

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Perancangan adalah sebuah kegiatan yang sangat penting sebelum dilakukannya pelaksanaan di lapangan. Kesalahan dalam perancangan akan mengakibatkan terjadinya kerugian secara materiil. Perancangan yang baik dan benar bukan hanya mampu mengeliminasi kerugian materiil, 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.

Pada bab ini akan lebih dijelaskan lagi mengenai tata cara, langkah-langkah sekaligus teori-teori perhitungan yang memuat rumus perhitungan struktur mulai dari struktur atas yang meliputi Pelat Atap (Dak), 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 perencanaan menjadi lebih akurat dan terarah.

Maka dari itu, pada bab ini akan dibahas pula 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 hasil yang diperoleh kelakny tidak akan menimbulkan kegagalan (*Failed*).

2.2 Ruang Lingkup Perancangan

Berikut ruang lingkup perancangan konstruksi pada pembangunan Gedung Kuliah H Jurusan Konvensi dan Acara Politeknik Pariwisata Palembang, sebagai berikut :

2.2.1 Perancangan Konstruksi

Perhitungan struktur dilakukan setelah dilakukannya analisis struktur atau setelah diadakannya studi kelayakan. Pada perancangan gedung Kuliah H jurusan Konvensi dan Acara di Politeknik Pariwisata Palembang, digunakan jenis struktur beton bertulang untuk bagian utama konstruksi. Ada beberapa tahapan perancangan yang dilakukan pada beton yang bersifat konvensional yakni, dimulai dari pemilihan dimensi elemen struktur dan perhitungan tulangan yang diperlukan agar penampang elemen tersebut mempunyai kekuatan yang cukup untuk memikul beban-beban pada kondisi layan (*Service Load*) dan kondisi batas (*Ultimate Load*).

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

- a. Struktur Atas (*Upper Structure*) terdiri dari perancangan :
 1. Pelat Atap (Dak);
 2. Pelat Lantai;
 3. Tangga;
 4. Balok Anak;
 5. Balok Induk;
 6. 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.

Adapun masalah-masalah yang menjadi faktor pemilihan jenis struktur dibagi kedalam beberapa aspek, yaitu :

a. Aspek Kekuatan dan Kestabilan Struktur

Kekuatan dan kestabilan struktur mempunyai kaitan erat dengan kemampuan struktur dalam menahan beban-beban yang bekerja baik beban arah vertikal maupun horizontal. Sementara, kestabilan struktur sendiri memiliki definisi sebuah struktur yang mampu stabil setelah menerima beban-beban tersebut;

b. Aspek Fungsional

Merancang struktur yang baik sangat perlu memerhatikan fungsi dari gedung itu sendiri. Hal ini berkorelasi dengan penggunaan ruang, karena aspek fungsional juga turut memberi andil dalam dimensi bangunan yang akan dirancang;

c. Aspek Arsitektural

Perancangan elemen-elemen struktur perlu memerhatikan segi estetika seperti adanya denah, gambar tampak dan potongan, perspektif, interior dan eksterior bangunan;

d. Aspek Ekonomi dan Kemudahan Pelaksanaan

Struktur yang dirancang harus mampu memikul beban yang bekerja pada bangunan tersebut secara aman tanpa adanya deformasi yang melampaui batas izin. Tetapi, dalam perancangan juga harus memperhitungkan segi ekonomi dan kondisi yang bisa menghadirkan keamanan dan kenyamanan dalam pelaksanaan konstruksinya;

e. Aspek Lingkungan

Lingkungan ialah salah satu aspek yang turut menentukan dalam perancangan dan pelaksanaan proyek konstruksi. Aspek lingkungan menjadi sorotan utama dalam pembangunan, dalam artian dengan adanya pembangunan gedung tersebut diharapkan mampu memperbaiki kondisi lingkungan yang menjadi lokasi proyek serta mampu memberi dampak positif yang besar bagi masyarakat di sekitar lokasi pembangunan. Aspek lingkungan juga menjadi bahan pertimbangan dalam mengambil

kebijakan guna mengeliminasi dampak buruk dari adanya pembangunan gedung tersebut.

2.2.2 Dasar-dasar Perhitungan

Mendesain dan menghitung struktur Gedung Kuliah H Jurusan Konvensi dan Acara Politeknik Pariwisata Palembang memiliki beberapa pedoman sebagai dasar perhitungan, diantaranya ialah :

1. 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;
2. 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;
3. 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.

Suatu struktur bangunan gedung harus dirancang untuk mampu memenuhi nilai kekuatan dan kekokohan suatu bangunan terhadap beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut. Seperti yang tercantum di dalam SNI 2847-2013 tentang Perencanaan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, bahwa 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. Berikut tabel yang memuat nilai berat sendiri bahan dan komponen bangunan menurut PPIUG tahun 1983 :

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan dan Komponen Bangunan

Bahan Bangunan			
No	Material	Berat (kg/cm ³)	Keterangan
1	Baja	7850	
2	Beton	2200	
3	Beton Bertulang	2400	
4	Kayu	1000	Kelas I
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 pengantungan 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. Adapun tabel nilai beban hidup pada lantai gedung menurut PPUIG Tahun 1983 dan SNI 1727 Tahun 2013, 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 lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses Ruang kantor Ruang komputer	50 (2,4) 100 (4,79)	2 000 (8,9) 2 000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18) ^d	
Ruang pertemuan Kursi tetap (terikat di lantai) Lobi Kursi dapat dipindahkan Panggung pertemuan Lantai podium	100 (4,79) ^d 100 (4,79) ^d 100 (4,79) ^d 100 (4,79) ^d 150 (7,18) ^d	
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 Lantai lain	100 (4,79) sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79) ^d	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang 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 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}	

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Susunan tangga, rel pengamandan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) ^{ab} tidak boleh direduksi	^{a,c}
Rumah sakit: Ruang operasi, laboratorium Ruang pasien Koridor di atas lantai pertama	60 (2,87) 40 (1,92) 80 (3,83)	1 000 (4,45) 1 000 (4,45) 1 000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan Ruang baca Ruang penyimpanan Koridor di atas lantai pertama	60 (2,87) 150 (7,18) ^{a, b} 80 (3,83)	1 000 (4,45) 1 000 (4,45) 1 000 (4,45)
Pabrik Ringan Berat	125 (6,00) ^d 250 (11,97) ^d	2 000 (8,90) 3 000 (13,40)
Gedung perkantoran: Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian Lobi dan koridor lantai pertama Kantor Koridor di atas lantai pertama	100 (4,79) 50 (2,40) 80 (3,83)	2 000 (8,90) 2 000 (8,90) 2 000 (8,90)
Lembaga hukum Blok sel Koridor	40 (1,92) 100 (4,79)	
Tempat rekreasi Tempat bowling, Kolam renang, dan penggunaan yang sama Bangsai dansa dan Ruang dansa Gimnasium Tempat menonton baik terbuka atau tertutup Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	75 (3,59) ^d 100 (4,79) ^d 100 (4,79) ^d 100 (4,79) ^{a,c} 60 (2,87) ^{a,c}	
Rumah tinggal Hunian (satu keluarga dan dua keluarga) Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur Semua ruang kecuali tangga dan balkon Semua hunian rumah tinggal lainnya Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka Ruang publik ^d dan koridor yang melayani mereka	10 (0,48) ^f 20 (0,96) ^g 30 (1,44) 40 (1,92) 40 (1,92) 40 (1,92) 100 (4,79)	

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Atap Atap datar, berbubung, dan lengkung Atap digunakan untuk taman atap Atap yang digunakan untuk tujuan lain	20 (0,96) ^a 100 (4,79) Sama seperti hunian dilayani	
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya Awning dan kanopi Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24) tidak boleh direduksi	
Rangka tumpu layar penutup	5 (0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka	200 (0,89)
Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai	20 (0,96)	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)
Semua komponen struktur atap utama lainnya Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		300 (1,33)
Sekolah Ruang kelas Koridor di atas lantai pertama Koridor lantai pertama	40 (1,92) 80 (3,83) 100 (4,79)	1 000 (4,5) 1 000 (4,5) 1 000 (4,5)
Bak-bak/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) ^{a,p}	8 000 (35,6) ^a
Tangga dan jalan keluar Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	300 ^r 300 ^r
Gudang diatas langit-langit Gudang penyimpan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat)	20 (0,96)	
Ringan Berat	125 (6,00) ^a 250 (11,97) ^a	

Hunian atau penggunaan	Merata psf (kN/m ²)	Terpusat lb (kN)
Toko Eceran Lantai pertama Lantai di atasnya Grosir, di semua lantai	100 (4,79) 75 (3,59) 125 (6,00) ^a	1 000 (4,45) 1 000 (4,45) 1 000 (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 (W)

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 :

- Menentukan kecepatan angin dasar
Data kecepatan angin dasar diperoleh dari data perkiraan cuaca yang bersumber dari BMKG kota Palembang. Data tersebut diambil dari data kecepatan angin tertinggi : $V = \dots \text{ km/jam} = \dots \text{ m/s}$
- 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, $G_{CPI} = \pm 0,18$
- Beban Angin Maksimum
Menentukan tekanan eksposur, tekanan velositas, k_z atau k_h
 - a. Menghitung k_z
 z = tinggi bangunan dari permukaan tanah
untuk eksposur B, $\alpha = 7$ dan $Z_g = 365,76$
karena $15 \text{ ft} < z < Z_g \dots \dots \dots (15 \text{ ft} = 4,6 \text{ meter})$
maka, $k_z = 2,01 \left(\frac{z}{Z_g}\right)^\alpha$
 - b. Menghitung k_h , jika diketahui z
Dihitung menggunakan interpolasi linier

Menentukan tekanan velositas q_z dan q_h

- a. Menghitung q_z
 $q_z = 0,613 \cdot k_z \cdot K_{zt} \cdot k_d \cdot V^2$

b. Menghitung qh

$$qh = 0,613 \cdot k_h \cdot K_{zt} \cdot k_d \cdot V^2$$

- Menghitung Koefisien eksternal, C_p

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

$$W_{Datang} = qz \cdot G \cdot C_p \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$W_{Pergi} = qz \cdot G \cdot C_p \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

- Beban Angin Minimum

Menentukan tekanan eksposur, tekanan velositas, k_z atau k_h

a. Menghitung k_z

z = tinggi bangunan dari permukaan tanah 4 m

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

b. Menghitung k_h , jika diketahui $z = 4$ meter (SNI 1727-2013 hal. 65)- Menentukan tekanan velositas qz dan qh a. Menghitung qz

$$qz = 0,613 \cdot k_z \cdot K_{zt} \cdot k_d \cdot V^2 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

b. Menghitung qh

$$qh = 0,613 \cdot k_h \cdot K_{zt} \cdot k_d \cdot V^2 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

- Menghitung Koefisien eksternal, C_p

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

Angin Datang = 0,8

Angin Pergi

$$W_{Datang} = qz \cdot G \cdot C_p \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$W_{Pergi} = qz \cdot G \cdot C_p \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Karena beban angin maksimum $< 77 \text{ kg/m}^2$ dan Beban Minimum pada Angin Datangnya melampaui 77 maka dipakai beban angin minimum, yaitu $77 \text{ kg/m}^2 = 0,77 \text{ kN/m}^2$

- Beban angin portal arah memanjang
 Lebar tangkapan kolom = $\frac{1}{2}$ lebar kanan + $\frac{1}{2}$ lebar kiri
 Sehingga, Beban angin yang dipikul = $0,77 \text{ N/m}^2 \times \text{Lebar Tangkapan}$

- Beban angin portal arah melintang
 Lebar tangkapan kolom = $\frac{1}{2}$ lebar kanan + $\frac{1}{2}$ lebar kiri
 Sehingga, Beban angin yang dipikul = $0,77 \text{ N/m}^2 \times \text{Lebar Tangkapan}$

Peninjauan Beban Angin pada gedung bertingkat dengan atap datar, ditinjau dari kedua sisi, yakni

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

4. Beban Kombinasi

Berdasarkan metode perancangan berbasis kekuatan (*streight 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 2847-2013, 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 2847-2013 pasal 9.2 mengenai detail besarnya nilai kuat perlu

(*U*) yang harus dipertimbangkan sebagai kondisi paling kritis yang harus dipikul suatu elemen struktur, yakni :

$$U = 1,4D$$

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

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

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

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

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

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

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

Adapun beberapa catatan tambahan untuk beban kombinasi, diantaranya :

1. Nilai faktor beban untuk L dalam persamaan 1.5, 1.6, 1.7 dapat direduksi menjadi $0,5L$. Jika nilai L tidak lebih besar daripada $4,8 \text{ kN/m}^2$ atau kg/m^2 disamping itu faktor tersebut tidak boleh direduksi untuk area garasi atau area tempat publik;
2. Apabila beban angin (W), belum direduksi oleh faktor arah, maka faktor beban untuk beban angin dalam persamaan 1.6 harus diganti menjadi 1,6 dan dalam persamaan 1.5 diganti menjadi 0,8;
3. Untuk struktur yang memikul beban fluida, maka unsur beban fluida tersebut dapat dimasukkan dalam persamaan 1.3 hingga 1.7 dan 1.9 dengan faktor beban yang sama dengan faktor beban untuk beban mati;
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

Dalam pekerjaan suatu konstruksi bangunan, diperlukan beberapa metode perhitungan. Agar hasil dari perhitungan dapat menjadi suatu acuan dan konstruksi dapat menahan beban dengan sempurna, baik itu beban sendiri maupun pembebanan yang lainnya, seperti beban; mati, hidup, angin, dan gempa. Berikut adalah struktur bangunan yang memerlukan metode perhitungan :

2.3.1 Perancangan Pelat Atap dan 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 :

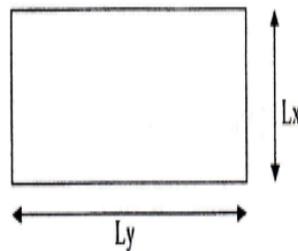
- Berat sendiri Pelat Atap dan Lantai
- Berat Adukan Semen

b. Beban Hidup (W_L)

Beban hidup untuk pelat atap diambil sebesar $0,96 \text{ kN/m}^2$ dan pelat lantai sebesar $4,79 \text{ kN/m}^2$ (Berdasarkan SNI 1727 tahun 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 Gedung Kuliah Poltekpar Jurusan Konvensi dan Acara 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 (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 2.1 Pelat Dua Arah

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
Beberapa ketentuannya menurut SNI 2847 : 2013, sebagai berikut :
 - a. Untuk α_{fm} yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan tabel berikut :

Tabel 2.3 Tebal Minimum Pelat Dua Arah

Tegangan leleh, f_y MPa ¹	Tanpa penebalan ²			Dengan penebalan ²		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ³		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ³	
280	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 40$	$\ell_n / 40$
420	$\ell_n / 30$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$
520	$\ell_n / 28$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 34$	$\ell_n / 34$

¹ Untuk konstruksi dua arah, ℓ_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.
² Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.
³ Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5.
⁴ Pelat dengan balok di antara kolom-kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

(Sumber : SNI 2847-Tabel 9.5 (c) 2013: 72)

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

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

dan tidak boleh kurang dari 125 mm;

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

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

dan tidak boleh kurang dari 90 mm;

3. Menghitung α_{fm} masing-masing panel

$$\alpha_{fm} = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}}$$

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

Keterangan :

L_n = 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

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

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 ($d_{eff\ y}$)

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

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

5. Menentukan Rasio Penulangan (ρ)

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

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. $A_s \text{ Minimum} = 0,0018 \times b \times h$ (*Digunakan 0,0018 karena tulangan yang digunakan merupakan jenis ulir*)

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)

2.3.2 Perancangan Tangga

Tangga merupakan salah satu sarana penghubung dari dua tempat yang berbeda level/ketinggiannya. Pada bangunan gedung bertingkat, umumnya tangga digunakan sebagai sarana penghubung antara lantai tingkat yang satu dengan tingkat yang lain, khususnya bagi pejalan kaki.

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 ke atas.
3. Juga dari tanah/lantai dasar ke lantai di bawah 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 di luar 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. Badan/pelat tangga, digunakan sebagai sarana lalu lintas naik-turun antarlantai.
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:

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

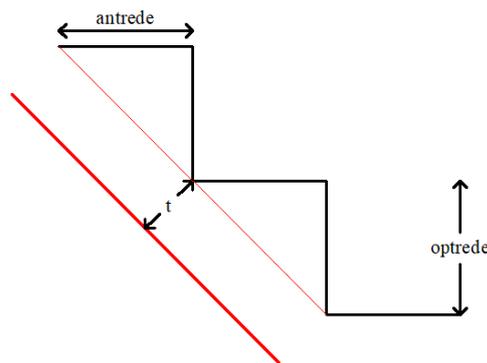
Keterangan :

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*, adalah anak tangga dan pelat tangga di bidang horizontal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.
 - b. *Optrede*, adalah selisih tinggi antara dua buah anak tangga yang berurutan.



Gambar 2.3 *Antrede* dan *Optrede* Tangga

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

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

- Sudut kemiringan
 - a. Maksimum = 45°
 - b. 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 mudah 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

$$\text{Panjang tangga} = \text{Jumlah } Optrede + \text{Lebar Antrede}$$
 - 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
 - Beban Hidup (*Wl*) sebesar 3 kN/m

- c. Menghitung gaya-gaya bekerja dengan menggunakan Program SAP2000 V.14
- 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:

- d. Slab yang menggunakan batang tulangan ulir Mutu 280 atau 350.
 ($A_s = 0,0020$);*
- e. Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las Mutu 420. ($A_s = 0,0018$);*
- f. Slab yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 persen ($A_s = \frac{0,0018 \times 420}{f_y}$);*

2.3.3 Perancangan Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sebagai satu kesatuan yang lengkap. Ada beberapa portal yang juga bisa berdiri sendiri, baik didukung oleh sistem struktur lantai ataupun dengan tanpa bantuan dari struktur yang lain. Perhitungan pembebanan di portal akan menghasilkan gaya geser, aksial dan momen yang akan menjadi landasan berhitung untuk perancangan Balok Induk dan Kolom struktur bangunan. Sederhananya, menurut Muto (1990:22), portal terbagi menjadi 3 sistem ditinjau dari struktur utama yang dipakai untuk meningkatkan daya tahan suatu bangunan terhadap gaya lateral dari gedung yang bertingkat banyak, diantaranya :

1. Portal Terbuka (*Open Frame*)

Portal terbuka ialah portal terbuka segi-empat yang terdiri dari kolom dan balok dengan hubungan monolit membentuk ruangan yang besar dan memberikan daya tahan horizontal pada kerangka keseluruhan. Oleh karena itu, sistem seperti ini diperlukan pada konstruksi gedung yang bertingkat banyak. Pada struktur beton bertulang dan yang sejenis, kekuatan batang yang tidak begitu besar sehingga daya tahannya terbatas serta pada gedung bertingkat banyak pemakaian gabungan portal terbuka dan dinding geser umumnya lebih menguntungkan. Namun, kekuatan dapat ditingkatkan dengan menggunakan portal terbuka konstruksi baja struktural murni yang kuat;

2. Portal Dinding (*Walled Frames*)

Pada portal dinding, balok tinggi (biasanya bagian di bawah jendela dianggap sebagai balok) dan kolom yang lebar (dinding pojok dianggap sebagai kolom) dipakai untuk memperoleh kekuatan yang besar dengan memanfaatkan sifat bawaan beton bertulang dan ketegaran yang beberapa kali lebih tinggi daripada portal terbuka biasa, dan merupakan sistem penahan gempa yang rasional dan ekonomis. Namun, beberapa arsitek tidak

menyukai jenis struktur ini karena bidang kolom dan balok yang besarmembatasi tampak gedung, sehingga segi artistiknya kurang baik;

3. Portal dengan Penyokong Diagonal dan Dinding Geser (*Diagonally Braced Frames*)

Dinding geser dengan lebar yang besar akan menghasilkan daya tahan lentur dan geser yang sangat tinggi dan merupakan sistem struktur yang paling rasional dengan memanfaatkan sifat-sifat beton bertulang. Pada konstruksi baja struktural, portal-portal dengan penyokong (*Bracing*) merupakan sistem struktur yang efektif dan kuat.

Perhitungan portal, penulis menggunakan aplikasi program SAP V.14. Portal yang akan dihitung ialah portal yang disebabkan oleh beban mati (*dead load*) dan beban hidup (*live load*) dengan tinjauan arah memanjang dan melintang. Berikut jenis-jenis pembebanan yang perlu diperhitungkan di dalam perancangan Portal, sebagai berikut :

1. Portal akibat Beban Mati (*Dead Load*)

Portal akibat beban mati yang akan ditinjau dari arah melintang dan memanjang, berikut beban-beban tersebut :

- Berat sendiri pelat
- Berat penutup lantai
- Berat adukan (spesi)
- Berat pasangan dinding bata
- Berat plafond dan penggantung

2. Portal akibat Beban Hidup (*Live Load*)

Portal akibat beban hidup ditinjau dari arah melintang dan memanjang. Adapun langkah-langkah perhitungan Portal akibat beban hidup sama dengan perhitungan portal akibat beban mati, yakni dilakukan dengan media berupa aplikasi program SAP2000, v.14. berikut beban yang dikategorikan d dalamnya, yakni

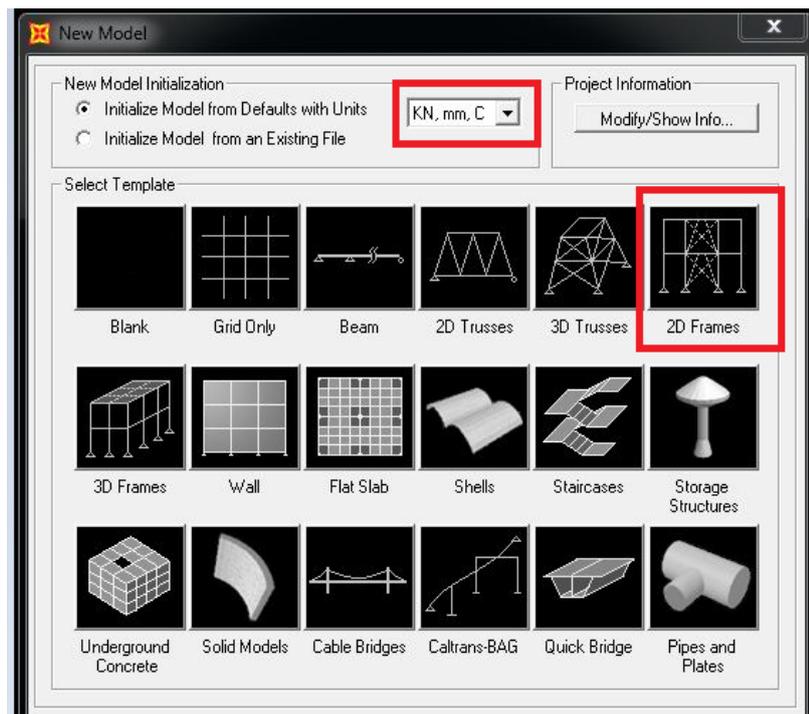
- Beban hidup dari pelat atap

- Beban hidup yang bersumber dari pelat lantai

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

1.) Merancang model struktur yang akan dihitung

- Buka aplikasi SAP2000 v.14 yang telah terinstall pada *personal computer*.
- Klik new model
- 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



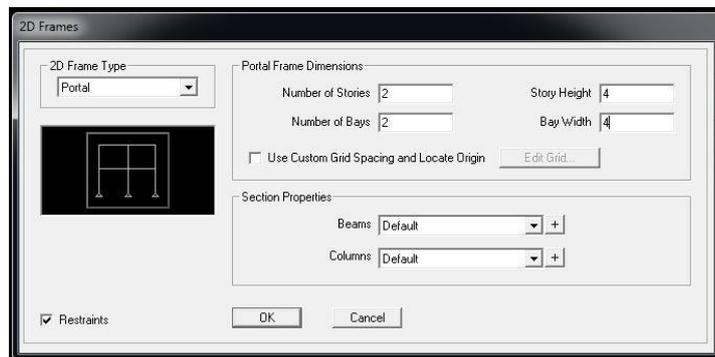
Gambar 2.4 Model struktur konstruksi

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

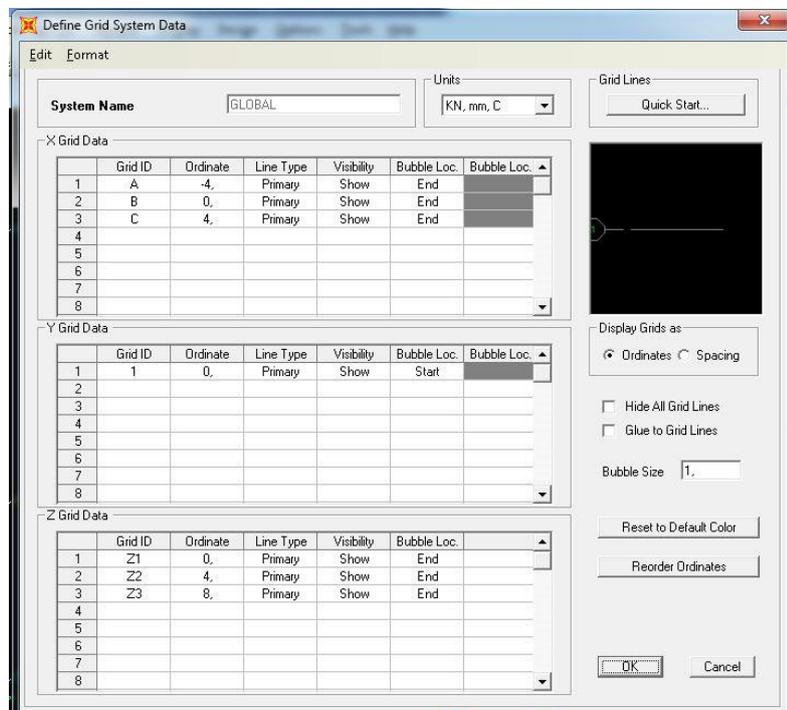
- Memilih 2D Frame, lalu pilih Portal
- Pada kotak dialog di *Portal frame dimension*, masukan jumlah dari; *number of stories* (Jumlah Lantai pada bangunan yang

akan dirancang), *Number of bays* (Jumlah Bentang), *Story height* (Nilai ketinggian antar lantai), dan *Bay width* (Nilai lebar antar bentang)

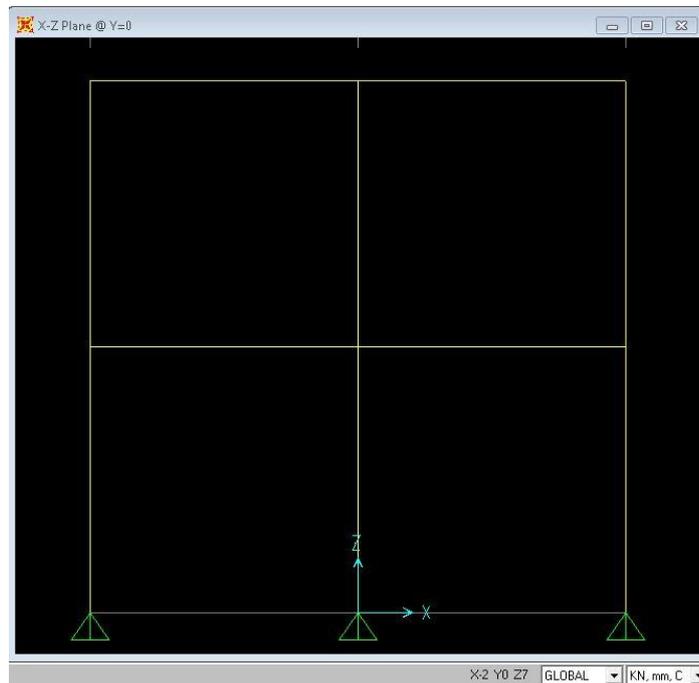
- Beri tanda centang pada *use custom grid spacing and locate origin* lalu *edit grid*. Ini berguna untuk mengubah data pada jumlah dan besaran nilai lebar bentang dan tinggi lantai bangunan pada model dtruktur yang dibuat



Gambar 2.5 Dimensi frame portal 2D

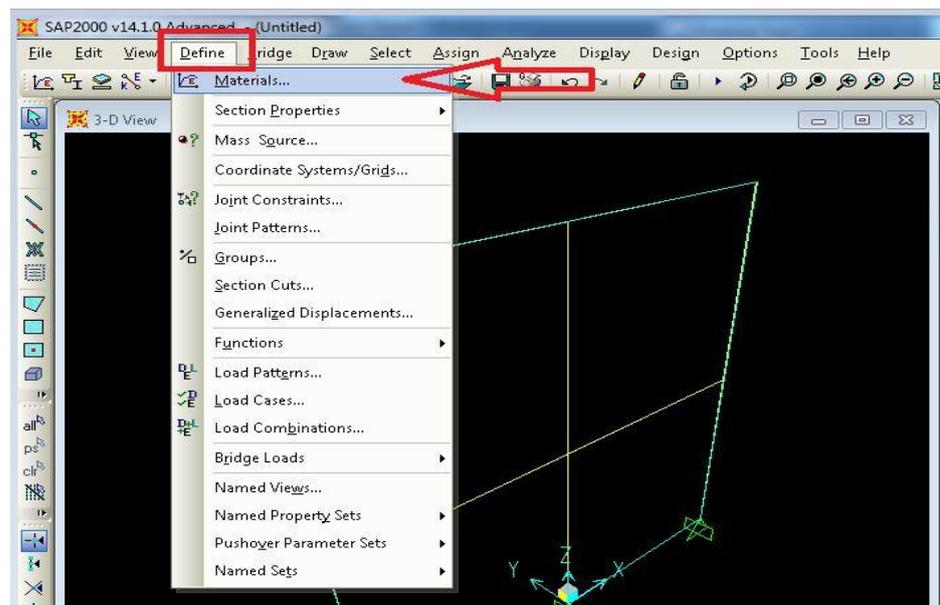


Gambar 2.6 Define grid system data

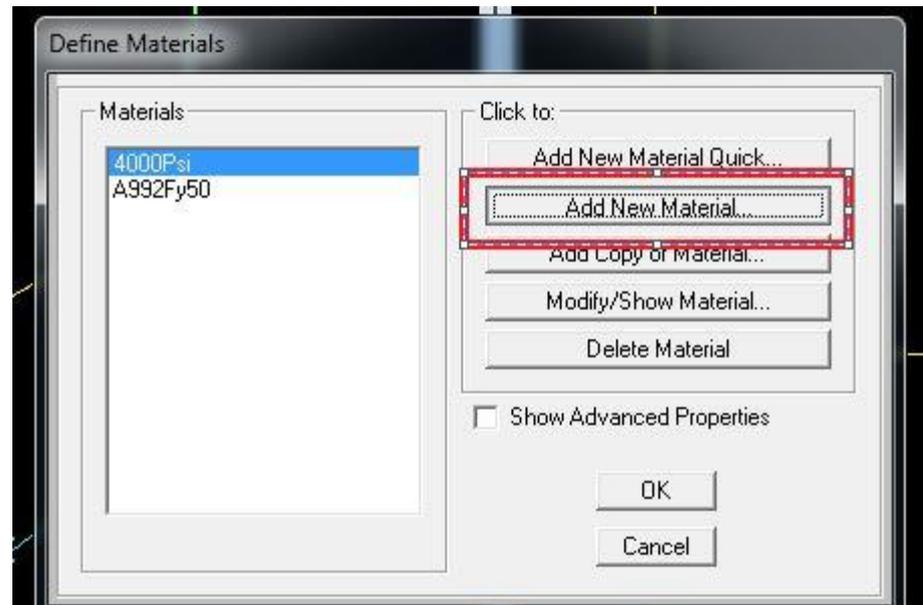


Gambar 2.7 Grid Portal yang terbentuk

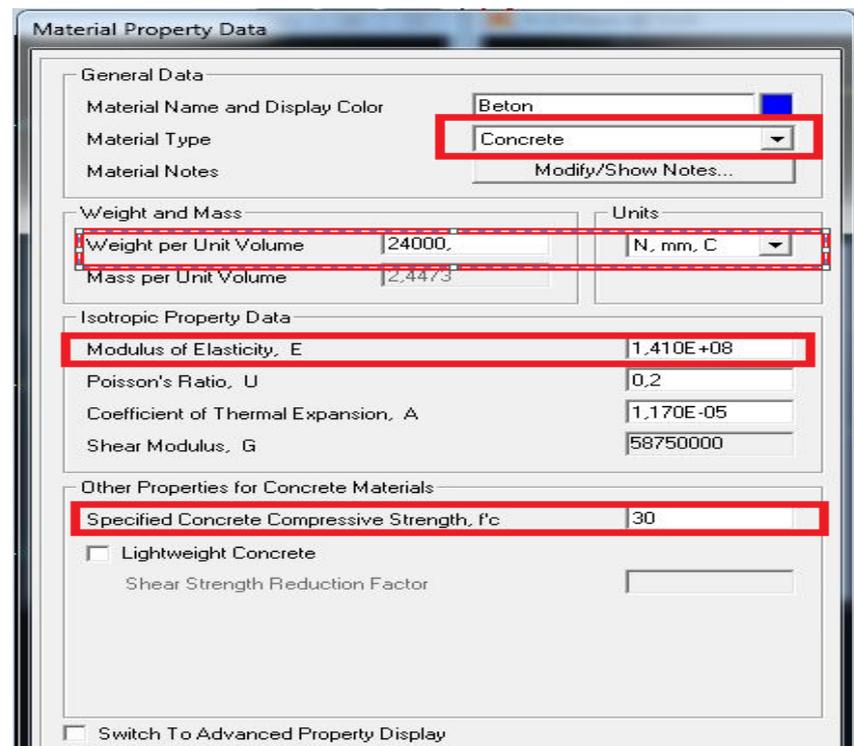
- 3.) Masukkan data material yang akan digunakan di dalam perancangan gedung. Material utama yang digunakan ialah beton, sehingga dipilih concrete. Setelah itu, masukkan mutu beton dan mutu baja tulungannya.



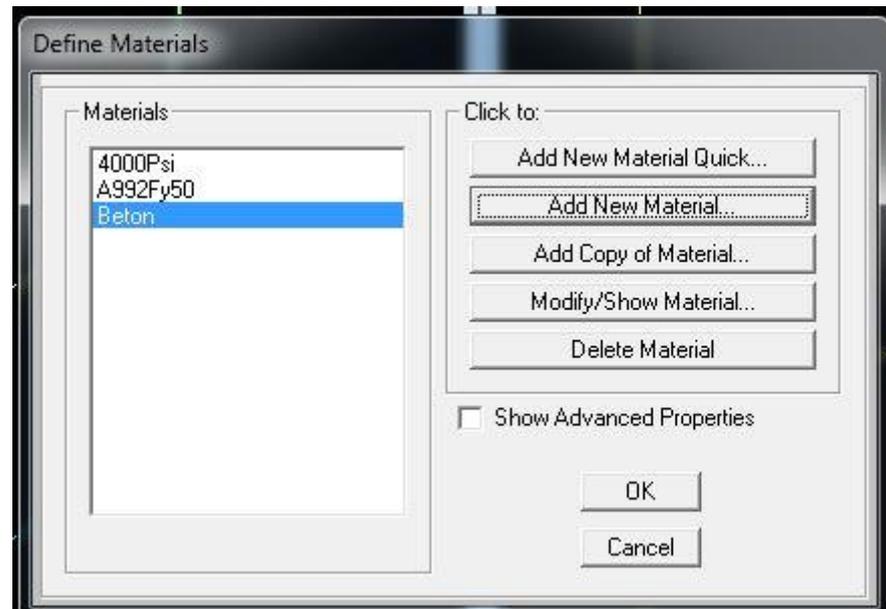
Gambar 2.8 Define material



Gambar 2.9 Menambahkan jenis material yang baru sesuai dengan perancangan

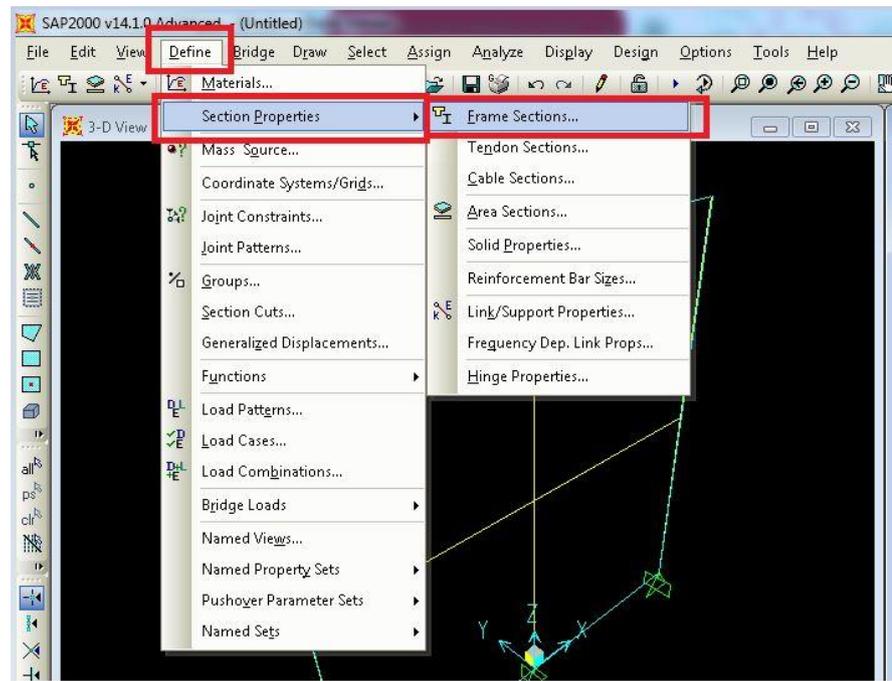


Gambar 2.10 Material property data

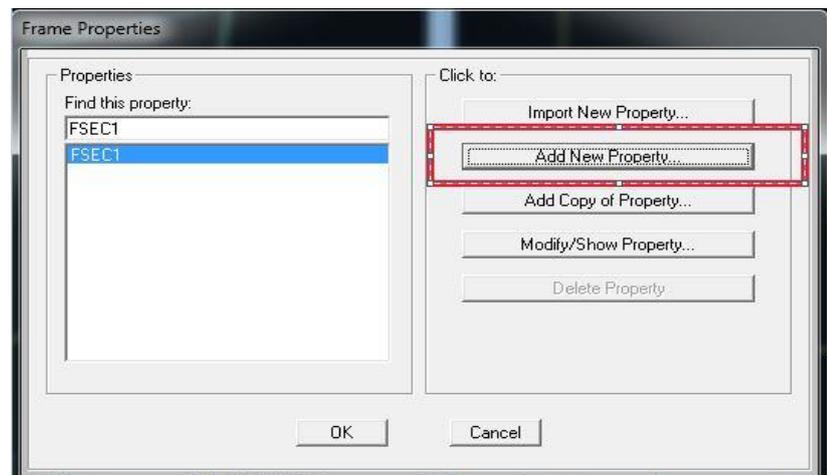


Gambar 2.11 Material yang telah terinput

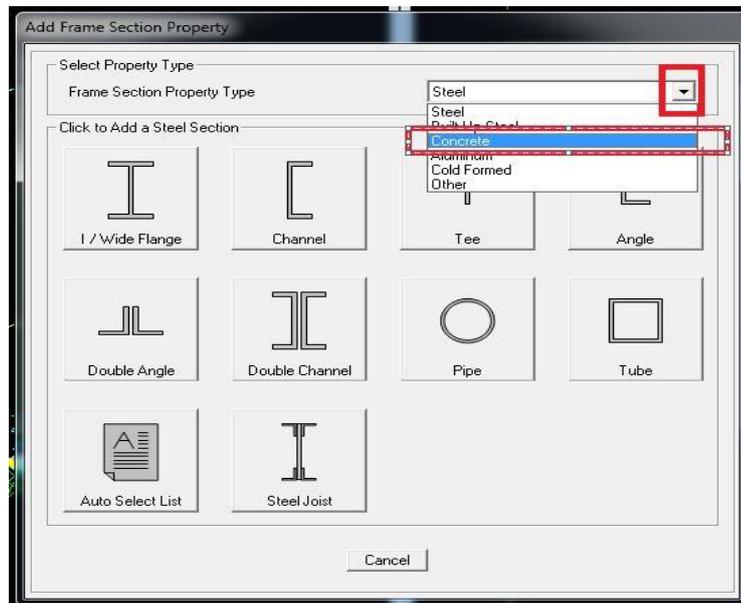
- 4.) Isi data pada dimensi struktur, yakni Balok dan Kolom.
- Pilih menu *Define*.
 - Pilih *section properties* dan *frame section*
 - *Add new properties* dan beri *section name*. Beri perbedaan nama pada apa yang sedang dimodelkan, yakni Balok dan Kolom yang dibuat terpisah.



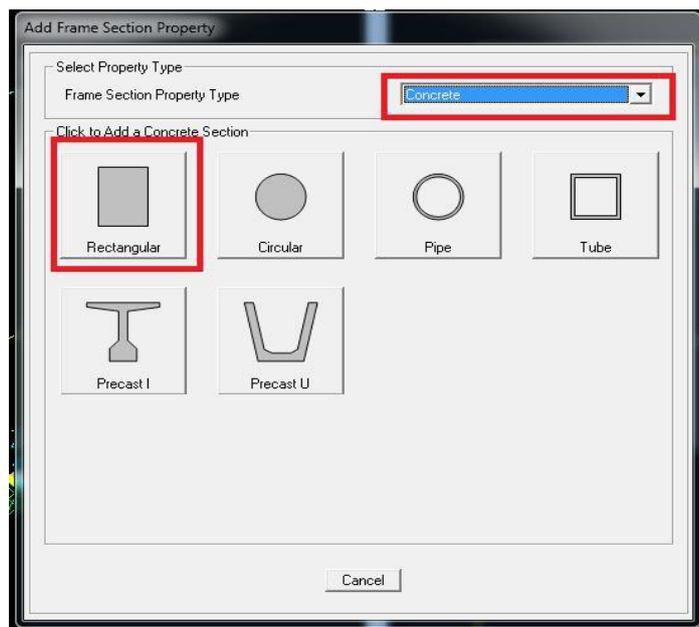
Gambar 2.12 Insert frame section



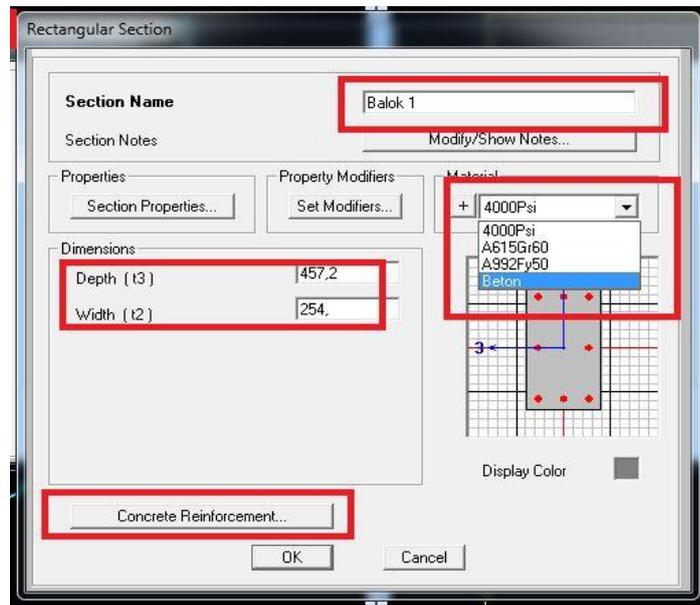
Gambar 2.13 Add new property



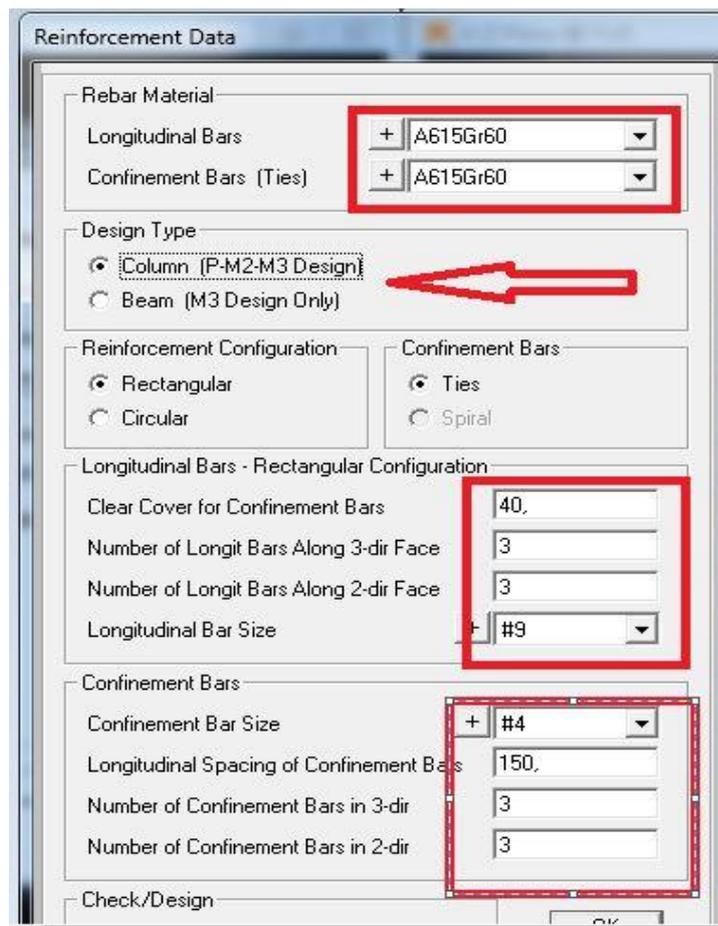
Gambar 2.14 Frame section property type : concrete



Gambar 2.15 Penampang persegi



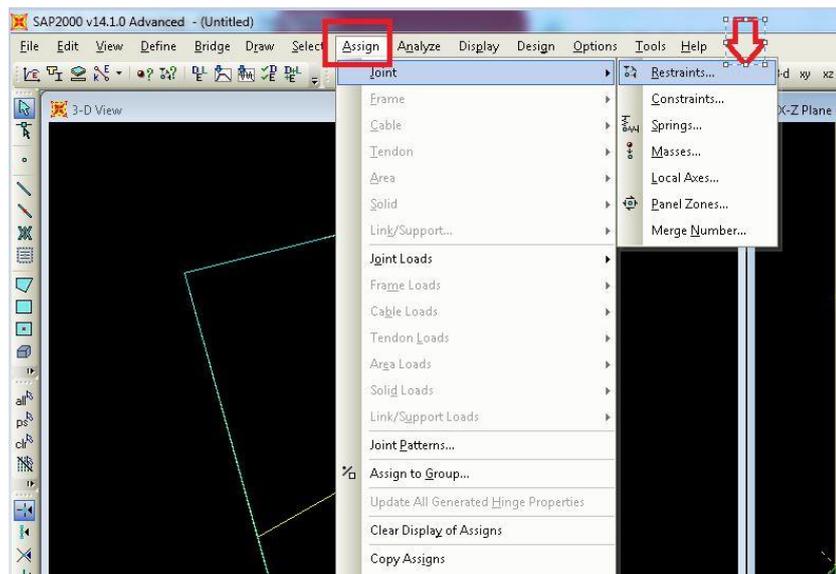
Gambar 2.16 Section name



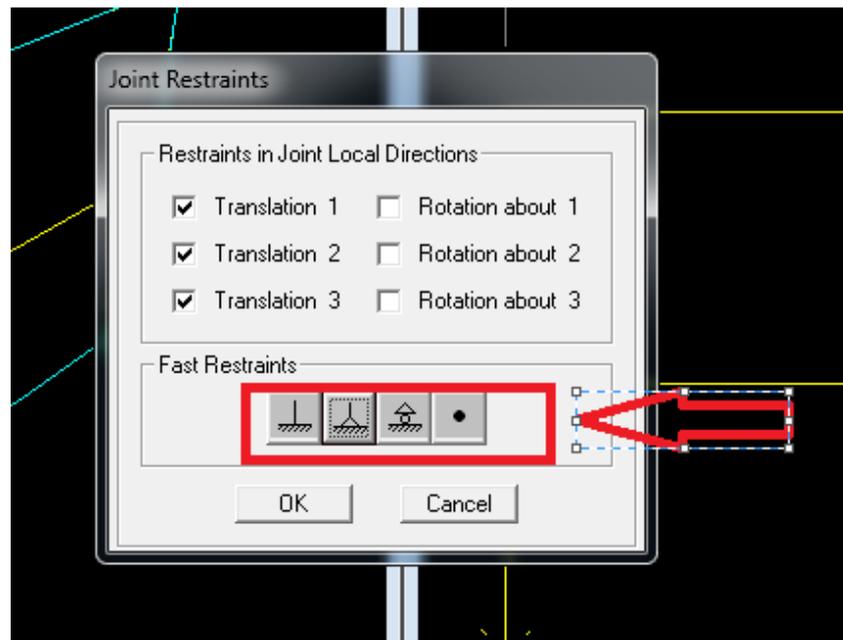
Gambar 2.17 Reinforcement data penampang dan baja tulangan yang digunakan pada kolom dan balok

5.) 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

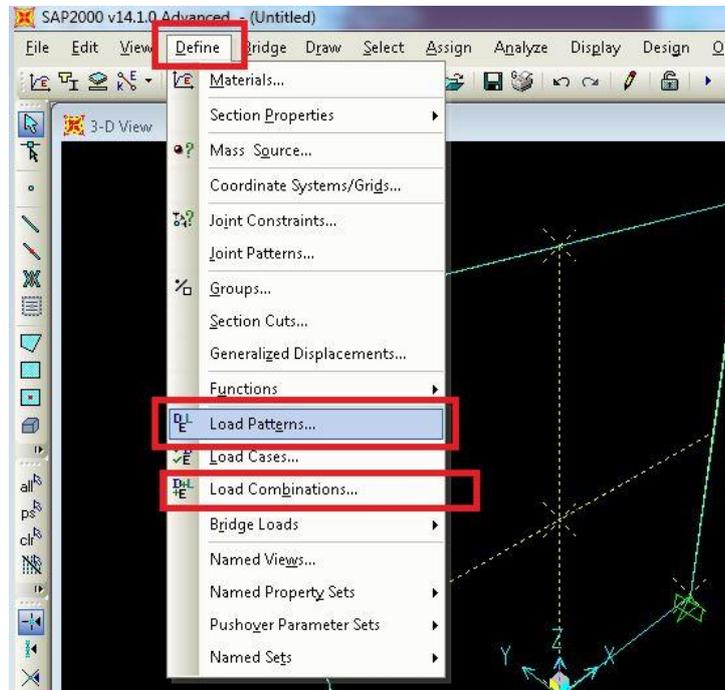


Gambar 2.18 Memasuki menu *assign* ke *joint*

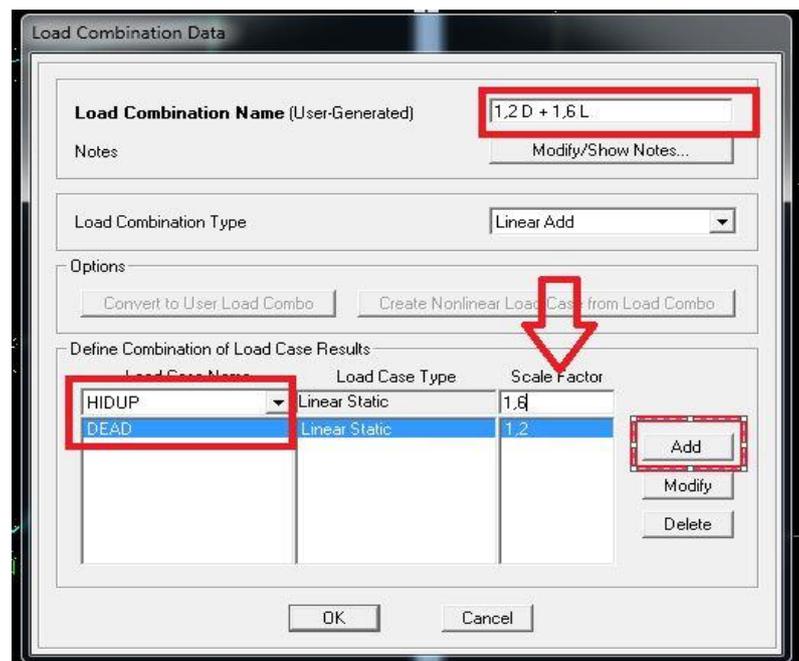


Gambar 2.19 Memilih perletakan

- 6.) Masukkan data akibat beban mati dan hidup
- Pastikan jika *Define* nama pembebanan hidup, mati dan kombinasi telah terinput

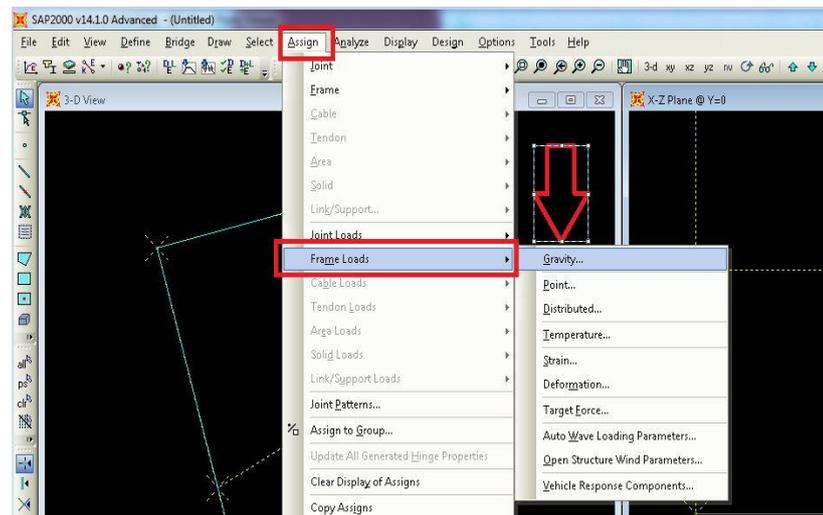


Gambar 2.20 Define Load Pattern

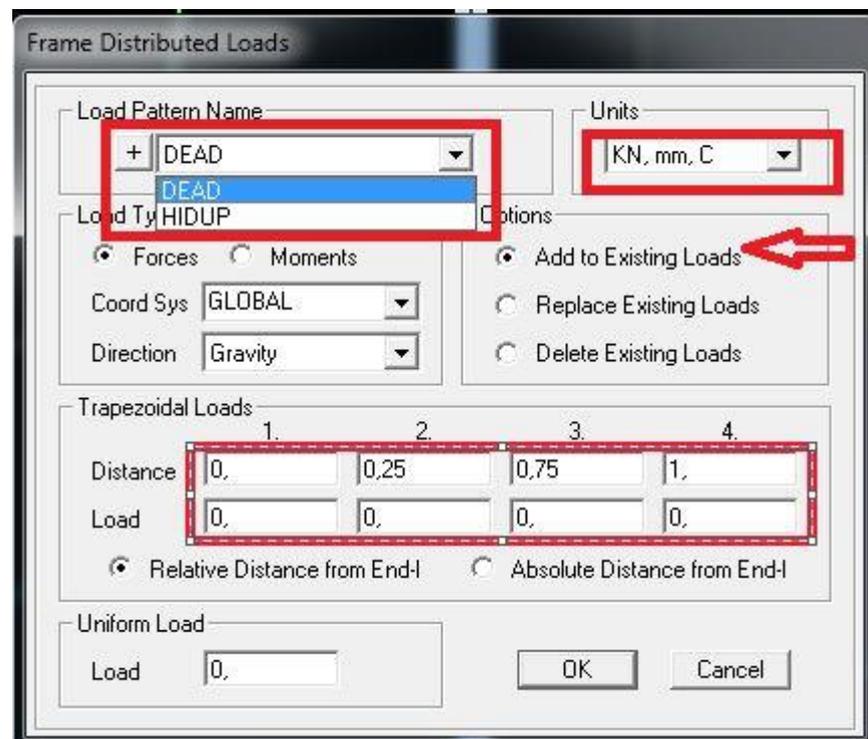


Gambar 2.21 Menginput beban kombinasi 1,2 D + 1,6 L

- Klik atau block batang pada permodelan portal di SAP2000.v14 lalu pilih menu assign
- pilih *frame load* dan *distributed* (Merata)



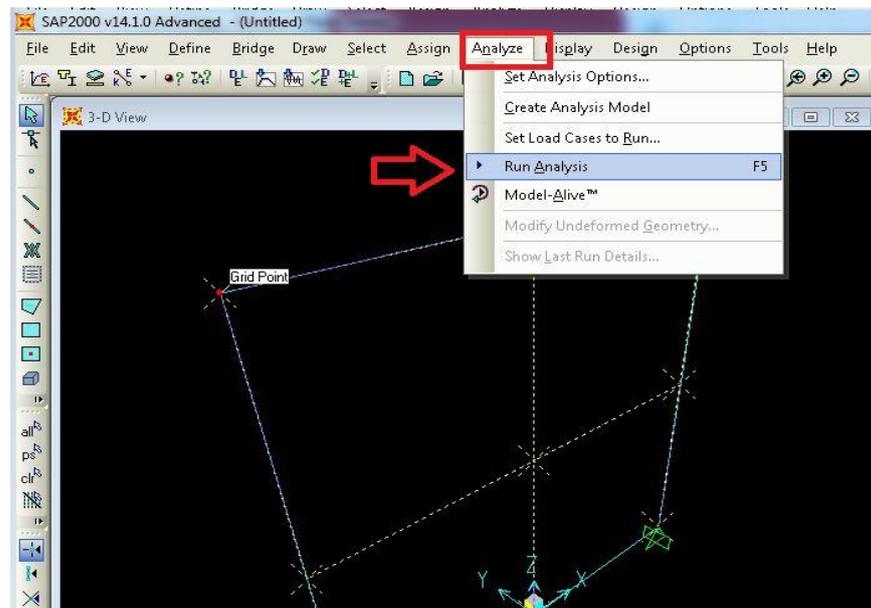
Gambar 2.22 Memasukkan beban ke model

Gambar 2.23 Menambahkan nilai beban dengan *add existing load*

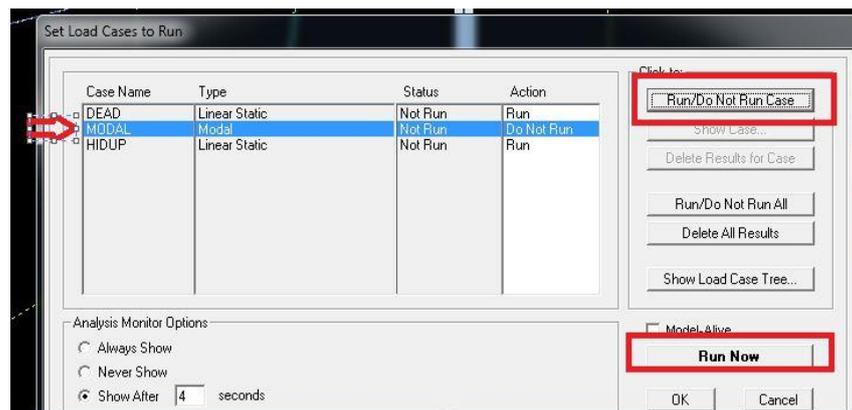
7.) Run Analysis

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

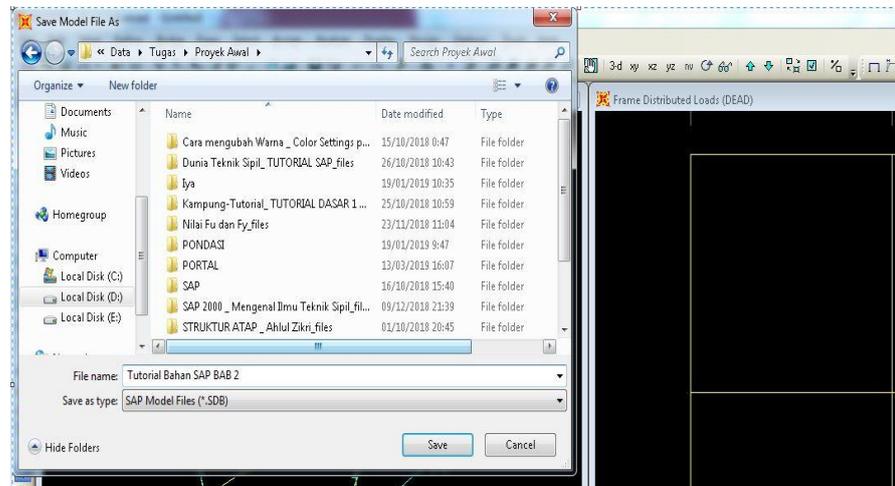
- Pih menu *Analyze* dan pilih *Run analysis*
- Klik *Run Now*



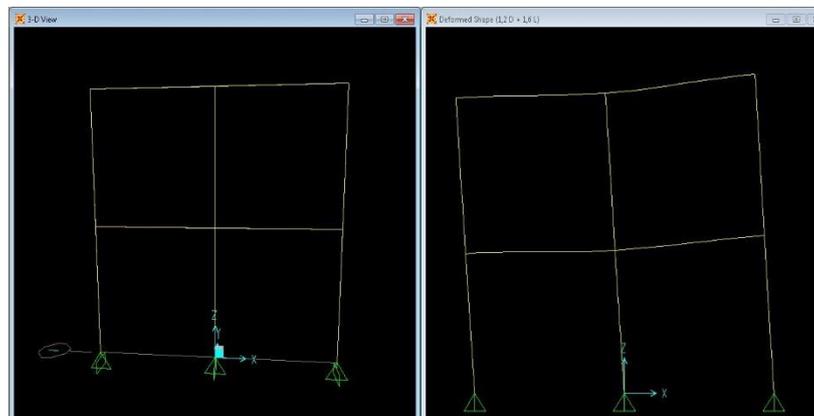
Gambar 2.24 Run Analysis



Gambar 2.25 Run Now pada gedung yang direncanakan



Gambar 2.26 Lokasi pemilihan hasil *Run Analysis*



Gambar 2.27 *Finish* hasil *Run Analysis* dengan perhitungan yang terlampir

2.3.4 Perancangan Balok

Balok adalah batang horizontal dari rangka struktural 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. Selain itu ring balok juga berfungsi sebagai pengikat kolom-kolom agar apabila terjadi pergerakan, kolom-kolom tersebut tetap bersatu mempertahankan bentuk dan posisinya semula. 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.

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_I)
 - Beban Rencana (W_u) = $1,2 W_D + 1,6 (W_I)$
 - b. Momen Pada Balok
 - Momen akibat Beban Mati (M_D)
 - Momen akibat Beban Hidup (M_L)

$$- \text{Momen rencana } (M_u) = 1,2 M_D + 1,6 M_L$$

4. Periksa dimensi penampang balok

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

b. Mencari nilai ρ

$$- \rho_{\text{Minimum}} = \frac{1,4}{f_y} \text{ (Digunakan untuk mutu beton } \leq 30 \text{ MPa) atau;}$$

$$- \rho_{\text{Minimum}} = \sqrt{\frac{f_c}{4f_y}} \text{ (Digunakan untuk mutu beton } > 30 \text{ MPa)}$$

$$- \rho_{\text{Pakai}} = \frac{M_u}{\phi b d^2} = f_y \cdot \rho - \frac{f_y^2}{1,7 f' c} \rho^2$$

$$\frac{f_y^2}{1,7 f' c} \rho^2 - f_y \cdot \rho + \frac{M_u}{\phi b d^2} = 0$$

$$\rho = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$- \rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_c}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$- \rho_{\text{maksimum}} = 0,75 \rho_b$$

Keterangan :

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

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

d = Tinggi efektif (mm)

ϕ = 0,9 Faktor reduksi rencana (*Sumber SNI 2847-2013:66*)

Dengan beberapa syarat, seperti

- Jika $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{hitung}} < \rho_{\text{maks}} = \text{OKE}$;
- Jika : $\rho_{\text{hitung}} < \rho_{\text{min}}$, maka penampang terlalu besar sehingga dimensi balok bisa dikurangi;
- Jika : $\rho_{\text{hitung}} > \rho_{\text{maks}}$, maka penampang terlalu kecil sehingga dimensi balok harus dibesarkan.

5. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

- Menentukan Menentukan $d_{\text{eff}} = h - p - \frac{1}{2} \phi$ sengkang - $\frac{1}{2} \phi$ Tulangan Utama
- Mencari nilai ρ

$$\rho_{\text{Pakai}} = \frac{Mu}{\phi b d^2} = fy \cdot \rho - \frac{fy^2}{1,7 f'c} \rho^2$$

$$\frac{fy^2}{1,7 f'c} \rho^2 - fy \cdot \rho + \frac{Mu}{\phi b d^2} = 0$$

$$\rho = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$Vc = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw$$

$$Av_{\text{Minimum}} = 0,062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \left(\frac{bw \cdot s}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot bw \cdot s}{f_{yt}}$$

$$S_{\text{Maks}} = \frac{Av \cdot f_{yt}}{0,062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw}$$

$$S = \frac{Av \cdot fy \cdot d}{Vs}$$

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*)

- Menghitung luas tulangan yang diperlukan (As)

$$As = \rho \cdot b \cdot d$$

Keterangan :

As = Luas tualangan yang diperlukan oleh balok untuk memikul momen lentur yang terjadi (mm²)

ρ = Rasio penulangan

d = Tinggi efektif pelat (mm)

- Menentukan diameter tulangan yang dipakai.
Syaratnya ialah $A_s \text{ terpasang} \geq A_s \text{ yang direncanakan}$

6. Perencanaan tulangan geser

- a. $V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d$ (Sumber SNI 2847-2013 halaman 89 pasal 11.2.1.1)

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

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

$$V_u < \phi V_c$$

Bila, $V_n = V_c + V_s$

Sehingga :

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

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

(Setiawan, 2016:99)

- c. Luas minimum tulangan geser

$$A_{v_{Minimum}} = 0,062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \left(\frac{bw \cdot s}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot bw \cdot s}{f_{yt}} \quad (\text{SNI 2847-2013 pasal}$$

11.4.6.1 : 92)

- d. Jarak maksimum tulangan geser

Jika $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d$, maka : $S = \frac{d}{2}$ atau 600 mm

Jika $V_s \leq 0,66 \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d$, maka : $S = \frac{d}{4}$ atau 300 mm

S maksimum untuk tulangan suhu dan susut = $5 \times h_{\text{slab}}$ atau tidak boleh lebih dari 450 mm (*SNI 2847:2013, Pasal 7.12.2.1 poin c*)

Sehingga, untuk tulangan sengkang vertikal dapat dihitung menggunakan rumus :

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

(*Setiawan, 2016: 99*)

Keterangan :

V_c = Kuat geser nominal yang disumbang oleh beton

V_u = Kuat geser terfaktor pada penampang

V_n = Kuat geser nominal

V_s = Kuat geser nominal yang disumbang oleh tulangan geser

A_v = Luas tulangan geser pada daerah sejarak S

$A_v = 2 \cdot A_s$

A_s = Luas tulangan penampang sengkang

d = Jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

f_y = Mutu baja

2.3.5 Perancangan Kolom

Kolom adalah salah satu komponen struktur vertikal yang secara khusus difungsikan untuk memikul beban aksial tekan (dengan atau tanpa adanya momen lentur) dan memiliki rasio tinggi/panjang terhadap dimensi terkecilnya sebesar 3 atau lebih. Kolom memikul beban vertikal yang berasal dari pelat lantai atau atap dan menyalurkannya kepondasi. Pada struktur bangunan gedung beton bertulang, balok, pelat dan kolom pada umumnya dicor secara monolit sehingga akan menimbulkan momen lentur pada kolom akibat kondisi tumpuan ujung.

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
 5. Berdasarkan kekangan dalam arah lateral;
 - a. Dapat menjadi bagian dari suatu portal yang dikekang terhadap goyangan
 - b. Dapat menjadi bagian dari suatu portal bergoyang
 6. Berdasarkan material;
 - a. Kolom beton bertulang biasa
 - b. Kolom beton prategang
 - c. Kolom komposit (terdiri dari beton dan profil baja)

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. Cek Dimensi Penampang
 1. Menentukan $d_{eff} = h - p - \varnothing_{sengkang} - \frac{1}{2} \varnothing_{tulangan\ utama}$
 2. Memeriksa P_u terhadap beban seimbang

$$d = h - d'$$

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

$$a_b = \beta_1 x C_b$$

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

$$f_s = f_y$$

$$\phi P_n = \phi (0,85 \times f'_c \times a_b \times b + A_s' \times f_s' - A_s \times f_y)$$

(Dipohusodo:324)

$\phi P_n > P_u \rightarrow$ beton hancur pada daerah tarik

$\phi P_n < P_u \rightarrow$ beton hancur pada daerah tekan

3. Memeriksa kekuatan penampang

a. Akibat keruntuhan tarik

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

(Dipohusodo : 322)

4. Akibat keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\left(\frac{\theta}{d - d'} \right) + 0,50} + \frac{b \cdot h \cdot f'_c}{\left(\frac{3 \cdot h \cdot \theta}{d^2} \right) + 1,18} \dots \dots \dots (Dipohusodo:326)$$

b. 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 βds dapat diambil sama dengan 0, sehingga :

$$EI = \frac{0,2.Ec.Ig + Es.Ise}{1 + \beta ds}$$

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

$$I_k = 1/12 b h^3$$

$$I_s = 1/12 b h^3$$

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

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

(Dipohusodo:337)

Keterangan :

e = eksentrisitas

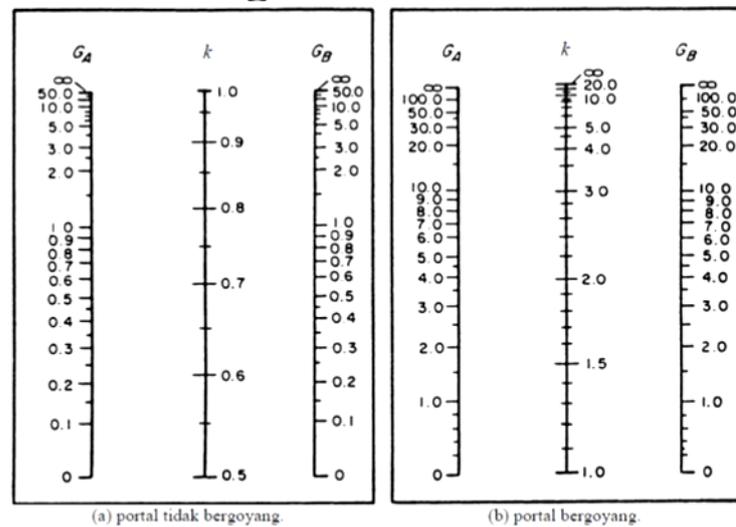
Mu = momen terfaktor yang bekerja pada penampang

Pu = beban aksial terfaktor yang bekerja pada penampang

6. Menentukan Ψa dan Ψb

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

7. Faktor panjang efektif kolom



Gambar 2.28 Diagram Monogram untuk Menentukan Tekuk dari Kolom

8. 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** (M_c). Hal ini mengacu pada SNI-03-2847-2013 hal. 78 Pasal 10.10.1

9. Perbesaran momen (M_c)

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

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

$$\begin{aligned} \Sigma Pu &= n. Interior(PuLintang + PuPanjangInterior) \\ &+ \frac{2}{3}(n. Eksterior(PuLintang + PuPanjangEksterior)) \\ &+ \frac{1}{3}(n. Sudut(PuLintang + PuPanjangSudut)) \end{aligned}$$

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

$$Mc = \delta_b x M_{2b} + \delta_s x M_{2s}$$

Keterangan :

Mc = momen rencana yang diperbesar

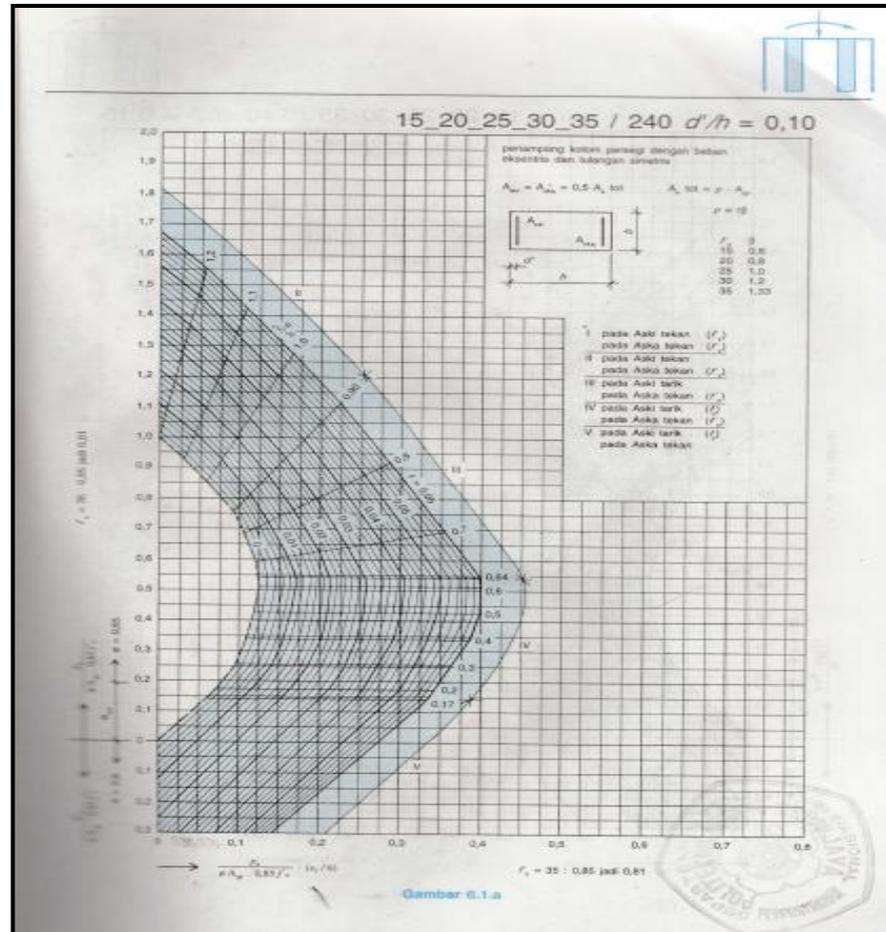
δ = faktor perbesaran momen

Pu = beban rencana aksial terfaktor

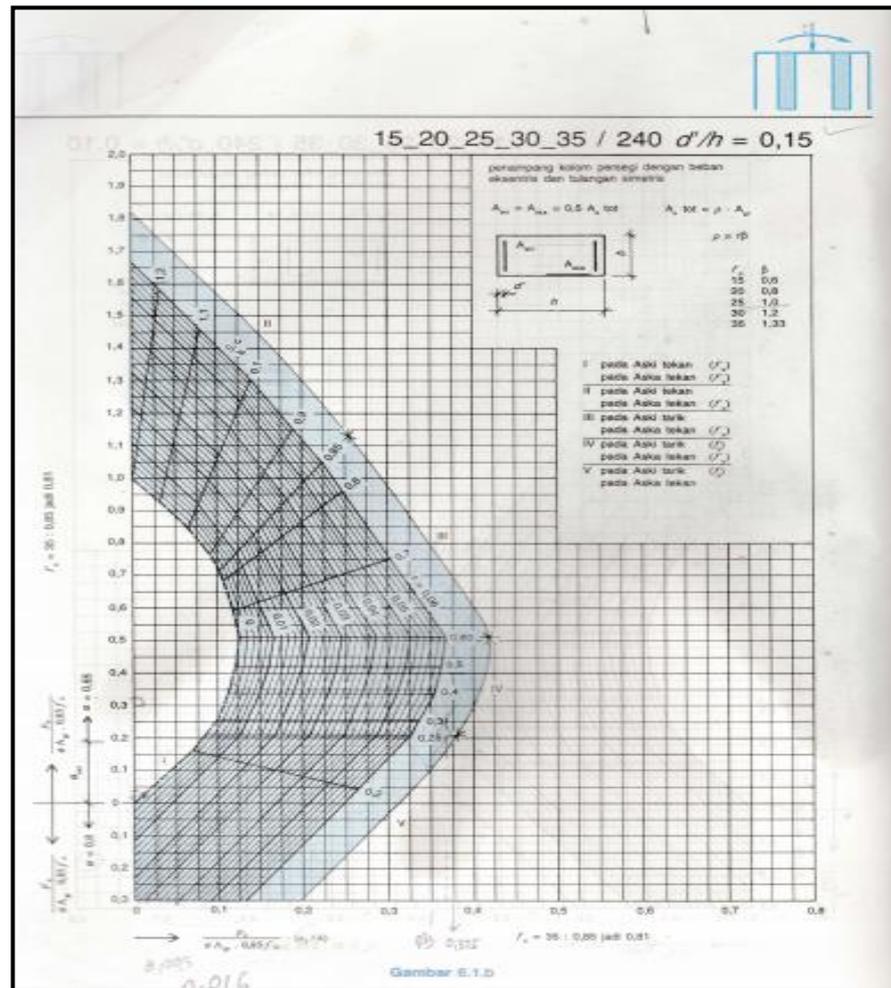
Pc = beban tekuk Euler

10. Desain penulangan

Adapun nilai ρ_g , sebagai berikut :



Gambar 2.29 Tabel ρ_g Vis dan Gideon Seri 4 (1993:81)



2.30 Tabel ρ_g Vis dan Gideon Seri 4 (1993:81-82)

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

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

$$\rho = \rho'$$

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

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 tarik terluar ke pusat tulangan tekan
- b = Lebar daerah tekan komponen struktur
- h = Diameter penampang
- $f'c$ = Mutu beton
- fy = Mutu baja
- e = Eksentrisitas

2.3.6 Perancangan Sloof

Sloof adalah struktur bangunan yang terletak di atas pondasi bangunan. Sloof berfungsi mendistribusikan beban dari bangunan atas ke pondasi, sehingga beban yang tersalurkan setiap titik di pondasi tersebar merata. Sloof juga berfungsi sebagai pengunci dinding dan kolom agar tidak roboh apabila terjadi pergerakan tanah. Sebagai tambahan pada sloof, untuk bangunan tahan terhadap gempa maka disempurnakan pada ikatan antara sloof dengan pondasi yaitu dengan memberikan angker dengan beri diameter 12 mm dengan jarak 1,5 meter. Namun angka ini dapat berubah untuk bangunan yang lebih besar atau bangunan bertingkat banyak. Langkah-langkah perhitungan dalam merencanakan sloof adalah:

a. Cek dimensi penampang sloof

1. Menghitung momen rencana

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

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

2. Cek dimensi

a. Menentukan $d_{\text{eff}} = h - p - \emptyset_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tulangan utama}}$

b. Menghitung nilai ρ

$$\rho_{\text{pakai}} = \frac{Mu}{\phi b d^2} = fy \cdot \rho - \frac{fy^2}{1,7 f'c} \rho^2$$

$$\frac{fy^2}{1,7 f'c} \rho^2 - fy \cdot \rho + \frac{Mu}{\phi b d^2} = 0$$

$$\rho = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Keterangan :

Mu = Momen terfaktor pada penampang (KNm)

b = Lebar penampang (mm) diambil 1 m

d = Tinggi efektif pelat (mm)

\emptyset = Faktor reduksi rencana (SNI-03-2847-2013:66)

Dengan syarat jika $\rho_{\min} < \rho_{\text{hitung}} < \rho_{\max} \rightarrow$ (OKE)

Jika $\rho_{\text{hitung}} < \rho_{\min}$, maka penampang terlalu besar sehingga dimensi balok bisa dikurangi. Sedangkan jika $\rho_{\text{hitung}} > \rho_{\max}$, maka penampang terlalu kecil sehingga dimensi balok harus dibesarkan.

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Hitung As yang diperlukan

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

Dimana:

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

P = Rasio penulangan

d = Tinggi efektif pelat (mm)

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

5. Pilih tulangan dengan dasar A_s terpasang \geq A_s direncanakan.

Apabila $M_R < M_u$ balok akan berperilaku sebagai balok T murni.

6. Perencanaan tulangan geser

a. $V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$ (SNI 2847-2013 hal.89 pasal 11.2.1.1)

Tulangan geser diperlukan apabila $V_u > \frac{1}{2} \emptyset V_c$. Tulangan geser minimum dipakai apabila nilai V_u melebihi $\frac{1}{2} \emptyset V_c$ tapi kurang dari $\emptyset V_c$. Biasanya dapat digunakan tulangan diameter 10 mm yang diletakkan dengan jarak maksimum. Apabila nilai $V_u > \emptyset V_c$ maka kebutuhan tulangan geser harus dihitung (Setiawan, 2016:103);

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

$$V_u < \phi V_n$$

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.

(Setiawan, 2016:99)

- c. Luas minimum tulangan geser

$$A_{v_{\min}} = 0,062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot \left(\frac{b_w \cdot S}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot b_w \cdot S}{f_{yt}} \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 11.4.6.1})$$

- d. Jarak minimum tulangan geser

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

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

Dengan batasan kebutuhan luas minimum luas tulangan geser:

$$S_{\max} = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w}, \text{ untuk } f'c > 30 \text{ MPa}$$

$$S_{\max} = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,35 \cdot b_w}, \text{ untuk } f'c \leq 30 \text{ MPa} \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 11.4.5})$$

Sehingga, untuk sengkang vertikal dapat dihitung menggunakan rumus:

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \quad (\text{Setiawan, 2016:99})$$

Dimana:

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

2.3.7 Perancangan Pondasi Tiang Pancang dan *Pilecap*

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 hidrostatik 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.

Berdasarkan data hasil pengujian bor tanah pada lokasi pembangunan Gedung Kuliah Jurusan Perjalanan Akomodasi Politeknik Pariwisata Palembang Politeknik Pariwisata Palembang Tahap II, maka jenis pondasi yang dipilih adalah pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang.

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 bor log

- Menentukan jumlah tiang

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

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

- Menentukan jarak antartiang

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

Keterangan :

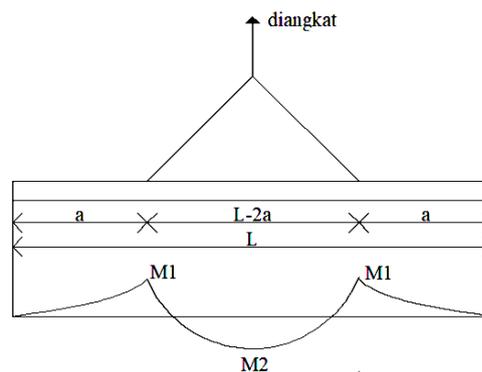
S = Jarak antar tiang

d = Ukuran *Pile* (Tiang)

- Pengangkatan tiang pancang

- Pengangkatan pola 1 (pada waktu pemindahan)

Kondisi pemindahan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan dua tumpuan



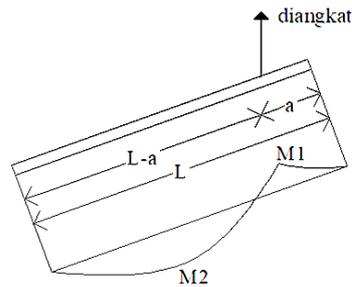
Gambar 2.31 Pengangkatan Pola 1

$$M_1 = M_2$$

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

5. Pengangkatan pola 2 (pada waktu pemancangan)

Kondisi pengangkatan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan satu tumpuan



Gambar 2.32 Pengangkatan Pola 2

$$M_1 = M_2$$

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

6. Perhitungan tulangan tiang pancang

a. Menentukan $d_{\text{eff}} = h - p - \emptyset_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \emptyset_{\text{tulangan utama}}$

b. Berdasarkan nilai P yang paling besar

- Hitung arah absis x dan absis y

$$\text{Absis } x = \frac{Pu}{\phi \cdot Ag \cdot 0,85 \cdot f'c} \cdot \left(\frac{e}{h} \right)$$

$$\text{Absis } y = \frac{Pu}{\phi \cdot Ag \cdot 0,85 \cdot f'c}$$

(Dipohusodo : 316)

$\rho_g = 0,001 < \rho_{\text{min}} = 0,01$, maka dipakai ρ_{min}

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

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

c. Berdasarkan nilai momen saat pengangkatan

Menghitung nilai ρ_{perlu}

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

$$\rho_{\text{Pakai}} = \frac{Mu}{\phi b d^2} = f_y \cdot \rho - \frac{f_y^2}{1,7 f'c} \rho^2$$

$$\frac{f_y^2}{1,7 f'c} \rho^2 - f_y \cdot \rho + \frac{Mu}{\phi b d^2} = 0$$

$$\rho = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \text{ Hitung luas tulangan yang dibutuhkan}$$

$$A_{\text{Stotal}} = \rho \cdot b \cdot h$$

7. Perhitungan tulangan sengkang tiang pancang

a. Menghitung nilai Vu

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

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

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

(Setiawan, 2016:103)

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

$$V_u < \phi V_n$$

$$\text{Keterangan : } V_n = V_c + V_s$$

Sehingga:

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

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

(Setiawan, 2016:99)

d. Luas minimum tulangan geser

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

(SNI 2847:2013 pasal 11.4.6.1)

- e. Jarak minimum tulangan geser

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

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

Dengan batasan kebutuhan luas minimum luas tulangan geser:

$$S_{maks} = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,062 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_w}, \text{ untuk } f'c > 30 \text{ MPa}$$

$$S_{maks} = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,35 \cdot b_w}, \text{ untuk } f'c \leq 30 \text{ MPa}$$

(SNI 2847:2013 pasal 11.4.5)

Sehingga, untuk sengkang vertikal dapat dihitung menggunakan rumus:

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \text{ (Setiawan, 2016:99)}$$

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = luas tulangan geser pada daerah sejarak s

$$A_v = 2 A_s,$$

Keterangan :

A_s = luas penampang batang tulangan sengkang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

f_y = mutu baja

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

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

$$Vu = P_{ult} \cdot B \cdot L - ((a2 + d) \cdot (a1 + d))$$

- Gaya geser nominal

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

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

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

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

2. Aksi satu arah

- Gaya geser terfaktor

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

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

- Gaya geser nominal

$$\phi Vc = \phi \frac{1}{6} \sqrt{f'c} \cdot b_w \cdot d$$

Jika $\phi Vc > Vu$ maka tidak diperlukan tulangan geser. Jika $\phi Vc < Vu$ maka diperlukan tulangan geser.

- Kontrol kekuatan geser secara individual

1. Gaya geser terfaktor (Vu)
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}

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

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

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 $A_s \text{ min} = 0,005A_g$. (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

2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)

Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) adalah bagian dari dokumen kontrak disamping ketentuan kontrak, gambar, dan dokumen lainnya. Sehingga RKS adalah salah satu pedoman penting dalam melaksanakan proyek. 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. Disebutkan 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 merupakan akronim dari Rencana Anggaran Biaya. RAB adalah Suatu acuan atau metode penyajian rencana biaya yang harus dikeluarkan dari awal pekerjaan dimulai hingga pekerjaan tersebut selesai dikerjakan. 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.

Sebelum menyusun dan menghitung *Harga Satuan Pekerjaan* seseorang harus mampu menguasai cara pemakaian analisa BOW (*Burgerlijke Openbare Werken*). BOW ialah suatu ketentuan dan ketetapan umum yang ditetapkan Dir. BOW tanggal 28 Februari 1921 Nomor 5372 A pada zaman Pemerintahan Belanda. Analisa BOW dipergunakan untuk pekerjaan padat karya yang memakai peralatan konvensional, sedangkan bagi pekerjaan yang mempergunakan peralatan modern, analisa BOW tidak dapat dipergunakan sama sekali. Namun, tetap mampu menjadi pedoman dalam menyusun Anggaran Biaya Bangunan. Adapun analisa di dalamnya, berupa :

a. Analisa Bahan

Yang dimaksud dengan analisa bahan suatu pekerjaan ialah menghitung banyaknya volume masing-masing bahan serta besarnya biaya yang dibutuhkan;

b. Analisa Upah

Yang dimaksud dengan analisa upah suatu pekerjaan ialah, menghitung banyaknya tenaga yang diperlukan, serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut.

2.4.3 Rencana Kerja (*Time Schedule*)

Adapun rencana kerja dari pengelolaan proyek pembangunan Gedung Kuliah H Jurusan Konvensi dan Acara Politeknik Pariwisata Palembang, meliputi:

1. *Network Planning (NWP)*

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.

Secara umum kegunaan *network planning* adalah untuk mengelola kegiatan. Berikut poin-poin detail kegunaan *tool network planning*:

- a. Memberikan perencanaan, penjadwalan dan pengendalian kegiatan menyeluruh;
- b. Dapat memperkirakan waktu, biaya, serta sumber daya yang diperlukan;
- c. Sebagai dokumentasi proyek;
- d. Mengetahui kegiatan kritis;
- e. Sebagai alat komunikasi data, masalah, dan tujuan proyek.

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun *NWP* adalah:

- a. Urutan pekerjaan yang logis
Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa saja yang kemudian mengikutinya;
- b. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan
Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek tersebut baru biasanya diberi kelonggaran waktu;
- c. Biaya untuk mempercepat pekerjaan
Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada pada jalur-jalur kritis ingin dipercepat agarseluruh proyek segera selesai.

2. *Barchart* (Bagan Balok)

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.

3. *Hanumm Curve* (Kurva S)

Hanumm Curve atau Kurva S adalah sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanumm atas dasar pengamatan terhadap sejumlah besar proyek sejak awal hingga akhir proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang dipresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkannya terhadap jadwal

rencana. Dari sinilah diketahui apakah ada keterlambatan atau percepatan jadwal proyek.

Indikasi tersebut dapat menjadi informasi awal guna melakukan tindakan koreksi dalam proses pengendalian jadwal. Tetapi informasi tersebut tidak detail dan hanya terbatas untuk menilai kemajuan proyek. Perbaikan lebih lanjut dapat menggunakan metode lain yang dikombinasikan, misal metode bagan balok atau *network planning* dengan memperbarui sumber daya maupun waktu pada masing-masing kegiatan.

Untuk membuat kurva S, jumlah persentase kumulatif bobot masing-masing kegiatan pada suatu periode di antara durasi proyek diplotkan terhadap sumbu vertikal sehingga bila hasilnya dihubungkan dengan garis, akan membentuk kurva S.

Bentuk demikian terjadi karena volume kegiatan pada bagian awal biasanya masih sedikit, kemudian pada pertengahan meningkat dalam jumlah cukup besar, lalu pada akhir proyek volume kegiatan kembali mengecil.

Untuk menentukan bobot pekerjaan, pendekatan yang dilakukan dapat berupa perhitungan persentase berdasarkan biaya per item pekerjaan/kegiatan dibagi total anggaran atau berdasarkan volume rencana dari komponen kegiatan terhadap volume total kegiatan.