Penentuan tebal pelat satu arah tergantung pada beban atau momen lentur yang bekerja, defleksi yang terjadi dan kebutuhan kuat geser yang dituntut. (Dipohusoddo,1996).
- b. Menghitung beban mati pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung momen rencana (W_u).

$$W_u = 1,2 WD + 1,6 WL \dots\dots\dots(2.35)$$

Keterangan:

WD = Jumlah beban mati pelat

WL = Jumlah beban hidup pelat

- c. Menghitung Momen Rencana (M_u) baik dengan cara tabel atau analisis.
- d. Perkiraan tinggi efektif (d_{eff})
- e. Menghitung K_{perlu} .
- f. Menentukan rasio penulangan (ρ) dari tabel.
- g. Hitung as yang diperlukan.
- h. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan suhu dan susut dengan menggunakan tabel.

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

Apabila struktur pelat beton ditopang di keempat sisinya, dan rasio antara panjang terhadap bentang pendeknya kurang dari 2, maka pelat tersebut dikategorikan sebagai sistem pelat dua arah.

Sistem pelat dua arah sendiri dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berikut:

a. Sistem balok-pelat dua arah

Pada sistem ini pelat ditumpu oleh balok di keempat sisinya. Beban dari pelat ditransfer ke keempat balok penumpu yang selanjutnya menransfer bebannya ke kolom. Sistem pelat dua arah dengan balok ini dapat digunakan untuk bentangan 6-9 meter, dengan beban hidup sebesar 2,5-5,5 kN/m². Balok akan meningkatkan kekuatan pelat, sehingga lendutan yang terjadi akan relatif kecil.

b. Sistem slab *datar (flat slab)*

Ini merupakan sistem struktur pelat beton dua arah yang tidak memiliki balok penumpu di masing-masing sisinya. Beban pelat ditransfer langsung ke kolom. Kolom cenderung akan menimbulkan kegagalan geser pons pada pelat, yang dapat dicegah dengan beberapa alternatif:

- Memberikan penebalan setempat pada pelat (*drop panel*) serta menyediakan kepala kolom (*coloumn capital*).
- Menyediakan penebalan panel namun tanpa kepala kolom, panel di sekitar kolom harus cukup tebal untuk memikul terjadinya tegangan tarik diagonal yang muncul akibat geser pons.
- Menggunakan kepala kolom tanpa ada penebalan panel, namun hal ini jarang diaplikasikan Sistem slab datar dapat digunakan untuk bentangan 6-9 meter, dengan beban hidup sebesar 4-7 kN/m².

c. Sistem pelat datar (*flat plate*)

Sistem ini terdiri dari pelat yang tertumpu langsung ke kolom tanpa adanya penebalan panel dan kepala kolom. Potensi kegagalan struktur terbesar akan timbul akibat geser pons, yang akan menghasilkan tegangan tarik diagonal. Sebagai akibat tidak adanya penebalan panel dan kepala kolom, maka dibutuhkan ketebalan pelat yang lebih besar atau dengan memberikan

penulangan ekstra di area sekitar kolom. Setiap slab datar dapat digunakan untuk struktur pelat dengan bentangan 6-7,5 m dan beban hidup sebesar 2,5-4,5 kN/m².

d. Pelat dua arah berusuk dan pelat *waffle*

Ini merupakan sistem dua arah dengan ketebalan pelat antara 50 mm hingga 100 mm yang ditumpu oleh rusuk-rusuk dalam arah. Jarak antar rusuk antara 500 mm 750 mm. Tepi-tepi pelat dapat ditopong balok, atau dapat juga pelat langsung menumpu pada kolom dengan memberikan penebalan pada pelat di sekitar kolom. Sistem pelat yang disebutkan terakhir sering disebut dengan istilah pelat *waffle*.

Berikut ini adalah langkah-langkah perancangan pelat dua arah, antara lain:

a. Menghitung H minimum pelat

- Untuk αm lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, h tidak boleh kurang

$$\text{dari } h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5\beta(\alpha m - 0,2)} \dots\dots\dots(2.36)$$

(Sumber: SNI 2847: 2019: 135) dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

- Untuk αm lebih besar dari 2,0 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang

$$\text{dari } h = \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots(2.37)$$

(Sumber : SNI 2847: 2019 : 135) dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

b. Menghitung α_m masing-masing panel

$$\alpha_1 = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{pelat}}} \dots\dots\dots(2.38)$$

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{n} \dots\dots\dots(2.39)$$

Keterangan:

In = jarak bentang bersih dalam arah panjang diukur muka ke muka balok.

h = tebal balok

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

c. Menghitung beban rencana pelat (Wu)

$$W_u = 1,2WDL + 1,6WLL \dots\dots\dots(2.40)$$

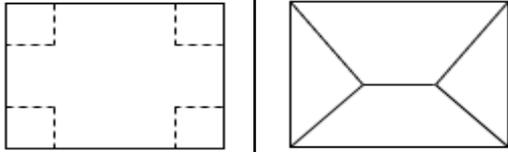
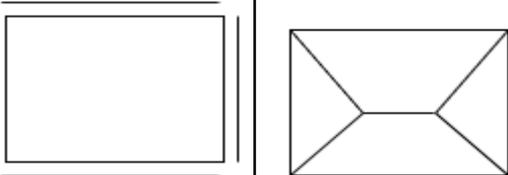
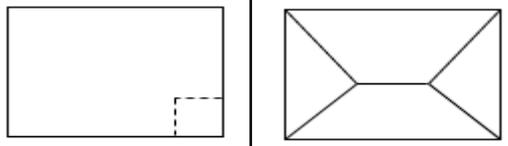
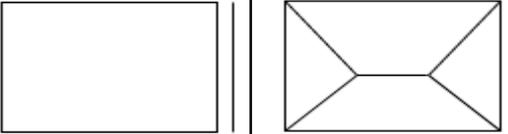
Keterangan:

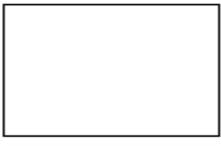
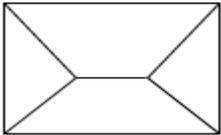
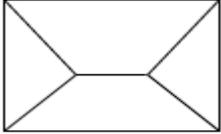
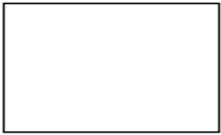
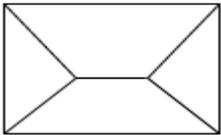
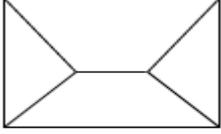
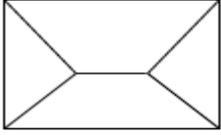
WD = Jumlah beban mati pelat

WL = Jumlah beban hidup pelat

d. Menghitung momen rencana (Mu) menurut W.C Vis dan Gideon Kusuma, 1993.

Tabel 2.8 Koefisien Momen

CARA I		$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$
CARA II		$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
CARA III		$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$
CARA IV		$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$

CARA V 		$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$
CARA VI 		$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$
CARA VII 		$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$
CARA VIII 		$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$
CARA IX 		$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$

(Sumber: Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang, W.C.Vis dan Gideon Kusuma 1993:26)

Dimana:

- M_{lx} adalah momen lapangan maksimum per meter lebar di arah x.
- M_{ly} adalah momen lapangan maksimum per meter lebar di arah y.
- M_{tx} adalah momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah x.
- M_{ty} adalah momen tumpuan maksimum per meter lebar di arah y.
- M_{tix} adalah momen jepit tak terduga (insidental) per meter lebar di arah x.
- M_{tiy} adalah momen jepit tak terduga (insidental) per meter lebar di arah y.

e. Menentukan tebal efektif

f. Menentukan rasio penulangan (ρ)

$$\rho = \frac{F_c}{F_y} [0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q}] \dots\dots\dots(2.41)$$

$$Q = \left(\frac{1,7}{\phi F_c'} \right) \frac{M_u}{b \cdot d^2} \dots\dots\dots(2.42)$$

g. Mencari luasan tulangan (A_s)

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

h. Mencari jumlah tulangan (n)

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \pi \phi^2} \dots\dots\dots(2.44)$$

i. Mencari jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{1000 \times A_b}{A_s} \dots\dots\dots(2.45)$$

j. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta dengan tulangan susut dan suhu. Rasio luasan untuk tulangan ulir susut dan suhu terhadap luas penampang beton bruto harus memenuhi dari SNI 2847:2019, berikut:

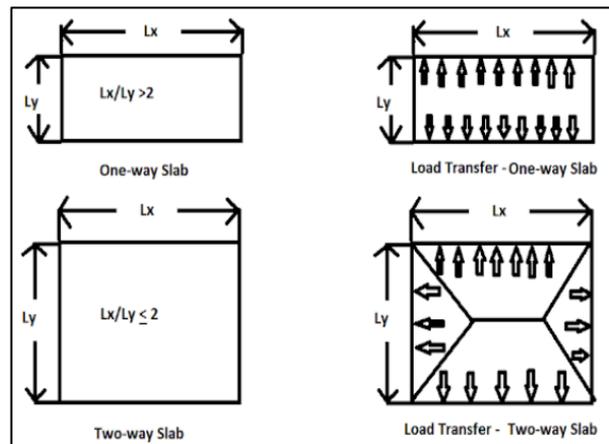
Tabel 2.9 Asmin Untuk Pelat Dua Arah Nonprategang

Jenis Tulangan	Fy (Mpa)	Rasio Tulangan Minimum	
Batang Ulir	< 420	0,002 A _g	
Batang Ulir atau Kawat Las	≥ 420	Terbesar dari	$\frac{0,0018 \times 420}{F_y} A_g$
			0,0014 A _g

(**Sumber:** SNI 2847:2019, halaman 123)

k. Memasang tulangan

Untuk arah y sama dengan langkah-langkah pada arah x, hanya perlu diingat bahwa tinggi efektif arah y (d_y) tidak sama dengan yang digunakan dalam arah x --> $d_y = h - \rho - \phi_{arah\ y}$



Gambar 2.5 Diagram Transfer Pembebanan

2.3.3 Perhitungan Tangga

Tangga adalah sebuah jalur vertikal yang sangat umum digunakan pada setiap bangunan yang memiliki lebih dari satu lantai (vertikal). Tangga merupakan jalur yang mempunyai undak-undak (trap) yang menghubungkan satu lantai dengan lantai di atasnya. Tangga memiliki kedudukan sangat penting karena membawa pretise bagi penghuni bangunan tersebut (Heru, 2017:107).

Adapun beberapa bagian dari tangga seperti berikut:

1. Ibu Tangga (*Boom*)

Ibu tangga adalah bagian tangga berupa dua batang atau papan miring yang berfungsi menahan kedua ujung anak tangga. Kemiringan ibu tangga sesuai dengan besarnya kelandaian tangga (α). Adapun lebarnya ditentukan oleh perancangan panjang langkah datar dan tinggi langkah tegak ditambah dengan lebar kayu depan dan kayu belakang yang masing-masing minimal 3-4 cm.

2. Anak Tangga (*Trede*)

Anak tangga merupakan bagian dari tangga yang berfungsi untuk melangkahkan kaki ke arah vertikal maupun horizontal. Anak tangga terdiri dari 2 jenis, yaitu:

- Antride, adalah bagian horizontal dari anak tangga yang merupakan bidang tempat kaki berpijak.
- Optrade, adalah bagian vertikal dari anak tangga yang merupakan selisih antara dua buah anak tangga yang berurutan.

Adapun ketentuan-ketentuan konstruksi tangga sebagai berikut:

- a. Untuk bangunan rumah tinggal
- *Antrede* = 25 cm (minimum)
 - *Optrede* = 20 cm (maksimum)
 - Lebar tangga = 80 – 100 cm
- b. Untuk perkantoran dan lain-lain
- *Antrede* = 25 cm (minimum)
 - *Optrede* = 17 cm (maksimum)
 - *Lebar tangga* = 120 – 200 cm
- c. Syarat langkah 1 anak tangga
- *Cara 1* = 2 *optride* + 1 *antride* = 57 s/d 65 cm
 - *Cara 2* = 2 *optride* + 1 *antride* = 77 s/d 85 cm
- d. Sudut kemiringan
- *Maksimum* = 45°
 - *Minimum* = 25°
- e. Syarat 1 (satu) anak tangga
- $$2 O + 1 A = 57- 60 \text{ cm} \dots\dots\dots(2.46)$$
- Keterangan: O = Optride
A = Antride

3. Bordes

Bordes adalah bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila lelah. Bordes ini dibuat apabila jarak tempuh tangga sangat panjang yang mempunyai jumlah trede lebih dari 20 buah dan lebar tangga cukup akan tetapi ruangan yang tersedia untuk tangga tidak mencukupi. Menurut Supriadi (1993:18) Untuk menentukan Panjang bordes seperti berikut ini:

Menghitung panjang bordes (L)

$$L = ln + 1,5 a \text{ s/d } 2 a \dots\dots\dots(2.47)$$

Keterangan:

L = panjang bordes

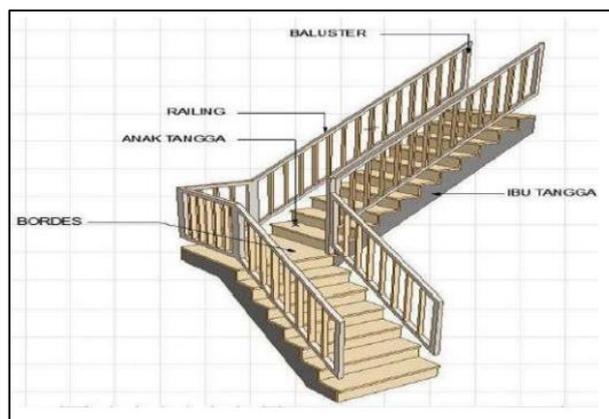
ln = ukuran satu langkah normal (57 – 65 cm)

a = antride (17,5 – 20 cm)

4. Pelengkap

Pelengkap tangkap terdiri dari tiang sandaran atau pegangan dan ruji atau *balustrade*.

- Tiang sandaran adalah tiang yang berdiri tegak dan ujung bawahnya tempat untuk memanjatkan *boom* serta ujung atasnya sebagai tempat dimana menumpangnya sandaran.
- Sandaran atau pegangan adalah batang yang berfungsi sebagai pegangan tangan bagi yang menggunakan tangga tersebut yang mempunyai posisi sejajar dengan sisi atas *boom*.
- Ruji atau *balustrade* merupakan susunan barisan papan-papan tegak yang berfungsi sebagai pagar pengaman yang letaknya berada disisi kanan dan kiri.



Gambar 2.6 Bagian-bagian Tangga

Syarat umum tangga diantaranya sebagai berikut :

a. Penempatannya

- Penempatan tangga diusahakan sehemat mungkin untuk menggunakan ruangan.
- Ditempatkan sedemikian rupa supaya mudah ditemukan orang dan mendapatkan sinar pada waktu siang hari.
- Diusahakan penempatannya tidak mengganggu ataupun menghalangi lalu lintas banyak orang.

b. Kekuatannya

- Bila menggunakan material kayu hendaknya memakai kelas I atau II, agar nanti tidak terjadinya pelenturan/goyang.

- Kokoh dan stabil bila di lalui sejumlah orang, barang dan sesuai dengan perancangan.
- c. Bentuknya
- Bentuk konstruksi diusahakan sederhana, layak, sehingga dengan mudah dan cepat dalam proses pengerjaan.
 - Bentuknya rapi, indah dipandang dan serasi dengan keadaan disekitar tangga itu berada.

Adapun langkah-langkah perhitungan tangga sebagai berikut:

1) Perancangan tangga, antara lain:

a. Penentuan ukuran antride dan opride

$$- \text{antride} = \ln - 2 \text{ opride}$$

$$- \text{tinggi opride sebenarnya} = \frac{h}{\text{jumlah optrede}}$$

b. Penentuan jumlah *antride* dan *oprider* = $\frac{h}{\text{tinggi optrede}}$

c. Panjang tangga = jumlah *oprider* x lebar *antride*

d. Sudut kemiringan tangga = $\text{Arc tan } \theta \times \left(\frac{\text{optrede}}{\text{antride}}\right)$

e. Penentuan tebal pelat tangga, $h_{\text{min}} = \frac{1}{28} \ln$

2) Menentukan pembebanan anak tangga dan bordes

a. Beban mati

- Berat sendiri bordes + anak tangga
- Berat penutup lantai
- Berat spesi
- Berat sandaran
- Berat 1 (satu) anak tangga (Q) per m¹

$$Q = \frac{1}{2} \text{ antride} \times \text{oprider} \times 1\text{m} \times \gamma_{\text{beton}} \times \frac{\text{jumlah anak tangga}}{\text{meter}}$$

b. Beban hidup

Beban hidup untuk tangga dan bordes beban merata = 4,79 kN/m²

(SNI 1727 – 2020 Tabel 4.3 – 1)

- 3) Menghitung gaya – gaya yang bekerja pada tangga dengan menggunakan program ETABS V.20.
- 4) Perhitungan tulangan tangga dan tulangan bodres
- Menentukan momen yang bekerja berdasarkan analisa program ETABS V. 20
 - Penentuan tulangan pokok dan tulangan susut dan suhu yang diperlukan.
 - Menentukan nilai $Rn = \frac{Mu}{\phi b d^2}$
 - Menentukan tinggi efektif (d_{eff})
- $d_{effektif} = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \text{ tulangan utama}$
- Menentukan rasio penulangan (ρ), dengan ketentuan $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$

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

- Menghitung luas tulangan (A_s)

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

Dimana:

A_s = luas tulangan (mm^2)

ρ = rasio penulangan

$d_{effektif}$ = tinggi efektif (mm)

- Mencari tulangan (n)

$$n = \frac{A_{perlu}}{A_b}$$

- Mencari jarak antar tulangan (s)

$$S = \frac{1000 A_b}{A_s}$$

2.3.4 Perhitungan Portal

Portal merupakan suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan berfungsi untuk menahan beban sebagai satu kesatuan yang lengkap. Portal dihitung dengan menggunakan program ETABS V. 20, portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati dan beban hidup.

1. Portal Akibat Beban Mati

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

- a. Berat sendiri pelat
- b. Berat penggantung dan plafon
- c. Berat penutup lantai
- d. Berat adukan
- e. Berat dari pasangan dinding bata

2. Portal Akibat Beban Hidup

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang. Perhitungan portal menggunakan cara yang sama dengan perhitungan portal akibat beban mati. Pembebanan akibat beban hidup, yaitu:

- a. Beban hidup untuk pelat lantai
- b. Beban hidup pada atap

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pendimensian portal adalah sebagai berikut:

1. Pendimensian balok dengan tebal minimum balok ditentukan dalam SK SNI 03-2847-2019 adalah untuk balok dengan bentang terpanjang yang memiliki dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum $1/16$.
2. Pendimensian kolom dengan bantuan aplikasi ETABS V. 20
 - a) Analisa pembebanan
 - b) Menentukan gaya-gaya dalam

Dalam menghitung dan menentukan besarnya momen yang bekerja pada suatu struktur bangunan dengan menggunakan aplikasi *software*. Berikut adalah cara menghitung besarnya momen dengan menggunakan *software*:

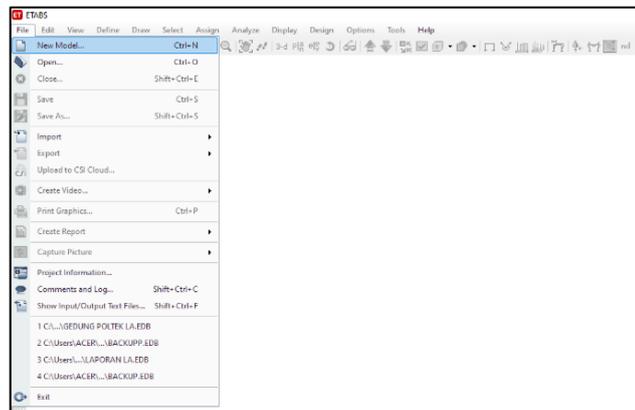
1. Perancangan portal dengan menggunakan ETABS V. 20

- a) Perancangan portal akibat beban mati

Langkah-langkah menentukan pembebanan pada portal adalah sebagai berikut:

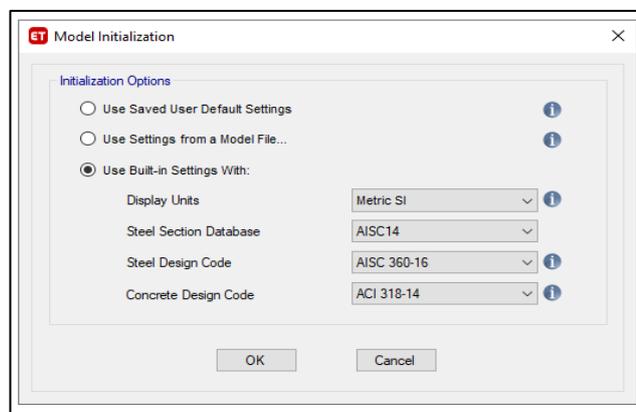
- 1) Beban pelat
- 2) Beban balok

- 3) Beban penutup lantai dan adukan
 - 4) Berat balok
 - 5) Berat pasangan dinding (jika ada)
- b) Perancangan portal akibat beban hidup
- Untuk merencanakan portal akibat beban hidup perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:
- 1) Menentukan pembebanan pada portal
 - 2) Perhitungan akibat beban hidup = perhitungan akibat beban mati
2. Membuat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup
- a) Klik new model atau CTRL + N



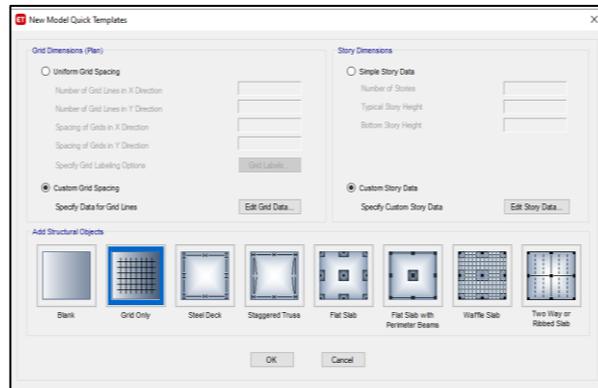
Gambar 2.7 *Toolbar New Model*

- b) Kemudian akan muncul kotak model initialization, kemudian pilih use built in setting with, ubah display units menjadi Metric SI, dan sesuaikan dengan peraturan/standard terbaru, lalu klik OK.



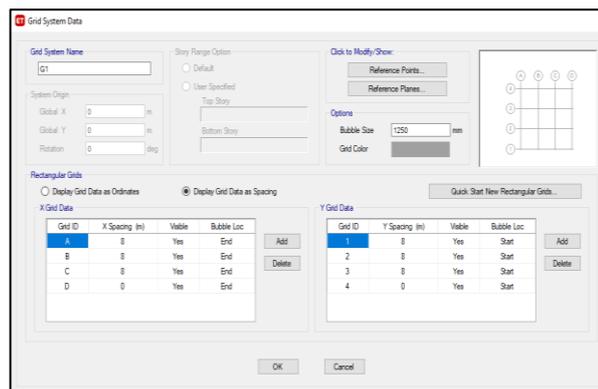
Gambar 2.8 *Tampilan Model Initialization*

- c) Akan muncul kotak new model quick templates, lalu klik yang custom grid spacing dan edit grid data untuk membuat grid sesuai perencanaan.



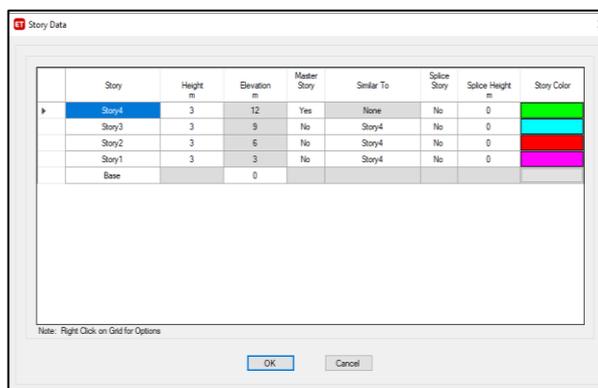
Gambar 2.9 Tampilan *New Model Quick Templates*

- d) Isikan X grid data dan Y grid data sesuai data-data perencanaan lalu klik OK.



Gambar 2.10 Tampilan *Grid System Data*

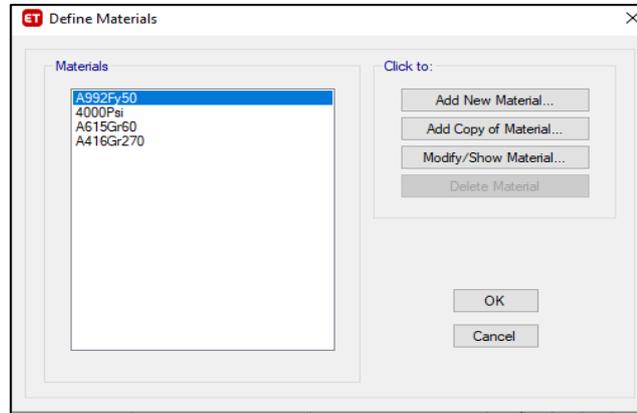
- e) Kita akan dibawa ke tampilan kotak awal, lalu pilih custom story data untuk elevasi ketinggian per lantai. Isikan story data sesuai elevasi lantai perencanaan, lalu klik OK.



Gambar 2.11 Tampilan *Story Data*

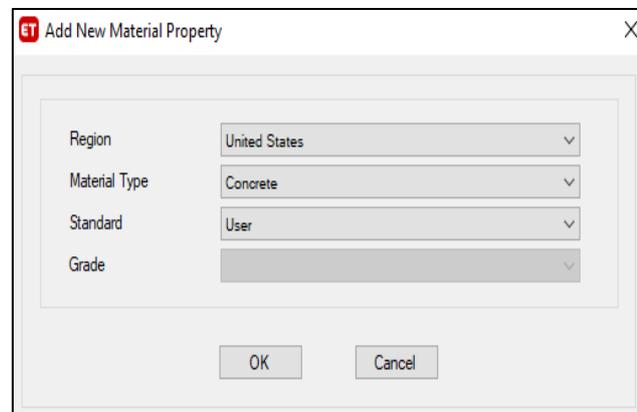
3. Menentukan Material

- a) Langkah pertama klik Define pada toolbar > lalu klik Materials Properties maka akan muncul jendela Define Materials.



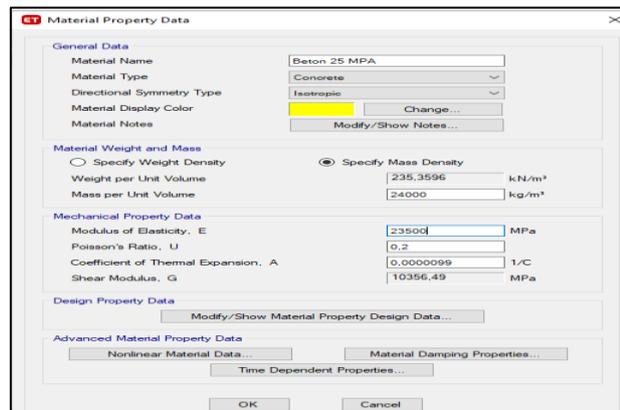
Gambar 2.12 Jendela *Define Materials*

- b) Pilih *Add New Material*, maka akan muncul jendela *Add New Material Property*. Ubah *region* menjadi *Unites State*. Ubah *Type Materials* menjadi *Concrete*. Serta ubah *Standard* menjadi *User* lalu ok.



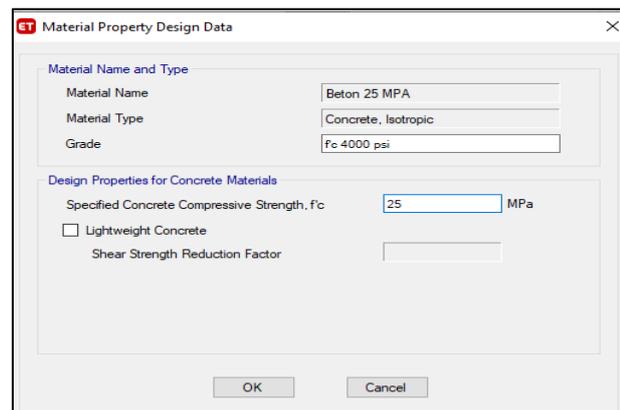
Gambar 2.13 Tampilan *Add New Material Property*

- c) Akan muncul jendela *material Property Data*. Ubah *Material name* nya. Lalu ubah nilai *Mass per unit volume* menjadi 2400 kg/m^3 . Ubah nilai *Modulus Of Elasticity* dengan rumus $4700\sqrt{F_c'} \cdot 1000$.



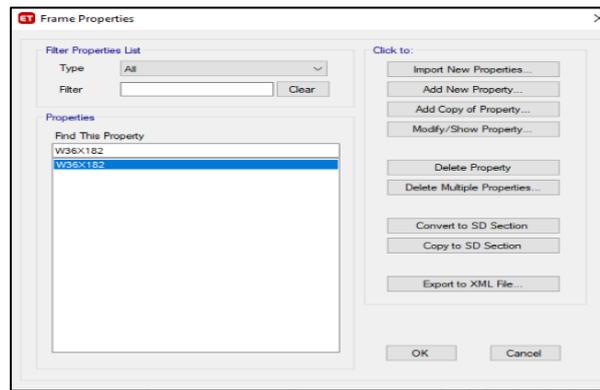
Gambar 2.14 Jendela *Material Property Data*

- d) Lalu klik *Modify/Show material Property design data* dan akan terbuka jendela *material property design data*. Ubah nilai *specified concrete compressive strength* sesuai perencanaan. Klik Ok

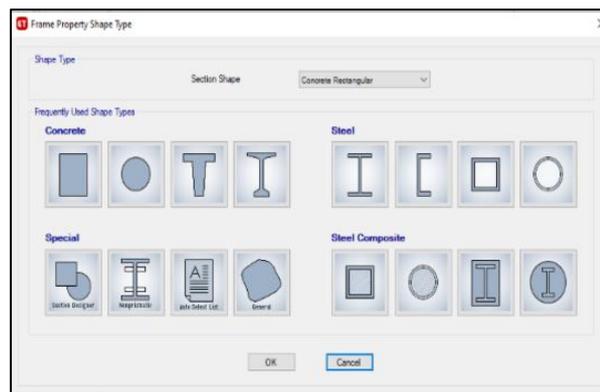


Gambar 2.15 *Material Property Design Data*

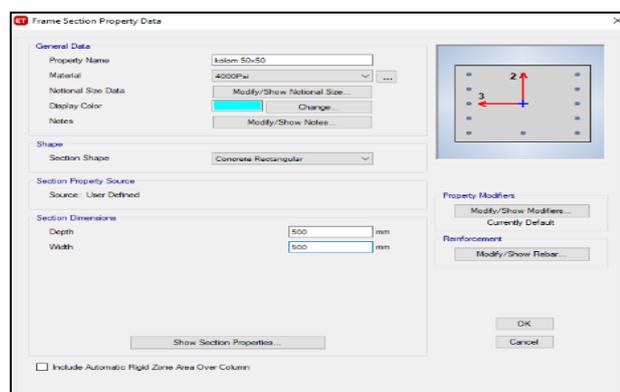
- e) Untuk membuat material tulangan dan baja maka ulangi langkah (b) dengan menyesuaikan data perencanaan dan SNI yang berlaku.
4. Menentukan nilai dimensi kolom dan balok dan pelat lantai
- a) Klik menu *Define > Section Properties > Frame Section*, setelah memilih menu diatas akan tampil *Toolbar Frame Properties*.

Gambar 2.16 *Toolbar Frame Properties*

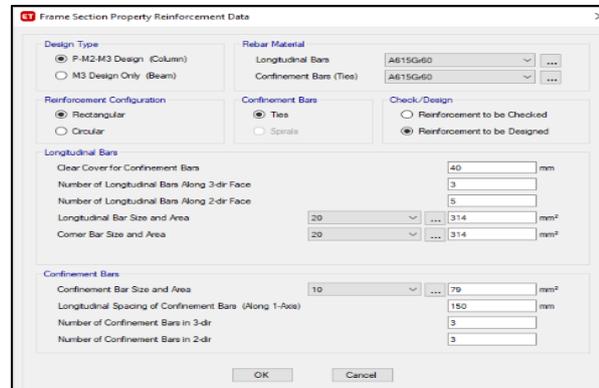
- b) Klik *add new property* dan akan muncul jendela *frame property shape type*, lalu pilih *concrete* dan bentuk sesuai perencanaan. Lalu akan terbuka jendela *frame section property data*.

Gambar 2.17 Jendela *Frame Property Shape Type*

- c) Ubah property name nya sesuai nama balok atau kolom perencanaan. Ubah ukuran tinggi (*depth*) dan lebar (*width*) balok/kolom sesuai dengan perencanaan.

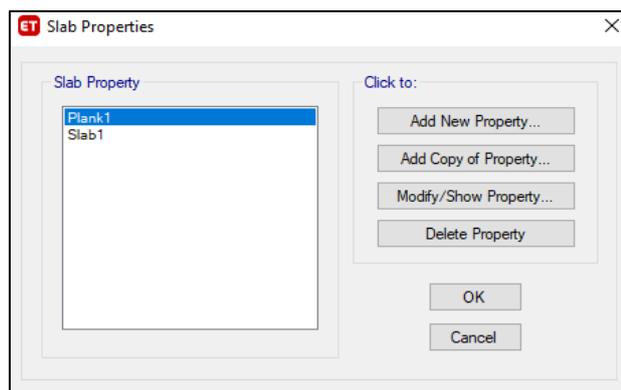
Gambar 2.18 *Frame Section Property Data*

- d) Klik *modify/show rebar* lalu isikan data sesuai kebutuhan tulangan perencanaan. klik OK.



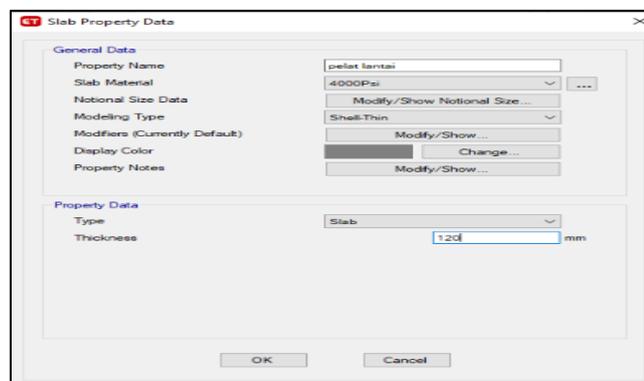
Gambar 2.19 *Frame Section Property Reinforcement Data*

- e) Untuk membuat material pelat lantai klik menu *Define > Section Properties > slab section* akan tampil jendela *slab properties*.



Gambar 2.20 Jendela *Slab Properties*

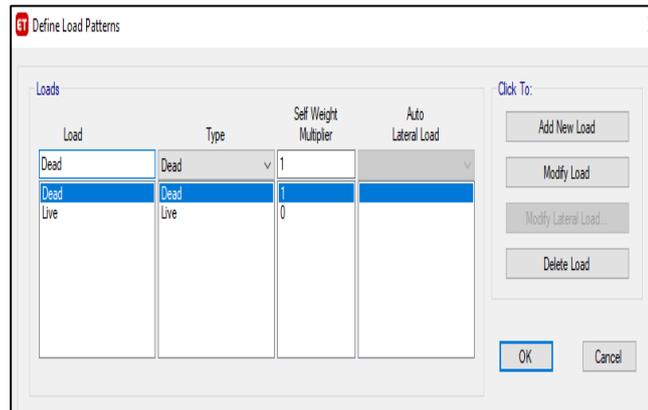
- f) Klik *add new property*, ubah *property name* sesuai nama yang diinginkan dan ubah nilai *thickness* sesuai perencanaan.



Gambar 2.21 *Slab Property Data*

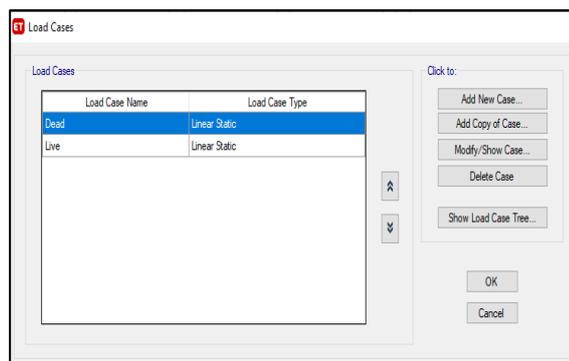
5. membuat case beban mati, hidup dan angin.

- a) Pilih menu *define > load pattern*, maka akan terbuka jendela *define load patterns*, lalu input nama pembebanan, *type* pembebanan dan nilai koefisiennya diisi dengan 0. Lalu klik add new load lalu klik ok.



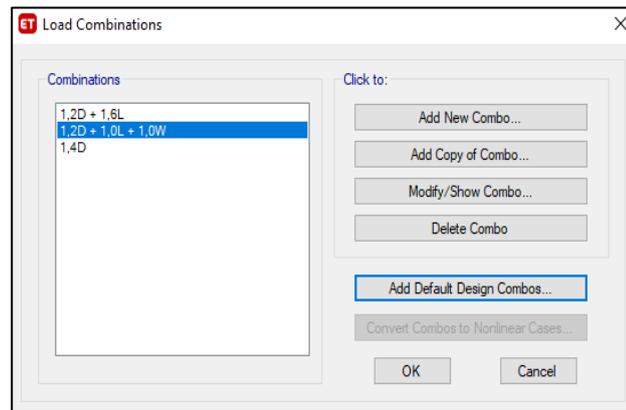
Gambar 2.22 *Define Load Patterns*

- b) Input beban mati, beban hidup dan angina pada menu *define > load case*.



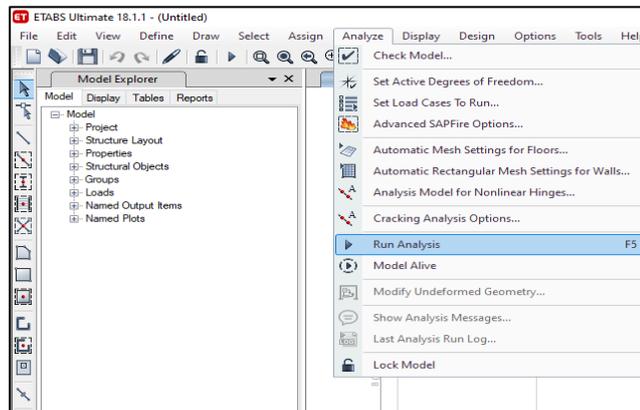
Gambar 2.23 *Jendela Load Cases*

6. *Input load combination* (beban kombinasi) pada menu *toolbar, Define > load combinations > add new combo*, kemudian masukkan beban kombinasinya (dihitung manual) sesuai dengan SNI yang berlaku.



Gambar 2.24 *Load Combinations*

7. Run analisis



Gambar 2.25 *Run Analisis*

2.3.5 Perhitungan Balok

Balok adalah komponen struktur horizontal dari rangka yang menahan lentur dan geser dengan atau tanpa gaya aksial atau torsi sepanjang beban tersebut (biasanya berasal dari dinding, plat atau atap bangunan) dan menyalurkan beban pada kolom atau struktur yang ada dibawahnya, selain itu balok juga berfungsi sebagai pengekang dari struktur kolom yang satu dengan lainnya. Dalam perencanaannya, suatu balok dapat mempunyai bermacam- macam ukuran atau dimensi, sesuai jenis dan besar beban yang akan dipikul oleh balok itu sendiri. Secara internal, balok mengalami tegangan tekan, tarik dan geser sebagai akibat dari beban yang ditahan balok. Secara umum kolom dapat dibedakan berdasarkan perencanaan lentur dan berdasarkan tumpuannya.

1. Berdasarkan perencanaan lenturnya, jenis balok dapat dibedakan menjadi:
 - a. Balok persegi dengan tulangan rangkap
 - b. Balok "T"
2. Berdasarkan tumpuannya, balok dibagi menjadi 2, yaitu:
 - a. Balok induk
 - b. Balok anak

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

1. Menentukan mutu beton serta dimensi balok.
2. Menghitung pembebanan yang terjadi, yaitu:
 - a. Beban hidup
 - b. Beban mati
 - c. Beban balok
 - d. Sambungan pelat

3. Menentukan beban ultimate

$$U = 1,2D + 1,6L \dots\dots\dots (2.48)$$

Keterangan:

U = gaya geser terfaktor per unit luas

D = beban mati terfaktor per unit luas

L = beban hidup terfaktor per unit luas

4. Menghitung momen rencana

$$M_u = 1,2 M_{DL} + 1,6 M_{LL} \dots\dots\dots (2.49)$$

M_u = momen terfaktor pada penampang

M_{DL} = momen akibat beban mati

M_{LL} = momen akibat beban hidup

5. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

- a. Penulangan lentur lapangan

$$In_1 = L - \left(\frac{1}{2} Lk\right) - \left(\frac{1}{2} Lk\right) \dots\dots\dots (2.50)$$

deff balok = lebar balok - P - Ø Sengkang - ½ Ø Sengkang

Lebar efektif

- $B_{eff} \leq \frac{1}{4} L$
- $B_{eff} \leq 16 h_f + b_w$
- $B_{eff} \leq b_w + L_n$

Sehingga, diambil B_{eff} terkecil

$$A_s = \frac{0,85 \times F_c' \cdot a \cdot B_{eff}}{F_y} \dots\dots\dots (2.51)$$

Pilih tulangan dengan dasar A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan

b. Penulangan lentur tumpuan

- 1) Menentukan $d_{eff} = h - \rho - \emptyset$ Sengkang - $\frac{1}{2} \emptyset$ tulangan utama
- 2) Menghitung nilai ρ

$$Q = \left(\frac{1,7}{\emptyset F_c'} \right) \frac{M_u}{b \cdot d^2} \dots\dots\dots (2.52)$$

$$\rho_{hitung} = \frac{F_c'}{F_y} [0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q}] \dots\dots\dots (2.53)$$

Keterangan:

M_u = momen terfaktor pada penampang (kNm)

b = lebar pengampang (mm)

d = tinggi efektif (mm)

\emptyset = faktor reduksi rencana (*SNI 2847:2019 Tabel 21.2.1*)

c. Hitung A_s yang diperlukan

$$A_{srencana} = \rho \times b \times d_{eff} \dots\dots\dots (2.54)$$

Keterangan:

A_s = Luas tulangan yang diperlukan oleh untuk memikul momen lentur yang terjadi (mm^2)

ρ = rasio penulangan

d = tinggi efektif pelat (mm)

menentukan diameter tulangan yang dipakai dengan syarat A_s pakai $\geq A_s$ direncanakan.

6. Perencanaan tulangan geser

$$a. V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \dots\dots\dots (2.55)$$

(*Sumber : SNI 2847:2019 pasal 22.5.5.1 hal 485*)

Tulangan geser diperlukan apabila $V_u > \frac{1}{2} \emptyset V_c$. Tulangan geser minimum

dipakai apabila nilai V_u melebihi $\frac{1}{2} \phi V_c$, tapi kurang dari ϕV_c . Biasanya dapat digunakan tulangan berdiameter 10 mm yang diletakkan dengan jarak maksimum. Apabila $V_u > \phi V_c$, maka kebutuhan tulangan geser harus dihitung.

- b. Gaya geser V_u yang dihasilkan oleh beban terfaktor harus kurang/ sama dengan kuat geser nominal dikalikan dengan faktor reduksi ϕ , atau:

$$V_u < \phi V_n \dots\dots\dots(2.56)$$

Dimana $V_n = V_c + V_s$

Sehingga:

$$V_u < \phi (V_c + V_s) \dots\dots\dots(2.57)$$

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

- c. Luas minimum tulangan geser

Luas minimum tulangan geser A_{vmin} harus disediakan pada semua penampang dimana, $V_u > 0,5 \phi V_c$, kecuali untuk kasus dibawah. Untuk kasus ini, sekurang-kurangnya dapat dilihat pada tabel 2.10 berikut:

Tabel 2.10 Kasus dimana A_{vmin} tidak diperlukan jika $0,5 \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$

Tipe balok	Kondisi
Balok tipis	$h \leq 250 \text{ mm}$
Menyatu dengan pelat	$h \leq$ terbesar dan $2,5f_y$ atau $0,5 b_w$ dan $h \leq 600 \text{ mm}$
Dibangun dengan beton bobot normal bertulangan serat baja sesuai 26.4.1.5.1 (a). 26.4.2.2. (d) dan 26.12.5.1. (a0 dan dengan $f_c' \leq 40 \text{ MPa}$	$h \leq 600 \text{ mm}$ dan $V_u \leq \phi 0,17 \sqrt{f_c' b_w d}$
Sistem pelat berusuk satu arah	Sesuai dengan 9.8

(Sumber : SNI 2847:2019 pasal 9.6.3.1 hal 190)

$$A_{vmin} = 0,062 \times \sqrt{F_c'} \cdot \left(\frac{b_w}{f_{yt}} \right) \dots\dots\dots(2.58)$$

(SNI 2847:2019 Pasal 9.6.3.3 Hal 192)

- d. Jarak maksimum tulangan geser

Jika $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b_w \cdot d$ maka $S = d/2$ atau 600 mm

Jika $V_s \leq 0,66 \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b_w \cdot d$, maka $S = d/4$ atau 300 mm

(Sumber : SNI 2847:2019 pasal 9.7.6.2.2 hal 202)

Dengan Batasan kebutuhan luas minimum luas tulangan geser:

$$S_{\min} = \frac{A_v \cdot F_{yt}}{0,062 \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b_w}, \text{ untuk } f_c' > 30 \text{ Mpa} \dots\dots\dots(2.59)$$

$$S_{\min} = \frac{A_v \cdot F_{yt}}{0,062 \cdot \sqrt{F_c'} \cdot b_w}, \text{ untuk } f_c' \leq 30 \text{ Mpa} \dots\dots\dots(2.60)$$

(Sumber : SNI 2847:2019 pasal 11.4.5, R9.6.3 hal 192)

Sehingga Sengkang vertikal dapat dihitung dengan rumus:

$$S = \frac{A_v \cdot F_{yt}}{V_s} \dots\dots\dots (2.61)$$

Keterangan:

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = luas tulangan geser pada daerah sejarak s

$A_v = 2 A_s$

A_s = luas penampang batang tulangan sengkang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

2.3.6 Perhitungan Kolom

Kolom adalah salah satu komponen struktur vertikal yang secara khusus difungsikan untuk memikul beban aksial tekan (dengan atau tanpa adanya momen lentur) dan memiliki rasio tinggi/Panjang terhadap dimensi terkecilnya sebesar 3 atau lebih. Kolom memikul beban vertikal yang berasal dari pelat lantai atau atap dan menyalurkannya ke pondasi. Pada struktur pondasi bangunan gedung beton bertulang, balok, pelat dan kolom umumnya di cor secara monolit, sehingga akan menimbulkan momen lentur pada kolom akibat kondisi tumpuan ujung. Disamping itu pada bangunan bertingkat tidak memungkinkan untuk menjamin kevertikalan kolom secara sempurna, dan akibatnya akan muncul beban yang eksentris terhadap pusat dari penampang kolom. Beban eksentris ini akan menimbulkan momen

lentur. Jadi pada suatu struktur bangunan beton bertulang, sangat jarang dijumpai elemen kolom yang murni memikul beban aksial saja. (Setiawan, 2016:144)

Secara umum kolom dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori sebagai berikut:

1. Berdasarkan beban yang bekerja, kolom dapat diklasifikasikan menjadi :
 - a. Kolom dengan beban aksial
Beban kolom dianggap bekerja melalui pusat penampang kolom.
 - b. Kolom dengan beban eksentris
Beban kolom dianggap bekerja sejarak e dari pusat penampang kolom.
 - c. Kolom dengan beban biaksial
Beban bekerja pada sembarang titik pada penampang kolom, sehingga menimbulkan momen terhadap sumbu x dan y secara simultan.
2. Berdasarkan panjangnya, kolom dapat dibedakan menjadi:
 - a. Kolom pendek
Jenis kolom keruntuhannya diakibatkan oleh hancurnya beton atau luluhannya tulangan baja dibawah kapasitas ultimit dari kolom tersebut.
 - b. Kolom Panjang
Jenis kolom yang dalam perencanaannya harus memperhitungkan rasio kelangsingan dan efek tekuk, sehingga kapasitasnya berkurang dibandingkan dengan kolom pendek.
3. Berdasarkan bentuk penampang, kolom dapat berbentuk menjadi:
 - a. Bujur sangkar
 - b. Persegi Panjang
 - c. Lingkaran
 - d. Bentuk L
 - e. Segi delapan, dll.
4. Berdasarkan jenis tulangan Sengkang yang digunakan:
 - a. Kolom dengan Sengkang persegi
Mengikat tulangan memanjang/vertikal dari kolom, dan disusun dengan jarak tertentu sepanjang tinggi kolom.

b. Kolom dengan spiral

Untuk mengikat tulangan memanjang dan meningkatkan daktilitas kolom.

5. Berdasarkan kekangan dalam arah lateral, kolom dapat dibedakan menjadi:
 - a. Dapat menjadi dari suatu portal yang dikekang terhadap goyangan.
 - b. Dapat menjadi bagian dari suatu portal bergoyang.
6. Berdasarkan materialnya, kolom dapat berupa menjadi:
 - a. Kolom bertulangan biasa.
 - b. Kolom beton prategang.
 - c. Kolom komposit (terdiri dari beton dan profil baja).

Berikut langkah-langkah perencanaan kolom, yaitu :

1. Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris berdasarkan kombinasi beban dari hasil P_u dan M_u pada perhitungan SAP di portal.

- Gaya Aksial design pada kolom

$$P_u = 1,4 D$$

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

$$P_u = 1,2 D + 1,0 L + 1,0 W$$

(SNI 2847 : 2019)

- Momen design kolom maksimum untuk ujung atas dan ujung bawah

$$M_u = 1,4 D$$

$$M_u = 1,2 DL + 1,6 L$$

$$M_u = 1,2 DL + 1,0 LL + 1,0 W$$

(SNI 2847 : 2019)

2. Perhitungan nilai eksentrisitas terhadap arah x dan y

$$e = \frac{M_u}{P_u} \dots\dots\dots(2.62)$$

(Dispohusodo, hal 302)

Keterangan:

M_u = momen terfaktor yang bekerja pada penampang

P_u = beban aksial yang bekerja pada penampang

E = nilai eksentrisitas

3. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi

$$\beta \cdot d = \frac{1,2 D}{1,2 D + 1,6 L + 0,5 R} \dots\dots\dots(2.63)$$

(SNI 2847 : 2013, 159)

 β = rasio bentang bersih arah memanjang d = jarak dari serta tekan terluar ke pusat tulangan tarik

4. Modulus elastisitas beton normal

$$E_c = 4700\sqrt{f'c'} \text{ (MPa)} \dots\dots\dots(2.64)$$

(SNI 2847:2019, 456)

$$(El) \text{ eff} = \frac{0,4E_c I_g}{1+\beta_{dns}}$$

$$(El) \text{ eff} = \frac{0,2E_c I_g + E_s I_{se}}{1+\beta_{dns}}$$

$$(El) \text{ eff} = \frac{E_c I}{1+\beta_{dns}}$$

(SNI 2847 : 2019, 107)

5. Nilai kekakuan kolom dan balok

$$I_c = \frac{1}{12} b \cdot h^3$$

$$I_b = \frac{1}{12} b \cdot h^3$$

$$I_c = 0,70 I_g \text{ (Kolom)}$$

$$I_b = 0,35 I_g \text{ (Balok)}$$

$$\frac{El}{L_c} = \frac{E_c I_g}{2,5 (1+\beta \cdot d)} \text{ (Kolom)} \dots\dots\dots(2.65)$$

$$\frac{El}{L} = \frac{E_c I_g}{5 (1+\beta \cdot d)} \text{ (Balok)} \dots\dots\dots(2.66)$$

(SNI 2847: 2019, 103)

6. Menentukan nilai Kn dan Rn

$$K_n = \frac{P_n}{\phi \cdot F_c' \cdot A_g} \dots\dots\dots(2.67)$$

$$R_n = \frac{P_n \cdot e}{F_c' \cdot A_g \cdot h} \dots\dots\dots(2.68)$$

7. Menentukan Ψ_a dan Ψ_b

$$\Psi = \frac{\sum \frac{E.I.k}{I_c}}{\sum \frac{E.I.b}{I_b}} \text{ (Tumpuan Jepit)(2.69)}$$

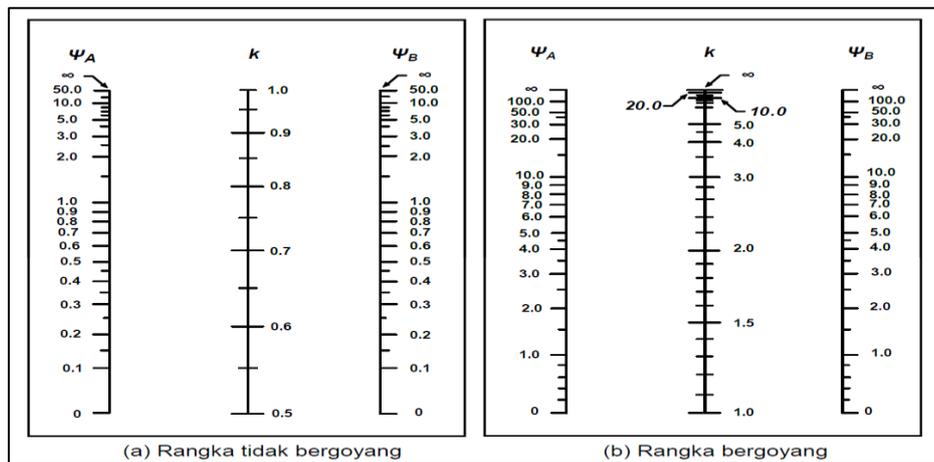
$\Psi = 10$ (tumpuan sendi)
(SNI 2847 : 2019, 308)

8. Menentukan faktor Panjang kolom (k)

Untuk nilai k didapatkan dari nomogram faktor Panjang efektif kolom.

9. Angka kelangsingan kolom

Kolom langsing dengan ketentuan (SNI 2847 : 2019, 93):



Gambar 2.26 Diagram Monogram untuk Menentukan Kelangsingan Kolom

- Angka tanpa pengaku lateral = $\frac{klu}{r} \leq 22$

- Angka dengan pengaku lateral = $\frac{klu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_{1-b}}{M_{2-b}} \right)$

(SNI 2847 : 2019, 91)

- Apabila $\frac{klu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_{1-b}}{M_{2-b}} \right)$ atau $\frac{klu}{r} \leq 22$ maka perancangan menggunakan metode pembesaran momen.

10. Faktor pembesaran kolom

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(k.Lu)^2} \text{(2.70)}$$

$$\delta c = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{0,75 \sum P_c}} \geq 1 \text{(2.71)}$$

$$M_c = M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \dots\dots\dots(2.72)$$

(Sumber : SNI 2847:2019, hal 107 dan 110)

Keterangan:

P_c = beban tekuk kritis

δ_s = faktor pembesaran ekstra pada struktur rangka atap

M_c = momen terfaktor order pertama

M_{2ns} = momen kolom terbesar pada struktur rangka tanpa pengaku

M_{2s} = momen kolom terbesar akibat goyangan ke samping pada struktur rangka tanpa pengaku

P_u = beban tekuk Euler $M_c = M_{2ns} + \delta_s \times M_{2s}$

11. Desain penulangan

a. Menghitung besar beban yang bekerja pada kolom, Nilai ρ taksiran 1,5%-3%

b. Menghitung $AS = As' = \rho \cdot b \cdot d$

c. Menentukan tulangan yang akan digunakan

$$\rho = \rho' = \frac{As}{b \cdot d} \dots\dots\dots(2.71)$$

(Dispohusodo, hal 323)

Keterangan:

As = luas tulangan tarik non-prategang

As' = luas tulangan tarik non-prategang

ρ = rasio tulangan tarik non-prategang

ρ' = rasio penulangan tekan non-prategang

b = lebar daerah tekan komponen struktur

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

d. Memeriksa P_u terhadap beban seimbang

$$C_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d e f f$$

$$A_b = \beta_1 \cdot C_b$$

$f_c' > 28$ Mpa dan $f_y = 400$ Mpa

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f_c' - 28}{7}$$

$$f_s' = \left(\frac{cb-d}{cb} \right) \cdot 0,003 \leq f_y \text{ (tulangan tekan sudah luluh)}$$

$$F_s' = F_y$$

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

(Dispohusodo, hal 324)

$\emptyset P_n < P_u$, beton hancur didaerah tekan

$\emptyset P_n > P_u$, beton hancur didaerah tarik

$$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot a_b \cdot b$$

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$C_s = A_s' (f_s' - 0,85 \cdot f_c)$$

$$P_b = C_c + C_s - T$$

e. Memeriksa kekuatan penampang

- Akibat keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{A_s' \cdot F_y}{\frac{e}{(d-d')} + 0,50} + \frac{b \cdot h \cdot F_c'}{\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} + 1,18} \dots\dots\dots(2.74)$$

- Akibat keruntuhan tarik

$$P_n = 0,85 \cdot F_c' \cdot b \left(\left(\frac{h}{2} - e \right) + \sqrt{\left(\frac{h}{2} - 2 \right)^2 + \frac{2 \cdot A_s \cdot f_y (d - d^1)}{0,85 \cdot f_c^1 \cdot b}} \right) \dots\dots\dots(2.75)$$

(Dispohusodo, hal 320 dan 322)

2.3.7 Sloof

Sloof adalah suatu elemen struktural dari bangunan yang terletak diatas pondasi bangunan. *Sloof* berfungsi mendistribusikan beban dari bangunan atas ke pondasi, sehingga beban yang tersalurkan setiap titik di pondasi tersebar merata. Selain itu *sloof* juga berfungsi sebagai pengunci dinding dan kolom agar tidak roboh apabila terjadi pergerakan tanah. Sebagai tambah pada *sloof*, untuk bangunan tahan terhadap gempa maka disempurnakan pada ikatan antara *sloof* dengan pondasi yaitu dengan memberikan anker dengan berdiameter 12 mm jarak 1,5 meter. Namun angka ini dapat berubah untuk bangunan yang lebir besar atau bangunan bertingkat banyak.

Hal-hal yang dilakukan dalam menganalisis *sloof*, yaitu sebagai berikut:

1. Tentukan dimensi *sloof*
2. Tentukan pembebanan pada *sloof*

- Berat sendiri *sloof*
- Berat dinding dan plesteran

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

$$M_u = 1,4 \text{ MD}$$

$$M_u = 1,2 \text{ MD} + 1,6 \text{ ML}$$

(Sumber: *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2013, hal 7*)

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

Penulangan lentur lapangan

- $d_{eff} = h - p - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan utama}$
- $\rho = \frac{F_c'}{f_y} [0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q}]$
- $A_s = \rho \cdot b \cdot d$

Keterangan:

M_u = momen terfaktor pada penampang (kNm)

b = lebar penampang (mm)

d = tinggi efektif plat (mm)

\emptyset = faktor reduksi rencana (*SNI 03-2487-2019 Tabel 21.2.1*)

A_s = luas tulangan yang diperlukan untuk memikul momen lentur yang terjadi (mm²)

ρ = rasio penulangan

Menentukan diameter tulangan yang dipakai, dengan syarat $A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ direncanakan}$.

4. Perancangan tulangan geser

- $V_c = 0,17 \lambda \sqrt{F_c'} \cdot b_w \cdot d \dots\dots\dots(2.76)$

(Sumber : *SNI 03-2847-2019 pasal 22.5.5.1, hal 485*)

- Jika $V_u < 0,5 \emptyset V_c$, tidak dibutuhkan tulangan geser.

- Jika $0,5 \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$, dibutuhkan tulangan geser minimum. Dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum.
- Jika $V_u > V_c$, tulangan geser harus dihitung.
- Gaya geser V_u dihasilkan oleh beban terfaktor harus kurang atau sama dengan kuat geser nominal dikalikan dengan factor reduksi ϕ , atau:

$$V_u < \phi V_n \dots\dots\dots(2.77)$$

Dimana : $V_n = V_c + V_s$

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

(Sumber : Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2013, hal 98 dan 99)

Keterangan:

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

- Luas minimum tulangan geser
- $$A_{vmin} = 0,062 \sqrt{F_c'} \cdot bw \cdot f_{yt} \dots\dots\dots(2.78)$$

(Sumber : SNI 03-2847-2019 Pasal 9.6.3.3, hal 192)

- Jarak maksimum tulangan geser
- apabila $V_s \leq 0,33 \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d < V_s \leq 0,66 \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d$ maka $S = d/4$ atau 300 mm
(Sumber : SNI 03-2847-2019 Pasal 11.4.5, R9.6.3, hal 192)

Sehingga sengkang vertikal dapat dihitung dengan rumus:

$$S = \frac{A_v \cdot F_y \cdot d}{V_s} \dots\dots\dots(2.79)$$

(Sumber : Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2013, hal 99)

Keterangan:

A_v = luas tulangan geser pada daerah sejarak s

A_s = luas penampang batang tulangan sengkang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan Tarik

2.3.8 Perancangan Pondasi

Pondasi dalam istilah 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.

Ada dua kriteria yang harus dipenuhi oleh pondasi, yaitu:

1. Mampu menahan bangunan di atasnya tanpa menimbulkan kegagalan konstruksi.
2. Beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak boleh melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan.

Kriteria-kriteria di atas adalah kriteria khas *substructure* dan tidak terdapat pada bagian *superstructure*. Di samping diperlukannya penguasaan dari gaya-gaya yang bekerja pada pondasi, diperlukan juga pengenalan dan penguasaan akan sifat-sifat tanah.

Oleh karena itu, pemilihan jenis pondasi merupakan salah satu tahap penting dalam perancangan sebuah bangunan. Sehingga pondasi harus direncanakan sedemikian rupa agar kuat, stabil, dan aman agar tidak terjadi kegagalan konstruksi.

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan jenis pondasi:

1. Keadaan tanah pondasi
2. Jenis konstruksi bangunan
3. Kondisi bangunan disekitar pondasi
4. Waktu dan biaya pengerjaan

Berdasarkan kedalaman, pondasi dibedakan menjadi 2 macam, yaitu:

1. Pondasi dangkal
2. Pondasi dalam

Berdasarkan data hasil tes tanah pada lokasi pembangunan Gedung Laboratorium Teknik 5.1 Institut Teknologi Sumatera yang dijadikan sebagai materi dalam laporan akhir ini, maka jenis pondasi yang digunakan adalah pondasi dalam yaitu Tiang Pancang dengan data tanah Sondir Lapangan.

Adapun urutan-urutan dalam menganalisis pondasi:

1. Menentukan beban-beban yang bekerja pada pondasi
2. Menentukan diameter tiang yang digunakan

3. Menentukan daya dukung tiang

- Daya dukung bahan

$$Q_{\text{beban}} = 0,3 \cdot c \cdot F_c' \cdot c \cdot A_{\text{tiang}} \dots\dots\dots (2.80)$$

- Daya dukung ujung tiang ultimit

$$Q_{\text{ultimit}} = \frac{q_D \cdot A}{f_b} + \frac{U \cdot \sum T_i \cdot f_i}{f_s} \dots\dots\dots (2.81)$$

(Sumber : *Mekanika Tanah Dan Teknik Pondasi : Ir. Suryono Sasrodarsono Dan Kazuto Nakazawa : 2000. hal 104*)

4. Menentukan jumlah tiang

$$Q = (P \times 10\%) + P + \text{berat } poer \dots\dots\dots (2.82)$$

$$n = \frac{Q}{Q_{\text{izin}}} \dots\dots\dots (2.83)$$

5. Menentukan jarak antar tiang pancang

$$\text{Jarak minimal } S = 2D \text{ atau } 2,5D - 3,5D$$

(Sumber : *J.E. Bowles : 1974, Edisi ke-4 jilid 2 : hal 342*)

Keterangan :

S = jarak antar tiang

D = ukuran tiang

6. Menentukan efisiensi kelompok tiang

$$E_q = 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \left(\frac{(n-1) + (m-1)n}{m \cdot n} \right) \dots\dots\dots (2.84)$$

Keterangan:

$\theta = \arctan d/s$ m = jumlah baris

n = jumlah tiang dalam satu baris

(Sumber : *Pondasi Tiang Pancang, Sardjono : hal 61*)

7. Kemampuan tiang terhadap sumbu x dan sumbu y

$$P_{\text{maks}} = \frac{\sum v}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{\text{maks}}}{n_y \cdot \sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{\text{maks}}}{n_x \cdot \sum Y^2} \dots\dots\dots (2.85)$$

(Sumber : *Pondasi Tiang Pancang, Sardjono. : hal 55*)

8. Pengangkatan tiang pancang dengan 2 pola pengangkatan.

9. Menentukan tulangan tiang pancang (Perbandingan As terbesar)

- Pembebanan P_u/n

$$A_{\text{stotal}} = \rho \cdot b \cdot h \dots\dots\dots (2.86)$$

- Perhitungan tulangan sengkang tiap pancang

10. Menentukan pile cap

- Kontrol kekuatan geser dua arah disekitar kolom dan tiang pancang
- Kontrol kekuatan geser satu arah
- Menentukan tulangan pokok pile cap

$$\frac{M_u}{\phi b \cdot d^2} = F_y \cdot \rho \cdot d \dots\dots\dots (2.87)$$

$$A_{stotal} = \rho \cdot b \cdot h \dots\dots\dots (2.88)$$

$$A_{s'} = \frac{A_{s \text{ total}}}{4} \dots\dots\dots (2.89)$$

- Jarak Tulangan

$$S = \frac{A_{s \text{ tulangan}}}{A_{s \text{ pakai}}} \times \text{Lebar Pile cap} \dots\dots\dots (2.90)$$

- Menentukan tulangan sengkang

$$\phi V_c = \phi \cdot 0,17 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \dots\dots\dots (2.91)$$

$$V_u > \phi V_c \text{ (Perlu tulangan sengkang)}$$

$$\phi V_s = \phi \cdot \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.92)$$

$$S = \frac{A_v 1}{A_v} \cdot 100 \text{ mm} \dots\dots\dots (2.93)$$

11. Menentukan tulangan pasak

$$\phi P_n = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A_g \dots\dots\dots (2.94)$$

$$\phi P_n > P_u$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,005 \times A_g \dots\dots\dots (2.95)$$

$$L_{db} = \frac{0,25 \cdot f_y \cdot d \cdot b}{\sqrt{f_c'}} \geq 0,04 f_y \cdot d \cdot b \dots\dots\dots (2.96)$$

2.4 Manajemen Proyek

Pengelolaan proyek (manajemen proyek) merupakan suatu proses merencanakan, mengorganisasikan, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai tujuan proyek yang tepat biaya, tepat kuantitas dan tepat waktu. Untuk mencapai tujuan proyek secara optimal manajemen dikelompokkan menjadi empat kelompok, diantaranya:

1. Perencanaan (*Planning*)
2. Pengorganisasian (*Organizing*)
3. Penggiatan (*Actuating*)
4. Pengawasan (*Controlling*)

2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat – Syarat (RKS)

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

Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS) adalah dokumen yang berisikan segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar. RKS biasanya diberikan bersamaan dengan gambar yang semuanya menjelaskan mengenai proyek yang akan dilaksanakan. Umumnya isi dari RKS terdiri dari tiga bagian yaitu umum, administrasi dan teknis.

1. Syarat Umum
 - a. Mengenai pemberi tugas atau pemilik proyek
 - b. Bentuk surat penawaran dan cara penyampaian
 - c. Syarat-syarat peserta lelang
 - d. Keterangan mengenai perencanaan (Desain)
2. Syarat Teknis
 - a. Jenis mutu dan bahan yang digunakan
 - b. Jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilakukan
 - c. Cara pelaksanaan pekerjaan
 - d. Merk material atau bahan yang digunakan
3. Syarat Administrasi
 - a. Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan
 - b. Syarat pembayaran
 - c. Tanggal dan waktu penyerahan
 - d. Denda atas keterlambatan
 - e. Besar jaminan penawaran

2.4.2 Volume Pekerjaan

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

Volume pekerjaan adalah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan. Volume juga disebut sebagai kubikasi pekerjaan. Volume atau kubikasi suatu pekerjaan bukanlah merupakan volume atau isi melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam satu kesatuan. Satuan m^1 , m^2 , m^3 , kg, zak, buah dan lain-lain. Volume pekerjaan 60 ini berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada.

2.4.3 Analisis Harga Satuan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah suatu cara perhitungan harga satuan pekerjaan konstruksi yang dijabarkan dalam perkalian kebutuhan bahan bangunan, upah kerja, dan peralatan dengan harga bangunan, standar pengupahan pekerja dan harga sewa atau beli peralatan untuk menyelesaikan pekerjaan konstruksi. 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 volume pekerjaan.

Analisa harga satuan terdiri dari harga bahan yang didapat dipasaran lalu dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan dan upah tenaga kerja yang dapat dilokasi, dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar dinamakan daftar harga satuan upah. Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja disetiap daerah berbeda-beda. Jadi dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu bangunan atau proyek harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja dipasaran dan lokasi pekerjaan.

2.4.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya – biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Tujuan dari penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah untuk memberikan gambaran yang pasti mengenai besarnya biaya pelaksanaan atau penyelesaian.

Prosedur dalam penyusunan rencana anggaran biaya yaitu:

1. Melakukan pengumpulan data tentang jenis, harga serta kemampuan pasar menyediakan bahan/material konstruksi secara kontinu.
2. Melakukan pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku di daerah lokasi proyek dan atau upah pada umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.
3. Melakukan perhitungan analisa bahan dan upah dengan menggunakan analisa yang diyakini baik oleh si pembuat anggaran.
4. Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.
5. Membuat rekapitulasi data – data.

2.4.5 Rencana Pelaksanaan

Rencana pelaksanaan pada proyek konstruksi dapat dibuat dalam berbagai macam bentuk, yaitu antara lain:

1. *Network Planning* (NWP)

Network planning merupakan suatu pengendalian pekerjaan di lapangan yang di tandai dengan simbol–simbol tertentu berupa urutan pekerjaan dalam suatu proyek yang berfungsi untuk melancarkan pekerjaan.

Manfaat – manfaat dari *Network planning* adalah sebagai berikut:

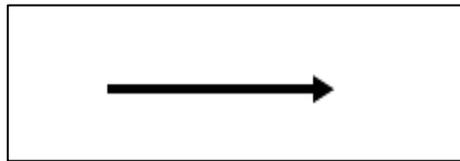
- a. Mengatur jalannya proyek.
- b. Mengetahui pekerjaan mana yang harus didahulukan dan dapat diselesaikan tepat waktu.
- c. Mengetahui apakah suatu kegiatan tergantung atau tidak dengan kegiatan lainnya

d. Sebagai rekayasa *value engineering* sehingga dapat ditentukan metode kerja termurah dengan kualitas terbaik.

Adapun beberapa tanda atau simbol – simbol yang digunakan pada *Network planning* yaitu:

a. Anak panah (*Arrow*); Kegiatan (*Activity*); *Job*

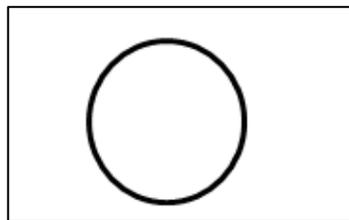
Anak panah ini menunjukkan bahwa hubungan antara kegiatan, demikian juga dicantumkan durasi. Sebuah anak panah mewakili suatu kegiatan. Awal busur dinyatakan sebagai permulaan kegiatan dan mata panah menunjukkan sebagai akhir kegiatan.



Gambar 2.27 Anak Panah (*Arrow*)

b. Lingkaran kecil (*Node*); Kejadian/Peristiwa (*Even*)

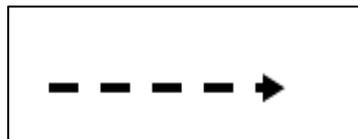
Lingkaran kecil merupakan awal atau ujung dari pertemuan satu atau lebih kegiatan – kegiatan (anak panah). *Node* dapat diberi nomor urut.



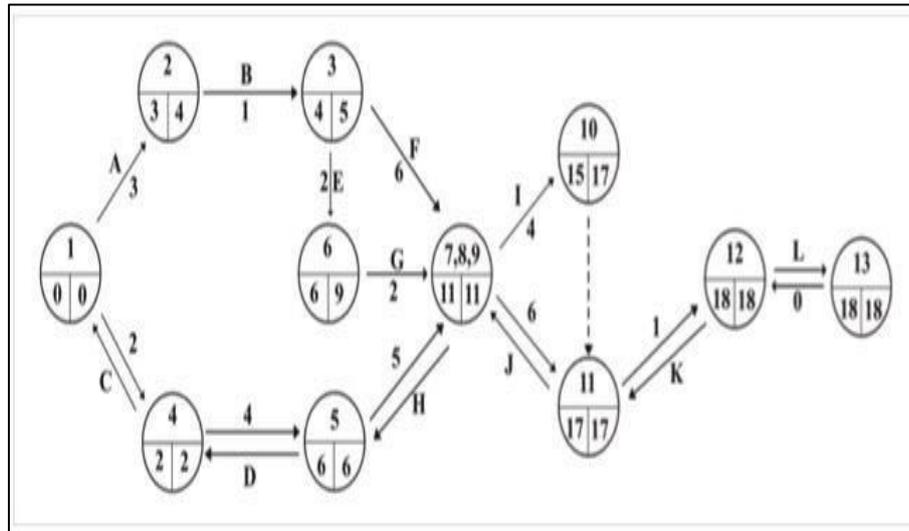
Gambar 2.28 Lingkaran Kecil (*Node*)

c. Anak panah terputus – putus: Kegiatan semu (*Dummy*)

Perbedaan dengan kegiatan biasa, *dummy* tidak menggunakan durasi (nol) dan tidak menggunakan sumber daya. *Dummy* hanya berfungsi sebagai penghubung antar kegiatan.



Gambar 2.29 Anak Panah Terputus – Putus (*Dummy*)



Gambar 2.30 Diagram NWP

2. *Barchat*

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

Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Daftar *item* kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- Urutan pekerjaan, dari daftar item kegiatan tersebut disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas *item* kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.
- Waktu pelaksanaan pekerjaan adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir.

Adapun keuntungan dan kerugian dalam penggunaan *Barchat*, yaitu:

- Keuntungan:
 - Bentuknya sederhana

- Mudah dibuat
- Mudah dimengerti
- Mudah dibaca

b. Kerugian:

- Hubungan antara pekerjaan yang satu dengan yang lain kurang jelas
- Sulit digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar.
- Sulit untuk mengadakan perbaikan atau pembaharuan (*updating*), karena umumnya harus dilakukan dengan membuat *barchat* baru

No.	Kegiatan	Durasi		Minggu																										
		Hari	Minggu	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
1	A1. Direksi keet		1	■																										
2	A2. Pengukuran		2		■	■																								
3	A3. Mobilisasi		2				■	■																						
4	B11. Pembuatan Caisson		7						■	■	■	■	■	■																
5	B12. Pemasangan Caisson		8												■	■	■	■	■	■	■	■								
6	B21. Pembuatan pelat demaga		10						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■										
7	B22. Pemasangan pelat demaga		10																		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8	C1. Pemasangan Fender		1																											■
9	C2. Pemasangan Edlard		1																											■

Gambar 2.31 Tabel Barchat

3. Kurva S

Kurva “S” merupakan hasil plot dari *barchat* bertujuan untuk mempermudah untuk memahami kegiatan – kegiatan masuk dalam suatu jangka waktu pengamatan progress pelaksanaan proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemampuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek.

Dengan kurva S ini dapat mengetahui progress pada setiap waktu. Progress tersebut dapat berupa rencana dan pelaksanaan. Untuk setiap *barchat* yang dilengkapi dengan progress dapat dibuat kurva s. Bentuk kurva s biasanya mempunyai kemiringan yang landau pada setiap permulaan dan tahap akhir dari pelaksanaan proyek. Kurva s diperlukan untuk menggambarkan progress pada momen tertentu. Rencana progress yang dibuat dalam kurva s merupakan referensi/kesepakatan dari semua pihak atas progress yang dihasilkan oleh kontraktor pada setiap momen waktu tertentu. Bila kurva dari rencana progress dan

rencana dibandingkan maka akan dapat diketahui secara visual besarnya kecenderungan dari penyimpanan terjadi, apakah pelaksanaan lebih cepat atau lebih lambat dari rencana yang disepakati. Dengan mengetahui hal ini tentu dapat dimulai tindakan – tindakan koreksi sehingga pekerjaan dapat dilakukan sesuai dengan yang dikehendaki atau rencana.

Penyebab membentuk huruf S didalam kurva S dikarenakan kegiatan proyek berlangsung sebagai berikut:

- Kemajuan pada awalnya bergerak lambat.
- Diikuti oleh kegiatan yang bergerak cepat dalam kurun waktu yang lebih lama.
- Akhirnya kecepatan kemajuan menurun dan berhenti pada titik akhir.

Manfaat dan kegunaan kuva S:

- Sebagai informasi untuk mengontrol pelaksanaan suatu proyek dengan cara membandingkan deviasi antara kurva rencana dengan kurva realisasi.
- Sebagai informasi untuk pengambilan keputusan berdasarkan perubahan kurva realisasi terhadap kurva rencana. Perubahan ini bisa dalam bentuk *presentase* pekerjaan lebih cepat atau lebih lambat dari waktu yang sudah ditentukan untuk menyelesaikan proyek.
- Sebagai informasi kapan waktu yang tepat untuk melakukan tagihan kepada *owner* ataupun melakukan pembayaran kepada *supplier*.

No.	Kegiatan	Durasi (Minggu)	Biaya (Juta)	Minggu																									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	A1. Direksi keet	1	29.1	29.1																									
2	A2. Pengukuran	2	50	25	25																								
3	A3. Mobilisasi	2	25			12.5	12.5																						
4	B11. Pembuatan Caisson	7	1500					214.3	214.3	214.3	214.3	214.3	214.3	214.3															
5	B12. Pemasangan Caisson	8	900												112.5	112.5	112.5	112.5	112.5	112.5	112.5	112.5							
6	B21. Pembuatan pelat dermaga	10	544					54.4	54.4	54.4	54.4	54.4	54.4	54.4	54.4	54.4	54.4	54.4	54.4	54.4	54.4	54.4							
7	B22. Pemasangan pelat dermaga	10	320																				32	32	32	32	32	32	
8	C1. Pemasangan Fender	1	175																									175	
9	C2. Pemasangan Bollard	1	130																									130	
	Total		3673	29.1	25	25	12.5	12.5	269	269	269	269	269	269	167	167	167	145	145	145	145	145	32	32	32	32	32	305	
	Kumulatif			29.1	54.1	79.1	91.6	104	373	641	910	1179	1448	1716	1985	2152	2319	2486	2630	2775	2919	3064	3208	3240	3272	3304	3336	3673	
	Rasio terhadap total			0.008	0.015	0.022	0.025	0.028	0.101	0.175	0.248	0.321	0.394	0.467	0.540	0.596	0.631	0.677	0.716	0.755	0.795	0.834	0.873	0.882	0.891	0.900	0.908	0.917	1.000

Gambar 2.35 Kurva S