

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uraian Umum

Konstruksi suatu bangunan merupakan suatu kesatuan dan rangkaian dari beberapa elemen yang dirancang mampu menerima beban dari luar maupun beban dari dalam (berat sendiri) tanpa mengalami perubahan bentuk yang melampaui batas persyaratan. Untuk melakukan suatu konstruksi bangunan dilakukan terlebih dahulu tahap perancangan.

Perancangan adalah suatu kegiatan yang sangat penting sebelum dilakukannya pelaksanaan proyek. Kesalahan dalam perancangan akan mengakibatkan terjadinya kegiatan dalam suatu proyek. Perancangan yang baik dan sangat matang tidak hanya dapat mengurangi kerugian tetapi juga dalam menghasilkan konstruksi yang baik dan aman serta dapat menghemat waktu dan tenaga dalam pengerjaannya. 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.

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

Ada dua struktur pendukung selain struktur utamanya beton bertulang, yang biasanya terdapat pada sebuah bangunan, antara lain sebagai berikut :

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. Adapun struktur bawah pada suatu bangunan yaitu : struktur sloof dan struktur pondasi.

Dalam penyelesaian perhitungan untuk Perancangan Pembangunan Gedung Laboratorium Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Palembang, 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 03-2847-2019).

2. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (berdasarkan SK SNI T-15-1991-03).
3. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung Tahun 1989.
4. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 03-1727-2013).
5. Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (berdasarkan SNI 03-1729-2020)
6. Beban Minimum Untuk Perancangan bangunan Gedung dan Struktur Lain (berdasarkan SNI 1727:2013)
7. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung (berdasarkan SNI 1726-2019)

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

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 struktural 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 jika tidak ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang disetujui oleh pihak yang berwenang yang mengerti dan ahli dibidangnya. (SNI 1727:2013)

Tabel 2.1 Berat Sendiri Komponen Gedung

No	Komponen Bangunan	Keterangan
1	Adukan per cm tebal : <ul style="list-style-type: none"> • Dari semen • Dari kapur, semen merah atau reas 	21 kg/m ² 17 kg/m ²
2	Aspal termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14 kg/m ²
3	Dinding pasangan batu merah :	

	<ul style="list-style-type: none"> • Satu batu • Setengah batu 	450 kg/m ² 250 kg/m ²
4	Dinding pasangan batako : Berlubang : <ul style="list-style-type: none"> • Tebal dinding 20 cm (HB 20) • Tebal dinding 10 cm (HB 10) Tanpa lubang : <ul style="list-style-type: none"> • Tebal dinding 15 cm • Tebal dinding 10 cm 	200 kg/m ² 120 kg/m ² 300 kg/m ² 200 kg/m ²
5	Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari : <ul style="list-style-type: none"> • Semen asbes (eternity dan bahan lain sejenis) dengan tebal maksimum 4 mm • Kaca, dengan tebal 3-5 mm 	11 kg/m ² 10 kg/m ²
6	Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ²	7 kg/m ²
7	Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 m	50 kg/m ²
8	Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50 kg/m ²
9	Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	40 kg/m ²
10	Penutup atap seng gelombang (BJLS-25) tanpa goreng	10 kg/m ²
11	Penutup lantai dari uin semen Portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	24 kg/m ²
12	Semen asbes gelombang (tebal 5 cm)	11 kg/m ²

(Sumber : Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung, tahun 1987)

2. Beban hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamannya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan adanya perubahan dalam pembebanan lantai atau atap tersebut. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang

berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (*energi kinetic*) butiran air.

Tabel 2.2 Beban Hidup terdistribusi merata minimum, L_o dan beban hidup terpusat minimum

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat Ib (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses :		
Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
Ruang computer	100 (4,79)	2000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18) ^a	
Ruang pertemuan:		
Kursi tetap (terikat di lantai)	100 (4,79) ^a	
Lobi	100 (4,79) ^a	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79) ^a	
Panggung pertemuan	100 (4,79) ^a	
Lantai podium	150 (7,18) ^a	
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	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79) ^a	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in x 2 in (50 mmx50mm))		300 (1,33)
Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat Ib (kN)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in x 1 in (25 mm x 25 mm))		200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran	100 (4,79)	
Hunian satu keluarga saja	40 (1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi/parker Mobil penumpang saja	40 (1,92) ^{a,b,c}	

Truk dan bus		
Susunan tangga, rel pengamandan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) ^{de} tidak boleh direduksi	e,f,g
Rumah sakit :		
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1000 (4,45)
Ruang pasien	40 (1,92)	1000 (4,45)
Koridor daiatas lanantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Hotel (liat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
Ruang baca	60 (2,87)	1000 (4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18) ^{a,h}	1000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Pabrik		
Ringan	125 (6,00) ^a	2000 (8,90)
Berat	250 (11,97) ^a	3000 (13,40)
Gedung perkantoran:		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan kantor lantai pertama	100 (4,79)	2000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2000 (8,90)
Koridor di atasa lantai pertama	80 (3,83)	2000 (8,90)
Lembaga hukum		
Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan yang sama	74 (3,59) ^a	
Bangsals dansa dan ruang dansa	100 (4,79) ^a	
Gimnasium	100 (4,79) ^a	
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79) ^{a,k}	
Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat Ib (kN)
Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87) ^{a,k}	
Rumah tinggal		
Hunian (satu dan dua keluarga)		
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48) ^l	
Loteng yang tidak dapat didiami	20 (0,96) ^m	

dengan gudang		
Loteng yang dapat didiami dengan ruang tidur	30 (1,44)	
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	40 (1,92)	
Ruang public dan koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	
Atap		
Atap datar,berhubung dan lengkung		
Atap digunakan untuk taman atap	20 (0,96) ⁿ	
Atap yang digunakan tujuan lain	100 (4,79)	
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya	Sama seperti hunian dilayani	i
Awning dan kanopi		
Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan		
Rangka tumpu layar penutup		
Semua konstruksi lainnya	5 (0,24)	200 (0,89)
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai	5 (0,24)	2000 (8,9)
Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi	20 (0,96)	300 (1,33)
Semua komponen struktur atap utama lainnya		300 (1,33)
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		
Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat Ib (kN)
Sekolah		
Ruang kelas	40 (1,92)	1000 (4,5)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,5)
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,5)
Bak-bak / scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki,	250 (11,97) ^{a,p}	8000 (35,6) ^q

jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk		
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	300 ^r
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	40 (1,92)	300 ^r
Gudang diatas langit-langit	20 (0,96)	
Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat)		
Ringan	125 (6,00) ^a	
Berat	250 (11,97) ^a	
Toko		
Eceran		
Lantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,45)
Lantai diatasnya	75 (3,59)	1000 (4,45)
Grosir, di semua lantai	125 (6,00) ^a	1000 (4,45)
Penghalang kendaraan	Lihat Pasal 4.5	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79) ^a	

(Sumber: SNI 1727-2013, hal 25 - 28)

3. Beban angin

Beban angin adalah beban yang berkerja pada struktur akibat tekanan-tekanan dari gerakan angin. Beban angin sangat bergantung dari lokasi dan ketinggian dari struktur. Adapun persyaratan umum dari penggunaan beban angin sesuai SNI 1727:2013 adalah:

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.

Tabel 2.3 Faktor Arah Angin, K_d

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin K_d
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85
Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
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 :

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 berikut :

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

Keterangan :

$q = q_z$ untuk dinding disisi 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

(GC_{pi}) = koefisien tekanan internal

Tabel 2.4 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	qh
	2	- 0,3	
	≥ 4	- 0,2	
Dinding tepi	Seluruh nilai	- 0,7	qh

(Sumber: SNI 1727-2013, hal 50)

Tabel 2.5 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				
							≤ 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)

2.2 Metode Perhitungan

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 suatu 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 vertical 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.

Berikut ini adalah pembahasan-pembahasan mengenai perancangan rangka atap, antara lain :

1. Pembebanan

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

a. Beban Mati (q_D)

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

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

b. Beban Hidup (q_L)

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

- Beban pekerja
- Beban air hujan = $(40 - 0,8\alpha)$ kg/m² (berdasarkan PPPURG,1987)....(2.4)

c. Beban angin (w)

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

$$\text{Angin tekan} = (0,02\alpha - 0,4) w \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\text{Angin hisap} = w - 0,4 \dots\dots\dots(2.6)$$

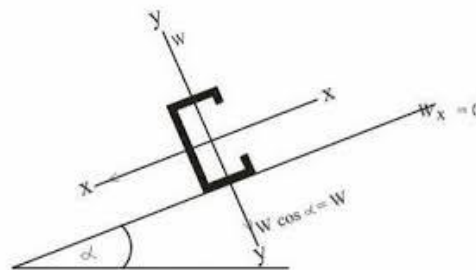
$$W = \min 25 \text{ kg/m}^2 \text{ (berdasarkan PPPURG, 1987)}$$

2. Gording

Gording adalah batang memanjang yang sejajar balok tembok yang diletakkan di atas kaki kuda-kuda untuk menumpu kasau dan balok jurai dalam. Dalam perancangan struktur bangunan gedung khususnya pada 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 .



Gambar 2.1 Gording Kanal

1. Pembebanan Akibat Beban Mati (D)

Beban pada sumbu x, $q_x = q \cos \alpha$ (2.7)

Beban pada sumbu y, $q_y = q \sin \alpha$ (2.8)

Momen pada sumbu x, $M_x = \frac{1}{8} \times q_x \times l^2$ (2.9)

Momen pada sumbu y, $M_y = \frac{1}{8} \times q_y \times l^2$ (2.10)

2. Pembebanan Akibat Beban Hidup (L)

Beban pada sumbu x, $P_x = P \cos \alpha$ (2.11)

Beban pada sumbu y, $P_y = P \sin \alpha$ (2.12)

Momen pada sumbu x, $M_x = \frac{1}{4} \times P_x \times l^2$ (2.13)

Momen pada sumbu y, $M_y = \frac{1}{4} \times P_y \times l^2$ (2.14)

Kombinasi momen arah x dan arah y

$M_{ux} = 1,2 \cdot M_xD + 1,6 \cdot M_xL$ (2.15)

$M_{uy} = 1,2 \cdot M_yD + 1,6 \cdot M_yL$ (2.16)

3. Kekuatan Penampang

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

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

Cek kekompakan plat sayap

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f} \quad ; \quad \lambda_p = \frac{170}{\sqrt{F_y}} \quad ; \quad \lambda_r = \frac{170}{\sqrt{F_y - f_r}} \quad \dots \dots \dots (2.17)$$

Cek kekompakan plat badan

$$\lambda_f = \frac{h}{t_w} \quad ; \quad \lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{F_y}} \quad ; \quad \lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{F_y}} \quad \dots \dots \dots (2.18)$$

Keterangan:

F_r = tegangan tekan residual pada plat sayap

= 70 Mpa untuk penampang dirol

= 115 MPa untuk penampang dilas

F_y = tegangan leleh minimum

4. Momen Nominal

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

$$M_n = M_p = Z \times f_y \quad \dots \dots \dots (2.19)$$

- Momen nominal untuk $\lambda = \lambda_r$:

$$M_n = M_p = (f_y - f_r) S_x \quad \dots \dots \dots (2.20)$$

- Momen nominal untuk $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$:

$$M_n = \frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} M_p + \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} M_r \quad \dots \dots \dots (2.21)$$

Keterangan :

f_y = tegangan leleh, Mpa

f_r = tegangan sisa, Mpa

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

3. Konstruksi Rangka Baja (Kuda-Kuda)

Kuda-kuda adalah suatu susunan rangka batang yang berfungsi untuk mendukung beban atap termasuk juga beratnya sendiri dan sekaligus dapat

memberikan bentuk pada atapnya. Pada dasarnya konstruksi kuda-kuda terdiri dari rangkaian batang yang senantiasa selalu membentuk segitiga. Dengan mempertimbangkan berat atap serta bahan dan bentuk penutupnya, maka konstruksi kuda-kuda satu sama lain akan berbeda. Namun demikian setiap susunan rangka batang haruslah merupakan suatu kesatuan bentuk yang kokoh yang nantinya mampu memikul beban yang diberikan padanya tanpa mengalami perubahan.

Konstruksi kuda-kuda diperhitungkan terhadap pembebanan, antara lain :

- a. Beban Mati
 - Beban sendiri kuda-kuda
 - Beban penutup atap
 - Beban gording
- b. Beban Hidup
 - Beban air hujan
 - Beban angin sebelah kiri
 - Beban angin sebelah kanan
 - Beban pekerja

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

- 1) Cara Grafis
 - a) Keseimbangan titik simpul
 - b) Cremona

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

- 2) Cara Analitis
 - c) Keseimbangan titik simpul

Keseimbangan titik simpul ini harus memenuhi beberapa persyaratan, anantara 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.

d) Ritter

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 :

$$1,4 D$$

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

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

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

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

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

Keterangan :

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

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

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

H = beban hujan, tidak termasuk diakibatkan genangan air

W = beban angin.

E = beban gempa, yang ditentukan atau penggantinya.

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

4. Sambungan

Sambungan terdiri dari komponen sambungan (plat pengisi, plat buhul, plat pendukung dan plat penyambung) dan alat pengencang (baut atau las). Dalam perencanaan sambungan ini, dipilih sambungan jenis las.

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 2.6 berikut ini

Tabel 2.6 Tebal Minimum Las Sudut

Tebal pelat (t, mm) Paling tebal	Ukuran minimum las sudut (a, mm)
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t < 15$	5
$15 < t$	6

(Sumber : Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD – Edisi Kedua, Agus Setiawan, 2013, hal. 139)

Sedangkan pembatasan ukuran maksimum las sudut:

- Untuk komponen dengan tebal kurang dari 6,4 mm, diambil setebal komponen
- Untuk komponen dengan tebal 6,4 mm atau lebih, diambil 1,6 mm kurang dari tebal komponen

- 2) Tahanan Nominal Sambungan Las

Filosofi umum dari LRFD terhadap persyaratan keamanan suatu struktur, dalam hal ini terutama untuk las, adalah terpenuhinya persamaan:

$$\phi R_n \geq R_u \dots \dots \dots (2.22)$$

dengan:

ϕ adalah faktor tahanan

R_n adalah tahanan nominal per satuan panjang las

R_u adalah beban terfaktor per satuan panjang las

- Kuat las sudut

$$\phi \cdot R_{nw} = 0,75 \cdot t_e (0,6 \cdot f_{uw}) \text{ (las)} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$\phi \cdot R_{nw} = 0,75 \cdot t_e (0,6 \cdot f_u) \dots\dots\dots (2.24)$$

- Kuat las tumpul

Bila sambungan dibebani dengan gaya tarik atau gaya tekan aksial terhadap luas efektif, maka:

$$\phi \cdot R_{nw} = 0,9 \cdot t_e \cdot f_y \text{ (bahan dasar)} \dots\dots\dots (2.25)$$

$$\phi \cdot R_{nw} = 0,9 \cdot t_e \cdot f_{yw} \text{ (las)} \dots\dots\dots (2.26)$$

Bila sambungan dibebani dengan gaya geser terhadap luas efektif, maka:

$$\phi \cdot R_{nw} = 0,9 \cdot t_e \cdot (0,6 \cdot f_y) \text{ (bahan dasar)} \dots\dots\dots (2.27)$$

$$\phi \cdot R_{nw} = 0,9 \cdot t_e \cdot (0,6 \cdot f_{uw}) \text{ (las)} \dots\dots\dots (2.28)$$

- Kuat las baji dan pasak

$$\phi \cdot R_{nw} = 0,75 (0,6 \cdot f_{uw}) \cdot A_w \text{ (las)} \dots\dots\dots (2.29)$$

Keterangan :

f_{uw} = kuat tarik putus logam las

f_y = kuat leleh

f_u = kuat tarik putus

A_w = luas geser efektif las

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 vertical yaitu belok, 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 beban-beban 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 plat 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. (Dipohusudo, 1996).
- b. Menghitung beban mati pelat termasuk beban sendiri pelat dan beban hidup serta menghitung momen rencana (W_u).

$$W_u = 1,2 W_D + 1,6 W_L \dots \dots \dots (2.30)$$

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 kecil (L_y) ≤ 2 .

Berikut ini adalah beberapa perancangan pelat dua arah, antara lain:

a. Menghitung H minimum pelat

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

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 5\beta (afm - 0,2)} \dots\dots\dots(2.31)$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm.

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

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots(2.32)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

b. Menghitung a_m masing-masing panel

$$a_l = \frac{l_{balok}}{l_{pelat}} \dots\dots\dots(2.33)$$

$$a_m = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}{n} \dots\dots\dots(2.34)$$

keterangan:

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

h = tebal balok

	$m_{lx} = 0,001 \quad w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 \quad w_u l_y^2 x$ $m_{lx} = -0,001 \quad w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 \quad w_u l_y^2 x$ $m_{lx} = \frac{1}{2} m_{ly}$	25 36 47 57 64 70 79 63 28 27 23 20 18 17 16 16 54 72 88 100 108 114 121 124 60 69 74 76 76 76 73 71
	$m_{lx} = 0,001 \quad w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 \quad w_u l_y^2 x$ $m_{lx} = -0,001 \quad w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 \quad w_u l_y^2 x$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{lx}$	28 37 45 50 54 58 62 65 25 21 19 18 17 17 16 16 60 70 76 80 82 83 83 83 54 55 55 54 53 53 51 49

————— = terletak bebas
 ===== = menerus pada tumpuan

e. Menentukan tebal efektif

f. Menentukan rasio penulangan (ρ)

$$\rho = \frac{fc}{fy} [0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q}] \dots\dots\dots(2.36)$$

$$Q = \left(\frac{1,7}{\phi fc'}\right) \frac{Mu}{b.d^2} \dots\dots\dots(2.37)$$

(Agus Setiawan 2016:71)

g. Mencari luas tulangan (A_s)

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d_{eff} \dots\dots\dots(2.38)$$

h. Mencari jumlah tulangan (n)

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4}\pi\phi^2} \dots\dots\dots(2.39)$$

i. Mencari jarak antar tulangan (s)

$$S = \frac{1000 \times A_b}{A_s} \dots\dots\dots(2.40)$$

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 tabel dari SNI 2847:2019, berikut:

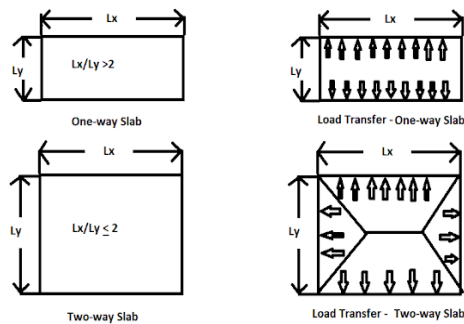
Tabel 2.8 A_s min Untuk Pelat Dua arah Nonprategang

Jenis Tulangan	f_y (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)

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 $\rightarrow d_y = h - \rho - \emptyset_{\text{arah x}} - \emptyset_{\text{arah y}}$



Gambar 2.2 Diagram Transfer Pembebanan

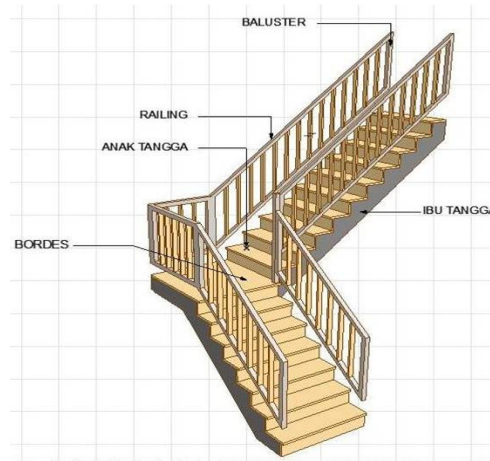
One Way Slab dan Two Way Slab

2.2.3 Perencanaan Tangga

Tangga merupakan salah satu bagian dari bangunan yang berfungsi sebagai penghubung antara 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. *Optridge*, adalah bagian vertical 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 2.3 Bagian-bagian Tangga

Syarat-syarat khusus tangga :

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

$$2O + 1 A = 57\text{-}60 \text{ cm} \dots\dots\dots(2.41)$$

Keterangan :

O = *optride*

A = *antride*

6. Menghitung panjang bordes (L)

$$L = l_n + 1,5 a \text{ s/d } 2 a \dots\dots\dots(2.42)$$

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*

- *antride* $= l_n - 2 \text{ optride}$

- 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 = $\text{arc tan } x \left(\frac{\text{tinggi tangga}}{\text{panjang tangga}} \right)$

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

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

- 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})

$$d = h - \text{tebal selimut beton} - 1/2 \text{ } \emptyset \text{ tulangan pokok}$$

b. menentukan rasio tulangan (ρ)

dalam penggunaan ρ ada ketentuan, yaitu

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

c. menghitung A_s yang diperlukan

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

Keterangan :

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

ρ = rasio penulangan

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 :

1) 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

$$\text{MPa} \dots\dots\dots 0,0020$$

b) *slab* yang menggunakan batang tulangan ulir kawat las mutu ≥ 420

$$\text{MPa} \dots\dots\dots \frac{0,0018 \times 420}{f_y}$$

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 $A_{s_{\min}} \leq A_s \leq A_{s_{\max}}$

a. apabila $A_s < A_{s_{\min}}$ maka digunakan $A_{s_{\min}}$

b. apabila $A_s > A_{s_{\max}}$ 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 fungsinya menahan beban sebagai satu kesatuan lengkap yang terdiri dari berat sendiri, peralatan berat gording, beban hidup, dan beban mati. Portal-portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati, portal akibat beban hidup, dan portal akibat beban gempa. Perencanaan portal ini dihitung dengan menggunakan program SAP 2000.V14.

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 SAP 2000 Versi 14.1
 - a. Analisa pembebanan
 - b. Menentukan gaya-gaya dalam

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

1. Perancangan portal dengan menggunakan SAP 2000 V 14.1
 - 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 belok
 - 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 = perhitunagan akibat beban mati
- c. Perancangan portal akibat beban angin
 - 1) Menentukan beban angin yang bekerja
 - 2) Input beban angin terhadap bidang kolom secara vertikal merata dengan angin menekan kearah kolom
3. Membuat model stuktur portal akibat beban mati dan beban hidup
 - a. Klik *New Model* atau **CTRL + N**
 - b. Kemudian akan tampil kotak seperti gambar dibawah ini, tetapkan satuan yang akan dipakai (N,mm,c).
 - c. Pilih model template 2D frames, akan muncul jendela seperti gambar dibawah ini, kemudian isikan *Number of stories*, *story height*, *number of bays*, dan *bay width* masukan sesuai data – data perencanaan. Kemudian klik *ok*.
 - d. Untuk mengatur kembali jarak-jarak pada portal. Dapat dilakukan dengan cara **klik 2x** pada *grid point* yang terdapat pada portal
4. Menentukan material
 - a. Langkah pertama klik *Define* pada *toolbar* > lalu klik *materials* maka akan muncul jendela *Define materials*.
 - b. Pilih *add new material*, maka akan muncul jendela *material property data*. Ganti nilai *weight per unit volume* dengan 24 (nilai ini adalah nilai dari berat jenis beton). Ubah nilai *modulus of elasticity* dengan rumus $4700\sqrt{F_c'}.1000$, serta ubah juga nilai F_c dan F_y sesuai dengan perencanaan dengan masing-masing dikali 1000, klik *Ok*.
5. Menentukan nilai dimensi kolom dan balok
 - a. Blok *frame* kolom/balok, lalu pilih menu pada *toolbar*, *define* > *section properties* > *frame section*, setelah memilih menu diatas akan tampil *toolbal frame properties*.
 - b. Klik *add new property*, maka akan muncul jendela *add frame selection property*. Pada *select property type*, ganti *frame section property type* menjadi *concrete*. Lalu pilih *rectangular* pada *click to add a concrete section* (untuk penampang berbentuk segiempat).

- c. Ganti section name dengan nama balok, kolom, ganti ukuran tinggi (*depth*) dan lebar (*width*) balok/kolom sesuai dengan perencanaan. Kemudian klik *concrete reinforcement*, klik *column*, *beam* lalu klik ok.
 - d. Untuk menentukan *frame* tersebut balok atau kolom yaitu dengan cara memblok *frame* kemudian pada *toolbar* pilih menu *assign - frame/cable/tendon frame section* – pilih balok atau kolom.
6. Membuat cases beban mati, beban hidup dan angin.
 - a. Pilih menu pada *toolbar*, *define – load pattern* – buat nama pembebanan, tipe pembebanan dan nilai koefisiennya diisi dengan nilai 0. Lalu klik *add new load pattern* lalu klik ok.
 - b. Input beban mati, beban hidup dan angin pada *menu toolbar*, *assign frame loads – distributed* – pilih pembebanan.
 7. *Input Load combination* (beban kombinasi) pada *menu toolbar*, *define – combination – add new combo*, kemudian masukkan beban kombinasinya (dihitung manual).
 8. Run analisis.

2.2.5 Perencanaan Balok

Balok adalah batang horizontal dari rangka struktural yang memikul beban tegak lurus sepanjang beban tersebut (biasanya berasal dari dinding, plat, atau atap bangunan) dan me-nyalurkan beban pada kolom atau struktur yang ada dibawahnya, selain itu balok juga berfungsi sebagai pengekang dari struktur kolom yang satu dengan yang lainnya. Dalam perencanaanya, satu 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

$$U = 1,2 D + 1,6 L \dots \dots \dots (2.43)$$

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

$$M_u = 1,2 M_{DL} + 1,6 M_{LL} \dots \dots \dots (2.44)$$

Keterangan :

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

$$l_n = L - (1/2 L_k) - (1/2 L_k) \dots \dots \dots (2.45)$$

D_{eff} balok = lebar balok – P – Ø sengkang – ½ Ø sengkang

Lebar efektif

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

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

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

Sehingga, diambil B_{eff} terkecil

$$A_s = \frac{0,85 \times f_c' \times c.a.b_{eff}}{f_y} \dots \dots \dots (2.46)$$

(Agus Setiawan:2016:56)

b. Penulangan lentur tumpuan

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

2) Menghitung nilai ρ

$$Q = \left(\frac{1,7}{\emptyset f_c'} \right) \frac{M_u}{b.d^2} \dots \dots \dots (2.47)$$

$$\rho \text{ hitung} = \frac{f_c'}{f_y} [0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q}] \dots \dots \dots (2.48)$$

keterangan :

M_u = momen terfaktor pada penampang (KNm)

b = lebar penampang (mm)

d = tinggi efektif pelat (mm)

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

c. Hitung A_s yang diperlukan

$$A_{s_{rencana}} = \rho \times b \times d_{eff} \dots \dots \dots (2.49)$$

(Agus Setiawan 2016:71)

Keterangan :

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

ρ = rasio penulangan

d = tinggi efektif pelat (mm)

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

6. Perencanaan tulangan geser

a. $V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} b_w d \dots \dots \dots (2.50)$

(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 103)

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

$$V_u < \phi V_n \dots \dots \dots (2.51)$$

Dimana $V_n = V_c + V_s$

Sehingga :

$$V_u < \phi (V_c + V_s) \dots \dots \dots (2.52)$$

Dengan besar factor reduksi, ϕ , untuk geser adalah sebesar 0,75. (Agus Setiawan, hal 99)

- c. Luas minimum tulangan geser

Luas minimum tulangan geser $A_{v_{min}}$ harus disediakan pada semua penampang dimana, $V_u > 0,5 \phi V_c$, kecuali untuk kasus dibawah. Untuk kasus ini, sekurang-kurangnya $A_{v_{min}}$ harus dipasang dimana $V_u > \phi V_c$.

Tabel 2.9 Kasus dimana $A_{v_{min}}$ 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 $0,5 bw$ 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 Tabel 9.6.3.1. hal 190)

$$A_{v_{min}} = 0,062 \times \sqrt{f_c'} \cdot \left(\frac{bw}{f_y t} \right) \dots \dots \dots (2.53)$$

(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

$0,33 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d < V_s \leq 0,66 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$, maka $S = d/4$ atau 300 mm

(SNI 2847:2019 Pasal 9.7.6.2.2, hal.202)

Dengan batasan kebutuhan luas minimum luas tulangan geser :

$$S_{\min} = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,062 \sqrt{f_c'} b_w}, \text{ untuk } f_c' > 30 \text{ MPa} \dots \dots \dots (2.54)$$

$$S_{\min} = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,35 b_w}, \text{ untuk } f_c' \leq 30 \text{ MPa} \dots \dots \dots (2.55)$$

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

Sehingga sengkang vertical dapat dihitung dengan rumus :

$$S = \frac{A_v \cdot f_{yd}}{V_s} \dots \dots \dots (2.56)$$

Keterangan :

V_c = kuas 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 komponen struktur dengan rasio tinggi terhadap dimensi lateral terkecil sama dengan 3 atau lebih digunakan terutama untuk mendukung beban aksial tekan (SNI-T-15-1991-03). Fungsi kolom adalah 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 antara 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 penampangnya, 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 urutan menganalisis kolom adalah sebagai berikut:

1. Tulangan pada kolom dibuat simetris berdasarkan kombinasi beban dari hasil P_u dan M_u pada perhitungan SAP di portal.
 - Gaya axial 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

$$e = \frac{M_u}{P_u} \dots \dots \dots (2.57)$$

Keterangan :

Mu = momen terfaktor yang bekerja pada penampang

Pu = beban aksial yang bekerja pada penampang

e = nilai eksentrisitas

3. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi

$$\beta.d = \frac{1,2 D}{(1,2 D + 1,6 L + 0,5 R)} \dots\dots\dots(2.58)$$

(Sumber: Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2013, 159)

Keterangan :

β = rasio bentang bersih arah memanjang

d = jarak dari serta tekan terluar ke pusat tulangan tarik

4. Modulus elastisitas beton

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c'} \text{MPa} \dots\dots\dots(2.59)$$

(Sumber: Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2013,200)

5. Nilai Kekakuan

$$I_g = 1/12 bh^3$$

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

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

(Sumber : SNI 03 – 2847 – 2019, hal.102)

$$\frac{EI}{L_c} = \frac{E_c . I_g}{2,5 (1 + \beta . d)} , \text{ untuk kolom} \dots\dots\dots(2.60)$$

$$\frac{EI}{L_b} = \frac{E_c . I_g}{5 (1 + \beta . d)} , \text{ untuk balok} \dots\dots\dots(2.61)$$

6. Menentukan nilai Kn dan Rn

$$K_n = \frac{P_n}{\phi f'c' . A_g} \dots\dots\dots(2.62)$$

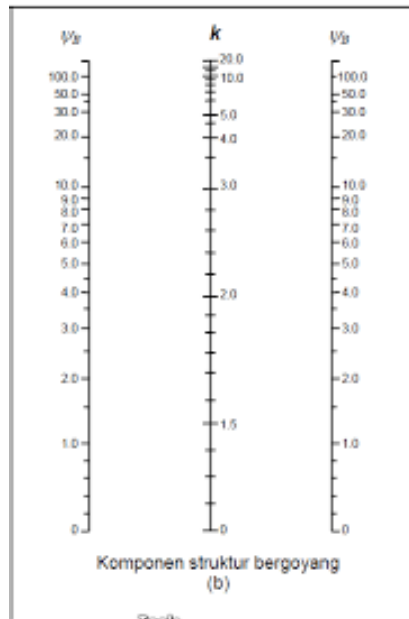
$$R_n = \frac{P_n . e}{f'c' . A_g . h} \dots\dots\dots(2.63)$$

7. Menentukan Ψ_a dan Ψ_b

$$\Psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L_c} \right)}{\sum \left(\frac{EI}{L_b} \right)} \dots\dots\dots(2.64)$$

(Sumber: Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2013,199)

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



Gambar 2.4 Grafik Komponen Struktur Bergoyang

(Sumber: Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang, Istimawan Dipohusodo, 1961)

- Angka tanpa pengaku lateral = $\frac{Klu}{r} < 22$
- Angka dengan pengaku lateral = $\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_{1-b}}{M_{2-b}} \right)$

(Sumber: Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2013,201)

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

(Sumber : SNI 03 – 2847 – 2019, hal. 115)

10. Pembesaran momen

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(k \cdot Lu)^2} \dots \dots \dots (2.65)$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu}{0,75 \sum Pc}} \geq 1 \dots\dots\dots(2.66)$$

$$M_c = M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \dots\dots\dots(2.67)$$

(Sumber: SNI 03 – 2847 – 2019, hal. 107, 110)

Keterangan :

P_c = beban tekuk kritis

δ_s = faktor pembesaran ekstra pada struktur rangka tanpa pengaku

M_{2ns} = momen kolom terbesar pada struktur rangka dengan 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 besa 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

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{b.d} \dots\dots\dots(2.68)$$

keterangan:

A_s = luas tulangan tarik non-prategang

A_s' = luas tulangan tekan 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

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

$$A_b = \beta_1 \times C_b$$

$$f_c' > 28 \text{ MPa dan } f_y = 400 \text{ Mpa}$$

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

$$f_s' = \frac{cb-d}{cb} \times 0,003$$

$$f_s' = f_y$$

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

(Istimawan, hal.324)

$\phi P_n < P_u$, beton hancur di daerah tekan

$\phi P_n > P_u$, beton hancur di daerah tarik

e. Memeriksa kekuatan penampang

- Akibat keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\frac{e}{(d-d')} + 0,050} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} + 1,10} \dots\dots\dots(2.69)$$

- Akibat keruntuhan tarik

$$P_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \left(\left[\left(\frac{h}{2} - e \right) + \sqrt{\left(\frac{h}{2} - 2 \right)^2 + \frac{2 \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d-d')}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}} \right] \right) \dots\dots\dots(2.70)$$

(Istimawan, hal. 326)

2.2.7 Perencanaan Sloof

Sloof adalah struktur bangunan yang terletak di atas 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 tambahan pada sloof, untuk bangunan tahan terhadap gempa maka disempurnakan pada ikatan antara sloof dengan pondasi yaitu dengan memberikan anker dengan besi diameter 12 mm jarak 1,5 meter. Namun angka ini dapat berubah untuk bangunan yang lebih 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.

$$M_u = 1,4MD$$

$$M_u = 1,2MD + 1,6ML$$

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

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

Penulangan lentur lapangan

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

$$- \rho = \frac{f_c'}{f_y} \left[0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q} \right]$$

$$- A_s = \rho \cdot b \cdot d$$

Keterangan:

M_u = momen terfaktor pada penampang (kNm)

b = lebar penampang (mm)

d = tinggi efektif plat (mm)

\emptyset = faktor reduksi rencana (SNI 03-2847-2019 Tabel 21.2.1)

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

ρ = rasio penulangan

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

4. Perencanaan tulangan geser

$$- V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \dots\dots\dots(2.71)$$

(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 $0,5 \emptyset V_c < V_u \leq \emptyset V_c$, dibutuhkan tulangan geser minimum. Dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum.

- Jika $V_u > \emptyset V_c$, tulangan geser harus dihitung.

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

$$V_u < \phi V_n \dots \dots \dots (2.72)$$

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, 98-99*)

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

$$A_{v_{min}} = 0,062 \sqrt{f_c'} \cdot \left(\frac{bw}{f_{yt}} \right) \dots \dots \dots (2.73)$$

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

- Jarak maksimum tulangan geser

Apabila $V_s \leq 0,33 \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d$ maka $S = d/2$ atau 600 mm

Apabila $0,33 \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d < V_s \leq 0,66 \sqrt{f_c'} \cdot bw \cdot d$ 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:

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \dots \dots \dots (2.74)$$

(Sumber: *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2013, 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 pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. 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 Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Palembang 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 ppada pondasi
2. Menentukan diameter tiang yang digunakan
3. Menentukan daya dukung tiang
 - Daya dukung bahan

$$Q_{\text{beban}} = 0,3 \times f_c' \times A_{\text{tiang}} \dots \dots \dots (2.75)$$

- Daya dukung ujung tiang ultimit

$$Q_{\text{ultimit}} = \frac{qD.A}{fb} + \frac{U.\sum Ti.fi}{fs} \dots \dots \dots (2.76)$$

(Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi: Ir. Suyono sasrodarsono dan Kazuto Nakazawa: 2000. Halaman; 104)

4. Menentukan jumlah tiang

$$Q = (P \times 10\%) + P + \text{berat poer} \dots \dots \dots (2.77)$$

$$n = \frac{Q}{Q_{\text{izin}}} \dots \dots \dots (2.78)$$

5. Menentukan jarak antar tiang pancang

Jarak minimal $S = 2D$ atau $2,5D - 3,5D$

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

Keterangan:

S = jarak antar tiang

D = ukuran tiang

6. Menentukan efisiensi kelompok tiang

$$E_q = 1 - \frac{\theta}{90} \left\{ \frac{(n-1) + (m-1)n}{m.n} \right\} \dots \dots \dots (2.79)$$

Keterangan:

$\theta = \arctan d/s$

m = jumlah baris

n = jumlah tiang dalam satu baris

(Sumber: Pondasi Tiang Pancang, Sardjono. Halaman: 67)

7. Kemampuan tiang terhadap sumbu x dan sumbu y

$$P_{\max} = \frac{\sum v}{n} \pm \frac{My \cdot X_{maks}}{ny \cdot \sum x^2} \pm \frac{Mx \cdot Y_{maks}}{nx \cdot \sum y^2} \dots \dots \dots (2.80)$$

(Sumber: Pondasi Tiang Pancang, Sardjono. Halaman: 61)

8. Pengangkatan tiang pancang dengan 2 pola pengangkatan.

9. Menentukan tulangan tiang pancang (Perbandingan As terbesar)

- Pembebanan P_u/n

$$A_{S_{total}} = \rho \cdot b \cdot h \dots \dots \dots (2.81)$$

- Momen terbesar antara 2 pola pengangkatan yang paling menentukan

$$A_{S_{total}} = \rho \cdot b \cdot h \dots \dots \dots (2.82)$$

- Perhitungan tulangan sengkang tiang 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

$$\frac{Mu}{\phi b d^2} = fy \cdot \rho - \frac{fy^2 \rho^2}{1,7 \cdot fc'} \dots \dots \dots (2.83)$$

$$A_{s_{total}} = \rho \cdot b \cdot d \dots \dots \dots (2.84)$$

$$A_{s'} = \frac{A_{s_{total}}}{4} \dots \dots \dots (2.85)$$

- Jarak Tulangan

$$S = \frac{A_{s \text{ tulangan}}}{A_{s \text{ pakai}}} \times \text{lebar pile cap} \dots \dots \dots (2.86)$$

- Menentukan tulangan sengkang

$$\emptyset V_c = \emptyset \cdot 0,17 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot w \cdot d \dots \dots \dots (2.87)$$

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

$$\emptyset V_s = \emptyset \cdot \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \dots \dots \dots (2.88)$$

$$S = \frac{A_{v1}}{A_v} \cdot 1000 \text{ mm} \dots \dots \dots (2.89)$$

(Sumber: Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2013,327)

11. Menentukan tulangan pasak

$$\emptyset P_n = \emptyset \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A_g \dots \dots \dots (2.90)$$

$\emptyset P_n > P_u$

$$A_{s_{min}} = 0,005 \times A_g \dots \dots \dots (2.91)$$

$$L_{db} = \frac{0,25 \cdot f_y \cdot d \cdot b}{\sqrt{f_c'}} \geq 0,04 f_y \cdot d \cdot b \dots \dots \dots (2.92)$$

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. Fungsi dasar manajemen dikelompokkan menjadi tiga kelompok kegiatan, diantaranya :

1. Kegiatan perencanaan
 - a. Penetapan tujuan (*goal setting*)
 - b. Perencanaan (*planning*)
 - c. Pengorganisasian (*organizing*)
2. Kegiatan pelaksanaan

- a. Pengisian staff (*staffing*)
- b. Pengarahan (*briefing*)
- 3. Kegiatan Pengendalian
 - a. Pengawasan (*supervising*)
 - b. Pengendalian (*controlling*)
 - c. Koordinasi (*coordinating*)

2.3.1 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. 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 dilaksanakan
 - c. Cara pelaksanaan pekerjaan
 - d. Merk material atau bahan
- 3. Syarat administrasi
 - a. Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan
 - b. Syarat pembayaran
 - c. Tanggal waktu penyerahan
 - d. Denda atas keterlambatan
 - e. Besar jaminan penawaran
 - f. Besar jaminan pelaksanaan

2.3.2 Volume Pekerjaan

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

2.3.3 Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan pekerjaan merupakan perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang terdapat dalam suatu proyek pembangunan. Harga satuan ini berguna agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan setiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini nantinya akan diperoleh total biaya keseluruhan dari hasil perkalian dengan volume pekerjaan. Analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Analisa harga satuan terdiri dari harga bahan yang didapat di pasaran lalu dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan dan upah tenaga kerja yang didapatkan dilokasi, dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar dinamakan daftar harga satuan upah. Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda-beda. Jadi, dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu bangunan/proyek, harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di pasaran dan lokasi pekerjaan.

2.3.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah suatu perhitungan banyaknya biaya yang akan diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lainnya yang berhubungan dengan pelaksanaan pembangunan suatu proyek.

2.3.5 Rencana Pelaksanaan

Rencana kerja merupakan serangkaian tujuan dan proses yang bisa membantu untuk mencapai tujuan pembangunan. Adapun rencana kerja yang akan dilakukan dalam Perencanaan Perancangan Pembangunan Gedung Laboratorium

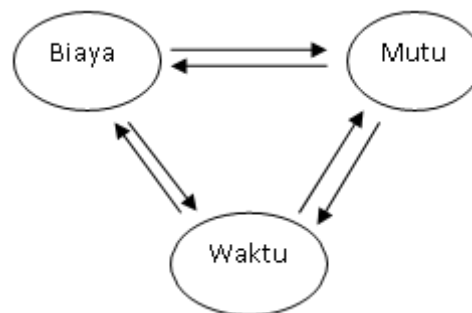
Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Palembang antara lain sebagai berikut :

1. *Network Planning* (NWP)

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

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

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



Gambar 2.5 Diagram Hubungan Biaya, Mutu dan Waktu

2. *Barchart*

Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertical sedangkan dalam kolom horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat dilihat secara jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- a. Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis pekerjaan yang ada di dalam rencana pembangunan
 - b. Urutan pekerjaan, dari daftar item kegiatan tersebut diatas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan secara bersamaan.
 - c. Waktu pelaksanaan pekerjaan, adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.
3. Kurva “S”

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif *progress* pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva tersebut dibuat berdasarkan rencana atau pelaksanaan *progress* kegiatan dari setiap pekerjaan atau berdasarkan bobot setiap pekerjaan dari awal sampai berakhirnya pekerjaan. Penyebab membentuk huruf S di dalam kurva S dikarenakan kegiatan proyek berlangsung sebagai berikut:

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

Manfaat dan kegunaan kurva S:

- 1) Sebagai informasi untuk mengontrol pelaksanaan suatu proyek dengan cara membandingkan deviasi antara kurva rencana dengan kurva realisasi.
- 2) 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.
- 3) Sebagai informasi kapan waktu yang tepat untuk melakukan *owner* ataupun melakukan pembayaran kepada supplier.