

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Konstruksi merupakan kegiatan membangun suatu bangunan yang nantinya dijadikan tempat berkumpul sekelompok orang melakukan kegiatan serta terlindung dari hujan, angin, dan terik matahari, yang memenuhi kriteria aman dan nyaman. Oleh karena itu sebelum melaksanakan konstruksi diperlukan perancangan struktur yang tepat. Perancangan adalah sebuah kegiatan yang sangat penting sebelum dilakukannya pelaksanaan di lapangan. Kesalahan dalam perancangan akan mengakibatkan terjadinya kerugian secara materil. Perancangan yang baik dan benar bukan hanya mampu mengeliminasi kerugian materil, namun juga mampu menghasilkan hasil konstruksi berupa bangunan yang aman dan nyaman, serta mampu pula mengefisienkan waktu pengerjaan sekaligus efektif dalam pengoperasionalan tenaga kerja serta peralatan kerja sehingga bisa menghemat pembiayaan.

Ada tiga aspek yang harus diperhatikan perancang dalam melakukan analisis struktur yakni; pembebanan, kekuatan bahan dan pemeriksaan keamanan struktur. Pada perancangan struktur gedung perlu dilakukan studi pustaka untuk mengetahui susunan fungsional dan sistem struktur yang akan digunakan serta bagaimana strategi yang digunakan agar tahap pelaksanaan struktur lebih efektif dan efisien.

Dalam bab ini akan dibahas lagi mengenai tata cara, langkah-langkah sekaligus teori-teori perhitungan yang memuat rumus perhitungan struktur mulai dari struktur atas yang meliputi konstruksi rangka atap, pelat atap, pelat lantai, tangga, balok, dan kolom sampai dengan perhitungan struktur bawah yang terdiri dari sloof dan pondasi. Studi pustaka bertujuan untuk mendapatkan informasi dan data yang akan membuat perancangan menjadi lebih akurat dan terarah.

2.2 Ruang Lingkup Perancangan

Berikut ini ruang lingkup perancangan konstruksi pada pembangunan Gedung Lembaga Penjamin Mutu Pendidikan Sumatera Selatan :

2.2.1 Perancangan Konstruksi

Perhitungan struktur dilakukan setelah dilakukannya analisis struktur atau setelah diadakannya studi kelayakan. Pada perancangan gedung LPMP Sumsel, digunakan jenis struktur beton bertulang untuk bagian utama konstruksi dan rangka baja untuk konstruksi atap.

Adapun jenis struktur dalam pembangunan gedung terdiri dari dua cakupan umum, yakni :

- a. Struktur Atas (*Upper Structure*) terdiri dari perancangan :
 1. Konstruksi Rangka Atap (Kuda-kuda)
 2. Pelat Atap (Dak);
 3. Pelat Lantai;
 4. Tangga;
 5. Balok Anak;
 6. Balok Induk;
 7. Kolom.
- b. Struktur Bangunan Bawah (*Sub Structure*) adalah sistem pendukung bangunan yang menerima beban struktur atas untuk diteruskan ke tanah di bawahnya. Perhitungan perancangan struktur bangunan bawah meliputi :
 1. Sloof;
 2. Pondasi.

2.2.2 Dasar-dasar Perhitungan

Dalam penyelesaian perhitungan untuk perancangan Gedung Lembaga Penjamin Mutu Pendidikan Sumatera Selatan, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang dibuat badan standarisasi yang berlaku di Indonesia dan berbagai jenis buku, diantaranya :

1. SNI 1727 : 2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain. Di dalamnya memuat peraturan mengenai beban-beban minimum yang digunakan dalam merancang bangunan gedung dan struktur lain;
2. 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.
3. Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971. Difungsikan sebagai acuan perhitungan struktur yang memuat aturan-aturan beton yang digunakan.
4. SNI 2847 : 2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung. SNI ini merupakan acuan perhitungan struktur yang memuat aturan-aturan beton hingga penulangan yang digunakan;
5. Perencanaan Struktur Beton Bertulang (Berdasarkan SNI 2847 : 2013) Oleh Agus Setiawan.
6. Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Bertulang (Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03) Oleh Istimawan Dipohusodo
7. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung Berdasarkan SNI -03-1729 : 2002 oleh Badan Standarisasi Nasional.
8. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD Edisi Ke-2 berdasarkan (SNI-03-1729 : 2002) Oleh Agus Setiawan.

Struktur suatu bangunan gedung harus dirancang untuk mampu memenuhi nilai kekuatan dan kekokohan suatu bangunan terhadap beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut. Berdasarkan SNI 2847-2013 tentang Perencanaan Beton Struktur untuk Bangunan Gedung, beban adalah gaya aksi lainnya yang diperoleh dari berat seluruh bangunan, penghuni, barang-barang yang ada di dalam bangunan gedung, efek lingkungan, selisih perpindahan, dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi. Beban-beban tersebut dapat diklasifikasikan kedalam beberapa kelompok, diantaranya :

1. Beban Mati

Beban mati adalah beban gravitasi yang berasal dari berat semua komponen gedung atau bangunan yang bersifat permanen selama masa layan (*Service Load*) struktur. Termasuk pula di dalam jenis beban mati ialah unsur-unsur tambahan seperti mesin dan peralatan tetap yang tak terpisahkan dari gedung itu sendiri. Selain hal yang disebutkan sebelumnya, sistem perpipaan, jaringan listrik, penutup lantai, dan plafond yang digunakan oleh bangunan juga turut menyumbang beban mati bagi gedung yang dirancang.

Tabel 2.1 Beban Sendiri Bahan Bangunan

No	Material	Berat	Satuan
1	Beton Bertulang	2400	Kg/m ³
2	Beton	2200	Kg/m ³
3	Baja	7850	Kg/m ³
4	Kayu Kelas I	1000	Kg/m ³

(Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung, 1983:11-12)

Tabel 2.2 Berat Sendiri Komponen Gedung

Komponen Gedung			
No	Material	Berat (kg/cm ²)	Keterangan
1	Adukan, per cm tebal : - Dari semen - Dari kapur, Semen Merah	21 17	
2	Dinding padangan batamerah : - Satu batu - Setengah batu	450 250	
3	Langit-langit & dinding, terdiri : - Semen asbes (eternit), tb. maks 4 mm - Kaca, tb. 3-5 mm	11 10	termasuk rusuk-rusuk, tanpa pengantung atau pengaku.

4	Penutup lantai ubin /cm tebal	24	Ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan
---	-------------------------------	----	---

(Sumber : Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung, 1983:11-12)

2. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup juga termasuk kedalam kategori beban gravitasi yakni suatu beban yang timbul sebagai dampak dari penggunaan suatu gedung selama masa layan (*service load*) tersebut. Kategori yang dimaksudkan dalam penggolongan beban hidup diantaranya; beban manusia, kendaraan, barang/benda yang berpindah dan/atau tidak permanen. Dikarenakan besar nilai beban hidup berbeda-beda tergantung pada fungsi bangunan, maka penentuan nilai beban hidup secara umum cukup sulit ditetapkan. Akan tetapi, beda halnya dengan pelat atap, kategori beban hidup pada pelat termasuk di dalamnya ialah air hujan, bisa disebabkan oleh genangan air hujannya ataupun tekanan jatuh dari air hujan itu sendiri

Tabel 2.3 Beban Hidup merata minimum, L_o dan beban hidup terpusat minimum

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Sistem lantai akses		
Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
Ruang Komputer	100(4,79)	2000(8,9)
Gedung 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	
Paanggung 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)	
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 [50 mm x 50 mm])		300(1,33)
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 Hunian satu keluarga saja	100(4,79) 40(1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi/parkir Mobil penumpang saja Truk dan bus	40(1,92) ^{a,b,c}	
Susunan tangga, rel pengaman dan 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)	1 000 (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)	2 000 (8,90)
Ruang penyimpanan	150 (7,18) ^{a,h}	3 000
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	(13,40)
Pabrik		
Ringan	125 (60,00) ^a	
Berat	250 (11,97) ^a	
Gedung perkantoran :		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih		

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2 000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2 000 (8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2 000 (8,90)
Lembaga hukum		
Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, Kolam renang, dan penggunaan yang sama	75 (3,59) ^a	
Bangsas dansa dan Ruang dansa	100 (4,79) ^a	
Gimnasium	100 (4,79) ^a	
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79) ^{a,k}	
Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87) ^{a,k}	
Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48) ^l	
Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0,96) ^m	
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	30 (1,44)	
Loteng yang dapat didiami tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya	40 (1,92)	

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	40 (1,92)	
Ruang publik ^a dan koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	
Atap		
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96) ⁿ	
Atap digunakan untuk taman atap	100 (4,79)	
Atap yang digunakan untuk tujuan lain	Sama seperti hunian dilayani	1
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya	^a	
Awning dan kanopi	5 (0,24) tidak boleh direduksi	
Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24) tidak boleh direduksi	200 (0,89)
Rangka tumpu layar penutup	direduksi dan berdasarkan luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka	
Semua konstruksi lainnya	20 (0,96)	300 (1,33)
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai		2 000 (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		300 (1,33)

Hunian atau penggunaan	Merata Psf (kN/m ²)	Terpusat Lb (kN)
Semua komponen struktur atap utama lainnya		
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		300 (1,33)
Sekolah		
Ruang kelas	40(1,92)	1 000 (4,5)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,5)
Koridor lantai pertama	100(4,79)	1 000 (4,5)
Bak-bak/ <i>scuttles</i> ,rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat di akses		200 (0,89)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97) ^{a,p}	8 000 (35,6) ^q
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	300 ^r
Rumah tinggal untuk satu dan keluarga saja	40 (1,92)	300 ^r
Gudang diatas langit-langit	20 (0,96)	
Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengencer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat)	125 (6,00) ^a	
Ringan	250 (11,97) ^a	
Berat		
Toko		
Eceran		1 000 (4,45)
Lantai pertama	100 (4,79)	1 000 (4,45)

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Lantai di atasnya	75 (3,59)	1 000
Grosir, disemua lantai	125 (6,00) ^a	(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 tentang Beban Minimum Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain, 2013:25-28)

3. Beban Angin

Beban angin merupakan semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang diakibatkan oleh perbedaan dalam tekanan udara. Beban memperhitungkan adanya tekanan positif dan negatif yang bekerja tegak lurus pada bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan negatif ini dinyatakan dalam kg/m². Beban angin didistribusikan merata pada kolom yang berada di dinding terluar bangunan.

a. Tekanan tiup :

- Daerah laut dan tepi laut, tekanan tiup minimum 25 kg/m².
- Di laut dan tepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai, tekanan tiup minimum 40 kg/m².
- Jika kecepatan angin bisa menimbulkan tekanan yang lebih besar :
Dimana, V = Kecepatan angin (m/detik)

b. Koefisien angin

Beberapa koefisien beban angin pada suatu bangunan dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.4 Koefisien Angin

Jenis Struktur	Posisi Tinjauan	Koefisien	
Gedung Tertutup: - Gedung Vertikal - Atap Segitiga - Atap Segitiga Majemuk	Dipihak angin	+0,9	
	Dibelakang angin	-0,4	
	Sejajar arah angin	-0,4	
	Dipihak angin ($\alpha < 65^\circ$)	(0,02 α - 0,4)	
	Dipihak angin ($65^\circ < \alpha < 90^\circ$)	+0,9	
	Dibelakang angin (semua sudut)	-0,4	
	Bidang atap dipihak angin ($\alpha < 65^\circ$)	+0,9	
	Bidang atap dipihak angin ($65^\circ < \alpha < 90^\circ$)	-0,4	
	Bidang atap dibelakang angin (semua sudut)	-0,4	
	Bidang atap vertikal dibelakang angin (semua sudut)	-0,4	
	- Gedung Terbuka Sebelah	Sama dengan point 1, dengan tambahan :	
		Bidang dinding dalam dipihak angin	+0,6
Bidang dinding dalam dibelakang angina		-0,3	

Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan gedung Tahun 1987

4. Beban Kombinasi

Berdasarkan SNI 2847-2013, nilai faktor beban untuk beban hidup / *live load (L)* ialah 1,6 dan beban mati / *dead load (D)* sebesar 1,2. Berikut ini standar menurut SNI 2847-2013 pasal 9.2 mengenai detail dan besarnya nilai kuat perlu. Kombinasi beban terfaktor (*U*) yang harus dipertimbangkan sebagai kondisi paling kritis yang harus dipikul elemen struktur, yakni :

$$U = 1,4D$$

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

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

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

$$U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$$

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

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

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

Adapun beberapa catatan tambahan untuk beban kombinasi, diantaranya :

1. Nilai faktor beban untuk L dalam persamaan 1.5, 1.6, 1.7 dapat direduksi menjadi 0,5L. Jika nilai L tidak lebih besar daripada 4,8 kN/m² atau kg/m² disamping itu faktor tersebut tidak boleh direduksi untuk area garasi atau area tempat publik;
2. Apabila beban angin (W), belum direduksi oleh faktor arah, maka faktor beban untuk beban angin dalam persamaan 1.6 harus diganti menjadi 1,6 dan dalam persamaan 1.5 diganti menjadi 0,8;
3. Untuk struktur yang memikul beban fluida, maka unsur beban fluida tersebut dapat dimasukkan dalam persamaan 1.3 hingga 1.7 dan 1.9 dengan faktor beban yang sama dengan faktor beban untuk beban mati;
4. Jika ada pengaruh tekanan tanah lateral (*H*), maka ada tiga kemungkinan berikut :
 - a. Apabila *H* bekerja sendiri atau menambah efek dari beban-beban lainnya maka *H* harus dimasukkan dalam kombinasi pembebanan dengan faktor beban sebesar 1,6;
 - b. Apabila *H* permanen dan bersifat melawan pengaruh dari beban-beban lain, maka *H* dapat dimasukkan dalam kombinasi pembebanan dengan menggunakan faktor beban sebesar 0,9;
 - c. Jika *H* tidak permanen, namun pada saat *H* bekerja mempunyai sifat melawan beban-beban lainnya, maka beban *H* boleh tidak dimasukkan dalam kombinasi pembebanan.

2.3 Metode Perhitungan

Pada penyelesaian perhitungan bangunan Gedung Lembaga Penjamin Mutu Pendidikan Sumsel, penulis mengambil acuan pada referensi yang berisi mengenai peraturan dan tata cara perancangan bangunan gedung, seperti berikut :

2.3.1 Perancangan Rangka atap

Rangka atap adalah suatu bagian dari struktur gedung yang berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan penutup atap sehingga dalam perancangan, pembebanan tergantung dari jenis penutup atap yang digunakan.

A. Pembebanan

Pembebanan yang bekerja pada rangka atap adalah :

1. Beban Mati

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

- Beban sendiri kuda-kuda
- Beban penutup atap
- Beban gording
- Beban plafond dan penggantung

2. Beban Hidup

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

- Beban Pekerja
- Beban Air Hujan

$$\text{Koefisien beban hujan} = (40 - 0,8\alpha) \text{ kg/m}^2$$

α : Sudut kemiringan atap dalam derajat

3. Beban angin (w)

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

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

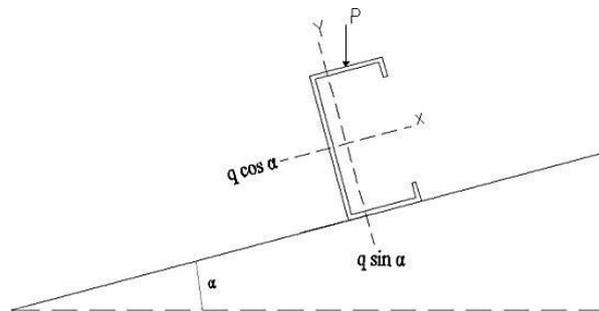
$$\text{Angin hisap} = w - 0,4$$

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

B. Gording

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

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



Gambar 2.1 Gording Kanal

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

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

a. Perencanaan gording menggunakan metode berikut :

1. Metode Plastis

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

$$M_u \leq \phi M_n$$

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

$$M_n = M_p$$

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

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

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

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

2. Beban Elastis

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

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

Keterangan :

M_{ux} = Momen Lentur terfaktor terhadap sumbu x

ϕ = Faktor reduksi = 0,9

M_n = Kuat nominal momen lentur penampang terhadap sumbu x

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

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

Keterangan :

M_{uy} = Momen lentur terfaktor terhadap sumbu y

ϕ = Faktor reduksi = 0,9

M_n = Kuat nominal momen lentur penampang terhadap sumbu y.

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

Rumus :

$$\left(\frac{c_m x M_{ux}}{\phi M_{nx}} \right)$$

Keterangan :

M_{ux} = Momen ultimate arah x

M_{uy} = Momen ultimate arah y

ϕ = Faktor reduksi = 0,9

M_{nx} = Momen nominal arah x

M_{ny} = Momen nominal arah y

$c_m x$ = $c_m y$, diambil = 1

b. Komponen struktur yang mengalami gaya tarik aksial :

1. Kuat Tarik Rencana

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

$$N_u \leq \phi N_n$$

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

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

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

Keterangan :

A_g = Luas penampang bruto (mm^2)

A_e = Luas penampang efektif (mm^2)

F_y = Tegangan leleh (MPa)

F_u = Tegangan tarik (MPa)

2. Penampang Efektif

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

$$A_e = A \cdot U$$

Keterangan :

A = luas penampang

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

x = Eksentrisitas sambungan, jarak tegak lurus arah gaya tarik, antara titik berat penampang komponen yang disambung dengan bidang sambungan (mm)

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

c. Komponen struktur yang mengalami gaya tekan aksial :

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

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

Dimana,

$$F_{cr} = \frac{F_y}{\omega}$$

Sehingga :

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

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

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

Untuk $\lambda_c \geq 1,2$ maka $\omega = 1,25 \cdot \lambda_{c,2}$

Keterangan :

Nn = Kuat tekan nominal komponen struktur
 A = Luas penampang bruto (mm²)
 Fcr = Tegangan kritis penampang (mm²)
 Fy = Tegangan leleh material (MPa)

C. 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.

Konstruksi kuda-kuda diperhitungkan terhadap pembebanan, antara lain :

a. Beban Mati

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

b. Beban Hidup

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

Pada masing-masing beban diatas, kemudian dapat dicari nilai

gaya-gaya batangnya dengan menggunakan program SAP 2000 V.14.

c. Beban Kombinasi

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

$$1,4 D$$

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

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

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

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

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

Keterangan :

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

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

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

H = Beban hujan, tidak termasuk diakibatkan genangan air.

W = Beban angin.

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

Dengan,

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

Kecuali : faktor beban untuk L di dalam kombinasi pembebanan

pada persamaan 2.19, 2.20, dan 2.21 harus sama dengan 1,0 untuk garasi parkir, daerah yang digunakan untuk pertemuan umum, dan semua daerah dimana beban hidup lebih besar daripada 5 kPa.

D. Sambungan

1. Perencanaan Sambungan Baut

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

$$R_u \leq \phi R_n$$

Dimana :

ϕ = reduksi kekuatan geser (0,75)

R_n = kuat geser nominal baut

- Untuk baut tanpa ulir pada bidang gaya geser :

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

- Untuk baut dengan ulir pada bidang geser :

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

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

Catatan :

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

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

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

a) Baut dalam geser

Kuat geser rencana dari satu baut dihitung sebagai berikut :

$$V_d = \phi_f V_n = \phi_f 1 f_u^b A_b$$

b) Baut yang memikul gaya tarik

Kuat tarik rencana satu baut dihitung sebagai berikut :

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

c) Kuat tumpu

Apabila jarak lubang tepi terdekat dengan sisi pelat dalam arah kerja gaya $> 1,5$ kali diameter lubang, jarak antar lubang > 3 kali diameter lubang, dan ada lebih dari satu baut dalam arah kerja gaya, maka kuat rencana tumpu dapat dihitung sebagai berikut :

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

d) Pelat pengisi pada sambungan yang tebal antara 6 mm – 20 mm, maka kuat geser nominal satu baut yang ditetapkan harus dikurangi 15%.

e) Sambungan tanpa slip

Pada sambungan tipe friksi yang menggunakan baut mutu tinggi yang slipnya dibatasi, satu baut yang hanya memikul gaya geser terfaktor (V_u), dalam bidang permukaan friksi harus memenuhi persamaan :

$$V_u = V_d = \phi V_n$$

f) Tata letak baut

Jarak antar pusat lubang pengencang tidak boleh kurang dari 3 kali diameter nominal pengencang. Jarak antara pusat tidak boleh melebihi 15 tp.

Syarat-syarat perencanaan sambungan pada baut ada dua, yaitu :

a) Syarat minimum :

- Jarak sumbu ke sumbu baut (S)
 $S \geq 3d$ $d = \text{diameter baut}$
- Jarak sumbu baut paling pinggir ke tepi pelat (S1)
 Tepi potong tangan $\geq 1,75 d$
 Tepi potongan mesin $\geq 1,5 d$

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

b). Syarat maksimum

- Jarak sumbu ke sumbu baut (S)

$$S < 15 tp$$

tp : tebal pelat tipis

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

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

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

2. Perancangan Sambungan Las

a) Pengelesan konstruksi sipil harus dilakukan dengan las listrik.

Ukuran las sudut harus ditentukan dengan panjang kaki las yang ditentukan sebagai tw_1 dan tw_2 . Tebal minimum las sudut pada perencanaan sambungan las dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.5 Tebal Minimum Las Sudut

Tebal bagian paling tebal t (mm)	Tebal minumum las sudut tw (mm)
$t \leq 7$	3
$7 < t < 10$	4
$10 < t < 15$	5
$15 < t$	6

Sumber : SNI 03-1729-2002

b) Kuat las sudut

Las sudut memikul gaya terfaktor persatuan panjang las (R_n), harus memenuhi :

$$R_u \leq \phi R_n \text{ dengan :}$$

$$\phi R_n = 0,75 t_f (0,6 \cdot f_u)$$

Las

$$\phi R_n = 0,75 t_f (0,6 \cdot f_u)$$

Bahan dasar

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

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

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

Sehingga,

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

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

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

Sehingga,

$$L_w = L_{w1} + L_{w2}$$

$$L_{w1} = \frac{R_{u1}}{\phi \cdot R_{nw}}$$

$$L_{w2} = \frac{R_{u2}}{\phi \cdot R_{nw}}$$

2.3.2 Perancangan Pelat Lantai

Pelat beton bertulang dalam suatu struktur digunakan pada atap dan lantai. Adapun beberapa perbedaan pada Pelat Atap dan Pelat Lantai, yaitu terletak pada beban yang dipikul, dimana beban yang bekerja pada pelat atap lebih kecil bila dibandingkan dengan pelat lantai. Selain itu perbedaan lainnya adalah Pelat Atap yang merupakan struktur yang tidak terlindungi dan memiliki ketebalan selimut beton yang lebih besar dibandingkan dengan struktur 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 :

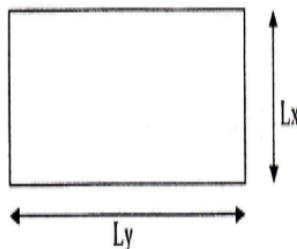
- Berat sendiri Pelat Atap dan Lantai
- Berat Adukan Semen

b. Beban Hidup (W_L)

Beban hidup untuk pelat atap diambil sebesar $0,96 \text{ kN/m}^2$ dan pelat lantai sebesar $2,79 \text{ kN/m}^2$ (Berdasarkan SNI 1727 tahun 2013 Beban Hidup untuk gedung kantor).

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 Gedung Lembaga Penjamin Mutu Pendidikan Sumatera Selatan ialah 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 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 (*Two-Way Slab*)

Langkah-langkah perancangan pelat dua arah (metode koefisien momen)

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
 - a. Untuk α_{fm} yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan tabel berikut :

Tabel 2.6 Tebal Minimum Pelat Dua Arah

Tegangan Leleh *) (MPa)	Tanpa Penebalan *)			Dengan Penebalan *)		
	Panel Luar		Panel dalam	Panel Luar		Panel dalam
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir~)		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir~)	
300	ln/33	ln/36	ln/36	ln/36	ln/40	ln/40
400	ln/30	ln/33	ln/33	ln/33	ln/36	ln/36
500	ln/28	ln/31	ln/31	ln/31	ln/34	ln/34

Tegangan Leleh*) (MPa)	Tanpa penebalan *)			Dengan penebalan *)		
	Panel luar		Panel dalam	Panel luar		Panel dalam
	Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir~)		Tanpa Balok Pinggir	Dengan Balok Pinggir~)	
300	ln/33	ln/36	ln/36	ln/36	ln/40	ln/40
400	ln/30	ln/33	ln/33	ln/33	ln/36	ln/36
500	ln/28	ln/31	ln/31	ln/31	ln/34	ln/34

(Sumber : SNI 03-2847-Tabel 9.15 2002: 66)

- b. Untuk α_{fm} lebih besar dari 0,2 tetapi tidak lebih dari 2,0, maka h tidak boleh kurang dari :

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

dan tidak boleh kurang dari 125 mm;

- c. Untuk α_{fm} lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

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

dan tidak boleh kurang dari 90 mm;

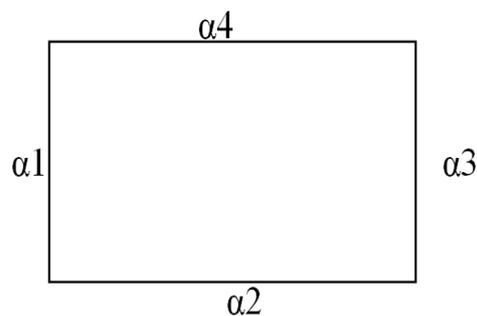
Keterangan :

Ln = Jarak bentang bersih dalam arah panjang diukur dari muka ke muka balok

h = Tebal Balok

β = Rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap pendek pelat

3. Menghitung α_{fm} masing-masing panel



Gambar 2.3 Panel Pelat yang Ditinjau

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

$$\alpha_{fm} = \frac{\alpha_{f1} + \alpha_{f2} + \alpha_{f3} + \alpha_{f4}}{4}$$

Keterangan :

E_{cb} = modulus elastis balok beton

E_{cs} = modulus elastis pelat beton

I_b = Momen Inersia bruto dari penampang balok

I_s = Momen inersia bruto dari penampang pelat

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

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

Keterangan :

W_D : Jumlah beban mati pelat (kN/m)

W_L : Jumlah beban hidup pelat (kN/m)

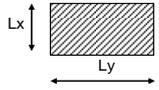
W_U : Jumlah beban terfaktor (kN/m)

5. Menghitung Momen Rencana (M_u)

Untuk menghitung Momen Rencana yang bekerja pada arah x dan arah y dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.7 Momen Pelat Persegi akibat Beban Merata Kondisi Tumpuan Bebas dan Menerus

Momen Pelat persegi akibat beban merata (PBI'71)

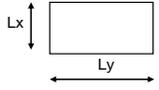
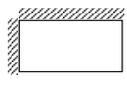
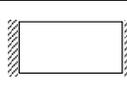
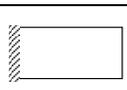
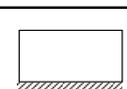
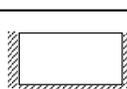
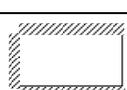
Kondisi Pelat	Nilai Momen Pelat	Perbandingan Ly/Lx																
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	> 2,5
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	32	32	25
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	36	42	46	50	53	56	58	59	60	61	62	62	62	63	63	63	63
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	36	37	38	38	38	37	36	36	35	35	35	34	34	34	34	34	13
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	36	37	38	38	38	37	36	36	35	35	35	34	34	34	34	34	38
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	48	55	61	67	71	76	79	82	84	86	88	89	90	91	92	92	94
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47	47	19
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	48	50	51	51	51	51	51	50	50	49	49	49	48	48	47	47	56
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	22	28	34	41	48	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	25
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	51	57	62	67	70	73	75	77	78	79	79	79	79	79	79	79	75
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	51	54	57	59	60	61	62	62	63	63	63	63	63	63	63	63	63
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	13
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	31	38	45	53	59	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	79	79	79	79	25
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	60	65	69	73	75	77	78	79	79	80	80	80	79	79	79	79	75
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	94
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	60	66	71	76	79	82	85	87	88	89	90	91	91	92	92	93	94
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	12
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	54
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	38	46	53	59	65	69	73	77	80	83	85	86	87	88	89	90	54
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	43	46	48	50	51	51	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	19
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	43	46	48	50	51	51	51	51	50	50	50	49	49	48	48	48	56
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63	63
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	13	48	51	55	57	58	60	61	62	62	62	63	63	63	63	63	63
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	38	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	33	33	33	33	13
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	38	39	38	38	37	36	36	35	35	34	34	34	33	33	33	33	38

Catatan:
 = Terletak bebas
 = Menerus atau terjepit elastis

(Sumber : Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971)

Tabel 2.8 Momen Pelat Persegi akibat Beban Merata Kondisi Tumpuan Bebas dan Terjepit Penuh

Momen Pelat persegi akibat beban merata (PBI'71)

Kondisi Pelat	Nilai Momen Pelat	Perbandingan Ly/Lx																
		1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	> 2,5
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	44	45	45	44	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	32	32	25
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	21	25	28	31	34	36	37	38	40	40	41	41	41	42	42	42	42
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	10	10	8
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	52	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	68	77	85	92	98	103	107	111	113	116	118	119	120	121	122	122	125
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	28	33	38	42	45	48	51	53	55	57	58	59	59	60	61	61	63
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	28	28	28	27	26	25	23	23	22	21	19	18	17	17	16	16	43
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	68	72	74	76	77	77	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	22	28	34	42	49	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	32	35	37	39	40	41	41	41	41	40	39	38	37	36	35	35	25
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	123	123	125
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	83	83	83	83	83
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	32	34	36	38	39	40	41	41	42	42	42	42	42	42	42	42	42
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	22	20	18	17	15	14	13	12	11	10	10	10	9	9	9	9	8
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	25
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	84	92	99	104	109	112	115	117	119	121	122	122	123	123	124	124	125
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	84	92	98	103	108	111	114	117	119	120	121	122	122	123	123	124	125
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	37	41	45	48	51	53	55	56	56	59	60	60	60	61	61	62	63
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	13
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	55	65	74	82	89	94	99	103	106	110	114	116	117	118	119	120	125
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	21	26	31	36	40	43	46	49	51	53	55	56	57	58	59	60	63
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	26	27	28	28	27	26	25	23	22	21	21	20	20	19	19	18	13
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	60	65	69	72	74	76	77	78	78	78	78	78	78	78	78	79	79
	Mtx = -0.001.q.Lx ² x	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83
	Mlx = 0.001.q.Lx ² x	26	29	32	35	36	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42
	Mly = 0.001.q.Lx ² x	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	11	11	10	10	10	10	8
	Mty = -0.001.q.Lx ² x	55	57	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57

Catatan:
 = Terletak bebas
 = Terjepit penuh

(Sumber : Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971)

6. Memperkirakan Tinggi Efektif (d_{eff})

a. Tinggi Efektif dalam arah-x ($d_{eff x}$)

$$d_{eff x} = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan arah } x$$

b. Tinggi Efektif dalam arah-y ($d_{eff y}$)

$$d_{\text{eff}} y = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan arah } x - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan arah } y$$

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 di atas dan selalu berhubungan dengan tanah.....	75
(b) Beton yang berhubungan dengan tanah dan 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
Komponen struktur cangkang, pelat lipat :	
Batang tulangan D-19 dan yang lebih besar.....	20
Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos dan yang Lebih kecil.....	13

Gambar 2.4 SNI 2847 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, 2013:51

7. Menentukan Rasio Penulangan (ρ)

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

Keterangan :

Mu = 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 2847-2013:66*)

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

- a. Jika $\rho < \rho_{min}$, maka menggunakan ρ_{min} dan As yang digunakan As_{min}. ρ_{min} untuk pelat lantai adalah 0,0018 (SNI 2847: 2013-57);
- b. Jika $\rho > \rho_{max}$, maka pelat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang

6. Hitung As (Luas Penampang Tulangan) yang diperlukan

- a. As Pakai = $\rho_{pakai} \cdot b \cdot d$
- b. As Minimum = 0,0018 x b x h

Menurut SNI 2847:2013 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 tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur 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. Perancangan Tangga

Tangga adalah suatu konstruksi yang menghubungkan antara tempat yang satu dan tempat lainnya yang mempunyai ketinggian berbeda, dan dapat dibuat dari kayu, pasangan batu bata, baja, dan beton. Tangga terdiri dari anak tangga dan pelat tangga.

Syarat-syarat umum tangga :

- Tangga harus mudah dijalani atau dinaiki
- Tangga harus cukup kuat dan kaku
- Ukuran tangga harus sesuai dengan sifat dan fungsinya
- Material yang digunakan untuk pembuatan tangga terutama pada gedung-gedung umum harus berkualitas baik, tahan dan bebas dari bahaya kebakaran
- Letak tangga harus strategis
- Sudut kemiringan tidak lebih dari 45°

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

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

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

$$L = ln + a \text{ s.d } 2a$$

Keterangan :

L = Panjang Bordes

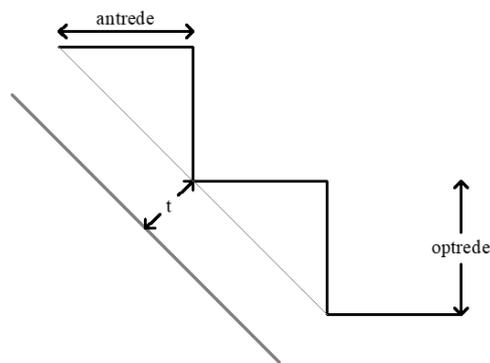
ln = Ukuran satu langkah normal datar (57 cm – 65 cm)

a = *Antrede*(17,5 cm – 20 cm)

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

Anak tangga terdiri dari dua bagian:

- Antrede*, adalah anak tangga dan pelat tangga di bidang horizontal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.
- Optrede*, adalah bagian dari anak tangga pada bidang vertikal yang merupakan selisih antara dua anak tangga yang berurutan



Gambar 2.5 *Antrede* dan *Optrede* Tangga

Ketentuan-ketentuan konstruksi *Antrede* dan *Optrede*, antara lain:

- Untuk bangunan rumah tinggal
 - Antrede* = 25 cm (minimum)
 - Optrede* = 20 cm (maksimum)
- Untuk perkantoran dan lain lain
 - Antrede* = 25 cm
 - Optrede* = 17 cm
- Syarat 1 (satu) anak tangga
 $2 \text{ Optrede} + 1 \text{ Antrede} = (57-65) \text{ cm}$
- Lebar tangga
 - Tempat umum $\geq 120 \text{ cm}$
 - Tempat tinggal = 180 cm – 100 cm

Tabel 2.8 Daftar Ukuran Lebar Tangga Ideal

No	Digunakan untuk	Lebar efektif (cm)	Lebar total (cm)
1	1 orang	± 65	± 85
2	1 orang + anak	± 100	± 120
3	1 orang + bagasi	± 85	±105
4	2 orang	120 – 130	140 - 150
5	3 orang	180 – 190	200 – 210
6	> 3 orang	> 190	> 210

(sumber :*Ilmu Bangunan Gedung B; 1993*)

- Sudut kemiringan
 - a. Maksimum = 45°
 - b. Minimum = 25°
4. Sandaran, digunakan sebagai pegangan agar lebih aman dapat melewati tangga. Langkah-langkah perancangan tangga adalah sebagai berikut :
- a. Menentukan ukuran atau dimensi anak tangga;
 - Menentukan ukuran *optrede* dan *antrede*
$$\text{Tinggi } optrede \text{ sebenarnya} = \frac{h}{\text{Jumlah } Optrede}$$

$$\text{Antrede} = Ln - 2 \text{ Optrede}$$
 - Menentukan jumlah *optrede* dan *antrede*
$$= \frac{h}{\text{Jumlah } Optrede}$$
 - Menghitung panjang tangga
$$\text{Panjang tangga} = \text{Jumlah } Optrede + \text{Lebar Antrede}$$
 - Menghitung sudut kemiringan tangga

$$\text{Sudut kemiringan tangga} = \text{arc tan} \left(\frac{\text{Tinggi Tangga}}{\text{Panjang Tangga}} \right)$$

- Menentukan tebal pelat tangga
Perhitungan tebal pelat tangga identik dengan metode perhitungan pelat satu arah.
 - b. Menentukan beban dan momen tangga;
 - Beban Mati (Wd)
 1. Berat sendiri bordes
 2. Berat pelat tangga
 3. Berat spesi dan ubin
 - Beban Hidup (Wl) sebesar 3 kN/m
 - c. Perhitungan tangga untuk mencari gaya-gaya yang bekerja menggunakan program SAP 2000 14. Adapun langkah-langkah sebagai berikut :
 - 1) Membuat permodelan tangga pada SAP 2000 14.
 - 2) Memasang tumpuan pada permodelan tangga.
 - 3) Masukan beban yang bekerja pada anak tangga dan bordes yang telah di kombinasikan antara beban mati dan beban hidup.
 - 4) Setelah pembebanan sudah selesai dimasukan pada permodelan maka kita dapat melakukan “*Run Analisis*” namun “*self-weight*” dijadikan 0 karena beban sendiri di hitung secara manual.
 - d. Perhitungan penulangan tangga dan bordes;
 - Menghitung tinggi efektif (d_{eff})
 $d = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \phi \text{ tulangan pokok}$
 - Menentukan rasio penulangan (ρ)
Syarat = $\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$
 - Menghitung luas penampang tulangan (A_s) menggunakan rumus :
 $A_s = \rho \cdot b \cdot d_{\text{eff}}$
- Keterangan :

A_s = Luas penampang tulangan (mm^2)

ρ = Rasio Penulangan

d_{eff} = Tinggi Efektif (mm)

Menurut SNI 2847:2013 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 tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 persen ($A_s = \frac{0,0018 \times 420}{f_y}$).

2.3.4 Perancangan Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan berfungsi menahan beban sebagai satu kesatuan lengkap. Perhitungan pembebanan di portal akan menghasilkan gaya geser, aksial dan momen yang akan menjadi landasan berhitung untuk perancangan Balok Induk dan Kolom struktur bangunan.

Sebelum merencanakan portal terlebih dahulu kita harus mendimensi portal. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pendimensian portal adalah sebagai berikut

1. Pendimensian Balok

Tebal minimum balok ditentukan dalam SK SNI 03-2847-2013 adalah untuk balok dengan bentang terpanjang yang memiliki dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum $l/16$,

2. Pendimensian Kolom

a. Analisa pembebanan

b. Menentukan gaya-gaya dalam

Dalam menghitung dan menentukan besarnya momen yang bekerja pada suatu struktur bangunan, penulis menggunakan aplikasi program *SAP 2000 V.14*. Jenis-jenis pembebanan yang perlu diperhitungkan di dalam perancangan Portal, sebagai berikut :

1. Perancangan portal akibat beban mati

Langkah-langkah menentukan pembebanan pada portal adalah sebagai berikut :

- a. Beban pelat
- b. Beban balok
- c. Beban penutup lantai dan adukan
- d. Berat balok
- e. Berat pasangan dinding (jika ada)

2. Perancangan portal akibat beban hidup

Untuk merencanakan portal akibat beban hidup perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a. Menentukan pembebanan pada portal
- b. Perhitungan akibat beban hidup = perhitungan akibat beban mati

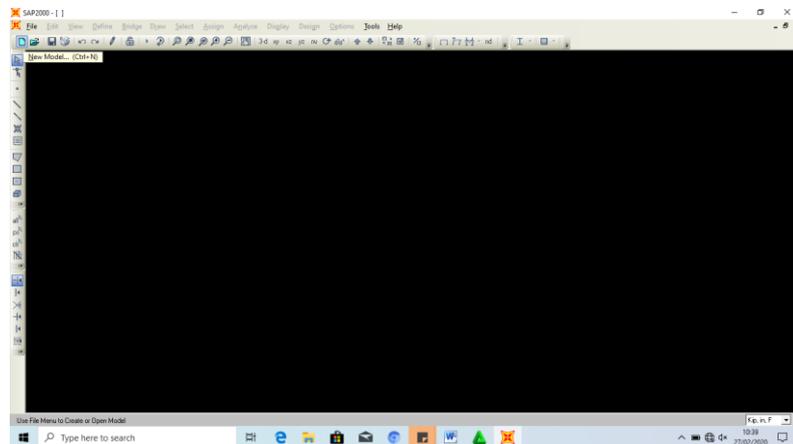
3. Perancangan portal akibat beban angin

- a. Menentukan Beban angin yang bekerja
- b. Input Beban Angin terhadap bidang kolom secara vertikal merata dengan angin menekan kearah kolom.

Langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan *software SAP 2000 V 14*. yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

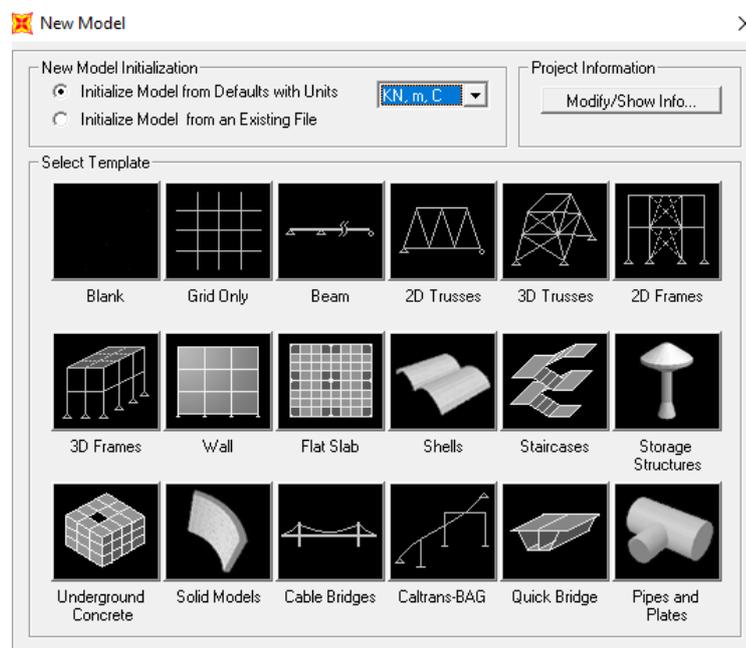
1. Buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup

- a. Klik **New Model** atay CTRL + N



Gambar 2.6 *Toolbar New Model*

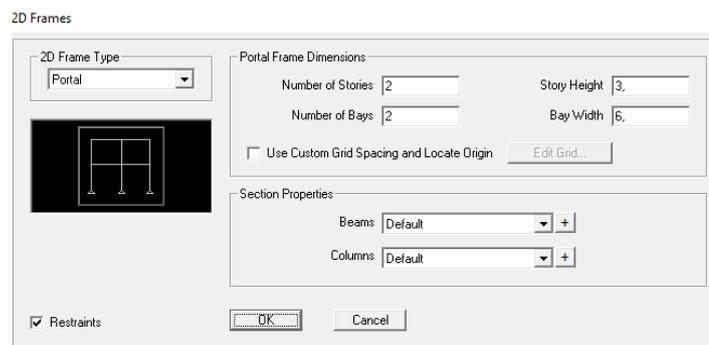
2. Lalu akan tampil kotak menu seperti gambar berikut
 - Pilih satuan yang diinginkan
 - Pilih modify/show information guna mengisi informasi proyek yang akan dikerjakan. Pilih OK
 - Pilih sitem model 2D frame, lalu klik ok



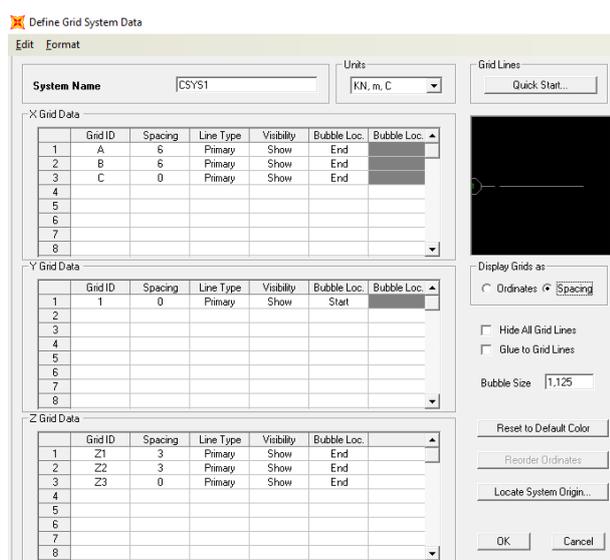
Gambar 2.7 *Tampilan New Model*

3. Langkah selanjutnya setelah melakukan permodelan 2D Frame, maka:

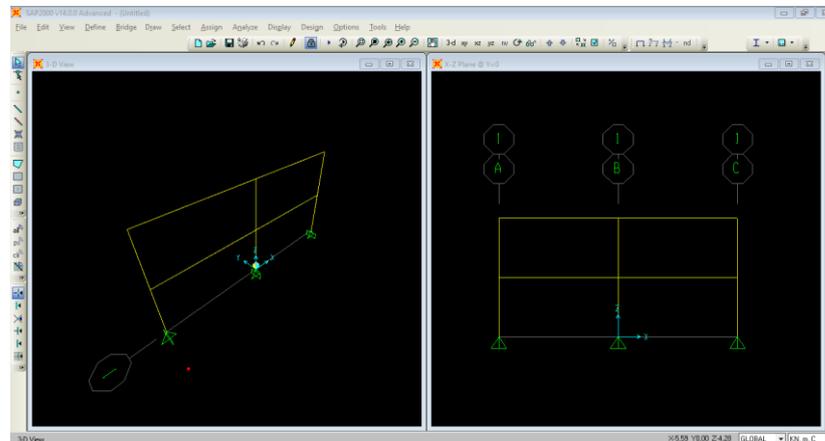
- Pada kotak dialog di *Portal frame dimension*, masukan jumlah dari; *number of stories* (Jumlah Lantai pada bangunan yang akan dirancang), *Number of bays* (Jumlah Bentang), *Story height* (Nilai ketinggian antar lantai), dan *Bay width* (Nilai lebar antar bentang)
- Beri tanda centang pada *use custom grid spacing and locate origin* lalu *edit grid*. Ini berguna untuk mengubah data pada jumlah dan besaran nilai lebar bentang dan tinggi lantai bangunan pada model dtruktur yang dibuat



Gambar 2.8 Dimensi *Frame* Portal 2D



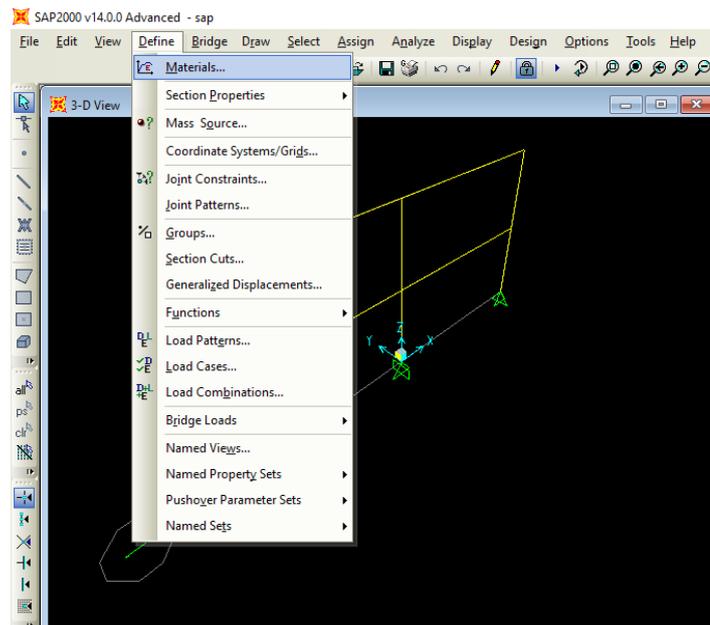
2.9 Define Grid System Data



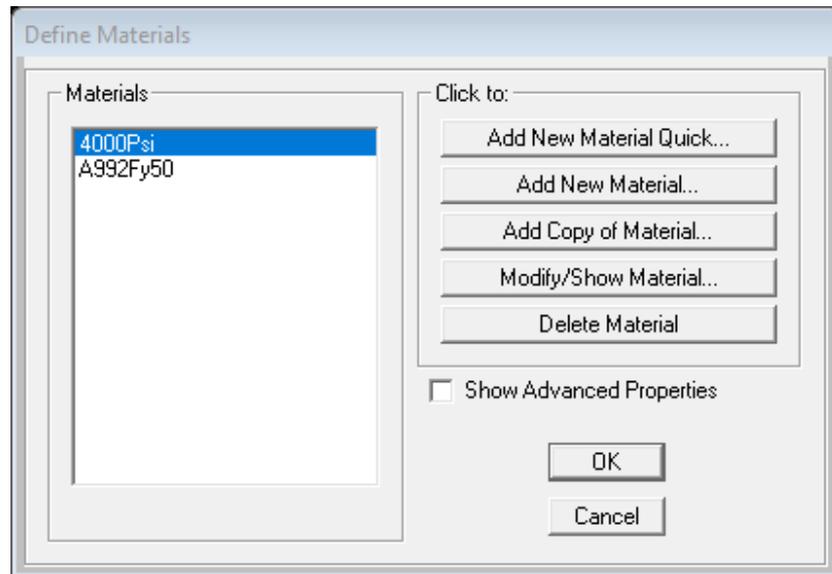
2.10 *Grid Portal yang Terbentuk*

4. Menentukan Material

- a. Langkah pertama klik *Define* pada Toolbar > selalu klik *Materials* maka akan muncul jendela *Define Materials*.



Gambar 2.11 *Jendela Define Materials*



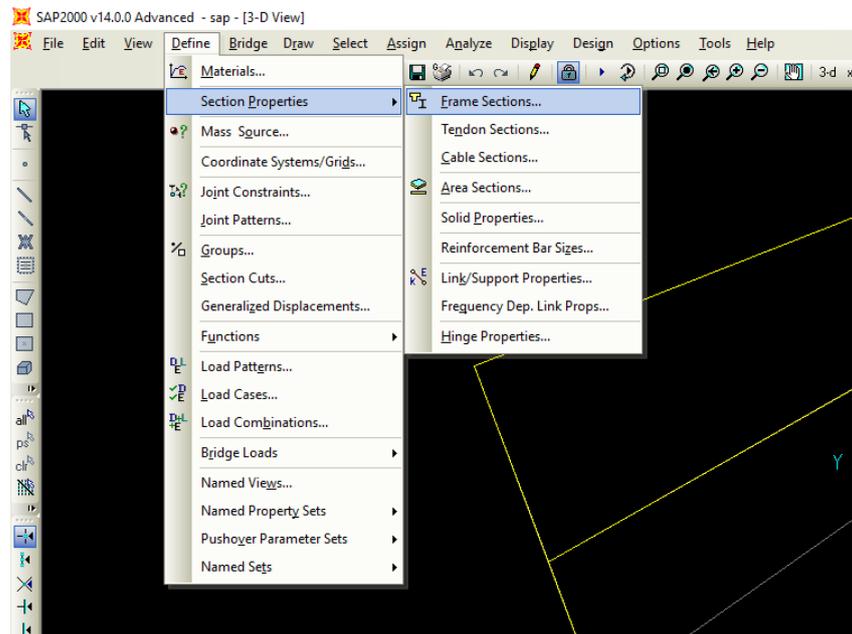
Gambar 2.12 Menambahkan Jenis Material yang Baru Sesuai dengan Perancangan

- 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.

Gambar 2.13 Jendela *Material Property Data*

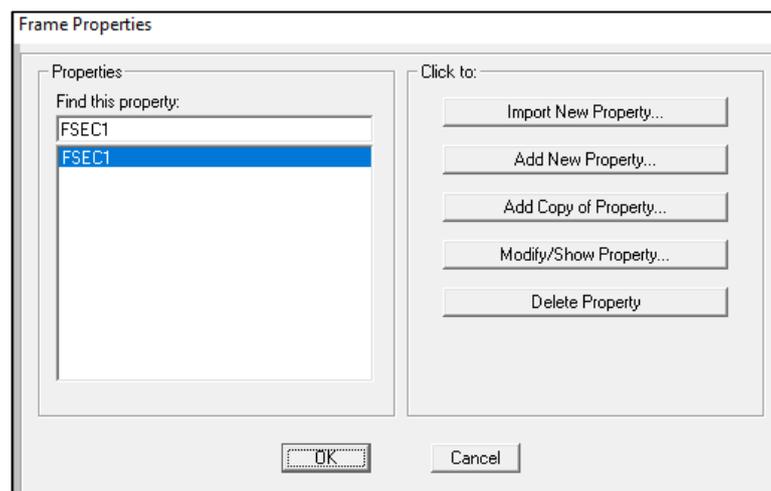
Gambar 2.14 Material yang Telah Terinput

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 toolbar *Frame Properties*.

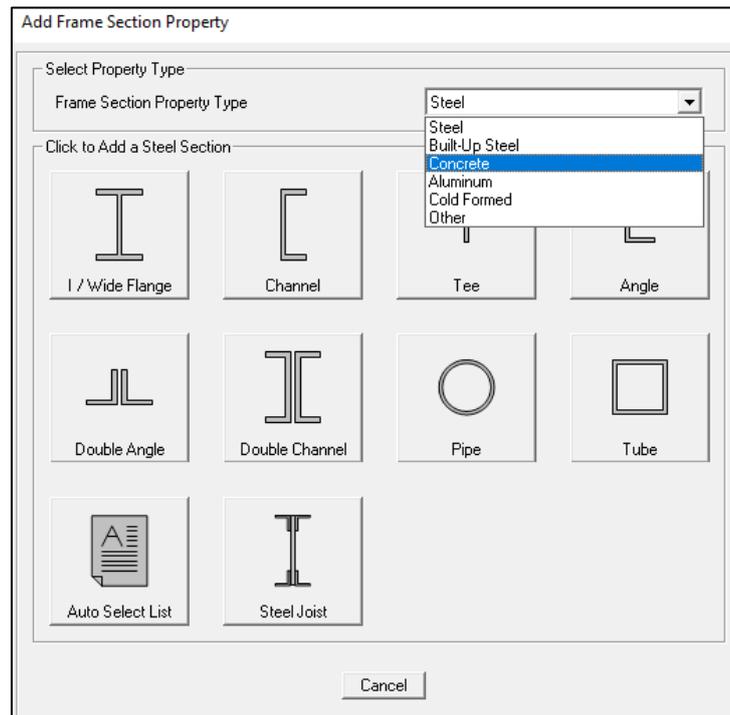


Gambar 2.15 *Toolbar Frame Properties*

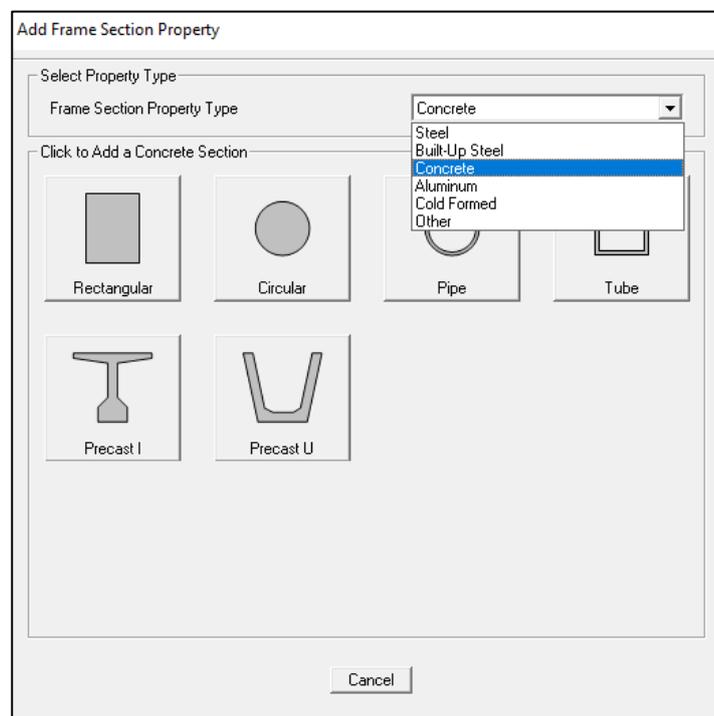
- b. Klik add new property, maka akan muncul jendela add Frame Election property. Pada *Select Property Type*, Ganti *frame section Property Type* menjadi *concrete*. Lalu pilih *rectangular* pada *click to add a Concrete section* (untuk penampang berbentuk segiempat).



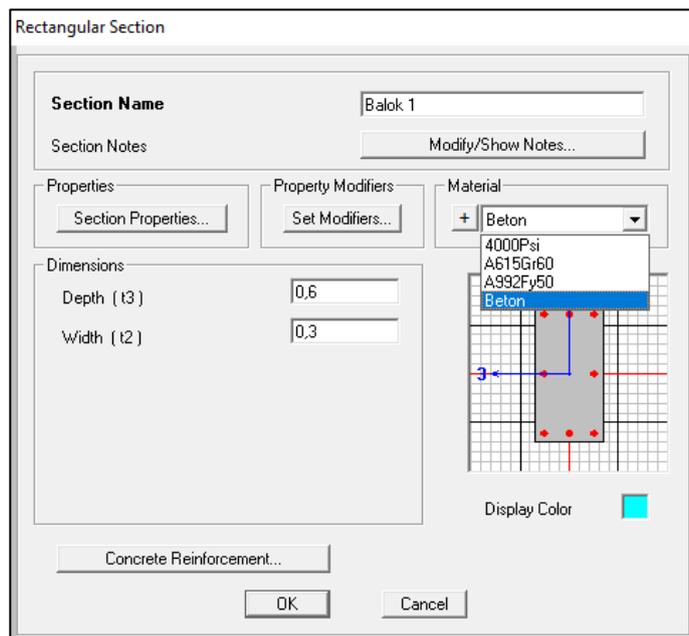
Gambar 2.16 *Add New Property*



Gambar 2.17 Jendela *Add Frame Section Property*



Gambar 2.18 Penampang Persegi



Gambar 2.19 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 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.

Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars + A615Gr60

Confinement Bars (Ties) + A615Gr60

Design Type

Column (P-M2-M3 Design)

Beam (M3 Design Only)

Reinforcement Configuration

Rectangular

Circular

Confinement Bars

Ties

Spiral

Longitudinal Bars - Rectangular Configuration

Clear Cover for Confinement Bars 0,04

Number of Longit Bars Along 3-dir Face 3

Number of Longit Bars Along 2-dir Face 3

Longitudinal Bar Size + #9

Confinement Bars

Confinement Bar Size + #4

Longitudinal Spacing of Confinement Bars 0,15

Number of Confinement Bars in 3-dir 3

Number of Confinement Bars in 2-dir 3

Check/Design

Reinforcement to be Checked

Reinforcement to be Designed

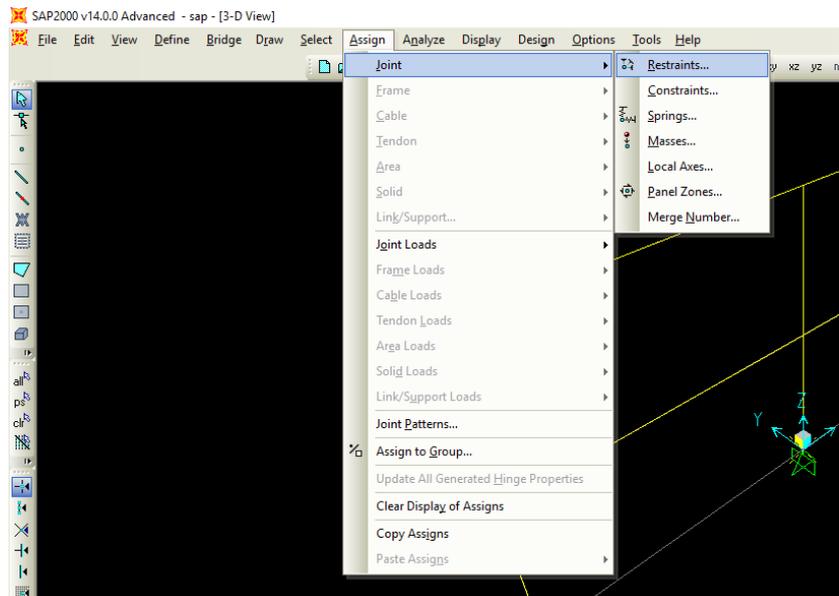
OK

Cancel

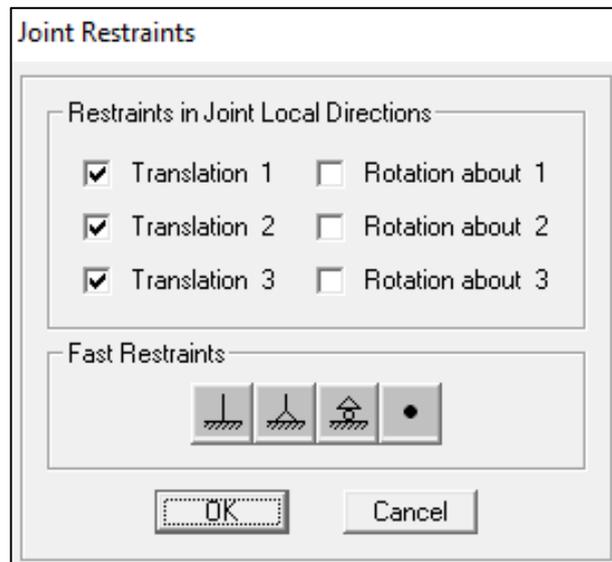
Gambar 2.20 *Reinforcement Data* Penampang dan Baja Tulangan yang Digunakan pada Kolom dan Balok

6. Mengubah Tumpuan model

- Block tumpuan yang akan diubah tumpuannya. Lalu masuk ke menu *assign*
- Setelah itu, pilih *joint* dan *restraints*.
- Pilih dari pilihan yang tersedia, mulai dari rol, sendi dan jepit

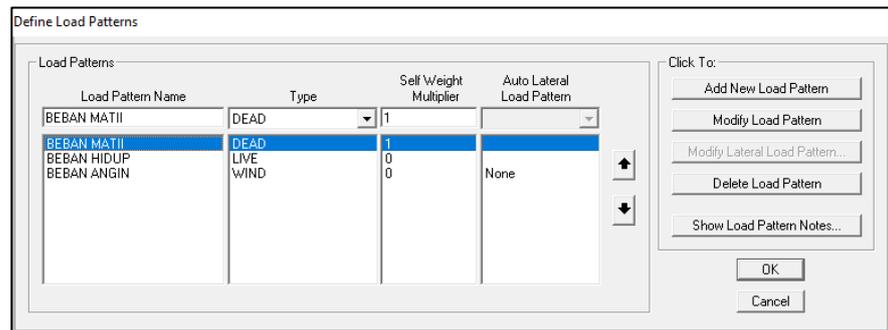


Gambar 2.21 Jendela Tampilan *Toolbar Assign Joint*



Gambar 2.22 Memilih Perletakan

7. 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.

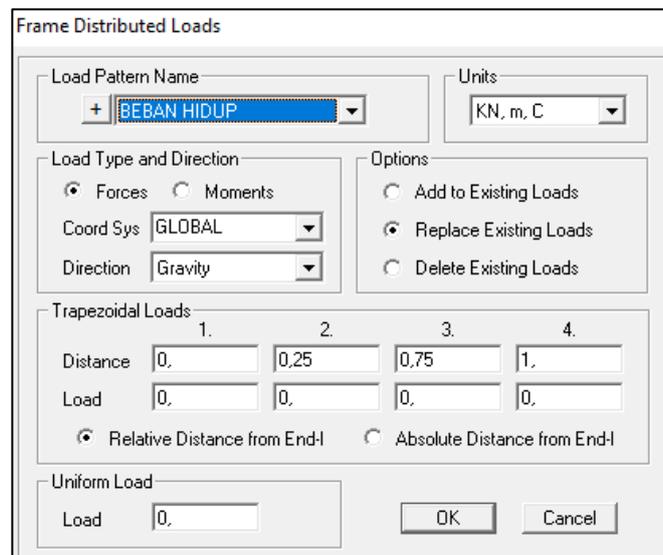


Gambar 2.23 Jendela *Define Load Patterns*

b. Input nilai beban mati, beban hidup dan angin

1) Akibat beban merata

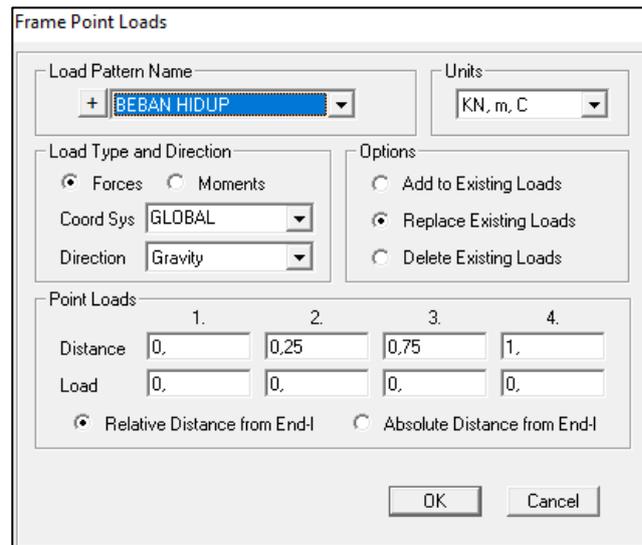
Blok frame yang akan di input, lalu pilih menu pada toolbar, *Assign – Frame Loads – Distributed* - pilih beban mati atau beban hidup untuk pembebanan tersebut pada *Load pattern*.



Gambar 2.24 Jendela *Frame Distributed Loads*

2) Akibat beban terpusat

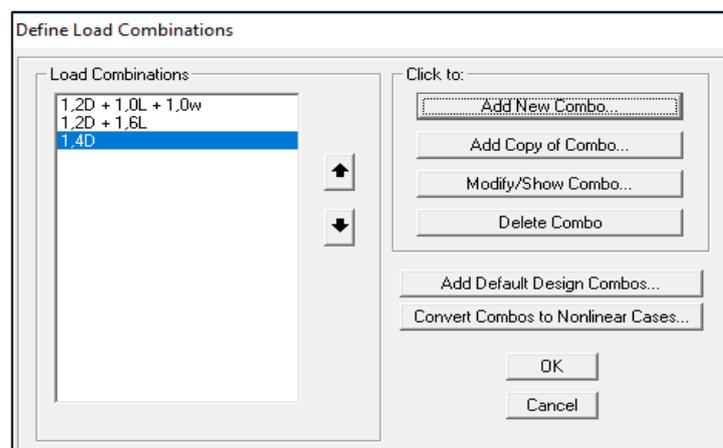
Sama halnya seperti menginput data pada pembebanan merata, hanya saja setelah memilih menu *Frame–* selanjutnya yang dipilih adalah *Points*. Maka akan tampil jendela seperti gambar

Gambar 2.25 Jendela *Frame Point Loads*

8. 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

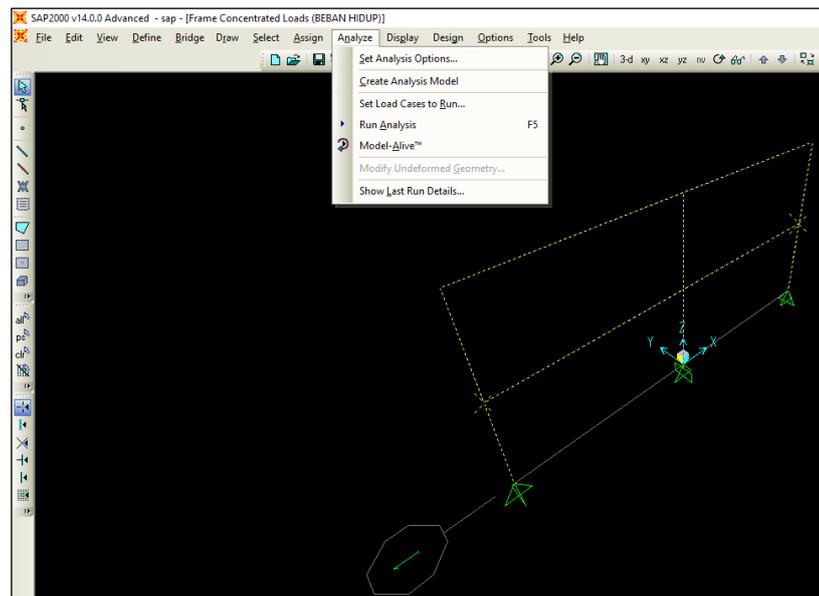
Blok seluruh *frame* yang akan di kombinasi, kemudian pilih menu pada toolbar, *Define – Combinations – add new combo*, kemudian akan terlihat seperti

Gambar 2.26 Jendela *Loads Combination*

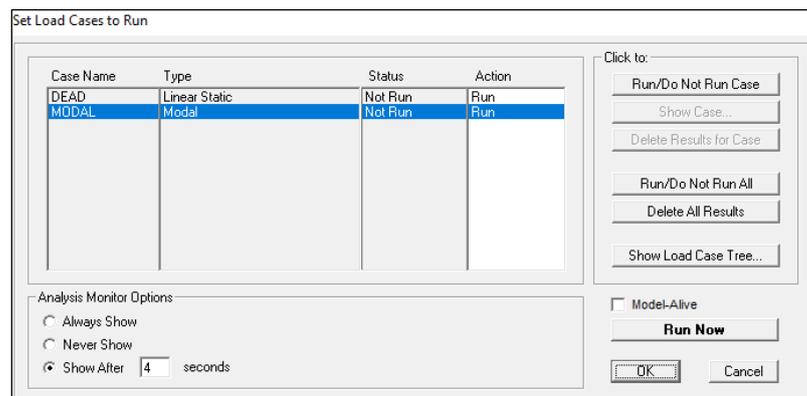
9. Run analisis, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.

Setelah proses input pembebanan, untuk mengetahui gaya-gaya dan momen yang terjadi di gedung perancangan, maka terlebih dahulu dianalisis

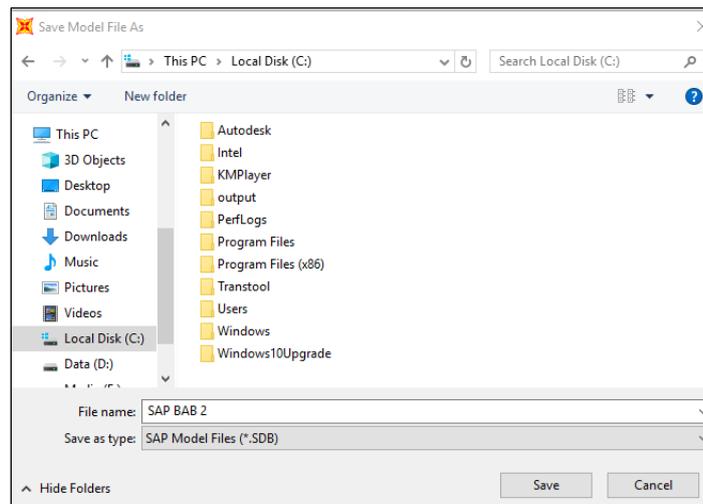
- Pih menu *Analyze* dan pilih *Run analysis*
- Klik *Run Now*



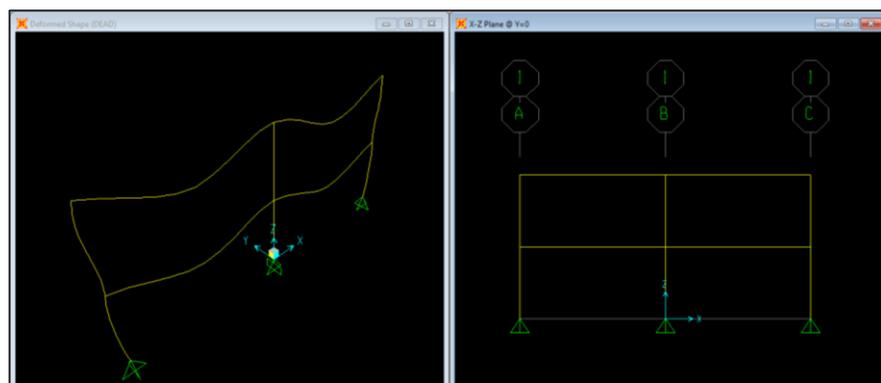
Gambar 2.27 Run Analysis



Gambar 2.28 Run Now



Gambar 2.29 Jendela Lokasi Penyimpanan Hasil *Run Analysis*



Gambar 2.30 *Finish Hasil Run Analysis*

2.3.5 Perancangan Balok

Balok merupakan batang horizontal dari rangka struktur yang memikul beban tegak lurus sepanjang beban tersebut (biasanya berasal dari dinding, pelat atau atap bangunan) dan meneruskan beban menuju elemen-elemen kolom dan kemudian diteruskan lagi ke pondasi. Dalam perancangannya, suatu balok dapat mempunyai bermacam-macam ukuran atau dimensi, sesuai jenis dan besar beban yang akan dipikul oleh balok itu sendiri.

Namun, dimensi tersebut harus memiliki efisiensi tinggi agar dapat memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sebagai standar perhitungan struktur beton di Indonesia (SNI 2847-2013 tentang Perencanaan Beton Struktural untuk

Bangunan Gedung). Lebih dari itu, balok bukan hanya memikul beban gravitasi berupa beban mati dan beban hidup saja, akan tetapi balok juga memikul beban lateral yang berupa beban angin dan gempa.

Berdasarkan persyaratan dalam SNI 2847:2013 Pasal 9.2 besarnya kuat perlu, U yang harus dipertimbangan sebagai kondisi paling kritis yang harus dipikul suatu elemen struktur.

Di dalam tinjauan ini, penulis merancang 2 kategori balok, yakni Balok Anak dan Balok Induk.

1. Balok Anak

Balok Anak adalah balok yang berfungsi sebagai pembagi luasan pelat lantai guna menghindari terjadinya lendutan dan meminimalisasi getaran pada pelat lantai pada saat adanya aktivitas di atasnya. Balok anak umumnya menempel pada balok-balok induk.

2. Balok Induk

Balok Induk adalah bagian struktur yang berfungsi sebagai rangka penguat horizontal atas beban-beban yang ada. Balok induk juga merupakan pengikat antar kolom-kolom struktur.

Adapun langkah-langkah perancangan balok, yaitu :

1. Menentukan mutu beton yang digunakan;
2. Menghitung pembebanan yang terjadi, yakni :
 - a. Beban Mati (*Dead Load*)
 - b. Beban Hidup (*Live Load*)
 - c. Berat Sendiri Balok
 - d. Beban dari sumbangan pelat
3. Menghitung beban dan momen pada balok
 - a. Beban pada balok
 - Beban Mati (W_D)
 - Beban Hidup (W_l)
 - Beban Rencana (W_u) = $1,2 W_D + 1,6 (W_l)$
 - b. Momen Pada Balok
 - Momen akibat Beban Mati (M_D)

- Momen akibat Beban Hidup (M_L)

- Momen rencana (M_u) = $1,2 M_D + 1,6 M_L$

4. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Menentukan $d_{\text{eff}} = h - p - \frac{1}{2} \phi$ sengkang - $\frac{1}{2} \phi$ Tulangan Utama

b. Penulangan lentu

$$Q = \left(\frac{(1,7)}{\phi f'_c} \right) \frac{M_u}{b d^2}$$

$$\rho = \frac{f'_c}{f_y} (0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q})$$

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

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

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

Keterangan :

A_s = Luas tulangan tarik non prategang

ρ = rasio penulangan tarik non prategang

b = lebar efektif balok

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

5. Tulangan geser rencana

$$\phi V_c = \phi 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan;104) :

- $V \leq \phi V_c$ (tidak perlu tulangan geser)

- $V_u > \phi V_c$ (perlu tulangan geser)

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan;104) :

- $V_u \leq \phi V_n$

- $V_n = V_c + V_s$

- $V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan;104) :

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = gaya geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

2.3.6 Perancangan Kolom

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

Secara umum, kolom dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori sebagai berikut:

1. Berdasarkan beban yang bekerja;
 - a. Kolom dengan beban aksial
 - b. Kolom dengan beban eksetris
 - c. Kolom dengan beban biaksial
2. Berdasarkan panjangnya;
 - a. Kolom pendek
 - b. Kolom panjang
3. Berdasarkan bentuk penampang;
 - a. Bujur sangkar
 - b. Persegi panjang
 - c. Lingkaran

- d. Bentuk L
 - e. Segi delapan, dll.
4. Berdasarkan jenis tulangan sengkang yang digunakan;
- a. Sengkang persegi
 - b. Sengkang spiral

Dari semua jenis kolom tersebut, kolom segi empat atau bujur sangkar merupakan jenis yang paling banyak digunakan, karena lebih murah dan mudah pengerjaannya. Berikut ini merupakan prosedur perhitungan struktur kolom:

- a. Menentukan pembebanan yang terdiri dari beban mati dan beban hidup
 $Q_u = 1,2 Q_D + 1,6 Q_L$
- b. Menentukan momen rencana struktur kolom
 $M_u = 1,2 M_D + 1,6 M_L$
- c. Cek Dimensi Penampang
- d. Perhitungan Tulangan
 1. Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris berdasarkan kombinasi P_u dan M_u dari hasil perhitungan SAP di portal.
 2. Menghitung nilai eksentrisitas terhadap arah x dan arah y

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

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

(Setiawan, 2016:159)

3. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi

$$\beta_{dns} = \frac{1,2D}{1,2D + 1,6L} \text{ (Portal tidak bergoyang)}$$

(Setiawan, 2016:202)

Namun, Untuk perhitungan EI portal bergoyang, maka nilai β_{ds} dapat diambil sama dengan 0, sehingga :

$$EI = \frac{0,2.E_c.I_g + E_s.I_{se}}{1 + \beta d_s}$$

Dimana:

β = rasio bentang bersih arah memanjang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

4. Modulus elastisitas

$$E_c = 4700\sqrt{f'c} \text{ MPa}$$

(Setiawan, 2016:200)

5. Nilai kekakuan kolom dan balok

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

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

$$E.I_b = \frac{\frac{1}{5}(E_c.I_g) + E_s.I_{s\theta}}{1 + \beta_d} \quad \rightarrow \text{ untuk balok}$$

(Sumber : Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2013, 200, 202, 205)

6. Menentukan nilai eksentrisitas

$$e = \frac{M_u}{P_u}$$

Keterangan :

e = eksentrisitas

M_u = momen terfaktor yang bekerja pada penampang

P_u = beban aksial terfaktor yang bekerja pada penampang

7. Menentukan Nilai Kn dan Rn

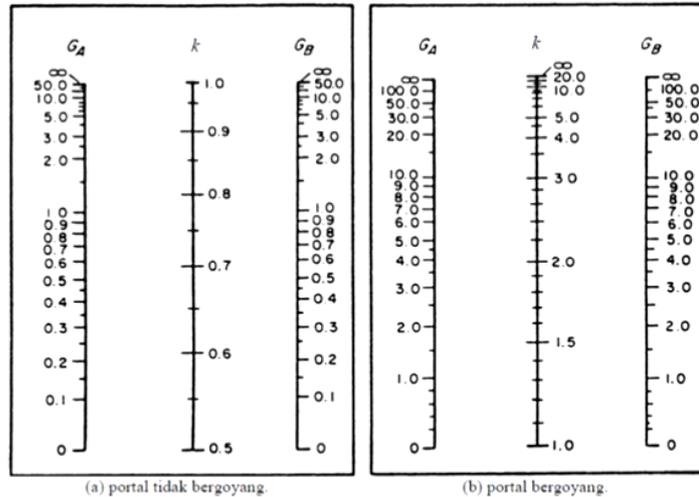
$$Kn = \frac{P_n}{\phi \cdot F'c \cdot A_g}$$

$$Rn = \frac{P_n \cdot e}{F'c \cdot A_g \cdot h}$$

8. Menentukan Ψ_a dan Ψ_b

$$\psi = \frac{\sum \frac{E.I_k}{L_k}}{\sum \frac{E.I_b}{L_b}} \quad (\text{Setiawan, 2016:199})$$

9. Faktor panjang efektif kolom



Gambar 2.31 Diagram Monogram untuk Menentukan Tekuk dari Kolom

10. Angka kelangsingan kolom

Kolom langsing dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Untuk semua komponen struktur tekan dengan $\frac{Klu}{r} > 100$ harus digunakan analisa pada SNI-03-2847-2002 hal. 78 ayat 12.10.2 butir 5

- b. Pada Portal tak bergoyang, apabila $\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M1-b}{M2-b} \right)$ dan pada Portal Bergoyang $\frac{Klu}{r} > 22$, maka perencanaan harus menggunakan **metode perbesaran momen (Mc)**. Hal ini mengacu pada SNI-03-2847-2013 hal. 78 Pasal 10.10.1

9. Perbesaran momen (M_c)

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

$$\Sigma P_c = [n_{\text{interior}}(P_c)] + \left[\frac{2}{3} \cdot n_{\text{eksterior}} + n_{\text{sudut}}(P_c) \right]$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_u &= n_{\text{interior}}(P_u \text{Lintang} + P_u \text{PanjangInterior}) \\ &+ \frac{2}{3} (n_{\text{eksterior}}(P_u \text{Lintang} + P_u \text{PanjangEksterior})) \\ &+ \frac{1}{3} (n_{\text{sudut}}(P_u \text{Lintang} + P_u \text{PanjangSudut})) \end{aligned}$$

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

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

(Sumber : Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2013, 205)

Keterangan :

M_c = Momen rencana yang diperbesar

δ = Faktor perbesaran momen

P_u = Beban rencana aksial terfaktor

P_c = Beban tekuk Euler

10. Desain penulangan

1. Menghitung besar beban yang bekerja pada kolom (P_u), Nilai ρ taksiran 1% - 3%

2. Menghitung $A_{s_{\text{tot}}}$

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

3. Memeriksa P_u terhadap

- Keruntuhan seimbang

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

$$a_b = \beta_1 \cdot C_b$$

$$f'_c = 30 \text{ MPa dan } f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'_c - 28}{7} = 0,835$$

$$\frac{\varepsilon'_s}{0,003} = \frac{c_b - d'}{c_b}$$

$$f_s' = \left(\frac{c_b - d'}{c_b} \right) \cdot 0,003 \leq f_y \text{ (Tulangan Tekan sudah Luluh)}$$

$$C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b$$

$$T = A_s \cdot f_y$$

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

$$p_b = C_c + C_s - T$$

Nilai Eksentrisitas pada kondisi seimbang dari

$$e_b = \frac{M_b}{P_b} \text{ atau } e = \frac{2}{3} d$$

(Sumber : Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2013, 162)

- Untuk $e_y < d$ diasumsikan terjadi keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{1}{e'} \left[C_c \left(d - \frac{a}{2} \right) + C_s (d - d') \right]$$

(Sumber : Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 03-2847-2013, 167)

2.3.7 Perhitungan Sloof

Sloof adalah balok yang menghubungkan pondasi sebagai tempat menyalurkan beban dinding. Sloof juga merupakan salah satu 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. Sloof juga berfungsi sebagai pengunci dinding dan kolom agar tidak roboh apabila terjadi pergerakan tanah.

Langkah-langkah perhitungan dalam merencanakan sloof adalah:

- a. Cek dimensi penampang sloof

1. Menghitung momen rencana

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

Nilai M didapat dari Momen akibat beban mati di perhitungan SAP sloof.

2. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Menentukan $d_{\text{eff}} = h - p - \frac{1}{2} \phi$ sengkang - $\frac{1}{2} \phi$ Tulangan Utama

b. Penulangan lentur

$$Q = \left(\frac{(1,7)}{\phi f'_c} \right) \frac{M_u}{b d^2}$$

$$\rho = \frac{f'_c}{f_y} (0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q})$$

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

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

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

Keterangan :

A_s = Luas tulangan tarik non prategang

ρ = rasio penulangan tarik non prategang

b_{eff} = lebar efektif balok

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

3. Tulangan geser rencana

$$\phi V_c = \phi 0,17 \lambda \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan;104) :

- $V \leq \phi V_c$ (tidak perlu tulangan geser)

- $V_u > \phi V_c$ (perlu tulangan geser)

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan;104) :

- $V_u \leq \phi V_n$

- $V_n = V_c + V_s$

$$- V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$$

(Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan;104) :

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = gaya geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

2.3.8 Perancangan Pondasi Tiang Pancang dan Pile Cap

Semua konstruksi yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah harus didukung oleh suatu pondasi. Pondasi ialah bagian dari suatu sistem rekayasa yang menopang beban serta beratnya sendiri kepada dan kedalam tanah dan batuan yang terletak dibawahnya (E. Bowles, 1997).

Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Pondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah terkuat terletak sangat dalam. Pondasi tiang juga digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan gaya angkat ke atas, terutama pada bangunan-bangunan tingkat tinggi yang dipengaruhi oleh gaya-gaya penggulingan akibat beban angin.

Pondasi tiang digunakan untuk beberapa maksud:

1. Untuk meneruskan beban bangunan yang terletak di atas air atau tanah lunak ke tanah pendukung yang kuat.
2. Untuk meneruskan beban ke tanah yang relatif lunak sampai kedalaman tertentu sehingga pondasi bangunan mampu memberikan dukunga yang cukup untuk mendukung beban tersebut oleh gesekan sisi tiang dengan tanah disekitarnya.

3. Untuk mengangker bangunan yang dipengaruhi oleh gaya angkat ke atas akibat tekanan hidrostatis atau momen penggulingan.
4. Untuk menahan gaya-gaya horizontal dan gaya yang arahnya miring.
5. Untuk memadatkan tanah pasir, sehingga kapasitas dukung tanah tersebut bertambah.
6. Untuk mendukung pondasi bangunan yang permukaan tanahnya mudah tergerus air.

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 data hasil tes tanah (Pengujian Sondir) pada lokasi pembangunan Gedung Lembaga Penjamin Mutu Pendidikan Sumatera Selatan yang dijadikan sebagai materi dalam laporan akhir ini, maka jenis pondasi yang dipilih adalah pondasi dalam yaitu tiang pancang dengan Data tanah Sondir. Adapun langkah-langkah perencanaan pondasi tiang pancang 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

Dilihat dari tabel hasil Sondir

2. Menentukan jumlah tiang

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

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

3. Menentukan jarak antar tiang

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

Keterangan :

S = Jarak antar tiang

d = Ukuran *Pile* (Tiang)

4. Menentukan efisiensi kelompok tiang,

Persamaan dari Uniform Building Code:

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

Keterangan :

m = Jumlah baris

n = Jumlah tiang dalam satu baris

$\theta = \text{Arc tan } \frac{d}{s}$ (derajat)

d = Diameter tiang

s = Jarak antar tiang (as ke as)

5. Menentukan kemampuan tiang terhadap sumbu x dan sumbu y

$$P_{maks} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{My.X_{maks}}{ny.\sum X^2} \pm \frac{Mx.Y_{maks}}{nx.\sum Y^2}$$

Keterangan :

P_{max} = Beban yang diterima oleh tiang pancang

$\sum V$ = Jumlah total beban

M_x = Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus pada sumbu x

M_y = Momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus pada sumbu Y

n = Banyak tiang pancang dalam kelompok tiang pancang

X_{max} = Absis terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang

Y_{max} = Ordinat terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang

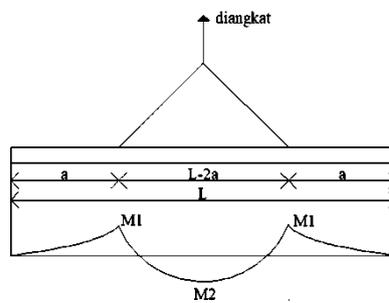
ny = Banyaknya tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu Y

- n_x = Banyaknya tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu X
- $\sum X^2$ = Jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang
- $\sum Y^2$ = Jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang

6. Pengangkatan tiang pancang

a. Pengangkatan pola 1 (pada waktu pemindahan)

Kondisi pemindahan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan dua tumpuan



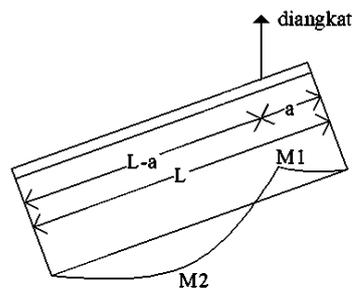
Gambar 2.32 Pengangkatan Pola 1

$$M_1 = M_2$$

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

7. Pengangkatan pola 2 (pada waktu pemancangan)

Kondisi pengangkatan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan satu tumpuan



Gambar 2.33 Pengangkatan Pola 2

$$M_1 = M_2$$

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

8. Perhitungan tulangan geser Pile Cap

Kontrol kekuatan geser secara kelompok

Untuk menghitung tulangan geser pile cap ditinjau dengan dua cara, yaitu Aksi Dua Arah dan Aksi Satu Arah.

1. Aksi dua arah

-Tegangan tanah ultimit akibat beban terfaktor

- Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \frac{b_0 \cdot d \cdot \sqrt{f'c}}{6} \quad \beta = 1 \dots \dots \dots (1)$$

$$\phi V_c = \frac{1}{3} \cdot b_0 \cdot d \cdot \sqrt{f'c} \quad \beta = 1 \dots \dots \dots (2)$$

$$\phi V_c = \phi \left(\frac{\alpha s \cdot d}{b_0} + 2\right) \frac{\sqrt{f'c} \cdot b_0 \cdot d}{12} \dots \dots \dots (3)$$

Dari ketiga persamaan diambil yang terkecil. Jika $\phi V_c > V_u$ maka tidak diperlukan tulangan geser. Jika $\phi V_c < V_u$ maka diperlukan tulangan geser.

2. Aksi satu arah

- Gaya geser terfaktor

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

- Kontrol kekuatan geser secara individual

1. Gaya geser terfaktor (V_u)

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

9. Perhitungan tulangan pokok Pile Cap

- a. Menghitung nilai ρ_{perlu}

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

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

10. Menghitung tulangan yang dibutuhkan

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

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

11. Perhitungan tulangan pokok pasak

- a. Kuat tekan rencana kolom

$$\phi P_n = \phi \cdot 0,85 \cdot f'c \cdot A_g$$

Jika $\phi P_n > P_u$, berarti beban pada kolom dapat dipindahkan dengan dukungan saja. Tetapi disyaratkan untuk menggunakan tulangan pasak minimum sebesar $A_{s \text{ min}} = 0,005 A_g$. (Setiawan, 2016:317)

- b. Kontrol panjang penyaluran pasak

$$L_{db} = \frac{0,25 \cdot f_y \cdot d_b}{\sqrt{f'c}} \text{ (Setiawan, 2016:309)}$$

Panjang penjangkaran di bawah pertemuan kolom dengan Pondasi L1 yang tersedia adalah :

$$L1 = h - p - (2 \cdot \phi \text{ pondasi}) - \phi \text{ pasak}$$

$L1 > L_{db}$, maka OK.

2.4 Pengelolaan Proyek

Pengelolaan proyek atau manajemen proyek diartikan sebagai kemampuan untuk memperoleh hasil dalam rangka mencapai tujuan melalui kegiatan

sekelompok orang. Berdasarkan para ahli disimpulkan bahwa manajemen proyek dapat didefinisikan dari beberapa aspek, meskipun demikian pengertian manajemen pada dasarnya mencakup suatu metode atau teknik serta proses untuk mencapai suatu tujuan tertentu secara sistematis dan efektif, melalui tindakan-tindakan perencanaan (*Planning*), pengorganisasian (*Organizing*), pelaksanaan (*Actuating*) dan pengendalian (*Controlling*)

2.4.1 Rencana kerja dan syarat-syarat

Rencana Kerja dan Syarat (RKS) Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS) adalah dokumen yang bersikan nama proyek berikut penjelasannya berupa jenis, besar dan lokasinya, serta tata cara pelaksanaan, syarat-syarat pekerjaan, syarat mutu pekerjaan dan keterangan – keterangan lain yang hanya dapat dijelaskan dalam bentuk tulisan. RKS biasanya diberikan bersamaa dengan gambar yang semuanya menjelaskan mengenai proyek yang akan dilaksanakan.

Umumnya isi dari RKS terdiri dari tiga bagian, yaitu Umum, Administrasi, dan Teknis. Namun ada pula yang menambahkan dengan bagian Keterangan dan Syarat Pelaksanaan. Berikut penjelasannya :

1. Keterangan merupakan penjelasan mengenai pihak-pihak yang terlibat, yaitu pemberi tugas, konsultan, perencana, konsultan pengawas, dan penyedia jasa. Termasuk hak dan kewajiban dari setiap pihak tersebut. Disebukan pula lampiran-lampiran yang disertakan, dengan menyebutkan macam-macam gambar dan jumlah selengkapnya;
2. Penjelasan Umum berupa : (i) jenis pekerjaan, informasi tentang jenis pekerjaan yang akan dikerjakan, (ii) peraturan-peraturan yang akan digunakan, penjelasan mengenai berita acara penjelasan pekerjaan dan keputusan akhir yang akan digunakan, (iii) status dan batas-batas lokasi pekerjaan beserta patok duga yang digunakan;
3. Syarat Teknis adalah rincian syarat teknis setiap bagian pekerjaan yang akan dilaksanakan dimulai pekerjaan persiapan sampai dengan *finishing*;
4. Syarat Pelaksanaan berupa penjelasan lengkap yang terdiri atas : (i) Rencana

Pelaksanaan Pekerjaan, yakni pembuatan *Time Schedule*, Perlengkapan kantor, Perlengkapan di lapangan sesuai dengan Peraturan Keselamatan Kerja dan Kesehatan. (ii) Persyaratan dan Pemeriksaan bahan yang akan digunakan, baik secara visual maupun laboratorium beserta jumlah sampel yg harus diuji. (iii) Rencana Pengaturan Pelaksanaan di tempat pekerjaan, seperti letak dan besar kantor proyek dan direksi, sistem aliran material di lokasi pekerjaan, letak peralatan konstruksi, lokasi barak pekerja, bengkel kerja, dan tempat-tempat penyimpanan material;

5. Syarat Administrasi yaitu penjelasan tentang tata cara proses administrasi yang harus dilakukan selama pelaksanaan pekerjaan. Dalam peraturan administrasi dibedakan pula antara peraturan administrasi keuangan dan teknis. Administrasi keuangan mencakup hal-hal sebagai berikut; Harga penawaran termasuk di dalamnya biaya pelelangan, ketentuan apabila terjadi pekerjaan tambah kurang, persyaratan yang harus dipenuhi dari setiap jenis jaminan yang digunakan (*Tender bond, performance bond*), ketentuan denda yang disebabkan karena keterlambatan, kelalaian pekerjaan, pemutusan kontrak dan pengaturan pembayaran kepada Kontraktor, risiko akibat kenaikan harga upah dan bahan. Administrasi Teknis memuat hal-hal sebagai berikut: ketentuan apabila terjadi perselisihan beserta cara-cara penyelesaiannya, syarat-syarat penawaran, tata cara pelelangan, kelengkapan surat penawaran, ketentuan penyampaian dokumen penawaran dan sampul penawaran, syarat peserta lelang dan sanksi apabila terjadi pelanggaran. Hal lain yang dijelaskan adalah peraturan penyelenggaraan, yakni pembuatan laporan kemajuan pekerjaan (*progress*), penyerahan pekerjaan dan pembuatan *schedule*.

2.4.2 Rencana anggaran biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah pekerjaan menghitung volume bangunan, menentukan biaya dan menyusun tata cara pelaksanaan teknik dan adminisfiasi. Tujuan RAB adalah untuk memberikan gambaran yang pasti mengenai besarnya biaya pelaksanaan atau penyelesaian.

Rencana biaya harus mencakup dari keseluruhan kebutuhan pekerjaan tersebut, baik itu biaya material atau bahan yang diperlukan, biaya alat (sewa atau beli), upah pekerja, dan biaya lainnya yang diperlukan. Secara garis besar RAB terdiri dari 2 Komponen utama yaitu, Volume pekerjaan dan Harga satuan Pekerjaan. Adapun penjelasannya sebagai berikut :

1. Volume pekerjaan dapat diperoleh dengan cara melakukan perhitungan dari gambar rencana yang tersedia atau berdasarkan kebutuhan *real* di lapangan. Volume pekerjaan bisa dalam satuan panjang, luasan, maupun isi/volume terhadap bahan yang digunakan;

2. Harga Satuan Pekerja

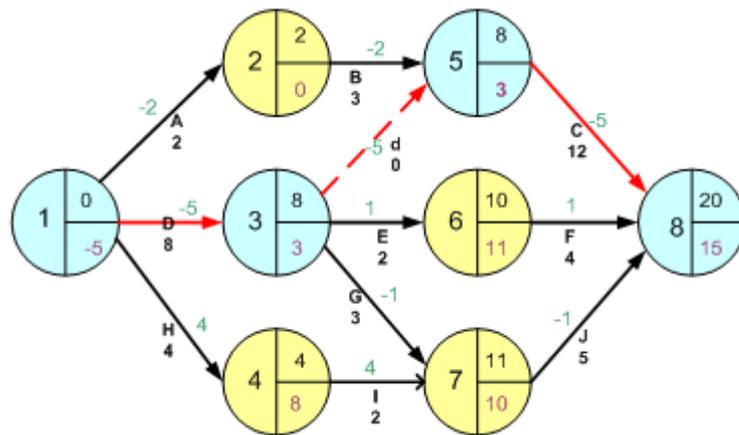
Menurut Ibrahim (1993:133-136), Harga Satuan Pekerja memiliki definisi berupa jumlah harga, bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat di pasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan *Daftar Harga Satuan Bahan*. Upah tenaga kerja didapatkan di lokasi, dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar yang 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.

2.4.3 Rencana Pelaksanaan (*Time schedule*)

2.4.3.1. NWP (*Network Planning*)

Network planning merupakan sebuah alat manajemen yang memungkinkan dapat lebih luas dan lengkapnya perancangan dan pengawasan suatu proyek. (Soetomo Kajatmo, 1977). *Network Planning* merupakan teknik perencanaan yang dapat mengevaluasi interaksi antarkegiatan. Adanya *network* ini menjadikan sistem manajemen dapat menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya yang paling efisien. Di samping itu *network* juga dapat

dipergunakan sebagai alat pengawasan yang cukup baik untuk menyelesaikan proyek tersebut.



Gambar 2.34 Diagram NWP (CPM)

2.4.3.2. *Barchart*

Barchart ditemukan oleh Gantt dan Fredrick W. Taylor dalam bentuk bagan balok, dengan panjang balok sebagai representasi dari durasi setiap kegiatan. Format bagan balok informatif, mudah dibaca dan efektif untuk komunikasi serta dapat dibuat dengan mudah dan sederhana. Bagan balok terdiri atas sumbu y yang menyatakan kegiatan atau paket kerja dari lingkup proyek, sedangkan sumbu x menyatakan satuan dalam hari, minggu, atau bulan sebagai durasinya.

Pada bagian ini juga dapat ditentukan *milestone* sebagai bagian target yang harus diperhatikan guna kelancaran produktivitas proyek secara keseluruhan. Untuk proses *updating*, bagan balok dapat diperpendek atau diperpanjang, yang menunjukkan bahwa durasi kegiatan akan bertambah atau berkurang sesuai kebutuhan dalam proses perbaikan jadwal.

Penyajian informasi bagan balok agak terbatas, misal hubungan antar-kegiatan tidak jelas dan lintasan kritis kegiatan proyek tidak dapat diketahui. Karena urutan kegiatan kurang terinci, maka bila terjadi keterlambatan proyek, prioritas kegiatan yang akan dikoreksi menjadi sukar untuk dilakukan.

