

BAB II **TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Uraian Umum

Perancangan merupakan bagian terpenting dari pembangunan suatu gedung atau bangunan lainnya. Kesalahan dalam perancangan akan mengakibatkan terjadinya kerugian pada proyek konstruksi tersebut. Perancangan yang baik dan benar akan mengurangi risiko kegagalan pada proyek yang akan dibangun, serta menghasilkan konstruksi bangunan yang aman, hemat biaya, waktu dan tenaga pengerjaannya. Adapun tahapan perancangan sebuah konstruksi bangunan antara lain sebagai berikut:

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

Pada tahap ini ahli struktur harus mampu membantu arsitek untuk memilih komponen-komponen struktur penting, baik dimensi maupun posisinya. Pada pertemuan pertama biasanya arsitek akan datang membawa informasi mengenai sketsa denah, gambar tampak dan potongan, penjelasan fungsi setiap lantainya, konsep awal dari sistem komponen vertikal dan horizontal, serta rencana komponen non-struktural.

2. Tahap Perancangan

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

a. Perancangan bentuk arsitektur bangunan

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

b. Perancangan bentuk struktur konstruksi bangunan

Dalam kegiatan ini, perancang mulai melakukan perhitungan komponen-komponen struktur berdasarkan bentuk arsitektural yang dirancang. Perancang mulai mendimensi serta menyesuaikan komponen-komponen struktur agar memenuhi syarat-syarat konstruksi yang aman, kuat

dan nyaman untuk ditempati namun masih berdasarkan prinsip-prinsip efisien dan ekonomis.

Struktur bangunan adalah elemen-elemen terpenting dalam perancangan suatu bangunan yang dirancangkan agar mampu menerima beban luar maupun berat sendiri tanpa mengalami perubahan bentuk yang melampaui batas persyaratan.

Ada dua struktur pendukung bangunan yaitu:

1. Struktur bangunan atas (*Upper Structure*)

Adapun struktur atas dari suatu bangunan antara lain: struktur atap, struktur pelat lantai, struktur tangga, struktur portal, serta struktur kolom.

2. Struktur bangunan bawah (*Sub Structure*)

Struktur bangunan bawah merupakan sistem pendukung bangunan yang menerima beban dari struktur atas, untuk diteruskan ke tanah yang berada dibawahnya.

Dalam penyelesaian perhitungan untuk Perancangan Gedung Laboratorium Teknik 5.3 Institut Teknologi Sumatera Provinsi Lampung, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang dibuat badan standarisasi yang berlaku di Indonesia dan berbagai jenis buku, diantaranya:

1. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (Berdasarkan SNI 2847:2019)
2. Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (berdasarkan SNI 1729-2020)
3. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2020)
4. Panduan Desain Sederhana Untuk Bangunan Beton Bertulang (SNI 8900:2020)
5. Struktur Beton Bertulang (Istimawan Dipohusodo)
6. Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang (WC Vis dan Giedon Kusuma)
7. Perancangan Struktur Baja dengan Metode LRFD (Agus Setiawan, 2008)

Berdasarkan Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung Tahun 1989 jenis pembebanan terdiri atas:

1. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan Gedung yang terpasang. Konstruksi bangunan yang dimaksud adalah berat volume struktur utama termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktur lainnya serta peralatan layan terpasang lainnya serta termasuk berat keran. 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. Berikut data berat sendiri bahan dan komponen Gedung seperti pada tabel 2.1 dan 2.2 berikut ini:

Tabel 2. 1 Berat Sendiri Bahan

Baja	7850 kg/m ³
Batu alam	2600 kg/m ³
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1500 kg/m ³
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m ³
Batu pecah	1450 kg/m ³
Besi tuang	7250 kg/m ³
Beton	2200 kg/m ³
Beton bertulang	2400 kg/m ³
Kayu kelas I	1000 kg/m ³
Kerikil, koral, (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1650 kg/m ³
Pasangan bata merah	1700 kg/m ³
Pasangan batu belah, batu gunung	2200 kg/m ³
Pasangan batu cetak	2200 kg/m ³
Pasangan batu karang	1450 kg/m ³
Pasir (kering udara sampai lembab)	1600 kg/m ³
Pasir (jenuh air)	1800 kg/m ³
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1850 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1700 kg/m ³
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2000 kg/m ³
Tanah hitam (timbel)	11400 kg/m ³

(Sumber: Standar Nasional Indonesia 1727: 2013)

Tabel 2.2 Komponen Gedung

Adukan per cm tebal: - Dari semen - Dari kapur, semen merah atau tras	21 kg/m ³ 17 kg/m ³
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral tambahan, per cm tebal	14 kg/m ³
Dinding pasangan batu merah - Satu batu - Setengah batu	450 kg/m ³ 250 kg/m ³
Dinding pasangan batako berlubang - Tebal dinding 20 cm (HB 20) - Tebal dinding 10 cm (HB 10)	200 kg/m ³ 120 kg/m ³
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari: - Semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm - Kaca, dengan tebal 3-4 mm	11 kg/m ³ 120 kg/m ³
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ³	7250 kg/m ³
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,8 m	2200 kg/m ³
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	2400 kg/m ³
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m ² bidang atap	1000 kg/m ³
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	1650 kg/m ³
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	1700 kg/m ³
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	2200 kg/m ³

(Sumber: Standar Nasional Indonesia 1727: 2013)

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban gravitasi yang bekerja pada struktur dalam masa layannya, dan timbul akibat penggunaan suatu gedung. Termasuk beban ini adalah berat manusia, perobat yang dapat dipindah-pindah, kendaraan, dan barang-barang lain. Karena besar dan lokasi beban yang senantiasa berubah-ubah, maka penentuan beban hidup secara pasti adalah merupakan suatu hal yang cukup sulit. Berikut data beban hidup terdistribusi merata minimum, L_o dan beban hidup terpusat minimum seperti pada tabel 2.3 berikut ini:

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	100 (4,79)	
- Lantai podium	150 (7,18)	
- Tribun penonton stadion	100 (4,79)	
- Arena dengan kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	
- Ruang pertemuan lainnya	100 (4,79)	
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)	
- Lantai lain	Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	

Hunian atau penggunaan	Merata Lo psf (kN/m^2)	Terpusat Ib (kN)
Dudukan mesin elevator (Pada daerah 2 in. x 2 in. [50 mm x 50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai finishing ringan (Pada area 1 in. X 1 in. [25 mm x 25 mm])		200 (0,89)
Jalur penyelamatan saat kebakaran - Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
Tangga permanen		Lihat pasal 4.5.
Garasi/parkir (lihat pasal 4.10) - Mobil penumpang saja - Truk dan bus	40 (1,92) Lihat pasal 4.10.2	Lihat pasal 4.10.1 Lihat pasal 4.10.2
Pegangan tangga dan pagar pengaman - Batang pegangan	Lihat 4.5.1	Lihat 4.5.1 Lihat 4.5.2
Perpustakaan - Ruang baca - Ruang penyimpanan - Koridor diatas lantai pertama	60 (2,87) 150 (7,18) 80 (3,83)	1.000 (4,45) 1.000 (4,45) 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 - Kantor - Koridor di atas lantai pertama	100 (4,79) 50 (2,40) 80 (3,83)	2.000 (8,90) 2.000 (8,90) 2.000 (8,90)
Atap - Atap datar, berhubung dan lengkung - Atap yang digunakan penghuni - Atap untuk tempat berkumpul - Atap vegetatif dan atap lansekap	20 (0,96) Sama dengan penggunaan yang dilayani 100 (4,79)	

Hunian atau penggunaan	Merata <i>Lo</i> psf (kN/m ²)	Terpusat Ib (kN)
<ul style="list-style-type: none"> - Atap bukan untuk hunian - Atap untuk tempat berkumpul 	20 (0,96) 100 (4,79)	
<ul style="list-style-type: none"> - Atap untuk penggunaan lainnya 	Sama dengan penggunaan yang dilayani 5 (0,24)	200 (0,89)
<p><i>Awning</i> dan kanopi</p> <ul style="list-style-type: none"> - Atap konstruksi <i>fabric</i> yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan 	5 (0,24) Berdasarkan area tributari dari atap yang didukung oleh komponen struktur rangka	200 (8,90)
<ul style="list-style-type: none"> - Rangka penumpu layar penutup 	20 (0,96)	
<p>Semua konstruksi lainnya</p> <p>Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai tempat bekerja</p>		2000 (8,9)
<ul style="list-style-type: none"> - 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 		300 (1,33)
<ul style="list-style-type: none"> - Semua komponen struktur atap utama lainnya 		300 (1,33)
<ul style="list-style-type: none"> - Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan 		
Sekolah		
<ul style="list-style-type: none"> - Ruang kelas 	40 (1,92)	1.000 (4,45)
<ul style="list-style-type: none"> - Koridor diatas lantai pertama 	80 (3,83)	1.000 (4,45)
<ul style="list-style-type: none"> - Koridor lantai pertama 	100 (4,79)	1,000 (4,45)

Hunian atau penggunaan	Merata Lo psf (kN/m^2)	Terpusat Ib (kN)
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 : Standar Nasional Indonesia 1727 : 2013)

3. Beban 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 1727-2013 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. berikut. Pengaruh angin dalam menentukan beban angin harus didasarkan pada analisis untuk kecepatan angin yang sesuai dengan persyaratan. Berikut data factor arah angin seperti pada tabel 2.4 berikut ini

Tabel 2. 4 Faktor Arah Angin, Kd

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin Kd
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utama Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
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 dibangun.

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.

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

Keterangan :

Kd = faktor arah angin

Kz = koefisien eksposur tekanan velositas

Kzt = faktor topografi tertentu

V = kecepatan angina 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 berikut:

$$p = qGC_p - q_i (GC_{pi}) \text{ (N/m}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan: $q = q_z$ untuk dinding disisi angina datang yang diukur pada ketinggian z di atas permukaan tanah.

$q = q_h$ untuk dinding disisi angina 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 angina

C_p = koefisien tekanan eksternal

(GC_{pi}) = koefisien tekanan internal

Berikut data koefisien tekanan dinding seperti pada tabel 2.5 berikut ini:

Tabel 2. 5 Koefisien Tekanan Dinding, C_p

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

(Sumber: SNI 1727-2013, hal 50)

Berikut data koefisien tekanan atap seperti pada tabel 2.6 berikut ini:

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	-0,5 0,0*	-0,3 0,2	-0,2 0,3	-0,2 0,3	0,0* 0,4	0,4	0,01 θ	-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 - ,2	-0,2 0,3	0,0 0,4	0,01 θ	-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	0,01 θ	-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				
		> 2h		-0,7, -0,18		≤ 100 (9,3 m ²)		1,0				
						250 (23,2 m ²)		0,9				
						≥ 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

Berdasarkan metode perancangan berbasis kekuatan (*strength design method*), elemen struktur dirancang mampu untuk memikul beban terfaktor yang didapatkan dengan mengalikan nilai factor beban dengan nilai beban layan (*Service load*) nominal, dengan catatan bahwa beban hidup memiliki derajat ketidakpastian yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan beban mati. Mengacu pada SNI 2847-2019, adapun nilai faktor beban untuk beban hidup / *live load (L)* ialah 1,6 dan beban mati/*dead load (D)* sebesar 1,2. Berikut standar dalam menurut SNI 2847-2019 pasal 9.2 mengenai detail besarnya nilai kuat perlu (*U*) yang harus dipertimbangkan sebagai kondisi paling kritis yang harus dipikul suatu elemen struktur, yakni:

- $U = 1,4D$
- $U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- $U = 1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$
- $U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$
- $U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$
- $U = 1,2D + 1,0W + 1,0L$
- $U = 0,9D + 1,0W$
- $U = 0,9D + 1,0E$

Adapun beberapa catatan tambahan untuk beban kombinasi, diantaranya:

1. Nilai faktor beban untuk *L* dalam persamaan 1.5, 1.6, 1.7 dapat direduksi menjadi $0,5L$. Jika nilai *L* tidak lebih besar daripada $4,8 \text{ kN/m}^2$ atau kg/m^2

disamping itu faktor tersebut tidak boleh direduksi untuk area garasi atau area tempat publik.

2. Apabila beban angin (W), belum direduksi oleh faktor arah, maka faktor beban untuk beban angin dalam persamaan 1.6 harus diganti menjadi 1.6 dan dalam persamaan 1.5 diganti menjadi 0.8.
3. Untuk struktur yang memikul beban fluida, maka unsur beban fluida tersebut dapat dimasukkan dalam persamaan 1.3 hingga 1.7 dan 1.9 dengan faktor beban yang sama dengan faktor beban untuk beban mati. Jika ada pengaruh tekanan tanah lateral (H), maka ada tiga kemungkinan berikut:
 - a. Apabila H bekerja sendiri atau menambah efek dari beban-beban lain maka H harus dimasukkan dalam kombinasi pembebanan dengan faktor beban sebesar 1,6.
 - b. Apabila H permanen dan bersifat melawan pengaruh dari bebanbeban lain, maka H harus dimasukkan dalam kombinasi pembebanan dengan faktor beban sebesar 1,9.
 - c. Apabila H tidak permanen, namun pada saat H bekerja mempunyai sifat melawan beban-beban lainnya, maka beban H boleh tidak dimasukkan dalam kombinasi pembebanan.

2.2 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.

2.2.1 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. Bebanbeban yang bekerja pada rangka atap adalah:

a. Beban Mati (q_D)

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

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

b. Beban Hidup (q_L)

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

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

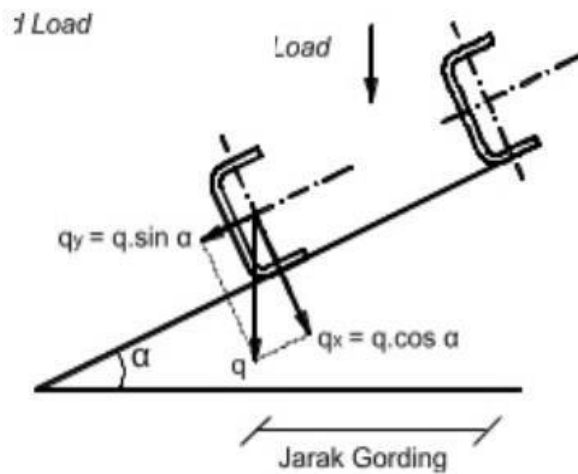
Adapun Langkah-langkah perhitungan rangka atap yang digunakan adalah sebagai berikut:

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

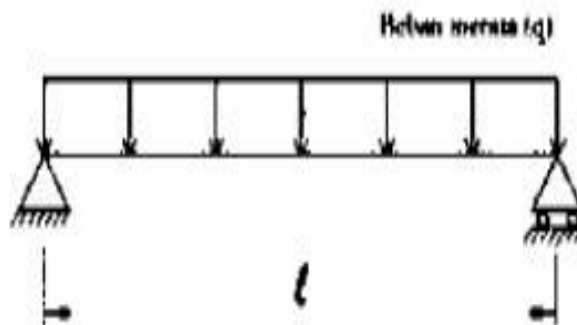
a. Pembebanan Akibat Beban Mati (D)



Gambar 2. 1 Uraian Beban Gording

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

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

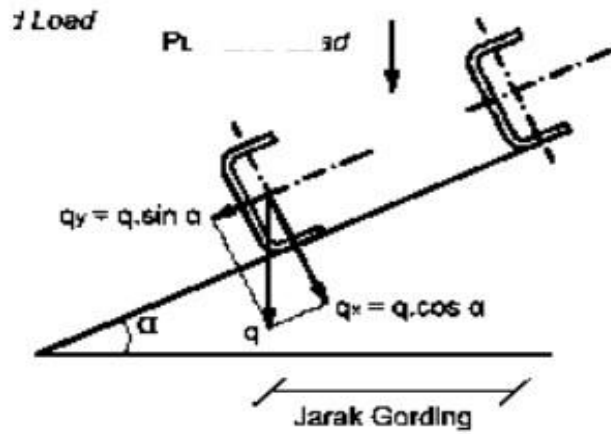


Gambar 2. 2 Beban Merata Gording

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

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

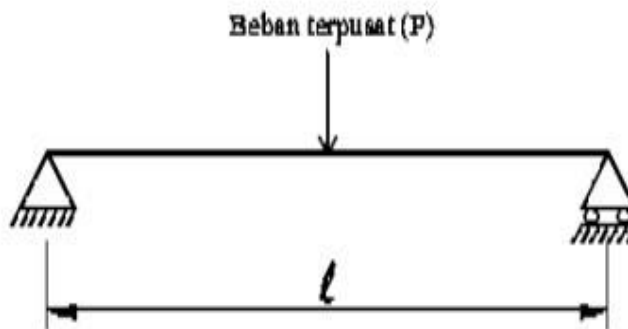
b. Pembebanan Akibat Beban Hidup



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, $M_x = \frac{1}{4} \times P_x \times l^2$ (2.10)

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

Kombinasi momen arah x dan arah y

$$Mu_x = 1,2. M_{xD} + 1,6. M_{xL} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$Mu_y = 1,2. M_{yD} + 1,6. M_{yL} \dots \dots \dots (2.13)$$

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

$$\lambda_f = \frac{h}{t_w}; \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y'}}; \lambda_r = \frac{1702050}{\sqrt{f_y}} \dots \dots \dots (2.15)$$

Keterangan:

Fr = tegangan tekan residual pada plat sayap

= 70 MPa untuk penampang rol

= 115 MPa untuk dilas

Fy = tegangan leleh minimum

d. Momen Nominal

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

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

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

$$M_n = M_p = (f_y - f_s) S_x \dots \dots \dots (2.17)$$

- 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:

F_y = tegangan leleh, MPa

F_r = tegangan sisa, MPa

S_x = 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:

$$M = \frac{1}{8} \cdot q_1 \cdot L^2 \dots\dots\dots (2.19)$$

Batas lendutan maksimum untuk tipe elemen struktur gording adalah:

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

2) Kontrol Lendutan Akibat Beban Terpusat

Syarat lendutan terhadap beban terpusat tidak boleh lebih dari

$$\frac{L}{240}$$

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

$$\delta = \frac{P \cdot L^2}{48 \cdot EI} \leq \frac{L}{240} \dots\dots\dots (2.21)$$

(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-gaya batangnya dengan menggunakan metode cremona.

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 beberapa persyaratan, antara lain:

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

$$1,4 D$$

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

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

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

$$1,2 D \pm 1,0 E + \gamma L L \text{ 0,9 } D \pm (1,3 W \text{ atau } 1,0 E) \text{ Keterangan :}$$

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

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

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

H = Beban hidup, tidak termasuk diakibatkan genangan air

W = Beban angin

E = Beban gempa, yang ditentukan atau penggantinya

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

a. Komponen struktur yang mengalami gaya tekan

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

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

Tegangan kritis (F_{cr}) ditentukan sebagai berikut :

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

$$F_{cr} = (0,658^{\frac{f_y}{f_e}}) F_y \dots \dots \dots (2.23)$$

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

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

Keterangan:

A_g = luas penampang bruto komponen struktur, mm^2

E = modulus elastisitas baja = 200.000MPa

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

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 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 (mm^2)

A_e = luas penampang efektif (mm^2)

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 = Eksentritas 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 $\omega = 1$

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

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 berikut

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:

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

$$\Phi = 0,75$$

Keterangan: kombinasi beban ksi kombinasi beban ksi(MPa)

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

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

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

F_{rv} = tegangan geser yang diperlukan menggunakan

Ukuran jarak tepi minimum baut 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)

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

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

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

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

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

Syarat maksimum:

- Jarak sumbu kesumbu baut (S)

$$S < 15 \text{ tp (tp = tebal pelat tipis)}$$

$$S < 200 \text{ mm}$$

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

$$SI < 12 \text{ tp } S < 150 \text{ mm}$$

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 t_{w1} dan t_{w2} . 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:

$$R_n = F_{nw} A_{we} \dots\dots\dots (2.34)$$

$$\Phi = 0,75$$

Keterangan:

$$F_{nw} = 0,60 F_{exx} (1,0 + 0,50 \sin^{1,5} \Theta) \text{ ksi (MPa) (SNI 1729:2020 J2-5)}$$

F_{EEx} = kekuatan klasifikasi logam pengisi, ksi (MPa)
sudut pembebanan yang diukur dari sumbu longitudinal las, derajat ukuran minimum las sudut

Θ = ditentukan dari tebal bagian paling tipis yang tersambung

2.2.2 Perencanaan Pelat

Pelat adalah suatu elemen horizontal yang berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun statis ke elemen pemikul beban vertikal yaitu balok, kolom dan dinding. Pelat beton bertulang dalam struktur digunakan pada atap dan lantai. Perbedaan pelat atap dan pelat lantai adalah pelat atap merupakan struktur yang tidak terlindungi dan memiliki ketebalan selimut beton yang lebih besar dibandingkan dengan struktur pelat lantai.

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 bebanbeban yang bekerja pada pelat antara lain:

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

Beban hidup untuk pelat atap diambil sebesar 100 kg/m^2 .

(Berdasarkan PPPURG, 1987).

Jenis-jenis pelat:

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.

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

- a. Penentuan Tebal Pelat

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).

$$W_u = 1,2 W_D + 1,6 W_L \dots\dots\dots(2.35)$$

Keterangan:

W_D = Jumlah beban mati pelat

W_L = 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*)

Two Way Slab adalah *slab* yang ditopang oleh balok pada keempat sisi dan beban dipikul oleh penopang di kedua arah. Dalam slab dua arah, rasio bentang yang lebih panjang (L_x) dengan bentang yang lebih pendek (L_y) ≤ 2 . Berikut ini adalah beberapa perancangan pelat dua arah, antara lain:

- a. Menghitung H minimum pelat

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

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

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

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

$$\alpha_l = \frac{l_{balok}}{l_{pelat}} \dots\dots\dots (2.38)$$

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

Keterangan:

l_n = 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 (W_u)

$$W_u = 1,2 W_{DL} + 1,6 W_{LL} \dots\dots\dots (2.40)$$

Keterangan:


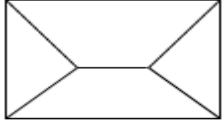

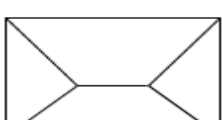

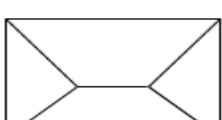

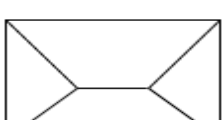
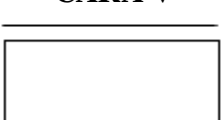

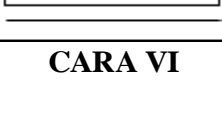
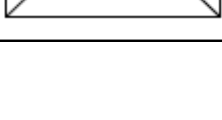
W_D = Jumlah beban mati pelat

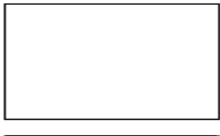
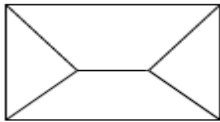

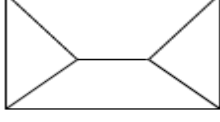

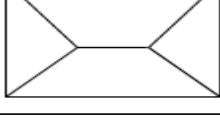
W_L = Jumlah beban hidup pelat

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

Berikut cara cara pada koefisien momen seperti pada tabel 2.8 berikut ini:

Tabel 2. 8 Koefisien Momen

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

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)

- e. Menentukan tebal efektif
- f. Menentukan rasio penulangan (ρ)

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

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

- g. Mencari luasan tulangan (A_s)

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

- 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 as min untuk pelat dua arah nonprategang pada tabel 2.9:

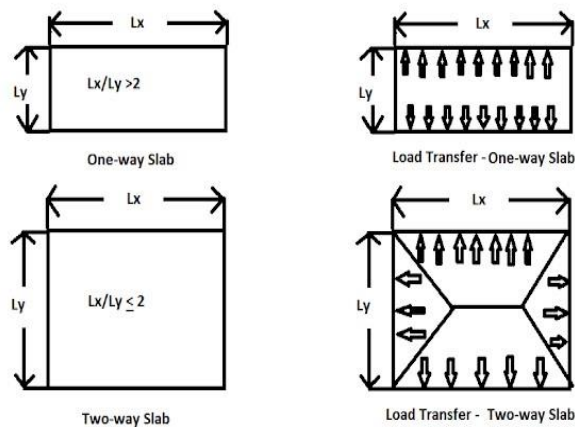
Tabel 2. 9 As min Untuk Pelat Dua Arah Nonprategang

Jenis Tulangan	Fy (Mpa)	Rasio Tulangan Minimum	
Batang ulir	< 420	0,002 A _g	
Batang ulir atau kawat las	≥ 420	Terbesar dari :	$\frac{0,0018 \times 420}{F_y} A_g$
			0,0014A _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 $\rightarrow d_y = h - \rho - \emptyset$ arah y



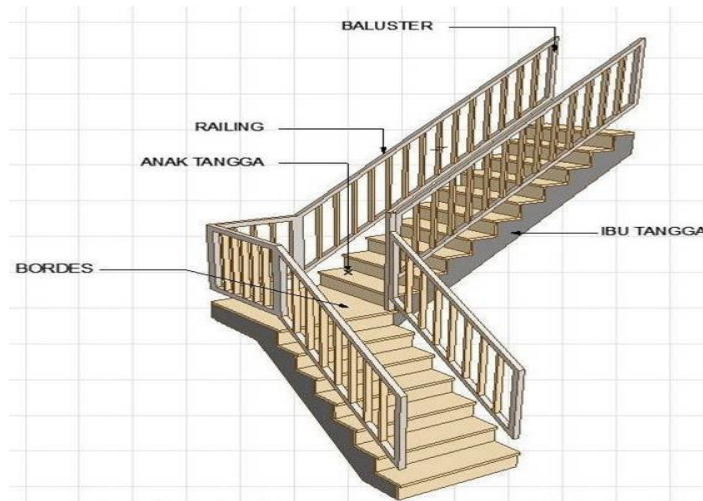
Gambar 2. 5 Diagram Transfer Pembebanan

2.2.3 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan salah satu bagian struktur dari bangunan yang berfungsi sebagai penghubung antar lantai pada bangunan bertingkat. Tangga

dapat terbuat dari kayu, baja, beton maupun batu/bata. Adapun bagian-bagian tangga antara lain:

1. Ibu Tangga, merupakan konstruksi utama tangga yang berfungsi untuk menyangga anak tangga.
2. Anak Tangga, merupakan bagian tempat kaki berpijak. Anak tangga terdiri dari dua jenis, yaitu:
 - a. *Antride*, adalah bagian horizontal dari anak tangga yang merupakan bidang tempat kaki berpijak.
 - b. *Optride*, adalah bagian vertikal dari anak tangga yang merupakan selisih antara dua buah anak tangga yang berurutan.
3. Pegangan Tangga (*railing*), bagian ini berfungsi sebagai tumpuan tangan pada saat menggunakan tangga.
4. Pagar Tangga (*baluster*), merupakan bagian yang menghubungkan ibu tangga dengan *railing* dan juga berfungsi sebagai pagar pengaman.
5. Bordes, merupakan tempat beristirahat sewaktu menaiki tangga, biasanya berupa pelat datar.



Gambar 2. 6 Bagian-bagian Tangga

Adapun syarat-syarat tangga antara lain:

A. Syarat-syarat umum tangga :

1. Penempatannya

- penempatan tangga diusahakan menggunakan ruangan sehemat mungkin.
- ditempatkan sedemikian rupa sehingga mudah ditemukan oleh banyak orang dan mendapat sinar matahari pada waktu siang hari.
- Diusahakan penempatannya tidak mengganggu atau menghalangi lalu lintas orang banyak (untuk tangga ditempat-tempat yang ramai).

2. Kekuatannya

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

3. Bentuknya

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

B. Syarat-syarat khusus tangga:

1. Untuk bangunan rumah tinggal

- a. *Antride* = 25 cm (minimum)
- b. *Optrade* = 20 cm (maksimum)
- c. Lebar tangga = 80 – 100 cm

2. Untuk perkantoran dan lain-lain:

- a. *Antride* = 25 cm (minimum)
- b. *Optrade* = 17 cm (maksimum)

- c. *Lebar tangga* = 120 - 200 cm
3. Syarat langkah
- a. *Cara 1* = 2 *optride* + 1 *antride* = 57 s/d 65 cm
- b. *Cara 2* = 2 *optride* + 1 *antride* = 77 s/d 85 cm
4. Sudut kemiringan tangga
- a. Maksimum = 45°
- b. Minimum = 25°
5. Syarat 1 (satu) anak tangga
- $$2 O + 1 A = 57-60 \text{ cm} \dots\dots\dots(2.46)$$
- Keterangan:
- O = *Optride*
- A = *Antride*
6. Menghitung panjang bordes (L)
- $$L = l_n + 1,5 a \text{ s/d } 2 a \dots\dots\dots (2.47)$$
- Keterangan : L = panjang bordes
- l_n = ukuran satu langkah normal (57 – 65 cm)
- a = *antride* (17,5 – 20 cm)

Adapun langkah-langkah dalam perencanaan konstruksi tangga :

1. Perencanaan tangga
 - a. Penentuan ukuran *antride* dan *optride*
 - $\text{antride} = l_n - 2 \text{ optride}$
 - $\text{tinggi optride sebenarnya} = \frac{h}{\text{jumlah optride}}$
 - b. Penentuan jumlah *antride* dan *optride* = $\frac{h}{\text{tinggi optride}}$
 - c. Panjang tangga = jumlah *optride* x lebar *antride*
 - d. Sudut kemiringan tangga = $\text{arc tan } \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{panjang tangga}}$
 - e. Penentuan tebal pelat tangga, $h_{\min} = \frac{1}{28} l_n$
2. Penentuan pembebanan pada anak tangga

- a. Beban Mati (W_D)
 - Berat sendiri anak tangga
 - Berat sendiri bordes
 - Berat 1 (satu) anak tangga (Q) per m^1

$$Q \frac{1}{2} = antride \times opride \times 1m \times \gamma_{beton} \times \frac{jumlah\ anak\ tangga}{meter}$$
 - Berat spesi dan ubin
- b. Beban Hidup (W_L)
3. Perhitungan tangga dengan metode cross untuk mencari gaya-gaya yang bekerja
4. Perhitungan tulangan tangga dan tulangan bordes
 - a. Menentukan tinggi efektif (d_{eff}) $d = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \emptyset$ tulangan pokok
 - b. Menentukan rasio tulangan (ρ) dalam penggunaan ρ ada ketentuan, yaitu;

$$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$$
 - c. Menghitung A_s yang diperlukan oleh pelat untuk memikul momen lentur yang terjadi (mm^2)

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{eff}$$
 Keterangan:
 - A_s = luas tulangan yang diperlukan oleh pelat untuk memikul momen lentur yang terjadi (mm^2)
 - ρ = rasio tulangan
 - ρ_{min} = rasio penulangan minimum
 - d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)
 - d. Memilih tulangan baja pokok. Untuk tulangan susut dan suhu dilakukan perhitungan berdasarkan SNI 2847-2019 Pasal 24.4.3.2 yaitu:
 - Luasan tulangan ulir susut dan suhu minimum terhadap luas penampang beton bruto harus memenuhi batasan-batasan berikut:

- a) *Slab* yang menggunakan batang tulangan ulir mutu < 420 MPa.....0,0020
- b) *Slab* yang menggunakan batang tulangan ulir kawat las mutu ≥ 420 MPa..... $\frac{0,0018 \times 420}{F_y}$
- c) Spasi tulangan susut dan suhu tak boleh melebihi nilai terkecil antara $5h$ dan 450 mm.
5. Mengontrol tulangan
 Untuk mengontrol tulangan dapat ditinjau dari $A_{smin} \leq A_s \leq A_{smaks}$
- Apabila $A_s < A_{smin}$ maka digunakan A_{smin}
 - Apabila $A_s > A_{smaks}$ maka pelat dibuat tulangan *double*
6. Menentukan spasi tulangan

2.2.4 Perencanaan Portal

Portal merupakan suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan berfungsi menahan beban sebagai satu kesatuan lengkap yang terdiri dari berat sendiri, peralatan berat gording, beban hidup, dan beban mati. Portal-portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati, portal akibat beban hidup, dan portal akibat beban gempa. Perencanaan portal ini dihitung dengan menggunakan ETABS.

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

- Pendimensian balok dengan tebal minimum balok ditentukan dalam SK SNI SNI 03-2847-2019 adalah untuk balok dengan bentang terpanjang yang memiliki dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum $1/16$.
- Pendimensian kolom dengan bantuan aplikasi ETABS V.18
 - Analisa pembebanan
 - 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.18

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)

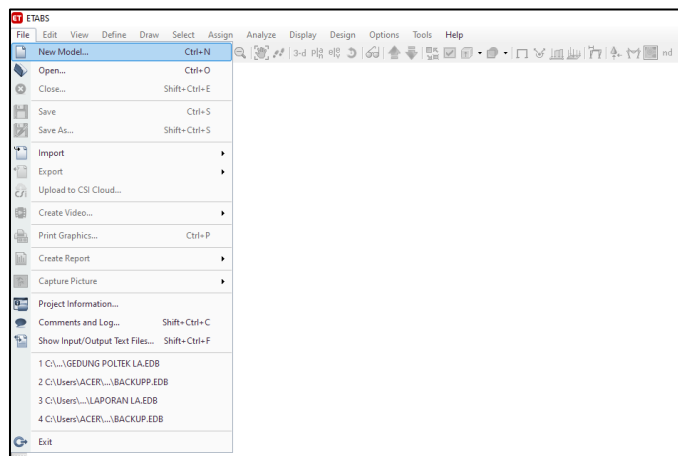
b) Perancangan portal akibat beban hidup

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

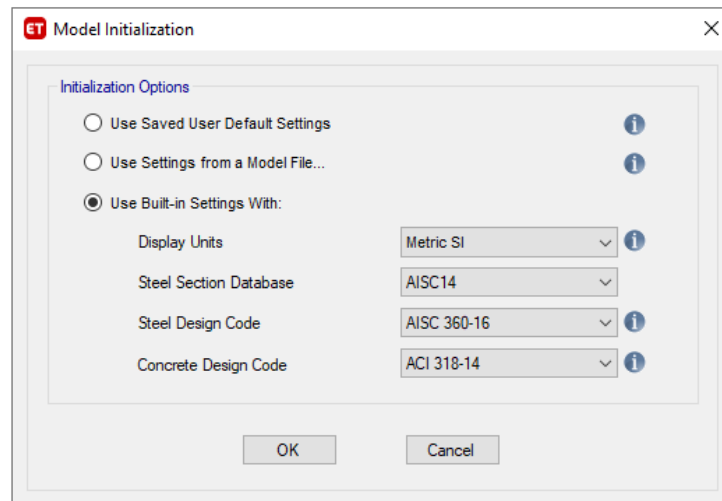
2. Membuat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup

a) Klik new model atau CTRL + N



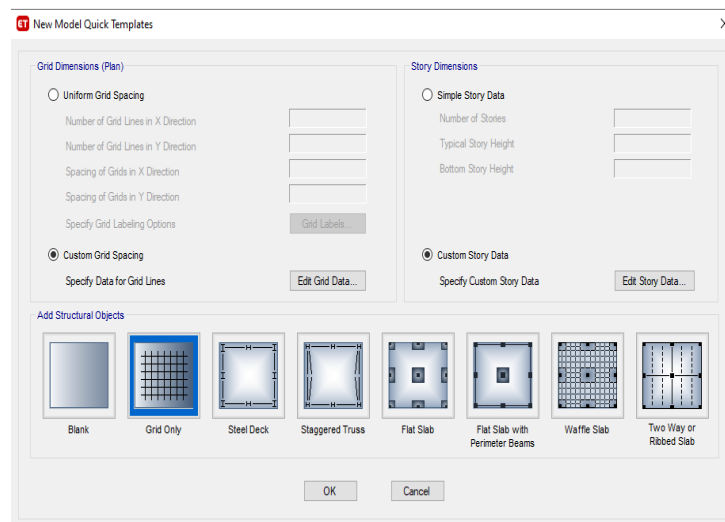
Gambar 2. 7 Tollbar New Model

- 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.



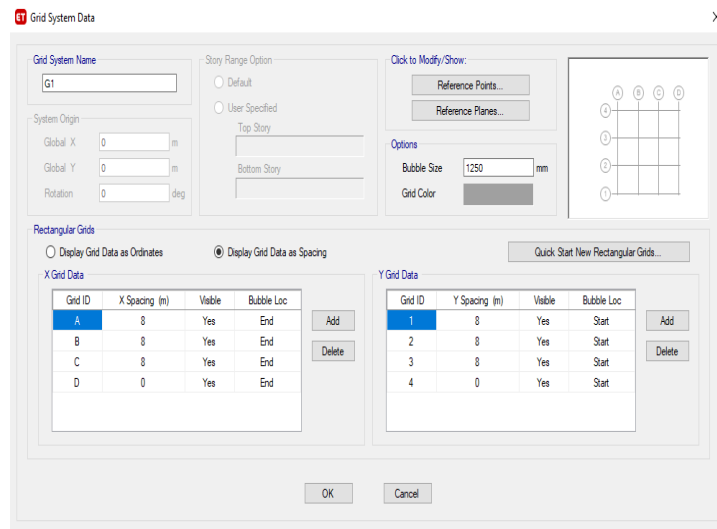
Gambar 2. 8 Tampilan Model *Initialization*

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



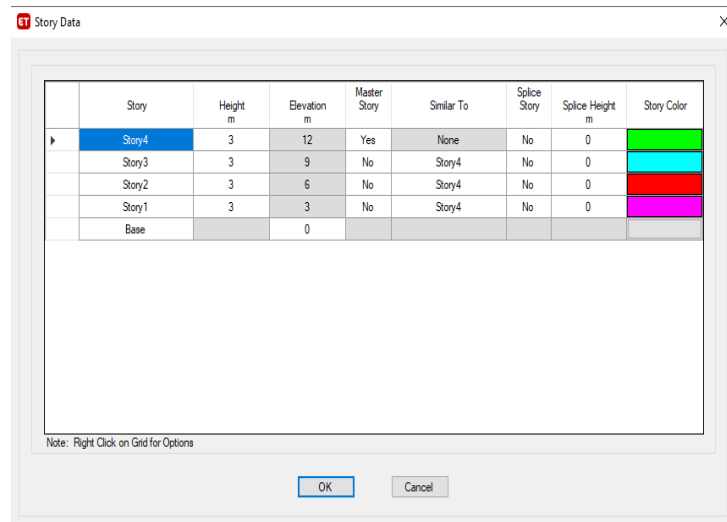
Gambar 2. 9 Tampilan *New Model Quick Templates*

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



Gambar 2. 10 Define Grid System Data

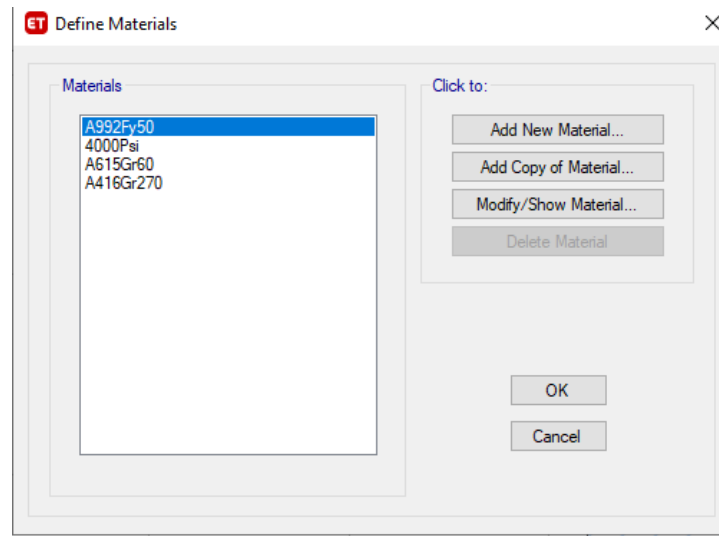
- e) Kita akan dibawa ke tampilan kotak awal, lalu pilih custom story data untuk elevasi ketinggian per lantai. Isikan story data sesuai elevasi lantai perencanaan, lalu klik OK.



Gambar 2. 11 Define Elevation System Data

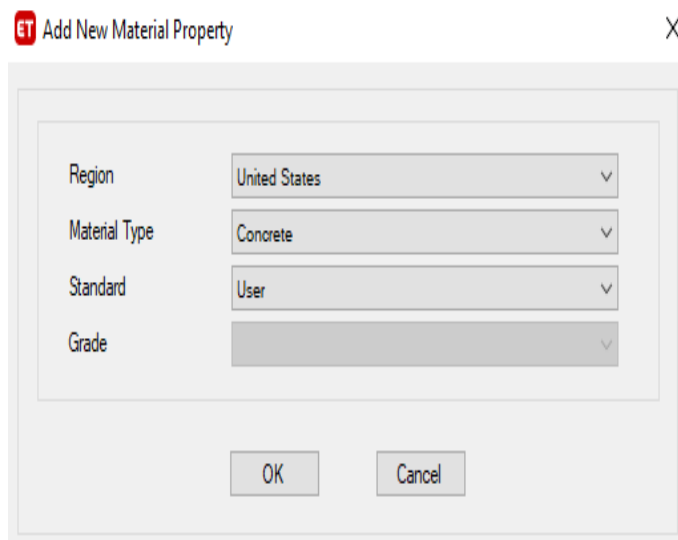
3. Menentukan Material

- 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*

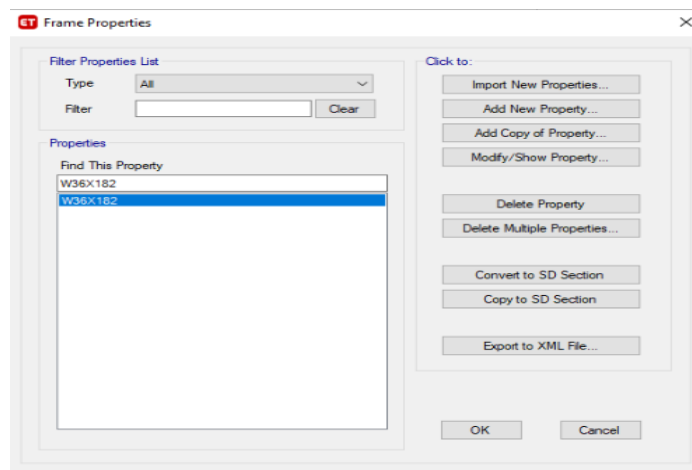
- c) Akan muncul jendela *material Property Data*. Ubah Material name nya. Lalu ubah nilai Mass per unit volume menjadi 2400 kg/m^3 . Ubah nilai *Modulus Of Elasticity* dengan rumus $4700\sqrt{F_c'} \cdot 1000$.

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

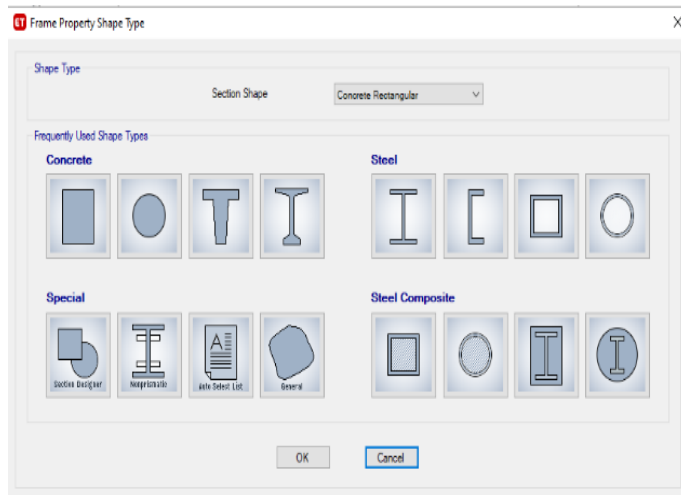
Gambar 2. 15 Tampilan *Modify material Property*

- 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*.



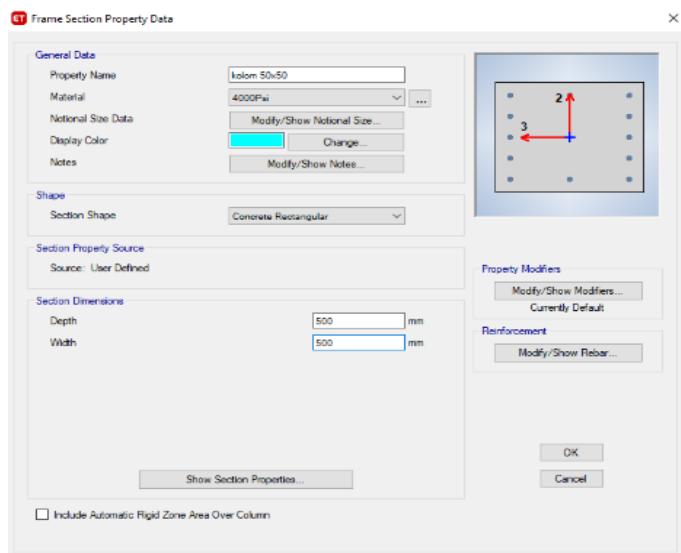
Gambar 2. 16 Tampilan *Frame Properties*

- 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*.



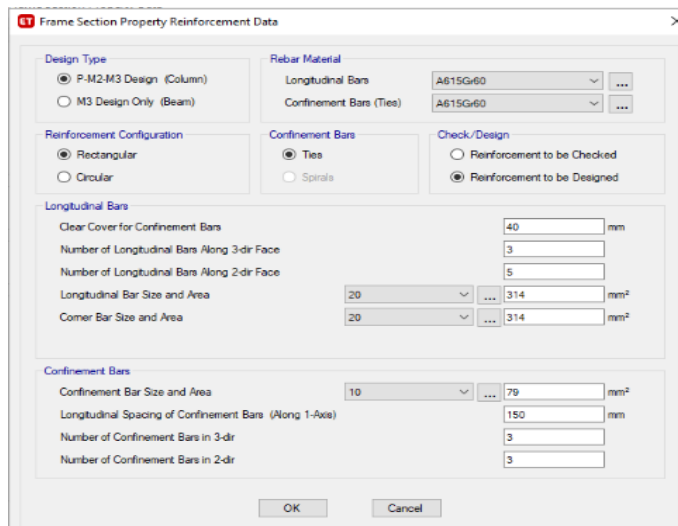
Gambar 2. 17 *Toolbar Frame Properties*

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



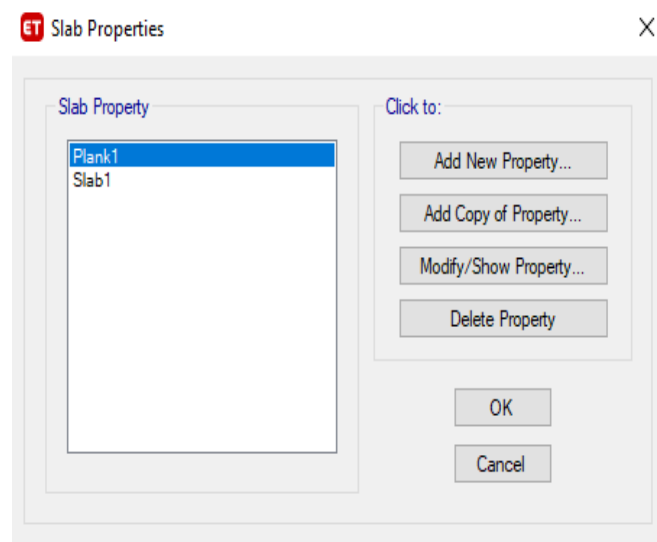
Gambar 2. 18 Tampilan *Frame Section Property Data*

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



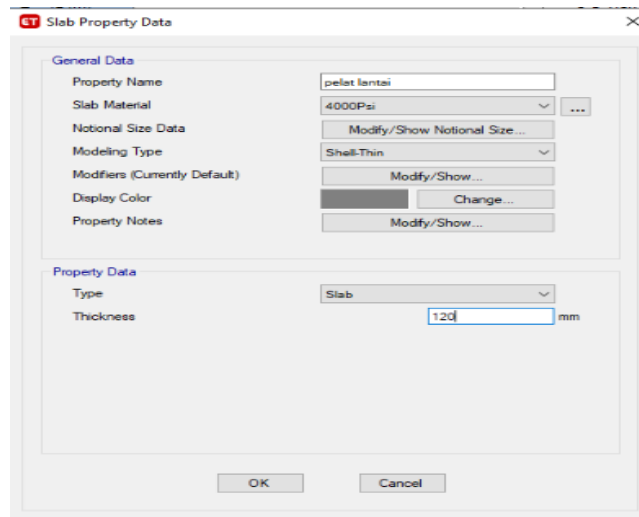
Gambar 2. 19 Tampilan *Frame Section Property Reinforcement Data*

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



Gambar 2. 20 Tampilan *Slab Properties*

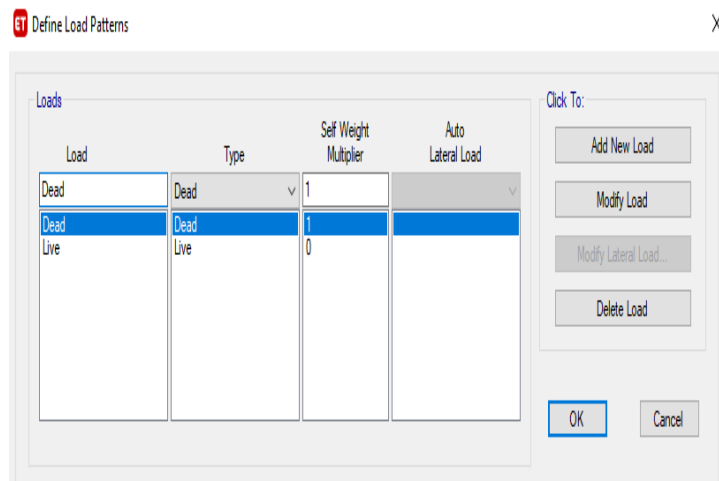
- f) Klik *add new property*, ubah *property name* sesuai nama yang diinginkan dan ubah nilai *thickness* sesuai perencanaan.



Gambar 2. 21 Tampilan *Slab Property Data*

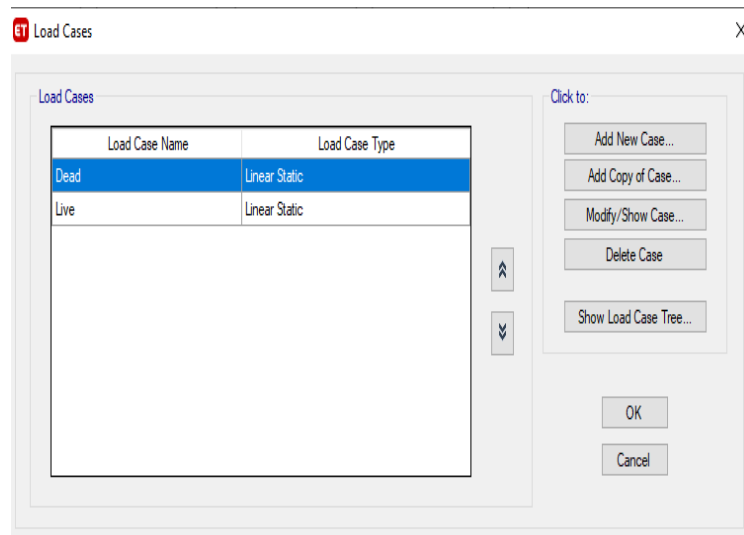
5. Membuat *case* beban mati, hidup dan angin.

- 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.

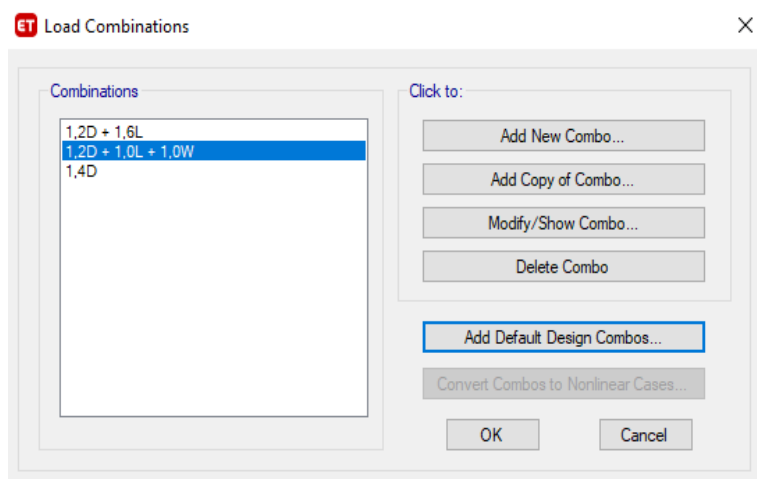


Gambar 2. 22 Tampilan *Define Load Patterns*

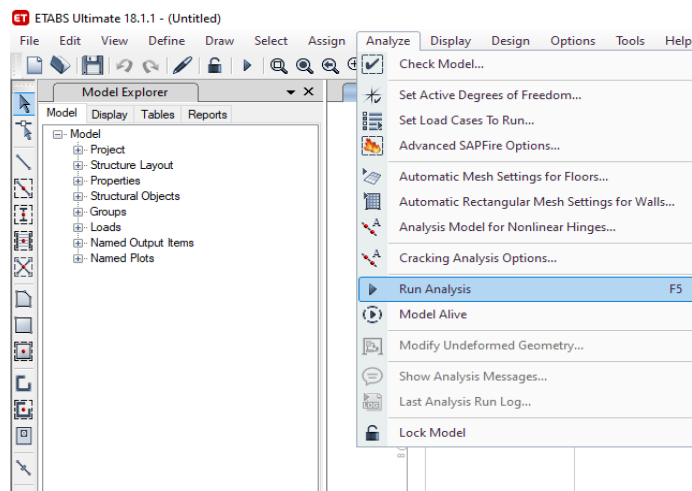
- b) *Input* beban mati, beban hidup dan angin pada menu *define > load case*.

Gambar 2. 23 Tampilan *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 Tampilan *Load Combination*

7. Run analisis



Gambar 2. 25 Tampilan *Run analisis*

2.2.5 Perencanaan 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

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

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

$$l_n = L - (1/2 L_k) - (1/2 L_k) \dots\dots\dots (2.50)$$

d_{eff} balok = lebar balok – P – Ø Sengkang - 1/2 Ø Sengkang

Lebar efektif

- $B_{\text{eff}} \leq 1/4 L$

- $B_{\text{eff}} \leq 16 hf + bw$

- $B_{\text{eff}} \leq bw + Ln$

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

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

$$\rho_{hitung} = \frac{F_c'}{F_y} \left[0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q1} \right] \dots\dots\dots (2.53)$$

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

(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 $\frac{1}{2} \emptyset V_c$, tapi kurang dari $\emptyset V_c$. Biasanya dapat digunakan tulangan berdiameter 10 mm yang

diletakkan dengan jarak maksimum. Apabila $V_u > \phi V_c$, maka kebutuhan tulangan geser harus dihitung. (Agus Setiawan, hal 104)

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

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

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.

(Agus Setiawan, hal 99)

- 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. Berikut Tabel 2.10:

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 $2,5f_y$ atay $0,5 b_w$ dan $h \leq 600 \text{ mm}$
Dibangun dengan beton bobot normal bertulang serat baja sesuai 26.4.1.5.1 (a). 26.4.2.2.(d) dan 26.12.5.1.(a) dandengan $f_c' \leq 40 \text{ MPa}$	$h \leq 600 \text{ mm}$ dan $V_u \leq 0,17 \sqrt{F_c' b_w d}$
Sistem pelat berusuk satu arah	Sesuai dengan 9.8

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

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

(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:

$$S_{min} = \frac{A_v \cdot F_{yt}}{0,062 \sqrt{F_{ci}} bw}, \text{ Untuk } f_{c'} > 30 \text{ MPa} \dots\dots\dots (2.59)$$

$$S_{min} = \frac{A_v \cdot F_{yt}}{0,062 \sqrt{F_{ci}} bw}, \text{ Untuk } f_{c'} \leq 30 \text{ MPa} \dots\dots\dots (2.60)$$

(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

2.2.6 Perencanaan 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. Selain itu kolom berfungsi sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila diumpamakan, kolom itu seperti rangka tubuh manusia yang memastikan sebuah bangunan berdiri.

Struktur dalam kolom dibuat dari besi dan beton. Keduanya merupakan gabungan antar material yang tahan tarikan dan tekanan. Besi adalah material yang tahan tarikan, sedangkan beton adalah material yang tahan tekanan, sloof dan balok bisa menahan gaya tekan dan gaya tarik pada bangunan.

Secara umum kolom dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori, diantaranya:

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

Adapun untuk menganalisis kolom adalah sebagai berikut:

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

- Gaya aksial design kolom

$$P_u = 1,4 D$$

$$P_u = 1,4 D + 1,6 L$$

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

(Sumber: SNI 03-2847-2019)

- Momen design kolom maksimum

$$M_u = 1,4 D$$

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

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

(Sumber: SNI 03-2847-2019)

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

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

(Sumber: Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-28472013, hal 159)

Keterangan:

β = rasio bentang bersih arah memanjang

d = jarak dari serta tekan terluar ke pusat tulangan tarik

4. Modulus elastisitas beton

$$E_c = 4700 \sqrt{F_c'} \dots\dots\dots (2.64)$$

(Sumber: Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-28472013, hal 202)

5. Nilai kekakuan $I_g = 1/12 bh^3$

$I_c = 0,070 I_g$ (kolom)

$I_b = 0,35 I_g$ (balok)

(Sumber: SNI 2847:2019, hal 102)

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

$$\frac{EI}{L_c} = \frac{E_c \cdot I_g}{5 (1 + \beta \cdot d)}, \text{ untuk balok} \dots\dots\dots (2.66)$$

6. Menentukan nilai K_n dan R_n

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

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

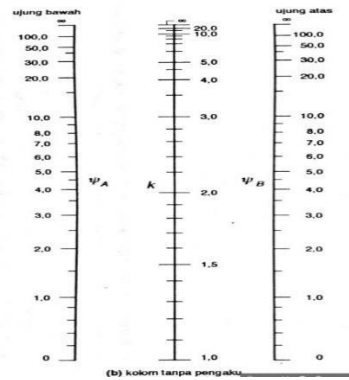
(Sumber: Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-28472013, hal 208)

7. Menentukan Ψ_a dan Ψ_b

$$\Psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L_c} \right)}{\sum \left(\frac{EI}{L_b} \right)} \dots\dots\dots (2.69)$$

(Sumber: Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-28472013, hal 199)

8. Menentukan faktor panjang efektif kolom (k) Nilai k didapat dari nilai faktor panjang efektif kolom 9. Angka kelangsingan kolom dengan ketentuan :



Gambar 2. 26 Grafik Komponen Struktur Bergoyang

Angka tanpa pengaku lateral = $\frac{Klu}{r} < 22$

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

(Sumber : SNI 2847:2019, hal 91)

- Apabila $\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M1-b}{M2-b} \right)$ atau $\frac{Klu}{r} < 22$ maka perencanaan menggunakan metode pembesaran momen.

10. Pembesaran momen

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

$$\delta_c = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu}{0,75 \cdot \sum P_c}} \geq 1 \dots\dots\dots (2.71)$$

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

(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

11. Desain Penulangan

- a. Menghitung besar beban yang bekerja pada kolom, nilai ρ taksiran 1,5% - 3%.
- b. Menghitung $A_s = A_s' = \rho \times b \times d$
- c. Menentukan tulangan yang akan digunakan

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{b.d} \dots\dots\dots (2.73)$$

(Dispohusodo, hal 323)

Keterangan:

A_s = luas tulangan tarik non-prategang

A_s' = 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

$$C_b = \frac{600}{600 + F_y} \times d_{eff}$$

$$A_b = \beta_1 \times C_b$$

$$F_c' > 28 \text{ MPa dan } f_y = 400 \text{ MPa } \beta_1 = 0,85 - 0,005 F_c' 7 - 28$$

$$F_s' = \frac{C_b - b}{C_b} \times 0,003 f_y \text{ (Tulangan tekan sudah Luluh)}$$

$$F_s' = F_y$$

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

(Dispohusodo, hal 324)

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

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

- e. Memeriksa kekuatan penampang

- Akibat keruntuhan tekan

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

- Akibat keruntuhan tarik

$$P_n = 0,85 \cdot F_c' \cdot b \left(\left[\left(\frac{h}{2} - e \right) + \sqrt{\left(\frac{h}{2} - e \right)^2 + \frac{2 \cdot A_s \cdot F_y \cdot (d - d')}{0,85 \cdot F_c' \cdot b}} \right] \right) \quad (2.75)$$

(Dispohusodo, hal 320 dan 322)

2.2.7 Perencanaan 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 angker 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.

$$M_u = 1,4 M_D$$

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

(Sumber: Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-28472013, hal 7)

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

Penulangan lentur lapangan

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

Keterangan :

M_u = momen terfaktor pada penampang (kNm)

b = lebar penampang (mm)

d = tinggi efektif plat (mm)

ϕ = faktor reduksi rencana (SNI 03-2487-2019 Tabel 21.2.1)

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

P = rasio penulangan

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

4. Perencanaan tulangan geser

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

- Jika $V_u < (Sumber: SNI 03-2847-2019 pasal 22.5.5.1, hal 485)$

$0,5 \phi V_c$, 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 032847-2013, 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

$$A_v \text{ min} = 0,062 \sqrt{F_c'} \cdot \frac{b_w}{f_{yt}} \dots\dots\dots (2.78)$$

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

- Jarak maksimum tulangan geser

apabila $V_s \leq 0,33 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d < V_s \leq 0,66 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$ 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 032847-2013, 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

2.2.8 Perencanaan 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. (Agus Setiawan, hal. 298)

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 5.3 Institut Teknologi Sumatera Provinsi Lampung 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

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

- Daya dukung ujung tiang ultimit

$$Q_{\text{ultimit}} = \frac{qD \cdot A}{fb} + \frac{\sum Ti \cdot fi}{fs} \dots\dots\dots (2.81)$$

(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

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

Keterangan:

$\theta = \text{arc tan } d/s$

$m = \text{jumlah baris}$

$n = \text{jumlah tiang dalam satu baris}$

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

7. Kemampuan tiang terhadap sumbu x dan sumbu y

$$P_{\max} = \frac{\Sigma v}{n} \pm \frac{M_y . X_{\max}}{n y . \Sigma x^2} \pm \frac{M_x . Y_{\max}}{n x . \Sigma Y^2} \dots\dots\dots (2.85)$$

(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

$$A_{S_{\text{total}}} = \rho . b . h \dots\dots\dots (2.86)$$

- 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

$$\frac{M_u}{\phi b d^2} = F_y . \rho - \frac{F_y^2 \rho^2}{1,7 . F_{cr}} \dots\dots\dots (2.87)$$

$$A_{S_{\text{total}}} = \rho . b . d \dots\dots\dots (2.88)$$

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

- 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

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

$V_u > \phi V_c$ (Perlu tulangan sengkang)

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

$$S = \frac{Av1}{Av} \cdot 1000 \text{ mm} \dots\dots\dots (2.93)$$

11. Menentukan tulangan pasak

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

$$\phi P_n > P_u$$

$$A_{smin} = 0,005 \times A_g \dots\dots\dots (2.95)$$

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

2.3 Pengelolaan 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*)

2.3.1 Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS)

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 penyampaiannya
 - 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
 - f. Besar jaminan pelaksanaan

2.3.2 Volume Pekerjaan

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 m¹, m², m³, kg, zak, buah dan lain-lain. Volume pekerjaan ini berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada.

2.3.3 Analisa 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.

2.3.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan, alat dan upah serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan suatu proyek. Tujuan RAB untuk memberikan gambaran besaran biaya dalam pelaksanaan pembangunan suatu proyek.

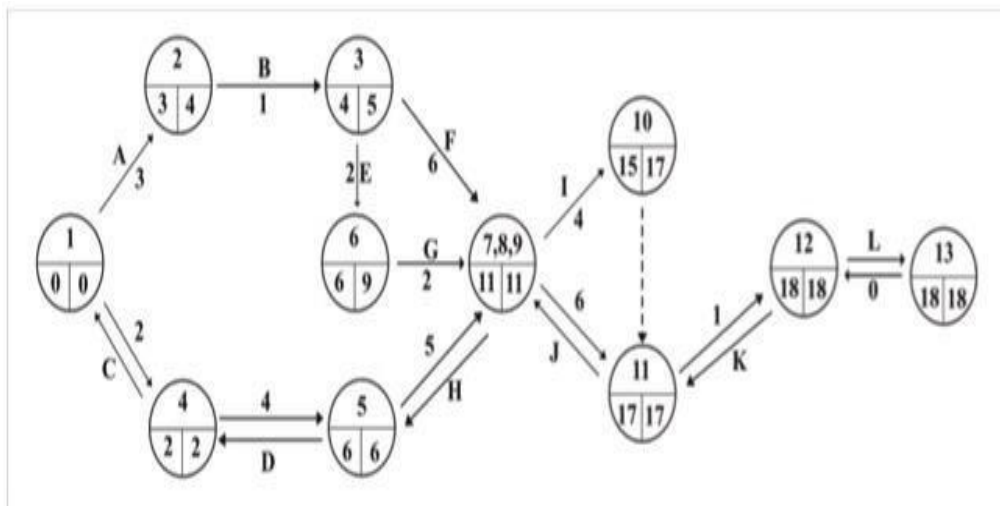
2.3.5 Rencana Pelaksanaan

Rencana kerja merupakan tujuan dan proses yang bisa membantu untuk mencapai tujuan suatu pembangunan. Adapun rencana kerja yang akan dilakukan dalam Perancangan Gedung Laboratorium Teknik 5.3 Institut Teknologi Sumatera Provinsi Lampung antara lain sebagai berikut:

1. *Network Planning* (NWP)

Network planning merupakan suatu alat pengendalian pekerjaan dilapangan yang berupa urutan kegiatan dalam suatu proyek yang digambarkan dalam diagram *network*. NWP berfungsi untuk memperlancar pekerjaan dengan demikian diketahui bagian-bagian mana yang harus didahulukan. Adapun manfaat NWP antara lain:

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



Gambar 2. 27 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 dengan jelas sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. *Barchat* juga merupakan bentuk rencana yang paling sederhana yang digunakan di lapangan, kegiatan yang dilakukan digambarkan dalam bentuk balok pada skala waktu. Proses penyusunan *barchat* dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- Urutan pekerjaan, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.

- c. Waktu pelaksanaan pekerjaan adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan.

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

- Keuntungan:
 - a. Bentuknya sederhana
 - b. Mudah dibuat
 - c. Mudah dimengerti
 - d. Mudah dibaca
- Kerugian:
 - a. Hubungan antara pekerjaan yang satu dengan yang lain kurang jelas
 - b. Sulit digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar.
 - c. 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. Perresangan Caisson		8											■	■	■	■	■	■	■									
6	E21. Pembuatan pelat demaga		10																										
7	E22. Perresangan pelat demaga		10																										
8	C1. Perresangan Fender		1																										■
9	C2. Perresangan Edlard		1																										■

Gambar 2. 28 Tabel Barchat

3. Kurva S

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

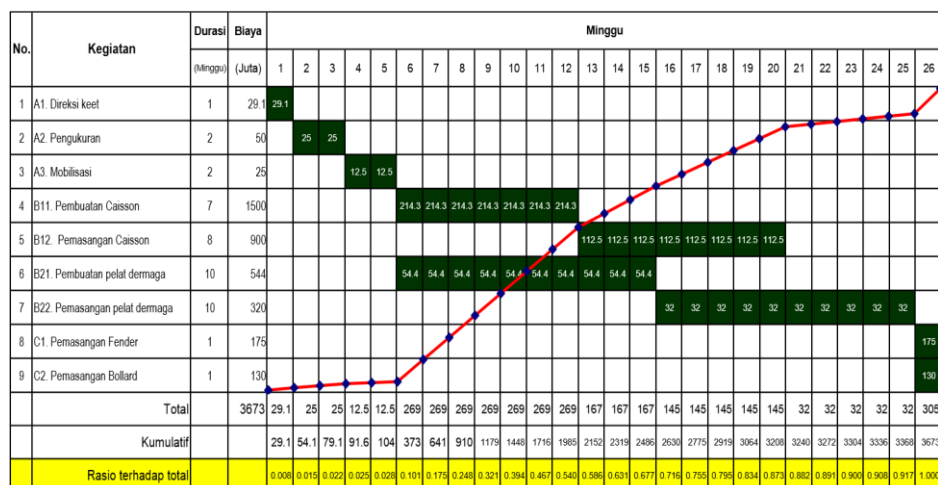
berupa rencana dan pelaksanaan biasanya mempunyai kemiringan yang landai pada tahap permulaan dan tahap akhir dari pelaksanaan proyek.

Visualisasi kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkannya terhadap jadwal rencana. Rencana *progress* yang dibuat dalam kurva S merupakan referensi atau kesepakatan dari semua pihak atas *progress* yang perlu dihasilkan oleh kontraktor pada setiap moment waktu tertentu. 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*



Gambar 2. 29 Kurva S