

BAB II

TINJAUAN UMUM

2.1 Uraian Umum

Dalam tahapan pelaksanaan pembangunan sebuah gedung, yang menjadi tolak ukur dari segala proses pembangunan ialah berada pada tahapan perancangan struktur gedung itu sendiri. Perancangan gedung dalam proses pembangunan memegang peranan sangat penting dalam sebuah proses konstruksi. Kesalahan dalam proses perancangan gedung akan membawa akibat yang sangat fatal kedepannya. Beberapa aspek yang harus dipenuhi dalam perancangan sebuah gedung yaitu aspek pembebanan, aspek kekuatan bahan juga aspek keamanan struktur.

Struktur desain pada perancangan sebuah gedung hendaknya kuat dalam menahan beban, memiliki durabilitas yang tinggi, memiliki anggaran pembiayaan yang baik dan efisien (ekonomis), memenuhi standar persyaratan kemampuan layanan, serta mudah dalam pemeliharannya. Untuk itu diperlukan studi Pustaka yang mendalam dan pengalaman dalam merancang sebuah gedung agar memenuhi persyaratan pembangunan konstruksi yang ada serta tetap dapat memenuhi keinginan dari pemilik gedung .

Pada bab tinjauan umum ini, akan dibahas mengenai segala dasar ataupun teori-teori mengenai dasar-dasar dalam perencanaan gedung, meliputi dasar perancangan, klasifikasi pembebanan, teori-teori perhitungan struktur, dimulai dari struktur atas hingga struktur bawah (Pondasi), serta konsep dalam perencanaan penggunaan material.

Maka dari itu, pada bab ini akan dibahas bagaimana konsep dari sistem pemilihan struktur dan perhitungan dalam merancang strukturnya sesuai dengan sistem struktur bangunan tersebut dan bersifat aman terhadap pembebanan yang telah disesuaikan dengan syarat-syarat dasar perancangan suatu gedung bertingkat di Indonesia sehingga sangat diharapkan memperoleh hasil yang tidak menimbulkan kegagalan.

2.2 Ruang Lingkup Perancangan Struktur

Pada perancangan pembangunan Gedung Arsip Bank Mandiri Regional II Palembang ini, digunakan struktur beton bertulang dan struktur baja sebagai material utamanya. Penggunaan struktur beton bertulang mencakup di hampir semua bagian struktur utama bangunan, sementara itu struktur baja yang digunakan mencakup area struktur atap saja.

Cakupan jenis Struktur yang digunakan dalam perencanaan Gedung Arsip Bank Mandiri Regional II Palembang adalah sebagai berikut :

1. Struktur Bangunan Atas (*Upper Structure*)

Struktur bangunan atas merupakan bagian dari gedung yang akan di tampilkan dan menjadi daya Tarik dari sebuah gedung, maka dari itu, selain perencanaan mengenai daya tahan dan kekuatan struktur, diperlukan juga perencanaan mengenai arsitektur, yang akan sangat berdampak terhadap kenyamanan dan keamanan dari penggunaan gedung itu kedepannya.

Yang menjadi bagian dari struktur bangunan atas yaitu :

- a. Rangka Atap
- b. Pelat Lantai
- c. Tangga
- d. Balok Induk
- e. Balok Anakan
- f. Kolom

2. Struktur Bangunan Bawah (*Sub Structure*)

Dasar kekuatan atau tumpuan dari tegaknya sebuah gedung ialah terletak pada struktur bawah dari bangunan itu. Yang menjadi bagian dari struktur bangunan bagian bawah yaitu pondasi dan sloof.

2.2.1 Dasar Perancangan

Dalam penyelesaian perhitungan struktur gedung, digunakan beberapa pedoman yang dibuat badan standarisasi yang berlaku di Indonesia, diantaranya adalah:

1. SNI 03-1729-2002 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung
2. SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain sebagai revisi dari SNI 2847:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
3. SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan penjelasan sebagai revisi dari SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung oleh Badan Standarisasi Nasional.
4. SNI 1727:2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain. Didalamnya memuat peraturan mengenai beban-beban minimum yang digunakan dalam merancang bangunan gedung dan struktur lain oleh Badan Standarisasi Nasional.
5. Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983. Difungsikan sebagai acuan dalam menentukan beban yang diizinkan dalam sebuah perancangan gedung yang memuat angka-angka ketentuan beban yang diizinkan dalam perhitungan sebuah konstruksi bangunan.

2.2.2 Klasifikasi Pembebanan

Definisi beban menurut SNI 1727:2013 adalah gaya atau aksi lainnya yang diperoleh dari berat seluruh bahan bangunan, penghuni, barang-barang yang ada didalam bangunan gedung, efek lingkungan, selisih perpindahan, dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi. Besar beban yang bekerja pada suatu struktur diatur oleh pembebanan yang berlaku. Adapun jenis pembebanan tersebut yaitu:

A. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, *finishing*, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat derek dan sistem pengangkut

material (SNI 1727:2020). Berikut tabel yang memuat nilai berat sendiri bahan dan komponen gedung

Tabel 2. 1 Berat Sendiri Bahan dan Komponen Gedung Bahan Bangunan

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 : PPPURG 1987)

Komponen Gedung

Adukan per cm tebal:	
- Dari semen	21 kg/m ³
- Dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m ³
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral tambahan, per cm tebal	14 kg/m ³
Dinding pasangan batu merah	
- Satu batu	450 kg/m ³
- Setengah batu	250 kg/m ³
Dinding pasangan batako berlubang	
- Tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m ³

- Tebal dinding 10 cm (HB 10)	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	11 kg/m ³
- Kaca, dengan tebal 3-4 mm	120 kg/m ³
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang 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 : PPPURG 1987)

B. Beban Hidup (*Live Load*)

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

Beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain ini berdasarkan tabel pada SNI 1727:2020, yaitu sebagai berikut.

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 komputer	100 (4,79)	2000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)	
Ruang pertemuan		
- Kursi tetap (terikat dilantai)	60 (4,79)	
- Lobi	100 (4,79)	
- Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
- Panggung pertemuan	100 (4,79)	
- Lantai podium	150 (7,18)	
	100 (4,79)	
- Tribun penonton Stadion dan Arena dengan kursi tetap (terikat di lantai)	60(2,87)	
	100(4,79)	
- Ruang pertemuan lainnya		
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79) kN/m ²	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor		
- Lantai pertama	100 (4,79)	
- Lantai lain	Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
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 terhadap kebakaran	100 (4,79)	
- Hunian satu keluarga saja	40 (1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5.4	
Garasi/parker	Lihat pasal 4.10.1	
Mobil penumpang saja	Lihat pasal 4.10.2	
Truk dan bus		
Pegangan Tangga dan Batang pengaman	Lihat pasal 4.5.1 dan 4.5.2	
- Batang Pegangan		

Helipad		
- Helikopter dengan berat lepas landas sebesar 3000 lb (13,35 kN) atau kurang	40(1,92) dan lihat pasal 4.11.2	
- Helikopter dengan berat lepas landas lebih besar dari 3000 lb (13,35 kN)	60(2,87) dan lihat pasal 4.11.2	
Rumah sakit		
- Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1000 (4,45)
- Ruang pasien	40 (1,92)	1000 (4,45)
- Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
- Ruang baca	60 (2,87)	1000 (4,45)
- Ruang penyimpanan	150 (7,18)	1000 (4,45)
- Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Pabrik		
- Ringan	125 (6,00)	2000 (8,90)
- Berat	250 (11,97)	3000 (13,40)
Gedung perkantoran		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
- Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2000 (8,90)
- Kantor	50 (2,40)	2000 (8,90)
- Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	2000 (8,90)
Lembaga hukum		
- Blok sel	40 (1,92)	
- Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
- Tempat bowling, billiard dan penggunaan sejenis	75 (3,59)	
- Ruang dansa dan ballroom	100 (4,79)	
- Gimnasium	100 (4,79)	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
- Loteng yang tidak dapat dihuni tanpa gudang	10 (0,48)	4.12.1
- Loteng yang tidak dapat dihuni	20 (0,96)	4.12.2

dengan gudang		
- Loteng yang dapat dihuni dan ruang tidur	30 (1,44)	
- Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
- Ruang pribadi dan koridornya	40 (1,92)	
- Ruang publik	100 (4,79)	
- Koridor Ruang Publik	100 (4,79)	
Atap		
- Atap datar, berbubung dan lengkung	20 (0,96)	
- Atap yang digunakan penghuni	Sama dengan penggunaan yang dilayani	4.8.1
- Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,70)	
- Atap vegetatif dan atap lansekap	20 (0,96)	
Atap bukan untuk hunian	100 (4,79)	
Atap untuk tempat berkumpul	Sama dengan penggunaan yang dilayani	
Atap untuk penggunaan Lainnya		
Awning dan kanopi		
- Atap konstruksi fabric yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24)	
- Rangka tumpu layar penutup	5 (0,24)	
	berdasarkan area tributan dari atap yang didukung komponen struktur rangka	200 (0,89)
	20(0,96)	4.8.1
Semua konstruksi lainnya		2000(8,90)
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai		
Titik panel tunggal dari batang bawah Rangka atap atau setiap titik sepanjang		
Komponen struktur utama yang		300 (1,33)

Mendukung atap diatas pabrik, gudang, Dan perbaikan garasi. Semua komponen struktur atap utama lainnya. Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		300 (1,33)
Sekolah - Ruang kelas - Koridor diatas lantai pertama - Koridor lantai pertama	40 (1,92) 80 (3,83) 100 (4,79)	1000 (4,5) 1000 (4,5) 1000 (4,5)
Scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit- langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97)	8000 (35,6)
Tangga dan jalan keluar - Rumah tinggal untuk satu keluarga dan dua keluarga - Gudang diatas langit-langit Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan kepengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat) - Ringan - Berat	100 (4,79) 40 (1,92) 20 (0,96) 125 (6,00) 250 (11,97)	300 300
Toko eceran - Lantai pertama - Lantai diatasnya Grosir, disemua lantai	100 (4,79) 75 (3,59) 125 (6,00)	1000 (4,45) 1000 (4,45) 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)	

(Sumber: Standar Nasional Indonesia 1727:2020)

C. 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 :

1. Menentukan kecepatan angin dasar

Data kecepatan angin dasar diperoleh dari data perkiraan cuaca yang bersumber dari BMKG Kota Palembang. Data tersebut diambil dari kecepatan angin tertinggi : $V = \dots \text{km/jam} = \dots \text{m/s}$

2. Menentukan parameter beban angin

- a. Faktor arah angin, k_d
- b. Kategori eksposur : B
- c. Faktor topografi, K_{zt}
- d. Faktor efek tiupan angin, G
- e. Klasifikasi tekanan internal, $G_{CPI} = \pm 0,18$

3. Beban Angin Maksimum

- a. Menentukan tekanan eksposur, tekanan velositas, k_z atau k_h :

- Menghitung k_z

z = tinggi bangunan dari permukaan tanah

untuk eksposur B, $\alpha = 7$ dan $Z_g = 365,76$

karena $15 \text{ ft} < z < Z_g$ (15 ft = 4,6 meter)

maka, $k_z = 2,01 \left(\frac{z}{Z_g}\right)^{\frac{2}{\alpha}}$

- Menghitung k_h jika diketahui z

Dihitung menggunakan interpolasi linier

- b. Menentukan tekanan velositas q_z dan q_h

- Menghitung q_z

$$q_z = 0,613 \cdot k_z \cdot K_{zt} \cdot k_d \cdot v^2$$

- Menghitung q_h

$$q_h = 0,613 \cdot k_z \cdot K_{zt} \cdot k_d \cdot v^2$$

- c. Menghitung koefisien eksternal, C_p

Maka nilai C_p untuk : (SNI 1727:2013 hal. 68)

$$W_{datang} = q_z \times G \times C_p \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$W_{pergi} = q_z \times G \times C_p \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

4. Beban Angin Minimum

- a. Menentukan tekanan eksposur, tekanan velositas, k_z atau k_h :

- Menghitung k_z

z = tinggi bangunan dari permukaan tanah 4 m

untuk eksposur B, $\alpha = 7$ dan $Z_g = 365,76$

$$\text{maka, } k_z = 2,01 \left(\frac{z}{Z_g}\right)^\alpha$$

- Menghitung k_h jika diketahui $z = 4$ m (SNI 1727-2013 hal. 65)

- b. Menentukan tekanan velositas q_z dan q_h

- Menghitung q_z

$$q_z = 0,613 \cdot k_z \cdot K_{zt} \cdot k_d \cdot v^2$$

- Menghitung q_h

$$q_h = 0,613 \cdot k_z \cdot K_{zt} \cdot k_d \cdot v^2$$

- c. Menghitung koefisien eksternal, C_p

Maka nilai C_p untuk : (SNI 1727:2013 hal. 68)

Angin datang = 0,8

$$W_{datang} = q_z \times G \times C_p \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$W_{pergi} = q_z \times G \times C_p \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Karena beban angina maksimum $< 77 \text{ kg/m}^2$ dan beban minimum $> 77 \text{ kg/m}^2$ maka dipakai beban angina minimum, yaitu $77 \text{ kg/m}^2 = 0,77 \text{ kN/m}^2$

5. Beban angin portal arah memanjang

Lebar tangkapan kolom = $\frac{1}{2}$ lebar kanan + $\frac{1}{2}$ lebar kiri

Sehingga beban angin yang dipikul = $0,77 \text{ N/m}^2 \times \text{LebarTangkapan}$

6. Beban angin portal arah memanjang

Lebar tangkapan kolom = $\frac{1}{2}$ lebar kanan + $\frac{1}{2}$ lebar kiri

Sehingga beban angin yang dipikul = $0,77 \text{ N/m}^2 \times \text{LebarTangkapan}$

Peninjauan beban angin pada gedung bertingkat dengan atap datar, ditinjau dari kedua sisi yaitu :

- a. Datang dan pergi dari kanan ke kiri sisi bangunan
- b. Datang dan pergi dari kiri ke kanan sisi bangunan

D. Beban Kombinasi

Berdasarkan metode perancangan berbasis kekuatan (*strength design method*), elemen struktur dirancang untuk mampu memikul beban terfaktor yang didapatkan dengan mengalikan nilai faktor 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 1727-2020, 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 2.3.1 mengenai detail besarnya nilai kuat perlu (U) yang harus dipertimbangkan sebagai kondisi paling kritis yang harus dipikul suatu elemen struktur, yakni:

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

Adapun beberapa catatan pengecualian untuk beban kombinasi, diantaranya :

1. Faktor beban L dalam kombinasi 3 dan 4 diizinkan sebesar 0,5 untuk semua tingkat hunian bila L_o pada pasal 4 ,tabel 4.3-1 kurang dari atau sama dengan 100 psf(4,78 kN/m²), dengan pengecualian garasi/tempat parkir atau daerah yang ditempati merupakan tempat pertemuan umum.
2. Dalam kombinasi 2 dan 4, beban pendamping S harus diambil sebagai salah satu beban salju atap datar (p_f) atau beban salju atap miring (p_s).

Bila ada beban fluida F, ombinsai harus menyertakan faktor beban yang sama seperti beban mati D pada kombinasi (1) sampai kombinasi (4)

Bila ada beban H, kombinasi harus memperhitungkan :

1. Bila efek H menambah efek beban utama, perhitungkan H dengan faktor beban sebesar 1,6;
2. Bila efek H menahan beban utama, perhitungkan H dengan faktor beban sebesar 0,9 dimana beban adalah beban permanen atau faktor beban sebesar 0 untuk kondisi lainnya.

Efek dari satu beban atau lebih beban yang belum diperhitungkan harus diselidiki. Efek yang paling tidak menguntungkan dari beban-beban angin harus diselidiki tapi tidak perlu diperhitungkan bekerja secara bersamaan dengan beban-beban seismik. Setiap kondisi batas kekuatan yang relevan harus diselidiki.

2.3 Metode Perhitungan Struktur

2.3.1 Perhitungan Atap

Perhitungan Perencanaan struktur atap merupakan langkah pertama dalam merancang struktur sebuah bangunan. Perhitungan Struktur Atap yang didasarkan pada struktur Kuda-kuda haruslah memperhitungkan juga terhadap beban-beban lain yang bekerja pada struktur atap itu, meliputi beban mati, beban hidup, beban angin, beban hujan dan sebagainya.

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)

c. Beban angin (w)

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

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

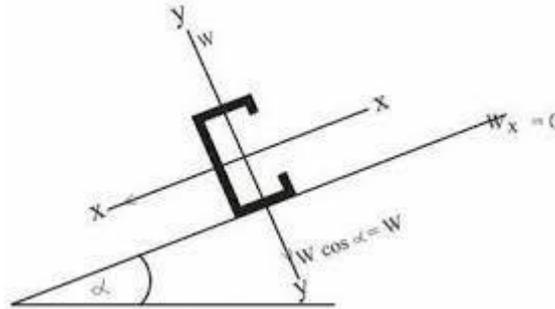
Angin hisap = $w - 0,4$

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

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

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

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

a. Perencanaan gording menggunakan metode berikut :

- Metode Plastis

Suatu komponen struktur yang dibebani momen lentur harus memenuhi persamaan (berdasarkan SNI 03-1729-2020):

$$M_u \leq \phi M_n$$

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

$$M_n = M_p = F_y Z$$

Dimana, Z = modulus penampang plastis di sumbu lentur (mm^3)

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

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

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

$$M_n = M_r (\lambda_r / \lambda)^2$$

- Beban Elastis

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

$$M_{ux} \leq \phi M_n \text{ (berdasarkan SNI 03-1729-2020)}$$

Keterangan :

M_{ux} = momen lentur terfaktor terhadap sumbu x

ϕ = factor reduksi = 0,9

M_n = kuat nominal momen lentur penampang terhadap sumbu x

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

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

Keterangan :

M_{uy} = momen lentur terfaktor terhadap sumbu y

ϕ = factor reduksi = 0,9

M_n = kuat nominal momen lentur penampang terhadap sumbu y

Setelah semua momen ultimat tekan, maka diperiksa kekuatan penampang berdasarkan kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 03-1729-2020, pembebanan yang terjadi dengan menggunakan rumus :

$$\left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} \right) + \left(\frac{M_{yx}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1$$

Keterangan:

M_{ux} = momen ultimat arah x.

M_{uy} = momen ultimate arah y.

ϕ = factor reduksi = 0,9

M_{nx} = momen nominal arah x

M_{ny} = momen nominal arah y

3. Trekstang

Dalam perhitungan trekstang diambil dari kombinasi pembebanan gording dan menggunakan beban terfaktor. Setelah pembebanan selanjutnya perhitungan kondisi leleh dan kondisi fraktur untuk mendapatkan diameter trekstang

a. Kontrol leleh , $\phi = 0,9$

$$\phi N_n = A_g \times f_y \quad (\text{SNI 03-1729-2002})$$

b. Kontrol putus, $\phi = 0,75$

$$\phi N_n = A_e \cdot f_u \quad (\text{SNI 03-1729-2002})$$

$$A_e = A \cdot U$$

Keterangan:

A_g = luas penampang bruto, mm^2

A_e = luas penampang efektif, mm^2

f_y = Tegangan leleh, Mpa

f_u = Tegangan putus, Mpa

c. Diameter trekstang

$$d = \sqrt{\frac{4A_g}{\pi}}$$

4. Ikatan Angin

Pada hubungan gording dengan ikatan angin harus dianggap pada gaya P' yang arahnya sejajar dengan sumbu gording, yang besarnya

$$P' = 0,01 \times \text{Portal} + 0,005 \times n \times q \times I_k \times I_g$$

Keterangan :

P' = Gaya pada gording ikatan angin

P = Gaya tepi dimana gording itu berada

N = Jumlah trave antara 2 bentang ikatan angin

q = beban vertikal terbagi rata

I = jarak kuda-kuda

I = jarak gording

a. Bentang ikatan angin

1) Ikatan angin dinding harus diperhitungkan selain beban vertikal dari atap, juga terhadap gaya horizontal yang besar.

$$Q' = 0,0025 \times Q$$

2) Pada bentang yang ikatan anginnya harus memenuhi syarat

$$\frac{h}{i} = \sqrt{\frac{0,25, q}{E.A}}$$

Keterangan :

h = jarak kuda-kuda pada bentang ikatan angin

I = panjang tepi atas kuda-kuda

Q = n. q. 1. ik

A = luas penampang profil

5. 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 konstruksirangka 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

- 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) 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 :

$$1,4 D$$

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

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

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

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

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

Keterangan :

D = Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi

permanen termasuk dinding, lantai, atap, plafond, partisi tetap, tangga, dan peralatan yang bersifat tetap.

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

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

H = Beban hujan, tidak termasuk diakibatkan genangan air

W = beban angin.

E = beban gempa, yang ditentukan atau penggantinya. $\gamma L = 0,5$ bila $L < 5$ kPa, dan $\gamma L = 1$ bila $L > 5$ kPa.

6. Sambungan

a. Perencanaan Sambungan Baut

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

$$R_u \leq \phi R_n$$

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

$$R_n = F_n A_b$$

$$\phi = 0,75$$

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,

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

$$R_n = F'_{nt} A_b$$

$$\Phi = 0,75$$

Keterangan :

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

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

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

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

f_{rv} = tegangan geser yang diperlukan menggunakan kombinasi beban,ksi (MPa)

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)
 - Tepi potongan tangan $\geq 1,75 d$
 - Tepi potongan mesin $\geq 1,5 d$
 - Tepi hasil cetak $\geq 1,25 d$

2) Syarat maksimum :

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

b. Perencanaan Sambungan Las

1) Pengelasan konstruksi sipil harus dilakukan dengan las listrik

Untuk las sudut harus ditentukan dengan panjang kaki las yang ditentukan sebagai t_w1 dan t_w2 . Tebal minimum las sudut pada perencanaan sambungan las dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini

Tabel 2. 3 Tebal Minimum Las Filet

Ketebalan Material dari Bagian Paling Tipis yang Tersambung, in. (mm)	Ukuran Minimum las Sudut, ^[a] in. (mm)
Sampai dengan 1/4(6)	1/8(3)
Lebih besar dari 1/4(6) sampai dengan 1/2 (13)	3/16(5)
Lebih besar dari 1/2(13) sampai dengan 3/4(19)	1/4(6)
Lebih besar dari 3/4(19)	5/16(8)

^[a] dimensi kaki las filet. Las lapis tunggal harus digunakan.
Catatan lihat Pasal J2.2b untuk ukuran maksimum las sudut

(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 :

$$R_n = F_{nw} A_{we}$$

$$\Phi = 0,75$$

Keterangan :

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

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

θ = sudut pembebanan yang diukur dari sumbu longitudinal las, derajat ukuran minimum las sudut ditentukan dari tebal bagian paling tipis yang tersambung.

2.3.2 Perhitungan Pelat Lantai

Pelat beton bertulang dalam suatu struktur digunakan pada atap dan lantai. Adapun beberapa perbedaan pada pelat atap dan pelat lantai, beberapa diantaranya ialah pelat atap yang merupakan struktur yang tidak terlindungi dan memiliki ketebalan selimut beton yang lebih besar dibandingkan dengan struktur pelat lantai. Perbedaan antara pelat atap dan pelat lantai juga terletak pada beban yang dipikul, dimana beban yang bekerja pada pelat atap lebih kecil bila dibandingkan dengan pelat lantai. Beban pada pelat atap hanya terdiri dari beban mati sendirinya pelat atap dan beban hujan, serta beban kemiringan untuk aliran air yang diambil sebesar satu persen (1%), sementara pada pelat lantai selain beban mati sendirinya, pelat lantai juga diberi beban dinding dan beban hidup yang sesuai dengan penggunaan ruang yang ada di atasnya.

Adapun pembebanan yang perlu diperhitungkan dalam merancang struktur pelat atap dan pelat lantai, sebagai berikut :

1. Penentuan Pembebanan

Beban-beban yang bekerja pada pelat atap dan pelat lantai, diantaranya :

a. Beban mati (W_D)

Beban mati terdiri dari :

- Berat sendiri pelat atap dan pelat lantai
- Berat adukan semen

b. Berat hidup (W_L)

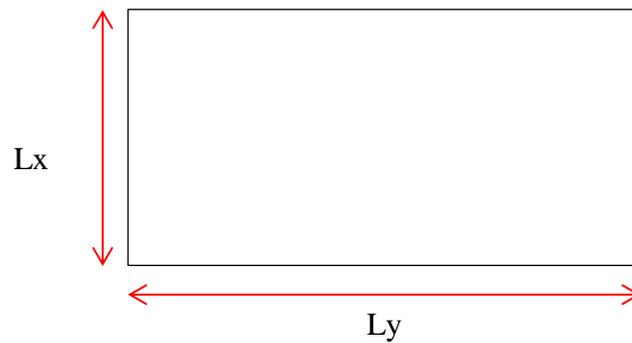
Beban hidup untuk pelat atap diambil sebesar $0,96 \text{ kN/m}^2$ dan pelat lantai sebesar $4,79 \text{ kN/m}^2$ (berdasarkan SNI 1727:2013 Beban Hidup untuk Gedung Sekolah).

Pelat dibagi kedalam dua klasifikasi, yaitu pelat satu arah (one way slab) dan pelat dua arah (two way slab). Adapun pelat yang akan ditinjau dalam perancangan Pembangunan Gedung arsip Bank Mandiri Regional II Palembang ialah pelat dua arah (two way slab).

A. Pelat Dua Arah (Two Way Slab)

Pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh balok pada keempat sisinya dan beban-beban ditahan oleh pelat dalam arah yang tegak lurus terhadap balok-

balok penunjang (Dipohusodo,1996). Suatu pelat dikatakan pelat dua arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$, dimana L_y merupakan sisi terpanjang dan L_x adalah sisi terpendek pelat yang ditinjau.



Gambar 2. 2 Pelat Dua Arah

Langkah-langkah perancangan pelat dua arah yaitu sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi jenis pelat dengan syarat batasnya pelat dua arah, yakni : $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$, dengan L_y sebagai sisi pelat terpanjang dan L_x adalah sisi terpendek pada pelat yang ditinjau.
2. Menentukan tebal pelat minimum pelat dua arah

Untuk pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya (h), harus memenuhi ketentuan menurut SNI 2847 : 2019, sebagai berikut :

- a. Untuk $\alpha_{fm} \leq 0,2$ harus menggunakan **Tabel 2.4** berikut :

Tabel 2. 4 Tebal Minimum Pelat Dua Arah tanpa balok dalam

Tegangan leleh, f_y (Mpa)	Tanpa Penebalan			Dengan Penebalan		
	Panel Eksterior		Panel interior	Panel Eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

(Sumber : Standar Nasional Indonesia 2847:2019 Tabel 8.3.1.1)

b. Untuk $0,2 < \alpha_{fm} < 2,0 \rightarrow$ dan h tidak boleh kurang dari 125 mm.

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$$

c. Untuk $\alpha_{fm} > 2,0 \rightarrow$ dan h tidak boleh kurang dari 90 mm

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

3. Menghitung α_{fm} masing-masing panel

$$\alpha_{fm} = \frac{l_b}{l_p}$$

$$\alpha_{fm} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{n}$$

Dimana:

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

β = Rasio bentang bersih

α_{fm} = nilai rata-rata α_f untuk semua balok tepi-tepi dari suatu pelat.

I_b = momen inersia bruto dari penampang balok terhadap sumbu berat, penampang balok mencangkup pulo bagian pelat pada balok sebesar proyeksi balok yang berada diatas atau dibawah pelat, namun tidak boleh lebih dari empat kali tebal pelat.

I_p = momen inersia bruto dari penampang plat

4. Menghitung pembebanan

Menghitung beban-beban yang bekerja pada pelat seperti beban mati dan beban hidup. Kemudian hasil perhitungan akibat beban mati dan beban hidup dikali dengan faktor beban untuk mendapatkan nilai beban terfaktor.

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

Dimana :

W_u = Jumlah beban terfaktor (kN/m)

W_D = jumlah beban mati pelat (kN/m)

W_L = jumlah beban mati pelat (kN/m)

5. Mencari momen rencana (M_u)

Momen rencana (M_u) yang bekerja pada arah x dan arah y.

6. Menentukan tinggi efektif (d_{eff})

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

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

Selimut beton untuk struktur pelat tidak boleh kurang dari 20 mm untuk pelat yang tidak berhubungan langsung dengan cuaca dan tanah. Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

7.7 Pelindung beton untuk tulangan	
7.7.1 Beton cor setempat (non-prategang)	
Kecuali jika selimut beton yang lebih besar disyaratkan oleh 7.7.6 atau 7.7.8, selimut yang disyaratkan untuk tulangan tidak boleh kurang dari berikut ini:	
	Selimut beton mm
(a) Beton yang dicor diatas dan selalu berhubungan dengan tanah	75
(b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca:	
Batang tulangan D-19 hingga D-57	50
Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil	40
(c) Beton yang tidak berhubungan dengan cuaca atau berhubungan dengan tanah :	
Slab, dinding, balok usuk:	
Batang tulangan D-44 dan D-57	40
Batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil	20
Balok, kolom:	
Tulangan utama, pengikat, sengkang, spiral.....	40

Gambar 2. 3 SNI 2847 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung 2013:51

7. Menghitung k_{perlu} adalah sebagai berikut :

$$k_{perlu} = \frac{M_u}{\emptyset \cdot b \cdot d_{eff}^2}$$

8. Menentukan rasio penulangan (ρ)

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

Keterangan :

M_u = Momen rencana /terfaktor pada penampang (kN.m)

b = Lebar penampang (mm), diambil tiap 1 meter

d = Tinggi efektif (mm)

ϕ = Faktor reduksi rencana (Sumber SNI 2847-2019:468)

Dalam penggunaan ρ terdapat ketentuan, yakni $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$:

Jika $\rho < \rho_{\min}$, maka menggunakan ρ_{\min} dan As yang digunakan $A_{s\min}$ ρ_{\min} untuk pelat lantai adalah 0,0018 (SNI 2847:2019).

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

9. Menghitung luas tulangan (A_s) yang diperlukan :

As pakai = $\rho_{\text{pakai}} \cdot b \cdot d$

As minimum = $0,0018 \times b \times h$

Menurut SNI 2847:2019 Pasal 7.12.2.1 luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014 :

a. Slab yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 280 atau 350. ($A_s = 0,0020$);

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

c. Slab yang menggunakan tulangan dengan tulangan leleh melebihi 420 Mpa yang ditukar pada regangan leleh sebesar 0,35 persen. ($A_s = \frac{0,0018 \times 420}{f_y}$)

Keterangan :

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

ρ = rasio penulangan

d = tinggi efektif pelat (mm)

2.3.3 Perencanaan Tangga

Tangga adalah sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain. Tangga dapat disebut sebagai struktur penghubung antar lantai. Tangga berfungsi sebagai jalur transportasi antar tingkat vertikal atau antar lantai.

Tingkatan lantai bangunan yang perlu dihubungkan, antara lain:

1. Dari tanah ke lantai dasar (ground floor)
2. Dari lantai dasar ke lantai pertama (first floor) dan dari lantai pertama ke lantai kedua (second floor) dari lantai kedua ke lantai ketiga (third floor) dan seterusnya keatas.
3. Juga dari tanah/lantai dasar ke lantai dibawah tanah (basement)

Pada prinsipnya, suatu tangga harus memenuhi dua persyaratan, yaitu :

1. Mudah dilihat
2. Mudah dipergunakan. Menurut Djojowiriono (1984), penentuan sudut kemiringan tangga ini bergantung pada fungsi/keperluan tangga yang akan dibangun. Sebagai pedoman diambil ketentuan berikut:
 - a. Untuk tangga mobil masuk garasi, diambil sudut maksimal $12,5^\circ$ atau dengan kemiringan 1:4,5
 - b. Untuk tangga diluar bangunan, diambil sudut 20° atau kemiringan 1:2,75
 - c. Untuk tangga perumahan dan bangunan gedung pada umumnya, diambil sudut kemiringan 30° sampai dengan 35° atau dengan kemiringan 1:1,7 sampai 1:1,4
 - d. Untuk tangga dengan sudut kemiringan sama atau lebih besar dari 41° , disebut tangga curam.

Komponen atau bagian-bagian utama dari tangga beton bertulang beserta fungsinya meliputi 4 macam, yaitu :

1. Beban/pelat tangga, digunakan sebagai sarana lalu lintas naik-turun antar lantai.
2. Bordes, digunakan sebagai tempat berhenti sementara bagi pejalan yang merasa lelah pada saat melewati tangga.

Untuk menentukan panjang bordes (L) dapat dihitung sebagai berikut :

$$L = ln + a.s.d.2a$$

Keterangan:

L = panjang tangga

ln = ukuran satu langkah normal datar

a = antrede

3. Anak tangga, digunakan sebagai tempat kaki berpijak ketika melalui tangga.

Anak tangga terdiri dari dua bagian:

- a. Antrede, yaitu anak tangga dan pelat tangga dibidang horizontal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.
- b. Optrede, yaitu selisih tinggi antara dua buah anak tangga yang berurut.

Ketentuan-ketentuan konstruksi antrede dan optrede, antara lain :

- a. Untuk bangunan rumah tinggal
 - Antrede = 25 cm (minimum)
 - Optrede = 20 cm (maksimum)
- b. Untuk perkantoran dan lain-lain :
 - Antrede = 25 cm
 - Optrede = 17 cm
- c. Syarat 1 (satu) anak tangga
 - 2 optrede + 1 antrede = (57 – 65) cm
- d. Lebar tangga
 - Tempat umum \geq 120 cm
 - Tempat tinggal = 180 cm – 100 cm

Menurut Supribadi, ukuran lebar tangga dipengaruhi oleh fungsi tangga pada jenis bangunan tertentu. Dengan kata lain lebar tangga sangat dipengaruhi oleh banyaknya orang yang akan melalui tangga tersebut.
- e. Sudut kemiringan
 - Maksimum = 45°
 - Minimum = 25°

4. Sandaran. Digunakan sebagai pegangan agar lebih aman dapat melewati tangga. Agar tangga dapat digunakan/dilalui dengan mudah, nyaman, dan tidak melelahkan, maka ukuran anak tangga perlu diperhitungkan dengan mengingat beberapa pertimbangan berikut:
 - a. Jarak satu langkah orang berjalan, berkisar antara 57 cm sampai dengan 65 cm.
 - b. Pada saat orang berjalan, tenaga untuk mengangkat kaki diperlukan dua kali lipat daripada tenaga untuk memajukan kaki.
 - c. Semakin kecil sudut kemiringan, semakin sulit untuk dilalui/didaki

Adapun langkah-langkah dalam merancang tangga adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan ukuran atau dimensi anak tangga,
 - Menentukan ukuran optrede dan antrede
 - Menentukan jumlah optrede dan antrede
 - Menghitung panjang tangga
 Panjang tangga = jumlah optrede + lebar antrede
 - Menghitung sudut kemiringan tangga
 Sudut kemiringan tangga = $\text{arc tan} \left(\frac{\text{Tinggi tangga}}{\text{panjang tangga}} \right)$
 - Menentukan tebal pelat tangga
 Perhitungan tebal pelat tangga identic dengan metode perhitungan pelat satu arah
- b. Menentukan beban dan momen tangga
 - Beban mati (WD)\
 - 1) Berat sendiri bordes
 - 2) Berat pelat tangga
 - Beban hidup (W_L) sebesar 3 kN/m
- c. Menghitung gaya-gaya bekerja dengan menggunakan program SAP2000. V.14
- d. Perhitungan tulangan tangga dari bordes:
- e. Menghitung tinggi efektif (d_{eff})

$$d = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \cdot \phi \cdot \text{tulangan pokok}$$

f. Menentukan rasio penulangan (ρ)

$$\text{Syarat} = \rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

g. Menghitung luas penampang tulangan (A_s) menggunakan rumus:

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

Keterangan :

$$A_s = \text{luas penampang tulangan (mm}^2\text{)}$$

$$\rho = \text{rasio penulangan}$$

$$d_{\text{eff}} = \text{tinggi efektif (mm)}$$

Menurut SNI 2847:2019 Pasal 7.12.2.1 luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014 :

- a. Slab yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 280 atau 350. ($A_s = 0,0020$);
- b. Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las mutu 420. ($A_s = 0,0018$);
- c. Slab yang menggunakan tulangan dengan tulangan leleh melebihi 420 Mpa yang ditukar pada regangan leleh sebesar 0,35 persen. ($A_s = \frac{0,0018 \times 420}{f_y}$)

Keterangan :

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

ρ = rasio penulangan

d = tinggi efektif pelat (mm)

2.3.4 Perencanaan Portal

Portal adalah salah satu sistem kontruksi yang terdiri dari bagian – bagian bangunan yang saling terhubung satu sama lain. Beberapa portal dapat berdiri sendiri baik dibantu sistem struktur lantai ataupun tanpa bantuan dari struktur lain.

Fungsi utama dari portal ini adalah untuk menahan beban struktur yang bekerja pada suatu bangunan sebagai satu kesatuan yang lengkap.

Portal terbagi menjadi dua macam yaitu portal terbuka dan portal tertutup.

1. Portal terbuka, dalam portal terbuka semua gaya dan momen yang bekerja pada struktur bangunan disokong sepenuhnya oleh pondasi. Peran sloof hanyalah menahan beban dinding saja. Tingkat kekuatan dan kekakuan pada portal terbuka dalam menanggung beban lateral serta kestabilan juga bergantung pada daya kekuatan setiap elemen – elemen yang menyusunnya.
2. Portal tertutup, memiliki prinsip kerja untuk menahan seluruh gaya dan momen yang bekerja menggunakan sloof terlebih dahulu untuk kemudian gaya dan momen tersebut disamaratakan setelah itu bagian dari total beban ini akan diteruskan ke pondasi. Sloof / *Tie Beam* pada struktur ini memiliki kegunaan untuk mengikat kedudukan kolom – kolom bangunan itu sendiri.

Berikut merupakan pembebanan pada portal :

1. Portal akibat beban mati

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang. Pembebanan akibat beban mati antara lain :

- a) Berat sendiri balok
- b) Berat sumbangan pelat lantai
- c) Berat pasangan dinding
- d) Berat plesteran dinding
- e) Beban akibat aksi balok anak ke balok induk (jika ada)

2. Portal akibat beban hidup

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang.

3. Portal akibat beban angin

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang. Adapun tahapan perhitungan beban angin dapat dilihat pada SNI 1727:2013 hal. 64.

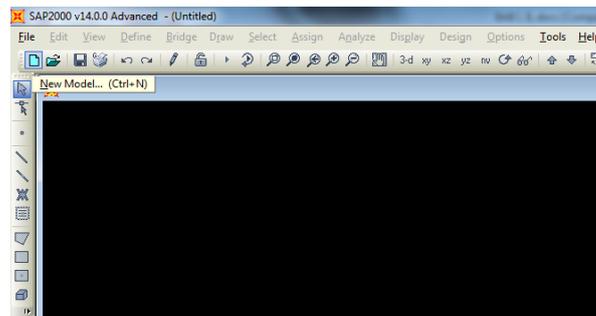
Langkah-langkah menghitung portal dengan menggunakan software SAP 2000 V.14, sebagai berikut:

- a. Menentukan gaya-gaya dalam

Untuk mengetahui nilai gaya-gaya dalam, digunakan program SAP 2000.

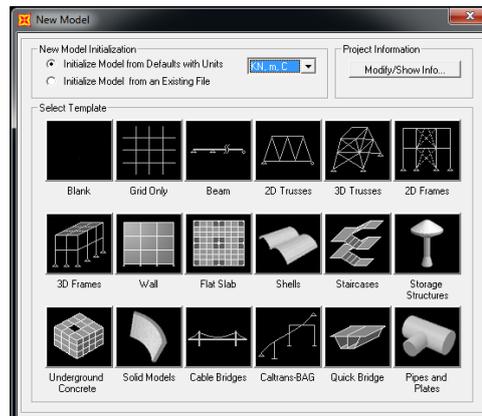
Adapun langkah – langkah adalah sebagai berikut :

1. Buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup
 - a) Klik *New Model* atau CTRL + N



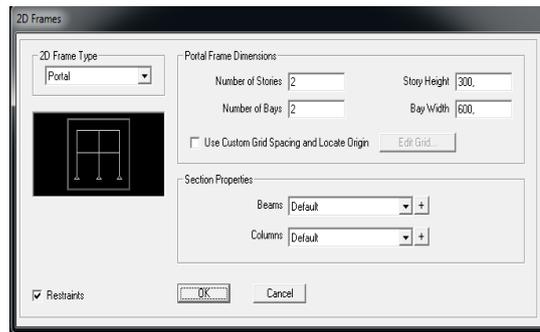
Gambar 2. 4 Toolbar New Model

- b) Selanjutnya akan ditampilkan kotak dialog *New Model* Tetapkan satuan yang akan dipakai, misalnya kN, m, C



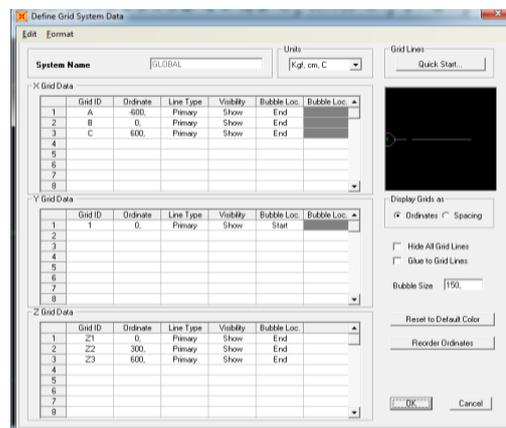
Gambar 2. 5 Tampilan *New Model*

- c) Pilih model template *2D Frames*, akan muncul jendela seperti gambar 2.5 isikan *Number of stories*, *story height*, *Number of Bays*, dan *bay width* masukan sesuai data – data perencanaan. Kemudian klik ok.



Gambar 2. 6 Tampilan *2D Frames*

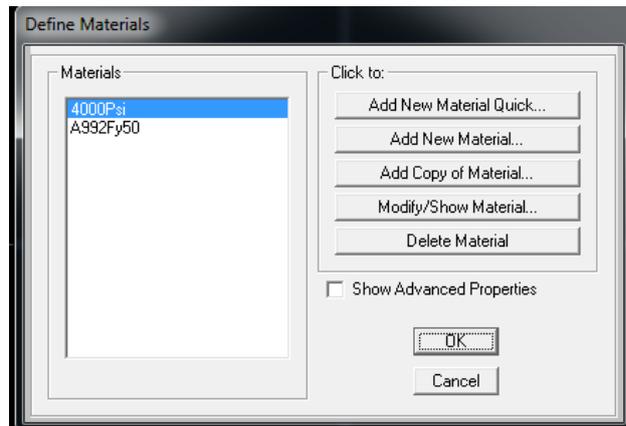
- d) Untuk mengatur kembali jarak – jarak pada portal. Dapat dilakukan dengan cara **klik 2x** pada *grid point* yang terdapat pada portal. Maka, akan muncul tampilan *Define Grid System* data (dapat dilihat pada gambar 2.6) setelah itu dapat dilakukan penyesuaian jarak portal dengan data perencanaan yang ada dan disesuaikan arah x, dan z pada SAP v.14



Gambar 2. 7 *Define Grid System* data

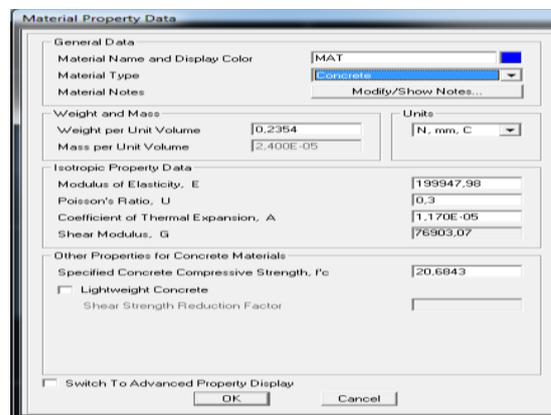
2. Menentukan material

- a) Langkah pertama klik *Difane* pada *Toolbar* > selalu klik *Materials* maka akan muncul jendela *Difine Material*.



Gambar 2. 8 Jendela *Define Material*

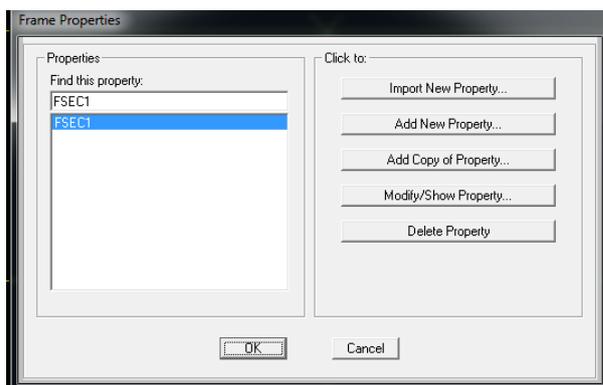
- b) Pilih *Add New Material*, maka akan muncul jendela material Property Data. Ganti nilai Weight per unit volume dengan 24 (nilai ini adalah nilai dari berat jenis beton). Ubah nilai *Modulus of Elasticity* dengan rumus $4700\sqrt{F_c}^1 \cdot 1000$, serta ubah juga nilai F_c dan F_y sesuai dengan perencanaan dengan masing – masing dikali 1000, klik OK.



Gambar 2. 9 Jendela *Material Property Data*

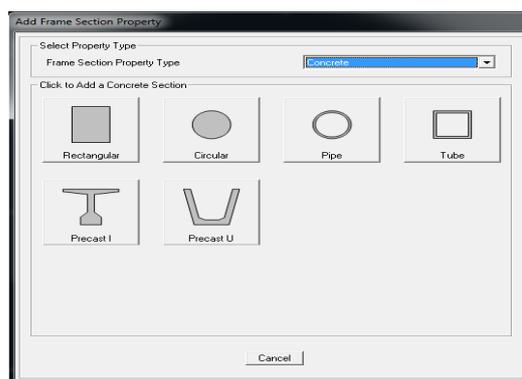
3. Menentukan nilai dimensi kolom dan balok

- a) Blok *frame* kolom/balok, lalu pilih *menu* pada *toolbar*, *Define* > *section properties* > *Frame section*, setelah memilih menu diatas akan tampil *Toolbar Frame Properties* seperti pada gambar 2.9

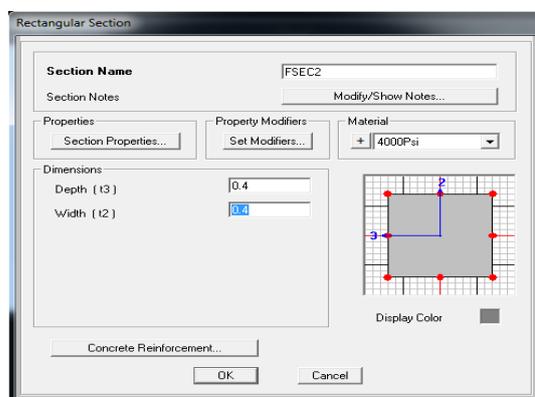


Gambar 2. 10 *Toolbar Frame Properties*

- b) Klik *Add new property*, maka akan muncul jendela *add Frame Election Property*. Pada *Select Property Type*, ganti *frame selection property type* menjadi *concrete*. Lalu pilih *rectangular* pada *click to add a Concrete section* (untuk penampang berbentuk segiempat).

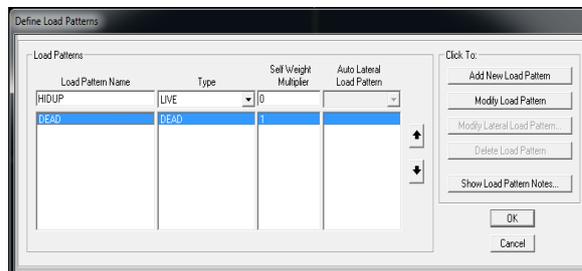


Gambar 2. 11 *Toolbar Frame Properties*



Gambar 2. 12 *Jendela Rectangular Section*

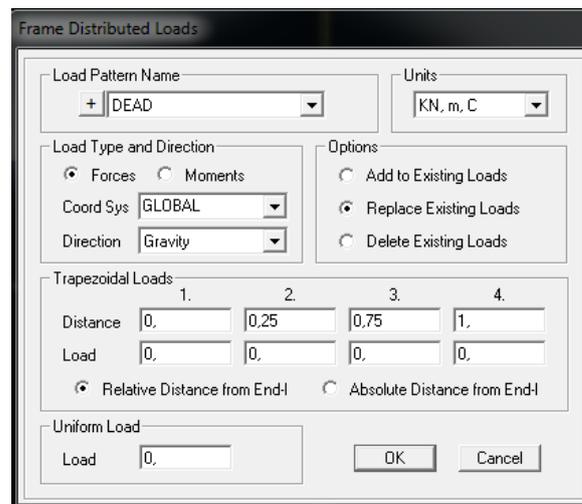
- c) Ganti *section name* dengan nama Balok (untuk balok), kolom (untuk kolom). Ganti ukuran tinggi (*Depth*) dan lebar (*Width*) Balok/Kolom sesuai dengan perencanaan. Kemudian klik *Concrete Reinforcement*, klik *Column* (untuk kolom), *Beam* (untuk balok) lalu klik OK.
- d) Untuk menentukan *framer* tersebut balok atau kolom yaitu dengan cara memblok *frame* kemudian pada *toolbar* pilih menu *Assign – Frame / Cable / Tendon – Frame Section* – pilih Balok atau Kolom.
4. 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* seperti yang terlihat pada gambar. Apabila selesai klik OK.



Gambar 2. 13 Jendela *Define Load Pattern*

- b) Input nilai beban mati, beban hidup dan angin
- 1) Akibat beban merata

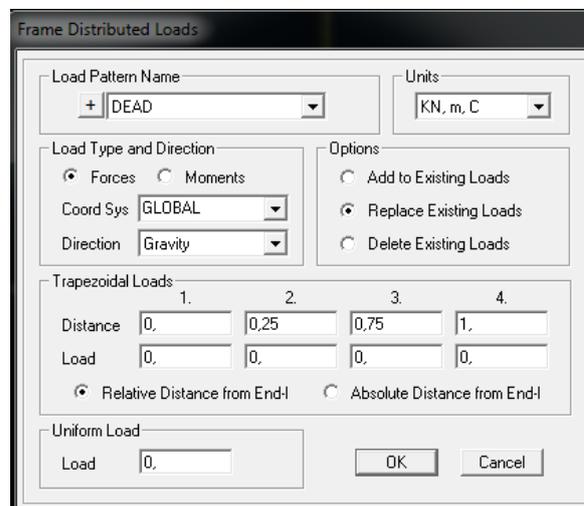
Blok *frame* yang akan di input, lalu pilih menu pada *toolbar*, *Assign – Frame Loads – Distributed* – pilih beban mati atau beban hidup untuk pembebanan tersebut pada *Load patter*.



Gambar 2. 14 Jendela *Frame Disributed Loads*

2) Akibat beban terpusat

Sama halnya dengan menginput data pada pembebanan merata, hanya saja setelah memilih menu Frame – selanjutnya yang dipilih adalah Points, maka akan tampil jendela seperti gambat berikut :

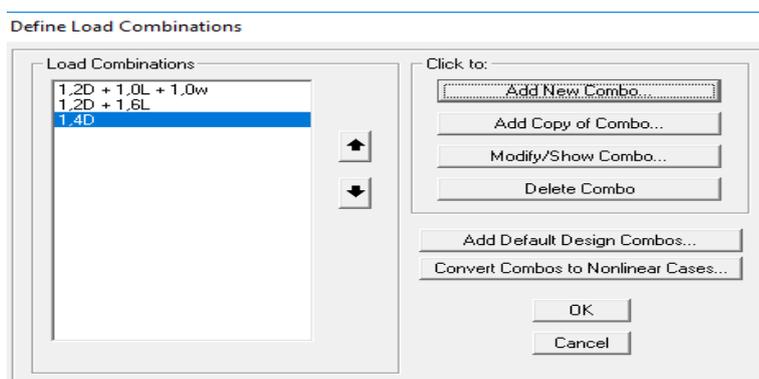


Gambar 2. 15 Jendela *Frame Point Loads*

c) *Input Load Combination* (beban kombinasi), yaitu :

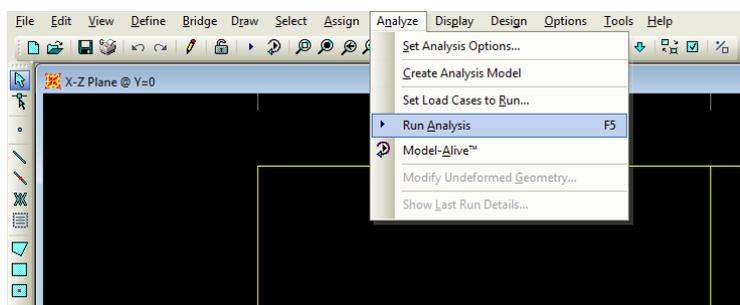
- 1) 1,4 Beban Mati
- 2) 1,2 Beban Mati + 1,6 Beban Hidup
- 3) 1,2 Beban Mati + 1,0 Beban Hidup + 1,0 Beban Angin

Balok seluruh frame yang akan di kombinasi, kemudian pilih menu pada toolbar, Define – Combination – add new combo, kemudian akan terlihat seperti gambar berikut :



Gambar 2. 16 Jendela *Loads Combination*

5. Run Analysis, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 17 Jendela *Run Analysis*

2.3.5 Perencanaan Balok

Balok adalah bagian dari struktural sebuah bangunan yang kaku dan dirancang untuk menanggung dan mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang. Selain itu balok juga berfungsi sebagai pengikat kolom-kolom agar apabila terjadi pergerakan, kolom-kolom tersebut tetap bersatu padu mempertahankan bentuk dan posisinya semula.

Berikut langkah perencanaan balok :

1. Menentukan mutu dari beton yang akan digunakan
2. Menghitung pembebanan yang akan terjadi, yaitu :

- a. Beban mati (*Dead Load*)
 - b. Beban hidup (*Live Load*)
 - c. Beban sendiri balok
 - d. Beban dari sambungan plat
3. Menghitung beban dan momen pada balok
- a. Beban balok
 - Beban mati (W_D)
 - Beban hidup (W_L)
 - Beban rencana (W_U) = $1,2 \cdot W_D + 1,6 \cdot W_L$
 - b. Momen pada balok
 - Momen akibat beban mati (M_D)
 - Momen akibat beban hidup (M_L)
 - Momen rencana (M_U) = $1,2 \cdot M_D + 1,6 \cdot M_L$
4. Cek dimensi penampang balok
- a. Menentukan $d_{eff} = h - \rho - \frac{1}{2} \cdot \emptyset$ sengkang $- \frac{1}{2} \emptyset$ tulangan utama
 - b. Menghitung nilai ρ
 - $\rho_{minimum} = \frac{1,4}{f_y}$ (digunakan untuk mutu beton ≤ 30 MPa) atau;
 - $\rho_{minimum} = \sqrt{\frac{f_c}{4 \cdot f_y}}$ (digunakan untuk mutu beton > 30 MPa)

Keterangan ;

- M_u = momen rencana/terfaktor pada penampang (kN.m)
- b = lebar penampang (mm), diambil tiap 1 m.
- d = tinggi efektif pelat (mm)
- ϕ = 0,9 faktor reduksi rencana (*Sumber SNI 2847-2019:468*)

Dengan syarat jika :

- $\rho_{min} < \rho$ hitung $< \rho_{maks}$ (**OKE**),
- Jika ρ hitung $< \rho_{min}$, maka penampang terlalu besar sehingga dimensi balok bisa dikurangi
- Jika ρ hitung $> \rho_{maks}$, maka dimensi terlalu kecil sehingga harus dibesarkan.

5. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

- a. Menentukan $d_{eff} = h - \rho - \frac{1}{2} \cdot \emptyset$ sengkang $- \frac{1}{2} \cdot \emptyset$ tulangan utama
- b. Menghitung nilai ρ
- c. Hitung luas tulangan yang diperlukan (A_s)

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

Dimana ;

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

ρ = rasio penulangan

d = tinggi efektif balok (mm)

- d. Menentukan diameter tulangan yang dipakai.

Syaratnya ialah A_s terpasang $\geq A_s$ yang direncanakan.

6. Menghitung tulangan geser

- a. $V_c = (0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c}) b_w \cdot d$, (SNI 2847 : 2019 hal 485)

Syarat tulangan geser diperlukan apabila $V_u > \frac{1}{2} \emptyset V_c$. Tulangan geser minimum dipakai apabila $\emptyset V_c > V_u > \frac{1}{2} \emptyset V_c$. Tulangan yang dipakai biasanya berdiameter 10 mm yang diletakkan pada jarak maksimum. Sedangkan apabila $V_u > \emptyset V_c$ maka kebutuhan tulang geser harus dihitung.

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

$$V_u < \phi V_n$$

Dimana, $V_n = V_c + V_s$

Sehingga :

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

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

c. Luas minimum tulangan geser adalah :

$$A_{v_{\min}} = 0,062 \times \sqrt{f_c'} \times \left(\frac{b_w \cdot S}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot b_w \cdot S}{f_{yt}}$$

d. Jarak maksimum tulangan geser adalah :

- Jika $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \rightarrow$ Maka, $S = d/2$ atau 600 mm
- Jika $V_s > 0,33 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \rightarrow$ Maka, $S = d/4$ atau 300 mm
- S maksimum untuk tulangan pokok = 3 x tebal plat
- S maksimum untuk tulangan suhu dan susut = 5 x tebal plat atau tidak lebih dari 450 mm (SNI 2847:2019, hal 126)
- Sehingga, untuk Sengkang vertical dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{s\text{perlu}}}$$

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 (dimana A_s = luas penampang batang tulangan sengkang)
- d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik
- f_y = mutu baja

2.3.6 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 atau panjang terhadap dimensi terkecilnya sebesar

3 atau lebih. Kolom memikul beban vertikal yang berasal dari pelat lantai atau atap dan menyalurkannya ke pondasi.

Adapun berikut adalah Langkah perencanaan kolom :

1. Cek dimensi penampang

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

b. Memeriksa P_u terhadap beban seimbang

$$d = h - d'$$

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

$$a_b = \beta_1 \times C_b$$

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

$$f_s = f_y$$

Sehingga,

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

- $\emptyset P_n < P_u$, beton hancur di daerah tekan

- $\emptyset P_n > P_u$, beton hancur di daerah tarik

c. Memeriksa kekuatan penampang

- Akibat keruntuhan tarik

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

- Akibat keruntuhan tekan

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

2. Perhitungan tulangan

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

b. Menghitung nilai eksentrisitas terhadap arah x dan arah y

- $e_{ux} = \frac{M_{ux}}{\sum P_u} > e_{uy} = \frac{M_{uy}}{\sum P_u}$, maka perhitungan kolom melihat arah x

- $e_{ux} = \frac{M_{ux}}{\sum P_u} < e_{uy} = \frac{M_{uy}}{\sum P_u}$, maka perhitungan kolom melihat arah y

c. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi

$$\beta \cdot d = \frac{1,2 \cdot D}{(1,2 \cdot D + 1,6 L + 0,5 R)} \quad (\text{portal tidak bergoyang})$$

Namun untuk perhitungan EI portal bergoyang, maka nilai βd_s dapat diambil sama dengan 0, sehingga :

$$E \cdot I_k = \frac{0,2 \cdot E_c \cdot I_g + E_s \cdot I_{se}}{1 + \beta d_s}$$

Keterangan ;

β = rasio bentang bersih arah memanjang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

d. Modulus Elastisitas

$$E_c = 4700 \sqrt{f_{c'}} \text{ MPa} \quad (\text{SNI 2847:2019, hal 434})$$

e. Nilai kekakuan kolom dan balok

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

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

- $E \cdot I_k = \frac{E_c \cdot I_g}{2,5 (1 + \beta \cdot d)} \rightarrow \text{untuk kolom}$

- $E \cdot I_b = \frac{\frac{1}{5} (E_c \cdot I_g) + (E_s \cdot I_{s\theta})}{1 + \beta \cdot d} \rightarrow \text{untuk balok}$

Keterangan :

e = eksentrisitas

Mu = momen terfaktor yang bekerja pada penampang

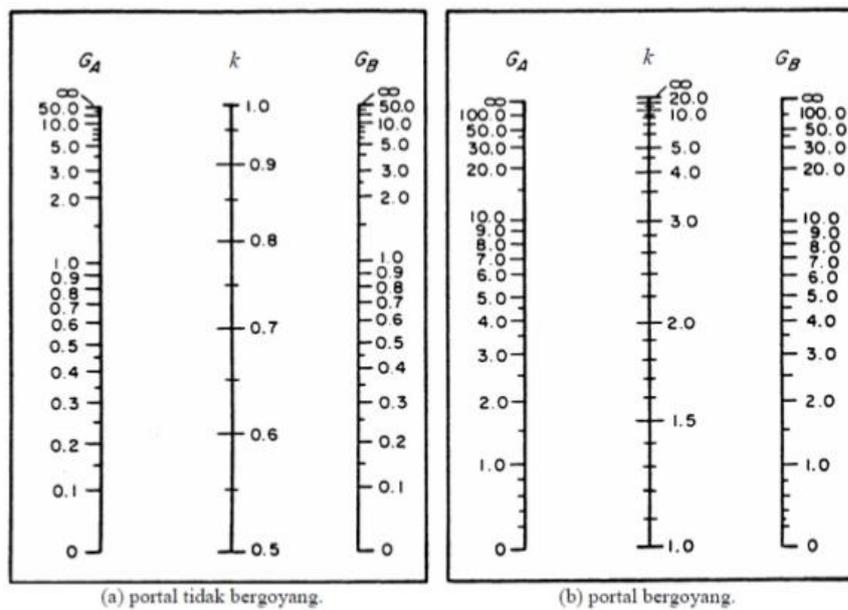
Pu = beban aksial terfaktor yang bekerja pada penampang

I_g = momen inersia penampang beton utuh dan diandaikan tak bertulang

f. Menentukan Ψ_a dan Ψ_b

$$\Psi = \frac{\sum \left(\frac{EI_k}{L_k} \right)}{\sum \left(\frac{EI_b}{L_b} \right)}$$

g. Faktor panjang efektif kolom



Gambar 2. 18 Grafik alignmen (diagram nomogram) untuk menentukan k dari kolom

(SNI 2847:2019, hal 93)

h. Angka kelangsingan kolom

Kolom langsing dengan ketentuan sebagai berikut

(SNI 2847:2019, hal 91 ayat 6.2.5)

- Untuk kolom yang tidak ditahan terhadap goyangan samping

$$\frac{Klu}{r} > 22$$

- Untuk kolom yang ditahan terhadap goyangan samping

$$\frac{Klu}{r} \leq 34 + 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \text{ dan } \frac{Klu}{r} \leq 40$$

Pada portal bergoyang $\frac{Klu}{r} > 22$, maka perencanaan harus menggunakan metode perbesaran momen (M_c).

Keterangan :

K = faktor panjang efektif komponen struktur tekan

Nilai k didapat dari nomogram pada **Gambar 2.18**

Lu = panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang

r = jari – jari putaran potongan lintang komponen struktur tekan

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

i. Perbesaran momen

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

$$\Sigma P_c = [n \cdot interior(P_c)] + \left[\frac{2}{3} \cdot n \cdot Eksterior(P_c) \right]$$

$$\Sigma P_c = n \cdot Interior (P_{u_{lintang}} + P_{u_{panjang\ interior}}) + \frac{2}{3} (n \cdot eksterior (P_{u_{lintang}} +$$

$$P_{u_{panjang\ eksterior}}) + \frac{1}{3} (n \cdot eksterior (P_{u_{lintang}} + P_{u_{panjang\ eksterior}}))$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma P_u}{\phi \Sigma P_c}} \geq 1,0 \rightarrow \text{portal bergoyang}$$

$$M_c = \delta_b \cdot M_{2b} + \delta_s \cdot M_{2s}$$

Keterangan ;

M_c = momen rencana yang diperbesar

δ = factor perbesaran momen

P_u = beban rencana aksial terfaktor

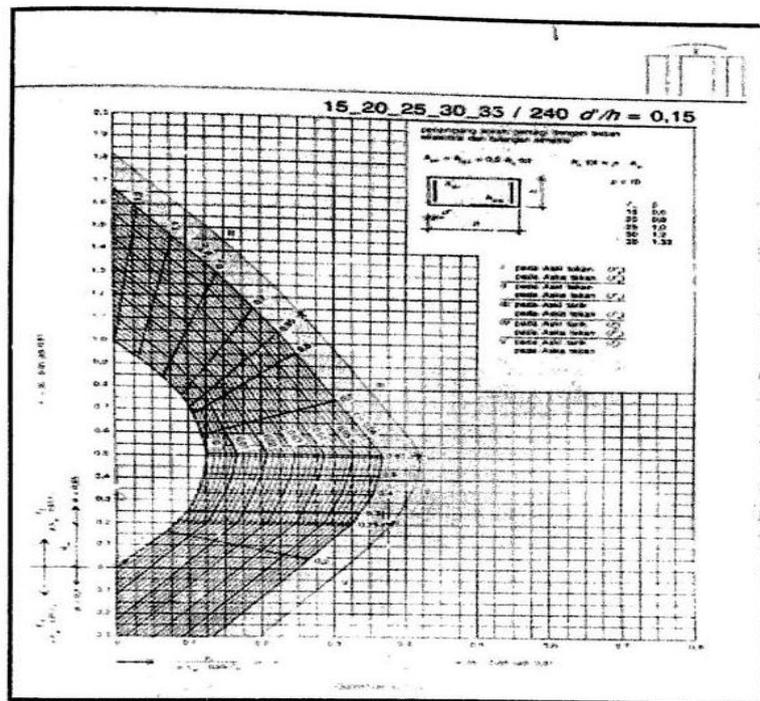
P_c = beban tekuk Euler

Faktor reduksi kolom dengan rumus berdasarkan (SNI 1727:2013,hal 21)

$$L = L_o + 0,25 + \left(\frac{4,57}{\sqrt{K_{LL} \cdot A_L}} \right) = 0,81$$

j. Desain penulangan

Adapun nilai ρ_g , sebagai berikut :



Gambar 2. 19 Tabel ρ_g Vis dan Gideon Seri 4 (1993:81-82)

$\rho_g = 0,001 < \rho_{\min} = 0,01$. Maka dipakai ρ_{\min}

$\rho = \rho_{\min} \cdot \beta$

$\rho = \rho'$

Sehingga $A_{S_{\text{total}}} = \rho \cdot b \cdot h$

Keterangan :

ρ = rasio penulangan tarik non-prategang

ρ' = rasio penulangan tekan non-prategang

A_s = luas tulangan tarik non-prategang yang dipakai

A_s' = luas tulangan tekan non-prategang yang dipakai

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

d' = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan

b = lebar daerah tekan komponen struktur

h = diameter penampang

f_c = mutu beton

f_y = mutu baja

e = eksentrisitas

2.3.7 Perencanaan Sloof

Sloof merupakan struktur bangunan yang terletak di atas pondasi bangunan. Fungsi dari sloof sendiri adalah sebagai sarana untuk mendistribusikan beban dari bangunan atas ke pondasi, sehingga beban dapat dengan merata tersalurkan ke titik – titik pondasi. Selain untuk mendistribusikan beban, sloof juga berfungsi agar dinding dan kolom dapat terkunci dan menghindari bangunan roboh apabila terjadi pergerakan tanah.

Adapun langkah – langkah perhitungan sloof adalah sebagai berikut :

1. Cek dimensi penampang sloof

a. Menghitung momen rencana

$$M_u = 1,4 \times M$$

Dimana nilai M didapat dari momen akibat beban mati di perhitungan SAP Sloof

b. Cek dimensi

- Menentukan $d_{eff} = h - p - \emptyset_{sengakang} - \frac{1}{2}\emptyset_{tulangan\ utama}$

- Menentukan nilai ρ

Dengan syarat jika $\rho_{min} < \rho_{hitung} < \rho_{maks}$ (**OKE**),

- Jika $\rho_{hitung} < \rho_{min}$, maka penampang terlalu besar sehingga dimensi balok bisa dikurangi

- Jika $\rho_{hitung} > \rho_{maks}$, maka dimensi terlalu kecil sehingga harus dibesarkan.

2. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Hitung A_s yang diperlukan

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

Dimana ;

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

ρ = rasio penulangan

d = tinggi efektif pelat (mm)

b. Menentukan diameter tulangan yang dipakai dengan syarat A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan.

c. Pilih tulangan dengan dasar As terpasang \geq As direncanakan.

Apabila $MR < Mu$ balok akan berperilaku sebagai balok T murni.

3. Perencanaan tulangan geser

a. $V_c = (0,17\lambda\sqrt{f'_c})b_w d$ (SNI 2847 : 2019 hal 485)

Syarat tulangan geser diperlukan apabila $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$. Tulangan geser minimum dipakai apabila $\phi V_c > V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$. Tulangan yang dipakai biasanya berdiameter 10 mm yang diletakkan pada jarak maksimum. Sedangkan apabila $V_u > \phi V_c$ maka kebutuhan tulang geser harus dihitung.

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

$$V_u < \phi V_n$$

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

Sehingga :

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

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

c. Luas minimum tulangan geser adalah :

$$A_{V_{\min}} = 0,062 \times \sqrt{f'_c} \times \left(\frac{b_w \cdot S}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot b_w \cdot S}{f_{yt}}$$

d. Jarak maksimum tulangan geser adalah :

- Jika $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \rightarrow$ Maka, $S = d/2$ atau 600 mm
- Jika $V_s > 0,33 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \rightarrow$ Maka, $S = d/4$ atau 300 mm
- S maksimum untuk tulangan pokok = 3 x tebal plat
- S maksimum untuk tulangan suhu dan susut = 5 x tebal plat atau tidak lebih dari 450 mm (SNI 2847:2019, hal 126)

Sehingga, untuk Sengkang vertical dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{\text{spelu}}}$$

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 = $2 A_s$ (dimana A_s = luas penampang batang tulangan sengkang)

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

f_y = mutu baja

2.3.8 Perencanaan Pondasi Tiang Pancang dan *Pile Cap*

Pondasi merupakan struktur bawah dari suatu bangunan yang bertugas untuk memikul bangunan di atasnya. Terdapat berbagai macam jenis pondasi, salah satunya adalah pondasi tiang. Pondasi tiang sendiri termasuk ke dalam jenis pondasi dalam. Pada bangunan kali ini direncanakan dengan menggunakan pondasi tiang pancang.

Secara umum dalam perencanaan pondasi harus memenuhi persyaratan diantaranya adalah sebagai berikut :

- Tegangan kontak pada tanah tidak melebihi daya dukung tanah yang diizinkan
- *Settlement* (penurunan) dari struktur masih termasuk dalam batas yang diizinkan, apabila terdapat kemungkinan akan terjadi kelebihan dari perhitungan awal maka ukuran pondasi dapat dibuat berbeda dan dihitung secara sendiri – sendiri sehingga penurunan yang terjadi menjadi persamaan. Pemilihan bentuk pondasi juga didasarkan pada daya dukung tanah, oleh karena itu perlu diperhatikan hal – hal berikut ini :
 - Bila tanah keras terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter di bawah permukaan tanah, maka pondasi yang dipilih sebaiknya jenis pondasi dangkal (pondasi jalur atau pondasi tapak)

- Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 10 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya digunakan adalah pondasi tiang minipile dan pondasi sumuran atau borepile.
- Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 20 meter atau lebih di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang pancang.

Berdasarkan data tanah dari pembangunan Gedung Arsip Bank Mandiri Regional II Palembang yang dijadikan judul dalam laporan akhir ini, maka jenis pondasi yang digunakan adalah pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang. Adapun langkah – langkah perencanaan pondasi adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan pondasi

a. Daya dukung izin berdasarkan :

- Kekuatan bahan tiang pancang

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

- Kekuatan tanah

$$Q_{\text{izin}} = \frac{A_{\text{tiang}} \times p}{f_b} + \frac{0 \times l \times c}{f_s}$$

b. Menentukan jumlah tiang

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

Lalu didapat,

$$n = \frac{Q}{Q_{\text{izin}}}$$

2. Menentukan jarak antar tiang

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

Keterangan :

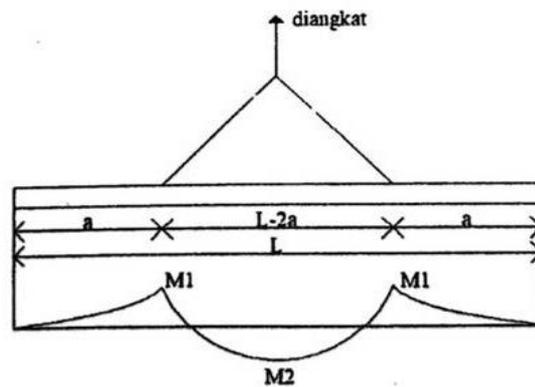
S = jarak antar tiang

d = ukuran *Pile* (Tiang)

3. Pengangkatan tiang pancang

a. Pengangkatan pola 1 (pada waktu pengangkatan)

Kondisi pengangkatan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan dua tumpuan



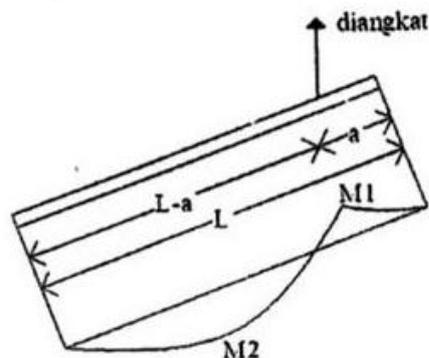
Gambar 2. 20 Pengangkatan Pola 1

$$M_1 = M_2$$

$$\frac{1}{2}qa^2 = \frac{1}{8}q(L-2a)^2 - \frac{1}{2}qa^2$$

b. Pengangkatan pola 2 (pada waktu pengangkatan)

Kondisi pengangkatan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan satu tumpuan



Gambar 2. 21 Pengangkatan Pola 2

$$M_1 = M_2$$

$$\frac{1}{2}qa^2 = \frac{1}{2}q \left(\frac{L^2 - 2aL}{2(L-a)} \right)^2$$

4. Perhitungan tulangan tiang pancang

a. Menentukan $d_{eff} = h - p - \phi_{sengkan} - \frac{1}{2}\phi_{utama}$

b. Berdasarkan nilai P yang paling besar

- Hitung arah absis x dan y

$$\text{absis } x = \frac{Pu}{\phi Ag \cdot 0,85 fc'} \times \left(\frac{e}{h} \right)$$

$$\text{absis } y = \frac{Pu}{\phi Ag \cdot 0,85 fc'}$$

- Nilai ρ_g didapat pada grafik gideon Seri 4

$$\rho_g = 0,001 < \rho_{min} = 0,01 \rightarrow \text{maka akan digunakan } \rho_{min}$$

$$\rho = \rho_{min} \times \beta$$

$$\text{Sehingga didapat } A_{s_{tot}} = \rho \times b \times h$$

c. Berdasarkan nilai momen pada saat pengangkatan

- Menghitung nilai ρ_{perlu}

- Hitung luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_s \text{ total} = \rho \times b \times h$$

5. Perhitungan tulangan sengkang tiang pancang

a. Menghitung nilai V_u

$$V_u = R_1 = \frac{q(L-a)}{2} - \frac{qa^2}{2(L-a)}$$

b. $\phi V_c = \phi \frac{1}{6} \sqrt{fc'} \cdot b_w \cdot d$

Syarat tulangan geser diperlukan apabila $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$. Tulangan geser

minimum dipakai apabila $\phi V_c > V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$. Tulangan yang dipakai

biasanya berdiameter 10 mm yang diletakkan pada jarak maksimum.

Sedangkan apabila $V_u > \phi V_c$ maka kebutuhan tulang geser harus dihitung.

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

$$V_u < \phi V_n$$

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

Sehingga :

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

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

- d. Luas minimum tulangan geser adalah :

$$A_{v_{\min}} = 0,062 \times \sqrt{f'_c} \times \left(\frac{b_w \cdot S}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot b_w \cdot S}{f_{yt}}$$

- e. Jarak maksimum tulangan geser adalah :

- Jika $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \rightarrow$ Maka, $S = d/2$ atau 600 mm
- Jika $V_s > 0,33 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \rightarrow$ Maka, $S = d/4$ atau 300 mm
- S maksimum untuk tulangan pokok = 3 x tebal plat
- S maksimum untuk tulangan suhu dan susut = 5 x tebal plat atau tidak lebih dari 450 mm (SNI 2847:2019, hal 126)

Sehingga, untuk Sengkang vertical dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{\text{perlu}}}$$

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

- $A_v = 2 A_s$ (dimana A_s = luas penampang batang tulangan sengkang)
 d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik
 f_y = mutu baja

6. Perhitungan tulangan geser pile cap

a. Kontrol kekuatan geser secara kelompok

Untuk menghitung tulangan geser pile cap ditinjau dengan 2 cara, yaitu Aksi dua arah dan Aksi satu arah.

- Untuk Aksi Dua Arah

Tegangan tanah ultimate akibat beban terfaktor

$$P_{ult} = \frac{P_u}{A}$$

$$V_u = (P_{ult} \times B \times L) - ((a_2 + d) \times (a_1 + d))$$

Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \frac{b_o \cdot d \cdot \sqrt{f_c'}}{6} \rightarrow \beta = 1$$

$$\phi V_c = \frac{1}{3} b_o \cdot d \cdot \sqrt{f_c'} \rightarrow \beta = 1$$

$$\phi V_c = \phi \left(\frac{a_s \cdot d}{b_o} + 2\right) \times \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{12}$$

Dari ketiga persamaan diambil yang terkecil.

Jika $\phi V_c > V_u$ maka tidak diperlukan tulangan geser, sedangkan jika

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

- Untuk Aksi Dua Arah

Gaya geser terfaktor

$$P_{ult} = \frac{P_u}{A}$$

$$V_u = P_{ult} \cdot B \left(\frac{L}{2} - \frac{c}{2} - d\right)$$

Gaya geser nominal

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

Jika $\phi V_c > V_u$ maka tidak diperlukan tulangan geser, sedangkan jika $\phi V_c < V_u$ maka diperlukan tulangan geser.

b. Kontrol kekuatan geser secara individual

- Gaya geser terfaktor (V_u)
- Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \frac{1}{3} \cdot b_0 \cdot d \cdot \sqrt{f_c'}$$

Jika $\phi V_c > V_u$ maka tidak diperlukan tulangan geser, sedangkan jika $\phi V_c < V_u$ maka diperlukan tulangan geser.

7. Perhitungan tulangan pokok pile cap

a. Menghitung nilai ρ_{perlu}

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y}, \text{ atau } \rho_{\text{min}} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 f_y}, \text{ ambil nilai terbesar}$$

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

b. Menghitung tulangan yang dibutuhkan

$$A_s = \rho_{\text{min}} \times b \times d$$

$$S = \frac{A_s \text{ tulangan}}{A_s \text{ pakai}} \times \text{lebar pile cap}$$

8. Perhitungan tulangan pokok pasak

a. Kuat tekan rencana kolom

$$\phi P_n = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A_g$$

Jika $\phi P_n > P_u$, artinya beban pada pondasi dapat dipindahkan dengan dukungan saja. Tetapi disyaratkan untuk menggunakan tulangan pasak minimum sebesar $\rightarrow A_s \text{ min} = 0,005 A_g$

b. Kontrol panjang penyaluran pasak

$$L_{db} = \frac{0,25 \cdot f_y \cdot d_b}{\sqrt{f_c'}}$$

Panjang pengjangkaran dibawah pertemuan kolom dengan pondasi LI yang tersedia adalah :

$$LI = h - p - (2 \cdot \emptyset \text{ pondasi}) - \emptyset \text{ pasak}$$

$LI > Ldb$, maka OK

2.4 Manajemen Proyek

Istilah manajemen merupakan terjemahan dari bahasa Inggris "*Management*" yang berasal dari perkataan "*manage*". Menurut *The Random House Dictionary of the English Language, College Edition*, perkataan *manage* berasal dari bahasa Italia "*meneg (iare)*", dan dari perkataan Latin "*manus*" yang berarti "memimpin, membimbing dan mengatur". Manajemen adalah proses mengintegrasikan, mengkoordinasikan dan mensinkronisasikan sumber daya, sumber dana dan sumber-sumber lainnya untuk mencapai tujuan dan sasaran melalui tindakan-tindakan perencanaan, pengorganisasian, penggerakan, pengawasan dan penilaian.

Sedangkan yang dimaksud dengan proyek adalah suatu usaha untuk mencapai suatu tujuan tertentu yang dibatasi oleh waktu dan sumber daya yang terbatas. Sehingga pengertian proyek konstruksi adalah suatu upaya untuk mencapai suatu hasil dalam bentuk bangunan atau infrastruktur.

Manajemen proyek konstruksi adalah proses penerapan fungsi-fungsi manajemen (perencanaan, pelaksanaan dan penerapan) secara sistimatis pada suatu proyek dengan menggunakan sumber daya yang ada secara efektif dan efisien agar tercapai tujuan proyek secara optimal. Manajemen Konstruksi meliputi mutu fisik konstruksi, biaya dan waktu. manajemen material dan manajemen tenaga kerja yang akan lebih ditekankan. Hal itu dikarenakan manajemen perencanaan berperan hanya 20% dan sisanya manajemen pelaksanaan termasuk didalamnya pengendalian biaya dan waktu proyek.

Manajemen proyek dibagi menjadi tiga bagian pekerjaan, yaitu RKS (Rencana Kerja dan Syarat – syarat), RAB (Rencana Anggaran Biaya), dan Rencana Pelaksanaan Kerja.

2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat – syarat (RKS)

Rencana Kerja dan Syarat – syarat (RKS) merupakan dokumen penting yang mengandung informasi mengenai segala ketentuan dan informasi – informasi yang diperlukan terutama informasi yang tidak dapat dimuat dalam gambar rencana. Adapaun isi dari RKS adalah :

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
2. Syarat Teknis
 - a. Jenis mutu dan bahan yang digunakan
 - b. Jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilaksanakan
 - c. Cara melaksanakan pekerjaan
 - d. Merk material atau bahan
3. Syarat Administrasi
 - a. Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan
 - b. Syarat pembayaran
 - c. Denda atas keterlambatan
 - d. Besar jaminan penawaran
 - e. Besar jaminan pelaksanaan

2.4.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan, alat dan upah, serta biaya – biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan proyek. RAB sendiri dibuat dengan tujuan untuk memberikan gambaran jelas mengenai bentuk konstruksi, besar biaya, dan pelaksanaan serta penyelesaiannya.

2.4.3 Rencana Pelaksanaan Kerja

A. *Network Planning* (NWP)

Network planning adalah teknik perencanaan yang dapat digunakan untuk mengevaluasi interaksi antar kegiatan. Teknik ini digunakan untuk membantu penyusunan jadwal proyek agar dapat diselesaikan dengan lebih efisien baik dalam waktu dan biaya dari proyek tersebut. Selain itu NWP ini juga digunakan sebagai alat pengawasan proyek yang cukup baik dalam penyelesaian proyek.

Secara umum NWP digunakan sebagai berikut :

- Memberikan perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian kegiatan secara menyeluruh
- Membantu memperkirakan waktu, biaya, serta sumberdaya yang diperlukan dalam suatu proyek
- Sebagai dokumentasi proyek
- Mengetahui kegiatan kritis dalam proyek tersebut
- Sebagai alat komunikasi data, masalah, dan tujuan proyek

Adapun data – data yang diperlukan dalam NWP ini adalah :

1. Urutan pekerjaan yang logis

Urutan pekerjaan disusun sesuai dengan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan selanjutnya dapat dimulai, dan pekerjaan apa yang selanjutnya dapat menyesuaikan.

2. Taksiran waktu penyelesaian tiap pekerjaan

Dapat digunakan waktu rata – rata berdasarkan pengalaman, atau dari perhitungan volume pekerjaan. Dapat juga dengan menggunakan perhitungan dari kurva s.

3. Biaya untuk mempercepat pekerjaan

Poin ini digunakan untuk mempercepat pekerjaan – pekerjaan yang berada pada jalur kritis. Contohnya adalah biaya lembur, biaya penambahan tenaga kerja, dan lain sebagainya.

B. Barchart

Barchart merupakan bentuk penjadwalan waktu proyek yang mencakup seluruh unit pekerjaan yang ada dalam proyek tersebut, dimana ditampilkan berupa batang horizontal yang menggambarkan waktu untuk menyelesaikan

pekerjaan tersebut. Dari bagan tersebut dapat dilihat waktu pelaksanaan unit pekerjaan dan pekerjaan yang mana yang dapat diselesaikan bersamaan.

Adapun keuntungan dari barchart adalah

- Bentuknya sederhana
- Mudah untuk dibuat
- Mudah dimengerti
- Mudah dibaca

Namun, kerugian dari barchart adalah

- Kurang jelas antara hubungan suatu pekerjaan dengan pekerjaan yang lain
- Sukar mengadakan perbaikan
- Sulit digunakan pada proyek – proyek yang unit pekerjaannya kompleks

C. Kurva S

Kurva S adalah jadwal pelaksanaan pekerjaan yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik yang menyerupai huruf S. Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu, dan bobot pekerjaan yang telah dipersentasekan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Kurva S juga dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek yang kemudian dapat dibandingkan dengan jadwal yang telah direncanakan, sehingga dapat diketahui apakah suatu proyek terjadi keterlambatan atau percepatan.

Adapun manfaat dari kurva S adalah :

1. Sebagai informasi untuk mengontrol pelaksanaan suatu proyek dengan cara membandingkan deviasi antara kurva rencana dengan kurva realisasi proyek.
2. Memberikan informasi pengambilan keputusan berdasarkan perubahan kurva realisasi terhadap kurva rencana. Perubahan ini dapat berupa persentase percepatan pekerjaan atau keterlambatan waktu pekerjaan yang telah ditentukan pada awal perencanaan proyek.
3. Memberikan informasi mengenai waktu yang tepat untuk melakukan pembayaran kepada *supplier*.

Tabel 2. 5 Berat Sendiri Bahan dan Komponen Gedung Bahan Bangunan