

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 pengoperasional 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 Perhitungan atap baja, pelat atap dan 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.

Konstruksi suatu bangunan dapat berupa konstruksi beton, konstruksi baja, atau konstruksi gabungan dari keduanya yaitu konstruksi komposit. Beton sendiri adalah material konstruksi yang diperoleh dari pencampuran antara pasir, kerikil, batu pecah, semen serta air. Terkadang beberapa macam bahan tambahan dicampurkan ke dalam campuran beton dengan tujuan memperbaiki sifat-sifat beton, yakni antara lain untuk meningkatkan *workability*, *durability*, serta waktu pengerasan beton. Berikut ini beberapa keuntungan penggunaan material beton bertulang adalah :

1. Memiliki kuat tekan yang tinggi
2. Memiliki ketahanan api yang lebih baik dibandingkan dengan material baja, apabila disediakan selimut beton yang mencukupi.
3. Membentuk struktur yang sangat kaku
4. Memiliki umur layan yang panjang dengan biaya perawatan yang murah
5. Untuk beberapa tipe struktur seperti bendungan, pilar jembatan dan pondasi, penggunaan beton dianggap lebih ekonomis.
6. Beton dapat dicetak menjadi beragam bentuk penampang, sehingga banyak digunakan dalam industry pracetak.
7. Tidak terlalu dibutuhkan tenaga kerja dengan keterampilan yang tinggi.

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 kelak tidak akan menimbulkan kegagalan (*Failed*)

2.2 Ruang Lingkup Perancangan

Berikut ruang lingkup perancangan konstruksi pada pembangunan Gedung Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Kampus B Jakabaring Palembang meliputi beberapa tahapan-tahapan, antara lain yaitu mulai dari tahap persiapan, studi kelayakan, mendesain/merancang bangunan, perhitungan struktur, serta perhitungan biaya.

2.2.1 Tahap Perancangan (Desain) Konstruksi

Perancangan sebuah konstruksi bangunan merupakan suatu sistem yang sebaiknya dilakukan dengan tahapan-tahapan tertentu agar konstruksi yang dihasilkan

sesuai dengan tujuan bersama yang akan dicapai. Adapun tahapan-tahapan yang dimaksud antara lain :

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

Pada tahap pra-perancangan ini, ahli struktur harus mampu membantu arsitek untuk memilih komponen-komponen penting pada struktur bangunan yang akan direncanakan, baik dimensinya maupun posisi struktur tersebut. Dan pada pertemuan pertama biasanya arsitek akan datang dan membawa informasi mengenai :

- a. Sketsa denah, gambar tampak dan potongan-potongan gedung beserta segala atributnya.
- b. Penjelasan mengenai fungsi setiap lantai dan ruangan.
- c. Konsep awal dari sistem komponen vertikal dan horizontal dengan informasi mengenai luas dari lantai gedung serta informasi awal mengenai rencana pengaturan denah lantai, denah *entrance*, *functional room* ruang tangga dan lain-lain.
- d. Rencana dari komponen-komponen non-struktural, misalnya dinding arsitektural yang berfungsi sebagai partisi.

Selanjutnya dengan bekal dari informasi yang telah didapatkan (sesuai dengan contoh diatas), seorang ahli arsitektur harus mampu memberikan masukan mengenai :

- a. Pengaturan komponen vertikal, termasuk ukuran kolom, jarak kolom, dan penempatan kolom.
- b. Sistem komponen horizontal termasuk sistem balok dan lantai.
- c. Sistem pondasi.
- d. Usulan mengenai komponen non-struktural pada bangunan.

2. Tahap Perancangan

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

a. Perancangan bentuk arsitektur bangunan

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

b. Perancangan struktur (konstruksi) bangunan

Dalam perancangan struktur bangunan, perancang mulai melakukan perhitungan komponen-komponen struktur berdasarkan bentuk arsitektural yang didapat. Perancang mulai mendimensikan serta menyesuaikan komponen-komponen struktur lebih spesifik agar memenuhi syarat-syarat konstruksi namun masih berdasarkan prinsip-prinsip efisien dan ekonomis.

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

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

a. Struktur Bangunan Atas (*Upper Structure*)

Struktur bangunan atas harus mampu mewujudkan perencanaan estetika dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi struktur yaitu keamanan maupun kenyamanan bagi penggunanya. Adapun struktur atas dari suatu bangunan antara lain : Atap Baja, Pelat Atap (Dak) dan Pelat Lantai, Tangga, Balok Anak, Balok Induk, Kolom.

b. Struktur Bangunan Bawah (*Sub Structure*)

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

dibawaahnya. Adapun struktur bawah pada suatu bangunan yaitu : Sloof dan Pondasi.

2.2.2 Dasar-dasar Perhitungan

Mendesain dan menghitung struktur Gedung Kuliah Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Kampus B Jakabaring Palembang memiliki beberapa pedoman sebagai dasar perhitungan, diantaranya ialah :

1. SNI 2847 : 2013 tentang Persyaratan Beton Struktur 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. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung (PPPURG) 1987. 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.
4. Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang Seri I dan Seri IV, oleh W.C Vis dan Gideon Kusuma.
5. Perencanaan Struktur Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung (Berdasarkan SNI 02-2847-2013), oleh Agus Setiawan.
6. Tata Cara Perencanaan Bangunan Baja untuk Gedung SNI 1729 : 2002. Pada pedoman ini berisikan Tata Cara Perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung.
7. Buku Perancangan Baja Struktural oleh Wiryanto Dewobroto

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 pada SNI 2847 : 2013 tentang

Perencanaan Beton Struktur untuk Bangunan Gedung, bahwa beban-beban tersebut dapat diklarifikasikan kedalam beberapa kelompok, diantaranya :

1. Beban Mati

Beban Mati adalah beban gravitasi yang berasal dari berat semua komponen gedung bangunan atau bangunan yang bersifat permanen selama masa layan (*Service Load*) struktur. Termasuk pula beban 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 menyumbang beban mati bagi gedung yang dirancang. Berikut tabel yang memuat nilai berat sendiri bahan dan komponen bangunan menurut PPPURG tahun 1987 :

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan dan Komponen Bangunan

Bahan Bangunan			
No	Material	Berat (kg/cm³)	Keterangan
1	Baja	7850	
2	Batu alam	2600	
3	Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1500	
4	Batu karang	700	
5	Besi tuang	1450	
6	Beton ⁽¹⁾	2200	
7	Beton Bertulang	2400	
8	Kayu	1000	Kelas I
9	Kerikil, koral	1650	Kering udara sampai lembab tanpa diayak
10	Pasangan bata merah	1700	
11	Pasangan batu belah, batu gunung	2200	
12	Pasangan batu cetak	2200	

No	Material	Berat (kg/cm ³)	Keterangan
13	Pasangan batu karang	1450	
14	Pasir	1600	Kering udara sampai lembab
15	Pasir	1800	Jenis air
16	Pasir, kerikil, koral	1850	Kering udara sampai lembab
17	Tanah, lempung dan lanau	1700	Kering udara sampai lembab
18	Tanah, lempung dan lanau	2000	Basah
19	Tanah hitam	11400	
Komponen Gedung			
No	Material	Berat (kg/cm ²)	Keterangan
1	Adukan, per cm tebal : - Dari semen - Dari kapur, semen merah atau tras	21 17	
2	Aspal	14	Termasuk bahan-bahan mineral tambahan, per cm tebal
3	Dinding Pas. Bata merah : - Satu bata - Setengah bata	450 250	
4	Dinding pasangan batako Berlubang : - Tebal dinding 20 cm(HB 20) - Tebal dinding 10 cm(HB 10) Tanpa lubang - Tebal dinding 15 cm - Tebal dinding 10 cm	200 120 300 200	
5	Langit-langit & dinding, terdiri : - Semen asbes (eternit), tebal maks 4 mm - Kaca, tebal 3-4 mm	11 10	Termasuk rusuk-rusuknya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku
6	Kaca dengan tebal 3-5 mm	10	
7	Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit	40	Dengan bentang 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m ²

No	Material	Berat (kg/cm ²)	Keterangan
8	Penggantung langit-langit (dari kayu)	7	Dengan bentang maksimum 5 m dan jarak minimum 0,80 m
9	Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kasau	50	Per m ² bidang atap
10	Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kasau	40	Per m ² bidang atap
11	Penutup atap gelombang (BWG 24)	10	Tanpa gording
12	Penutup lantai ubin/cm tebal	24	Ubin semen Portland, teraso dan beton
13	Tebal asbes gelombang	11	Tebal 5 mm

(sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung, 1987:5-6)

2. Beban Hidup

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 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 PPPURG tahun 1987 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	50 (2,4)	2000 (8,9)
Ruang Komputer	100 (4,79)	2000 (8,9)

Hunian atau penggunaan	Merata Psf (kN/m ²)	Terpusat Lb (kN)
Ruang pertemuan Kursi tetap (terikat di lantai) Lobi Kursi dapat dipindahkan Panggung pertemuan Lantai podium	100 (4,79) ^a 100 (4,79) ^a 100 (4,79) ^a 100 (4,79) ^a 150 (7,18) ^a	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor Lantai pertama Lantai lain	100 (4,79) Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang makan dan restoran	100 (4,79) ^a	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator (pada daerah 2 in. x 2 in. [50 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} _c	
Susunan tangga, rel pengamandan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) ^{de} tidak boleh direduksi	e,f,g
Rumah sakit Ruang operasi, laboratorium Ruang pasien Koridor lantai diatas pertama	60 (2,87) 40 (1,92) 80 (3,83)	1000 (4,45) 1000 (4,45) 1000 (4,45)

Hunian atau penggunaan	Merata Psf (kN/m ²)	Terpusat Lb (kN)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan :		
Ruang baca	60 (2,87)	1000 (4,45)
Ruang penyimpanan	40 (1,92)	1000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Pabrik		
Ringan	125 (6,00) ^a	2000 (8,90)
Berat	250 (11,97) ^a	3000 (13,40)
Gedung perkantoran :		
Ruang arsip dan computer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2000 (8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2000 (8,90)
Lembaga perkantoran :		
Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, kolom renang, dan penggunaan yang sama	75 (3,59) ^a	
Bangsal dansa dan Ruang dansa	100 (4,79) ^a	
Gimnasium	100 (4,79) ^a	
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	100 (4,79) ^a	
Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87) ^a	
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 dapat didiami dan ruang tidur	30 (1,44)	
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	40 (1,92)	
Ruang publik ^a dan koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	
Atap		
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96) ^m	
Atap digunakan untuk taman atap	100 (4,79)	
Atap yang digunakan untuk tujuan lain	Sama seperti hunian dilayani ^a	1

Hunian atau penggunaan	Merata Psf (kN/m ²)	Terpusat Lb (kN)
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya Awning dan kanopi Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringam	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	20 (0,96)	2000 (8,9)
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai		
Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi		300 (1,33)
Semua komponen struktur atap utama lainnya		300 (1,33)
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		
Sekolah		
Ruang kelas	40 (1,92)	1000 (4,5)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,5)
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,5)
Bak-bak/ <i>scuttles</i> , ruauk 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}	8000 (35,6) ^q
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	300 ^r
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	40 (1,92)	300 ^r
Gudang diatas langit-langit	20 (0,96)	
Gudang penyimpan barang sebelum disalurkan ke pengeceran (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat)		
Ringan	125 (6,00) ^a	
Berat	250 (11,97) ^a	
Toko		
Eceran		
Lantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,45)
Lantai diatasnya	75 (3,59)	1000 (4,45)
Grosir, di semua lantai	125 (6,00) ^a	1000 (4,45)

Hunian atau penggunaan	Merata Psf (kN/m ²)	Terpusat Lb (kN)
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. 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, $k_z = 2,01 \left(\frac{z}{Z_g} \right)^{\frac{2}{\alpha}}$

b. Menghitung k_h , jika diketahui z

Dihitung menggunakan interpolasi linier

- Menentukan tekanan velositas q_z dan q_h

a. Menentukan q_z

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

b. Menghitung q_h

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

- Menghitung Koefisien eksternal, C_p

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

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

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

- 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 q_z dan q_h

a. Menentukan q_z

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

b. Menghitung q_h

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

- Menghitung Koefisien eksternal, C_p

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

Angin datang = 0,8

Angin pergi

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

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

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 = $0,77 \text{ N/m}^2 \times$ 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 = $0,77 \text{ N/m}^2 \times$ 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 dengan berbasis kekuatan (*streght design method*), elemen struktur dirancang untuk mampu memikul beban terfaktor yang didapatkan dengan mengalikan nilai factor beban dengan nilai beban layan (*service load*) nominal, dengan catatan bahwa beban hidup memiliki derajat ketidakpastian yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan beban mati.

Mengacu pada SNI 2847-2013, 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 :

- a. $U = 1,4D$
- b. $U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- c. $U = 1,2D + 1,6L (L_r \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$
- d. $U = 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(L_r \text{ atau } R)$

- e. $U = 1,2D + 1,0E + 1,0L$
- f. $U = 1,2D + 1,0W + 1,0L$
- g. $U = 0,9D + 1,0W$
- h. $0,9D + 1,0E$

Adapun beberapa catatan tambahan untuk beban kombinasi, diantaranya :

1. Nilai faktor untuk beban L dalam persamaan 1.5, 1.6, 1.7 dapat direduksi menjadi $0,5L$. jika nilai L tidak lebih besar dari $4,8 \text{ kN/m}^2$ 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 0,8.
3. Untuk struktur yang memikul beban fluida, maka unsur 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. E adalah beban gempa
5. 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 Struktur

Dalam pekerjaan suatu konstruksi bangunan, diperlukan beberapa metode perhitungan struktur agar hasil perhitungan dapat menjadi acuan dan konstruksi dapat menahan beban dengan sempurna, baik berupa beban sendiri maupun beban-beban lainnya. Berikut ini adalah struktur bangunan yang memerlukan perhitungan metode perhitungan :

2.3.1 Perhitungan Atap

Rangka atap adalah suatu susunan rangka batang yang berfungsi untuk mendukung beban atap termasuk juga berat sendirinya dan sekaligus dapat memberikan bentuk pada atapnya.

a. Pembebanan Atap

1. Beban Mati (q_D)

Beban mati yang digunakan dalam perencanaan gording dan rangka atap gedung adalah :

- Berat sendiri penutup atap
- Berat sendiri gording

2. Beban Hidup (q_D)

Beban hidup yang diperhitungkan dalam perhitungan atap baja berupa beban pekerja dan beban air hujan berdasarkan kepada SNI 1727-2013.

3. Beban Angin (q_w)

Angin tekan dan angin hisap yang terjadi dianggap bekerja tegak lurus bidang atap pada tiap-tiap titik buhul dengan atas, sehingga komponen angin hanya bekerja pada arah sumbu x saja dan komponen angin dalam arah sumbu $y = 0$.

b. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan beban-beban tersebut diatas maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan di bawah ini berdasarkan SNI 2847-2013

:

- $U = 1,4D$

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

Keterangan :

- D adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafond, partisi tetap, tangga dan peralatan.
- L adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk beban kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan dan lain-lain.
- L_r adalah beban hidup diatap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.
- R adalah beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan gangguan air.
- W adalah beban angin.
- E adalah beban gempa

c. Gording

Gording harus melalui proses pengontrolan terlebih dahulu, yakni control kekuatan lentur dan lendutan. Struktur gording direncanakan kekuatannya berdasarkan pembebanan (beban mati dan beban hidup). Kombinasi pembebanan yang ditinjau adalah beban mati ditambah beban pekerja pada saat pelaksanaan.

Apabila gording ditempatkan penutup atap, maka komponen bebban atap dipindahkan tegak lurus gording, maka terjadi pembebanan sumbu ganda, yakni terjadi momen pada sumbu x dan y dimana langkah pertama yang harus dilalukan adalah analisa pembebanan untuk mengetahui nilai M_x dan M_y dari masing-masing beban. Setelah diketahui M_x dan M_y dari masing-masing beban. Setelah

diketahui M_x dan M_y dari masing-masing beban, selanjutnya menghitung momen ultimatenya, yaitu :

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

Keterangan :

M_u = beban terfaktor

M_D = beban mati

M_L = beban hidup

d. Perhitungan Modulus Penampang

Untuk mengetahui modulus penampang ditinjau dari sumbu x dan y. nilai modulus penampang ini nanti akan dimasukkan kedalam, perhitungan untuk mencari nilai momen nominal.

Cek kekompakan Penampang dan Perhitungan Momen Nominal :

- Pelat sayap

$$\lambda_f = \frac{b}{t_f} \quad (\text{SNI 03-1729-2002})$$

- Pelat badan

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} \quad (\text{SNI 03-1729-2002})$$

Keterangan :

λ_f = perbandingan antara lebar dan tebal sayap (*flens*)

λ_w = perbandingan antara tinggi dan tebal badan (*web*)

Untuk mengetahui kekompakan penampang yang dipakai, maka perhitungan masing-masing λ_f dan λ_w dibandingkan dengan λ_p dan λ_r .

- Untuk pelat sayap :

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \quad (\text{SNI 03-1729-2002 hal.30})$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} \quad (\text{SNI 03-1729-2002 hal.30})$$

- Untuk pelat badan :

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \quad (\text{SNI 03-1729-2002 hal.31})$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y - f_r}} \quad (\text{SNI 03-1729-2002 hal.31})$$

Keterangan :

λ_p = lamda plastis

λ_r = lamda ramping

Setelah membandingkan masing-masing lamda pelat sayap dan pelat badan, tentukan penampang yang memenuhi syarat berdasarkan perbandingannya masing-masing. Berikut adalah jenis-jenis penampang berdasarkan perbandingan lamdanya:

- Penampang kompak $\lambda < \lambda_p$

$$M_n = M_p = Z_x \cdot f_y \quad (\text{SNI 03-1729-2002 hal.36})$$

- Penampang tidak kompak $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$

$$M_n = M_y + (M_p - M_y) \left(\frac{\lambda_r - \lambda}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \quad (\text{SNI 03-1729-2002 hal.36})$$

- Penampang ramping $\lambda_r < \lambda$

$$M_n = M_y = W_x \cdot f_y$$

e. Kontrol Kekuatan Lentur

Setelah momen diultimatekan (M_u), maka diperiksa kekuatan penampang berdasarkan berdasarkan pembebanan yang terjadi dengan rumus :

$$\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \leq 1,0$$

Keterangan :

M_{ux} = Momen ultimate arah x

M_{uy} = Momen ultimate arah y

ϕ = Faktor Reduksi, (0,9)

f. Kontrol Lendutan

Kontrol lendutan mempertimbangkan beban mati (beban gording & beban penutup atap) ditambah dengan hujan dan beban mati (beban gording & beban penutup atap) ditambah beban pekerja. Kontrol lendutan yang terjadi akibat beban mati dan kombinasi antar beban adalah :

$$\delta x = \frac{5 \cdot q_d y \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x}$$

$$\delta y = \frac{5 \cdot q_d x \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x}$$

$$\text{sehingga } \delta m = \sqrt{\delta x^2 + \delta y^2}$$

lendutan maksimum untuk balok pemikul dinding atau bagian finishing yang getas adalah sebesar $L/360$, sedangkan untuk balok biasa (yang tidak memikul dinding), control lendutan aman apabila $\delta m \leq L/240$

2.3.2 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, yaitu 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

Adapun beberapa pembebanan-pembebanan yang bekerja pada pelat atap dan pelat lantai antara lain :

a. Beban Mati (q_D)

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

- Berat sendiri Pelat Atap dan Pelat Lantai

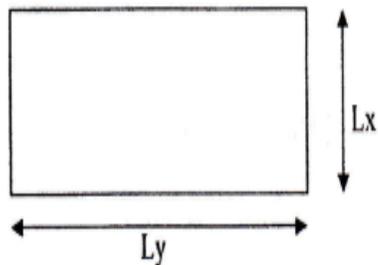
- Berat adukan semen

b. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang terjadi akibat pengerjaan maupun akibat penggunaan gedung itu sendiri, 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 klarifikasi, yaitu Pelat Satu Arah (*One-Way Slab*) dan Pelat Dua Arah (*Two-Way Slab*). Adapun pelat yang akan ditinjau dalam perancangan Gedung Kuliah Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Kampus B Jakabaring Palembang adalah 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 (Dipohosudo,1996). Suatu pelat dikatakan 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 perancang 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 ketentuan 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 [†]	Tanpa penebalan [‡]			Dengan penebalan [‡]		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir [§]		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir [§]	
280	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 40$	$\ell_n / 40$
420	$\ell_n / 30$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$
520	$\ell_n / 28$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 34$	$\ell_n / 34$

[†] 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.
[‡] Untuk f_y antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.
[§] Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5.
[¶] 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

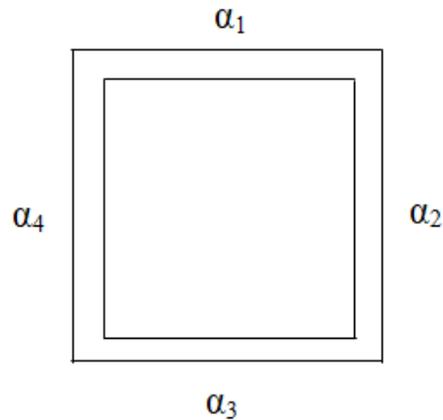
$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm.

3. Menghitung α_{fm} masing-masing panel

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

$$\alpha_{fm} = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}{n}$$



Gambar 2.2 Nilai α pada Masing-masing sisi pelat

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 arah pendek pelat

4. Menghitung beban rencana pelat (W_u)

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.

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

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) menurut W.C Vis dan Gideon Kusuma, 1993 :

M_x = $0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koef. Momen}$

M_y = $0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koef. Momen}$

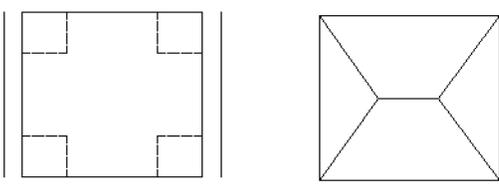
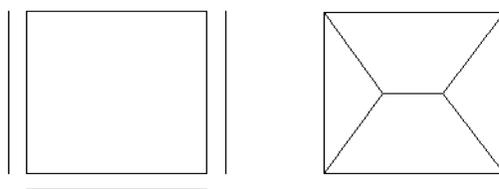
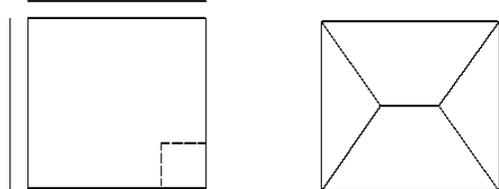
Keterangan :

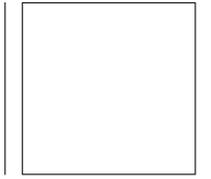
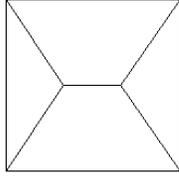
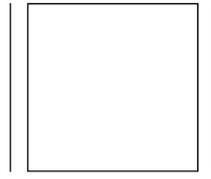
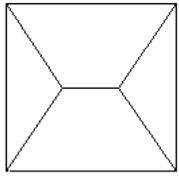
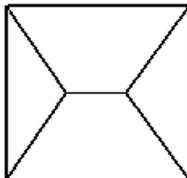
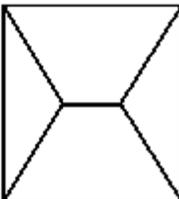
M_x = momen sejauh x meter

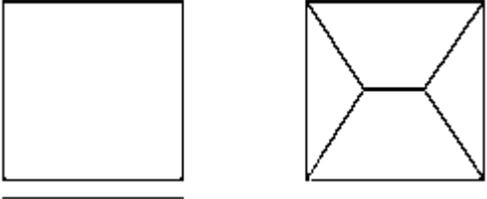
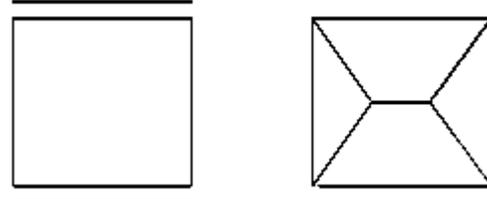
M_y = momen sejauh y meter

Adapun cara menghitung momen rencana menurut W.C Vis dan Gideon Kusuma, 1993 dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.4 Momen yang menentukan per meter lebar dalam jalur tengah pada pelat dua arah akibat beban terbagi rata

Skema	Momen Per Meter Lebar
	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{ty} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$
	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$
	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{ty} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$

Skema	Momen Per Meter Lebar
 	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$
 	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$
 	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$
 	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$

Skema	Momen Per Meter Lebar
	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tix} = \frac{1}{2} \cdot M_{lx}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$
	$M_{lx} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ly} = 0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tx} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{ty} = -0,001 \times W_u \times L^2 \times \text{koefisien momen}$ $M_{tiy} = \frac{1}{2} \cdot M_{ly}$

(sumber : Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang Seri I, 1993)

Keterangan :

M_{lx} = momen lapangan maksimum per meter lebar di arah x

M_{ly} = momen lapangan maksimum per meter lebar di arah y

M_{tx} = momen tumpuan maksimum per meter lebar arah x

M_{ty} = momen tumpuan maksimum per meter lebar arah y

M_{tix} = momen jepit tak terduga per meter lebar arah x

M_{tiy} = momen jepit tak terduga per meter lebar arah y

6. Menentukan tinggi efektif (d_{eff})

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

$d_{eff\ y}$ = h - tebal selimut beton - \varnothing tulangan arah x - $\frac{1}{2} \varnothing$ 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 2.3 SNI 2847 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, 2013:51

7. Menentukan Rasio Penulangan (ρ)

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

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 0,75 (sumber SNI 2847-2013:66)

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

- a. Jika $\rho < \rho_{min}$, maka menggunakan ρ_{min} dan A_s yang digunakan A_{smin} .
 ρ_{min} untuk pelat lantai adalah 0,0018 (SNI 2847:2013-57)

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

8. Hitung A_s yang diperlukan

a. $A_{s_{pakai}} = \rho_{pakai} \cdot b \cdot d_{eff}$

b. $A_{s_{minimum}} = 0,0018 \cdot b \cdot h$ (digunakan 0,0018 karena tulangan yang digunakan merupakan jenis ulir)

Keterangan :

A_s = luas tulangan (mm^2)

ρ = rasio penulangan

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

9. Menentukan jumlah tulangan dan jarak antar tulangan

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

$$s = \frac{1000 \text{ mm}}{n}$$

10. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan suhu dan susut.

Menurut SNI 03-2847-2013, luasan tulangan suhu dan susut 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 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. ($A_s = \frac{0,0018 \times 420}{f_y}$)

2.3.3 Perancangan Tangga

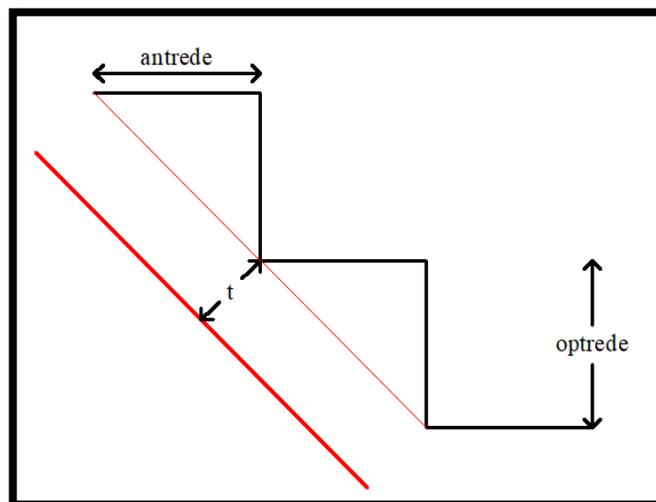
Tangga adalah suatu konstruksi yang menghubungkan antara lantai yang satu ke lantai lainnya yang mempunyai elevasi/ketinggian yang berbeda. Tangga dapat terbuat dari kayu, pasangan batu, naja, besi, maupun beton.

1. Bagian-bagian tangga

a. Tangga terdiri dari anak tangga. Anak tangga terdiri dari dua jenis, yaitu :

- *Antride*, adalah bagian horizontal dari anak tangga yang merupakan bidang kaki berpijak.
- *Optride*, adalah bagian vertical dari anak tangga yang merupakan antara dua buah anak tangga yang berurutan.

Seperti terlihat pada gambar 2.4 Dapat dilihat ilustrasi antara *opride* dan *antride*.



Gambar 2.4 Anak Tangga (*Antride* dan *Optride*)

- b. Ibu tangga, merupakan bagian tangga berupa dua batang atau papan miring yang berfungsi menahan kedua anak tangga.
- c. Bordes, merupakan bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila terasa lelah. Bordes dibuat apabila jarak tempuh tangga sangat cukup akan tetapi ruangan yang tersedia untuk tangga biasa/tusuk tidak mencukupi.

Untuk menentukan panjang bordes (L), menggunakan rumus berikut :

$$L = L_n + 1.a \text{ s/d } 2.a$$

Keterangan :

L = panjang bordes

L_n = ukuran satu langkah normal datar

a = antride

2. Syarat-syarat umum tangga :

a. Penempatannya

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

b. Kekuatannya

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

c. Bentuknya

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

3. Syarat-syarat khusus tangga :

a. Untuk bangunan rumah tinggal

- Antride = 25 cm (minimum)

- Opride = 20 mm (maksimum)
 - Lebar tangga = 80-100 cm
- b. Untuk perkantoran dan lain-lain
- Antride = 25 cm (minimum)
 - Opride = 17 mm (maksimum)
 - Lebar tangga = 120-200 cm
- c. Syarat langkah
- Cara 1 = 2 opride + 1 antride = 57 s/d 65 cm
 - Cara 2 = 2 opride + 1 antride = 77 s/d 85 cm
- d. Sudut kemiringan tangga
- Maksimum = 45°
 - Minimum = 25°
- e. Lebar tangga

Adapun persyaratan daftar ukuran lebar tangga yang ideal dapat dilihat pada tabel 2.5 Dibawah ini.

Tabel 2.5 Daftar Ukuran Lebar Tangga Ideal

Digunakan untuk	Lebar Efektif (cm)	Lebar Total (cm)
1 orang	± 65	± 85
1 orang + anak	± 100	± 120
1 orang +bagasi	± 85	± 65
2 orang	120 – 130	140-150
3 orang	180-190	200-210
>3 orang	>190	>210

(Sumber : Ilmu Bangunan Gedung, Supribadi)

Berikut ini adalah langkah-langkah perhitungan dalam perancangan tangga antara lain :

1. Mendesain tangga

- a. Menentukan panjang tangga, jumlah antride, dengan mengasumsikan tinggi opride.

$$\text{Jumlah antride} = \frac{h}{\text{tinggi opride}}$$

- b. Menentukan antride dan tinggi opride yang sebenarnya

$$\text{Tinggi opride sebenarnya} = \frac{h}{\text{jumlah opride}}$$

$$\text{Antrade} = L_n - 2 \text{ opride}$$

- c. Menentukan sudut kemiringan tangga

$$\text{Arc tan } \theta = \frac{\text{oprive}}{\text{antride}}$$

- d. Menentukan tebal pelat tangga

$$h_{\min} = \frac{1}{28} L$$

- e. Menentukan pembebanan pada anak tangga

- 1) Beban Mati

- Berat sendiri bordes
- Berat anak tangga

$$Q = \left(\frac{\text{antride} \times \text{oprive}}{2} \right) \cdot \left(\frac{\text{jumlah anak tangga}}{\text{panjang anak tangga}} \right) \times L_n \times \gamma_{\text{beton}} \times \cos \alpha$$

- Berat penutup lantai (ubin + spesi), berat adukan

- 2) Beban Hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga yaitu 3 kN/m^2 (PPIUG 1987)

Perhitungan tangga menggunakan program *SAP2000 V.20*

- f. Perhitung tulangan pada tangga

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

Nilai rasio penulangan (ρ)

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

Keterangan :

Mu = momen rencana/terfaktor pada penampang

b = lebar penampang

d = tinggi efektif

\emptyset = factor reduksi (0,75)

Jika $\rho > \rho_{\min}$, maka diambil nilai ρ

Jika $\rho < \rho_{\min}$, maka diambil nilai ρ

$$\rho = \frac{1,4}{f_y}$$

Menghitung As yang diperlukan

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

g. Menentukan tulangan pembagi

Untuk tulangan suhu dan susut dihitung berdasarkan peraturan SNI 03-2847-2013, yaitu :

1) Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi kurang dari 0,0014 :

- Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir mutu 280 atau 350 adalah 0,00020.
- Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir dan jarring kawat las (polos atau ulir) mutu 420 adalah 0,0018.
- Pelat yang menggunakan tegangan leleh melebihi 400 MPa yang diukur pada tegangan leleh sebesar 0,35% adalah $0,0018 \times 420/f_y$.

2) Tulangan susut dan susu harus dipasang dengan jarak tidak lebih dari lima kali tebal pelat, atau 450 mm.

h. Perhitungan Tulangan Balok Bordes

$$\frac{M_u}{\emptyset \cdot b \cdot d^2} = f_y \cdot \rho - \frac{f_y^2 \cdot \rho^2}{1,7 \cdot f_c}$$

Nilai ρ didapatkan dengan rumus abc

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

i. Penulangan Geser Balok Bordes

$$V_u \text{ rencana} = \frac{V_u \cdot (X-p)}{X}$$

$$\phi V_c = \phi \left(\frac{1}{6} \lambda \sqrt{f_c'} \right) \cdot b_w \cdot d_{\text{eff}}$$

$$\phi V_c = \frac{\phi V_c}{b \cdot d}$$

Jika $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$, maka digunakan tulangan geser.

Tulangan geser minimum digunakan apabila $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$.

Sedangkan apabila $V_u < \phi V_c$, maka balok tersebut tidak memerlukan tulangan geser.

j. Perhitungan Torsi Balok Bordes

$$\text{Momen Torsi (} W_u \text{)} = 1,2W_D + 1,6W_L$$

$$\text{Momen torsi per meter (} T_u \text{)} = W_u \times \text{Lengan Momen}$$

Ketentuan :

$$T_u > \frac{\phi \sqrt{f_c'}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right), \text{ maka dibutuhkan tulangan torsi}$$

$$T_u < \frac{\phi \sqrt{f_c'}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right), \text{ maka tidak dibutuhkan tulangan torsi}$$

Dimana, A_{cp} = Luas Penampang Bruto Balok Bordes

P_{cp} = Keliling Penampang Bruto Balok Bordes

$$\text{Luas Sengkang Torsi (} A_{vt} \text{)} = \frac{T_n \cdot s}{2 \cdot A_o \cdot f_y \cdot \cot \theta}$$

$$\text{Luas Sengkang tiap meter (} A_{vs} \text{)} = \frac{n \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot 1000}{s \text{ geser}}$$

Jarak Sengkang Total :

$$P_h = \text{Keliling Penampang Balok Bordes Netto}$$

$$S_1 = \frac{n \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot 1000}{A_{vt} + A_{vs}}$$

$$S_2 = \frac{P_h}{8}$$

$$S_3 \leq 300 \text{ mm}$$

Tulangan Lentur

$$A_t = \frac{A_{vt}}{s} \cdot Ph \cdot \left(\frac{f_y}{f_c}\right) \cot^2 \alpha$$

$$A_{st} = 2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$(A_t + A_{st}) > \frac{5 \sqrt{f_c} \cdot A_{cp}}{12 \cdot f_y} - \frac{A_{vt}}{s} \cdot ph \cdot \frac{f_y}{f_c}$$

Jumlah tulangan torsi :

$$n = \frac{A_t}{\frac{1}{4} \pi \cdot d^2}$$

2.3.4 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 :

a. 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 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.

b. Portal Dinding (*Walled Frames*)

Pada portal dinding, balok tinggi (biasanya bagian dibawah 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 besar membatasi tampak gedung, sehingga segi arsiteknya kurang baik.

c. 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 structural, portal-portal dengan penyokong (*Bracing*) merupakan sistem struktur yang efektif dan kuat.

Perhitungan portal, penulis menggunakan aplikasi program *SAP 2000 V.20*. 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. Menghitung besarnya Momen (akibat beban mati dan beban hidup)

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

Untuk merencanakan portal akibat beban mati ini yang harus dilakukan adalah menentukan pembebanan pada portal. Adapun pembebanan yang dimaksud terdiri dari :

- Beban sendiri pelat
- Berat penutup lantai

- Berat adukan (spesi)
- Berat pasangan dinding bata
- Berat plafond dan penggantung

b. 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.20*. berikut beban yang dikategorikan di dalamnya, yakni :

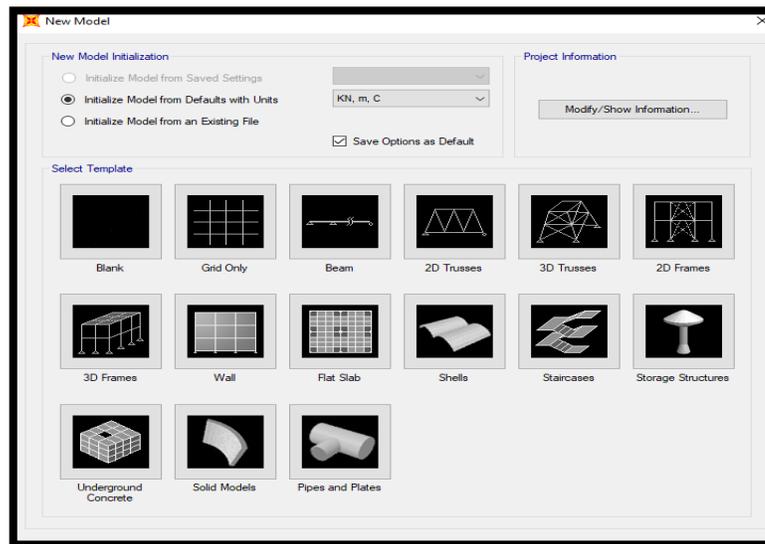
- Beban hidup dari pelat atap.
- Beban hidup yang bersumber dari pelat lantai.

2. Langkah-langkah perhitungan

Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam menghitung perancangan portal dengan menggunakan program *SAP2000 v.20* adapun gambar langkah-langkah tersebut di *Capture* pada program yang digunakan :

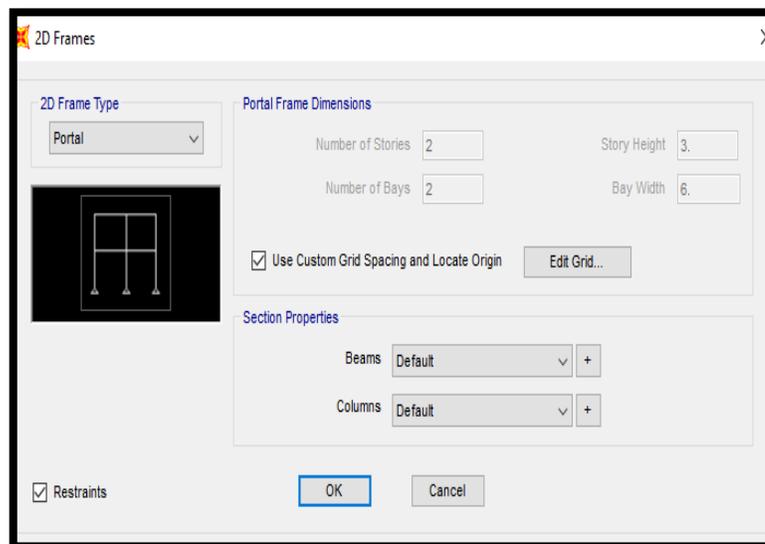
a. Merancang model struktur yang akan dihitung

- Langkah pertama yang harus dilakukan adalah buka aplikasi *SAP2000 v.20* 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.
- Lalu, pilih sistem model 2D *frame*, klik OK. Kemudian atur unit satuan dalam KN.M.C, seperti gambar dibawah.

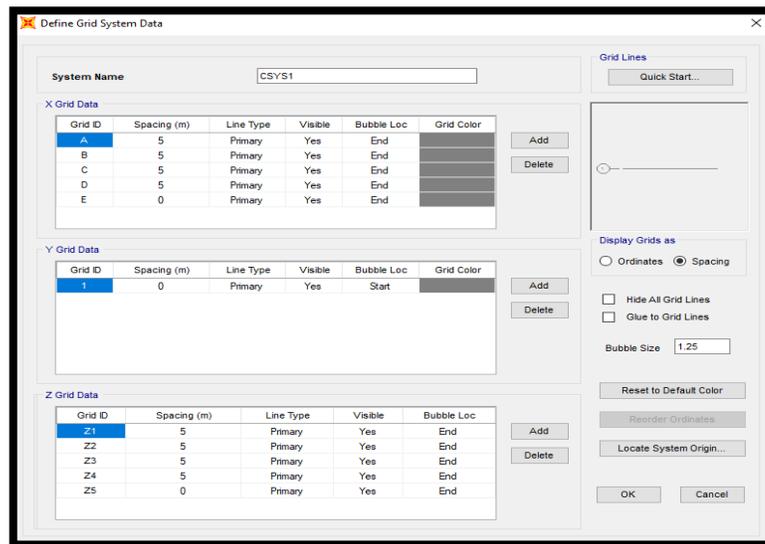


Gambar 2.5 Memilih model Struktur Konstruksi

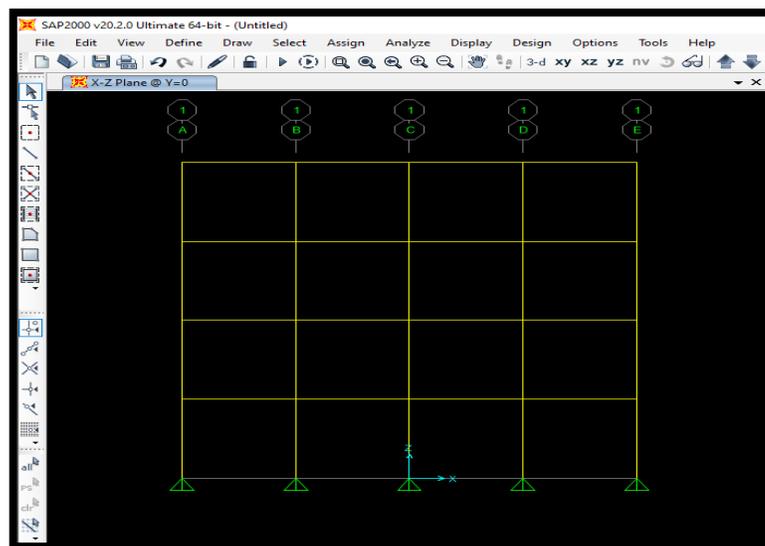
- b. Pilih model grid 2D pada model diatas, lalu akan muncul tampilan seperti gambar, pilih *Edit Grid* dan masukkan data-data sesuai dengan perencanaan.



Gambar 2.6 Bagan 2D Frames

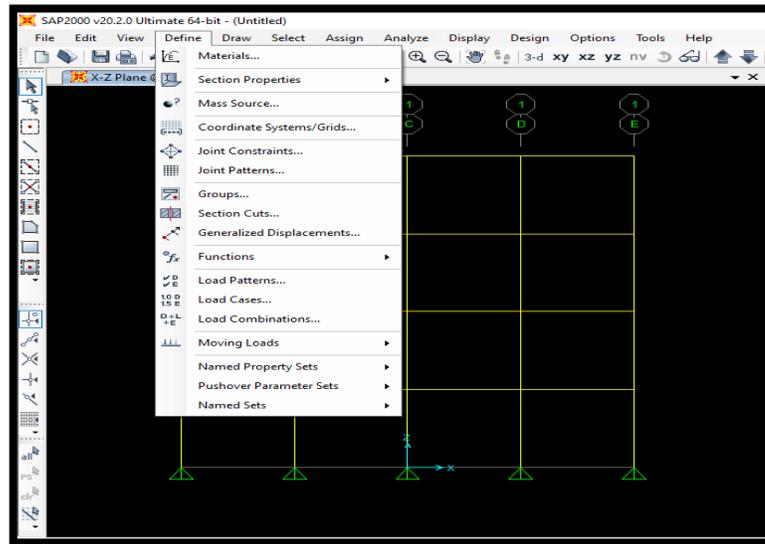


Gambar 2.7 Memasukkan Data Sesuai Perencanaan

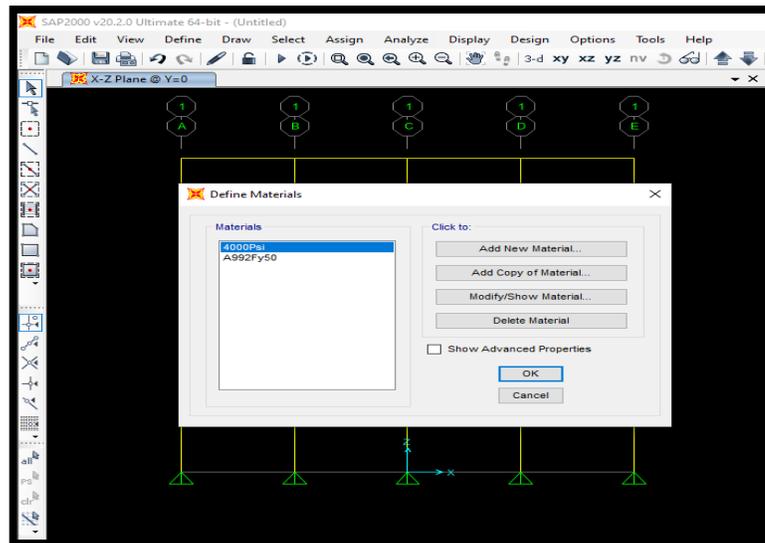


Gambar 2.8 Tampilan Model Portal

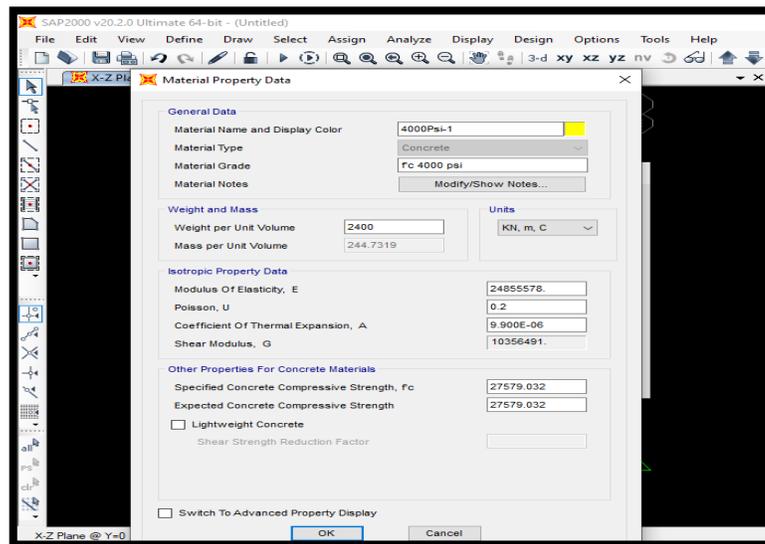
- c. Selanjutnya memasukkan data-data material yang digunakan (*concrete*), masukkan pula mutu beton (f_c'), dan mutu baja (f_y) yang digunakan dengan mengklik **Define – Material – Add New Material – Concrete**. Dan masukkan data sesuai dengan perencanaan seperti gambar dibawah.



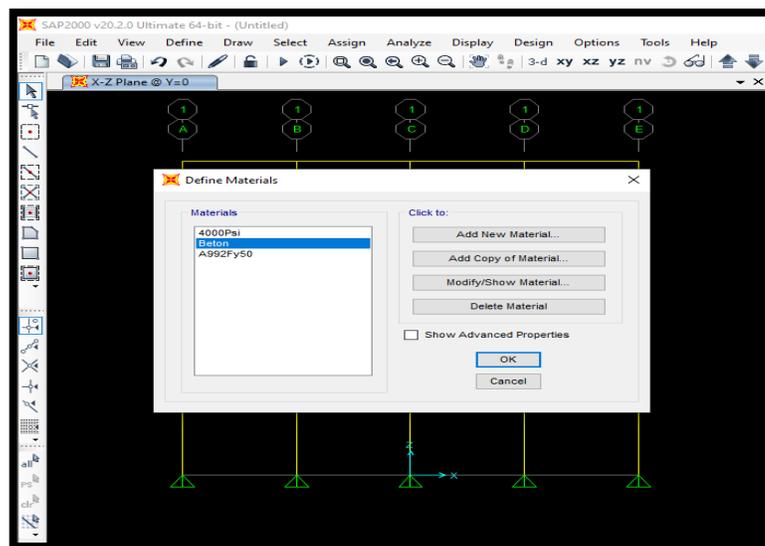
Gambar 2.9 *Toolbar Define*



Gambar 2.10 *Add New Material*



Gambar 2.11 Memasukkan data-data material

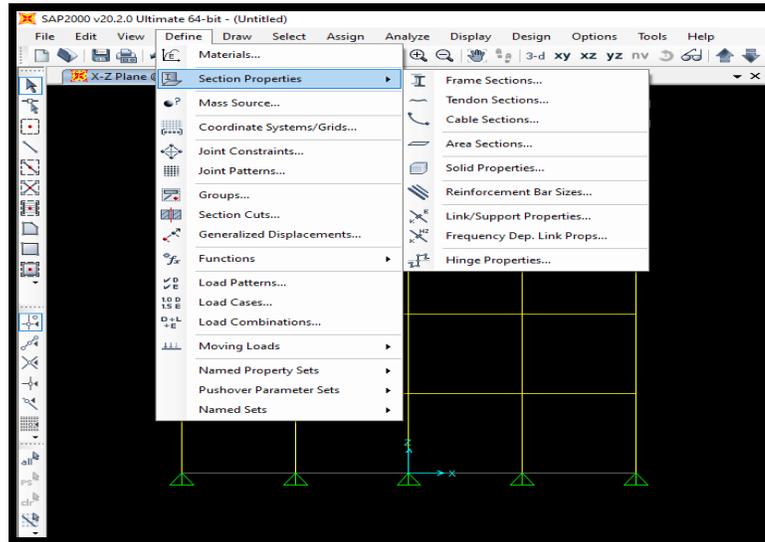


Gambar 2.12 Material yang terinput

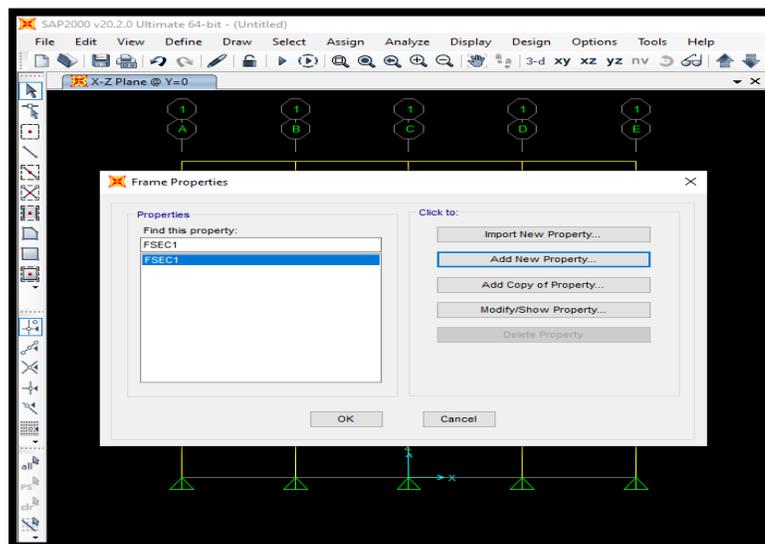
d. Memasukkan data-data kolom dan balok

- Kolom = (b x h) cm
- Balok = (b x h) cm

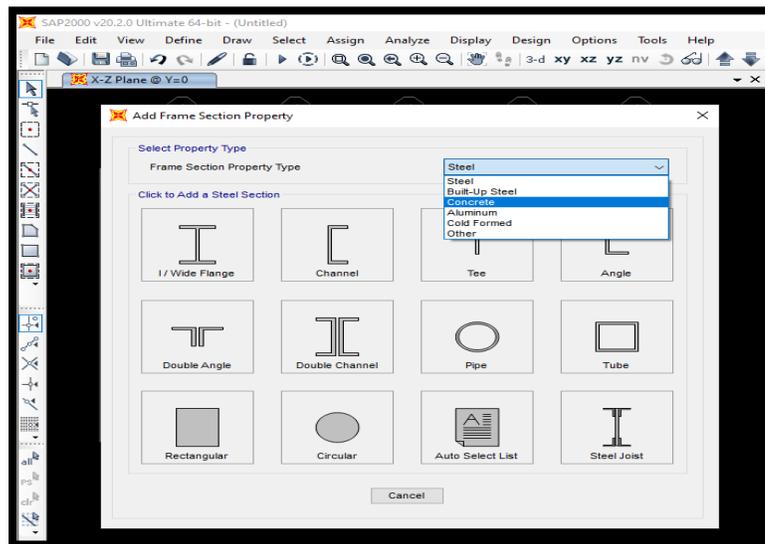
Memasukkan data-datanya dengan mengklik *Define – Section Properties – Frame Section – Add New Property – Section Name* setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan seperti gambar dibawah.



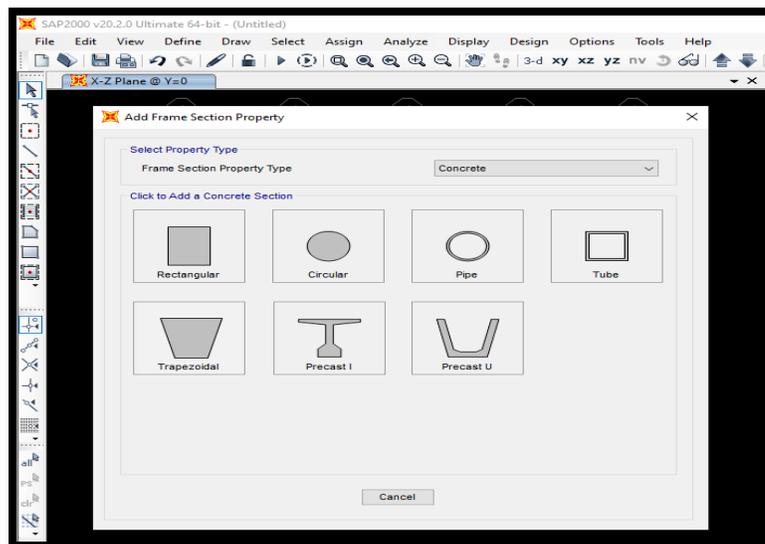
Gambar 2.13 *Insert Frame Section*



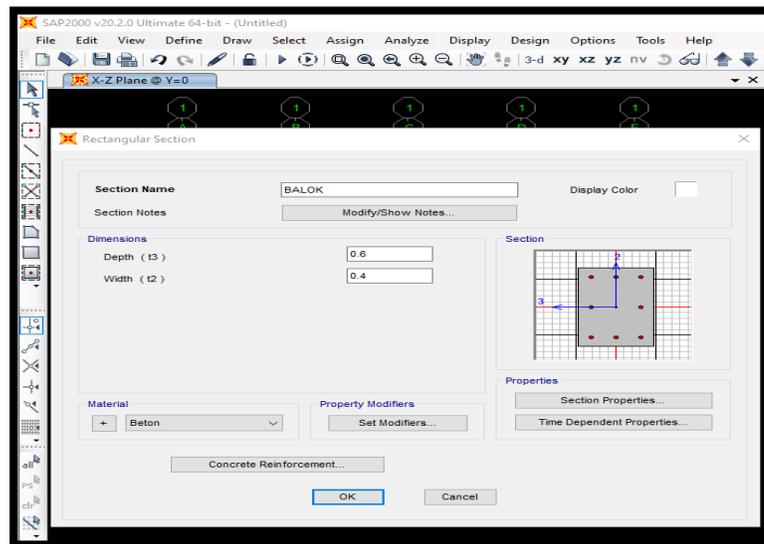
Gambar 2.14 *Add New Property*



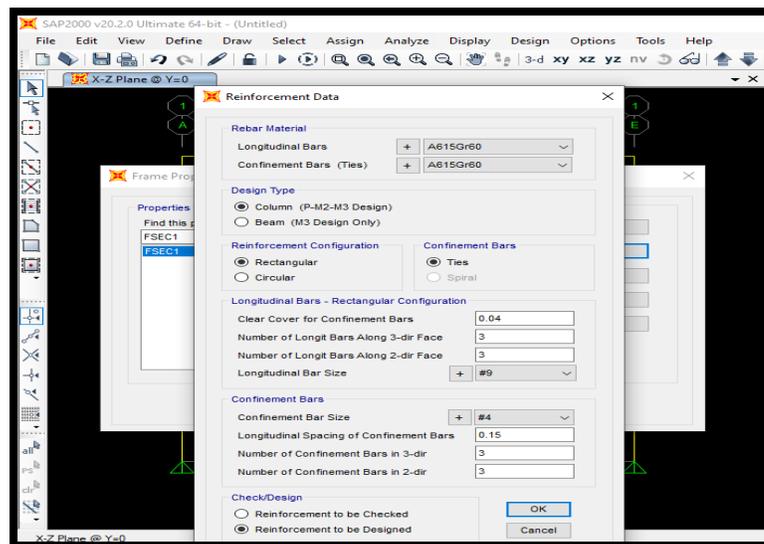
Gambar 2.15 *Frame section property type concrete*



Gambar 2.16 Penampang persegi

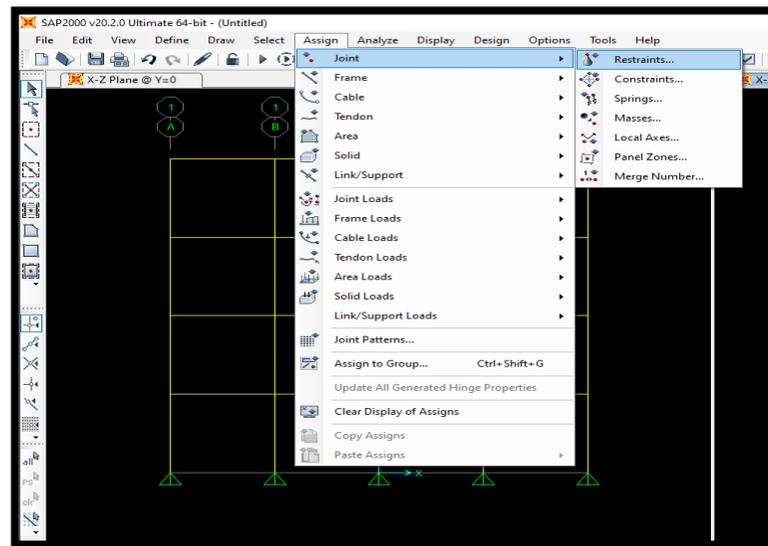


Gambar 2.17 Memasukkan Data Balok dan Kolom

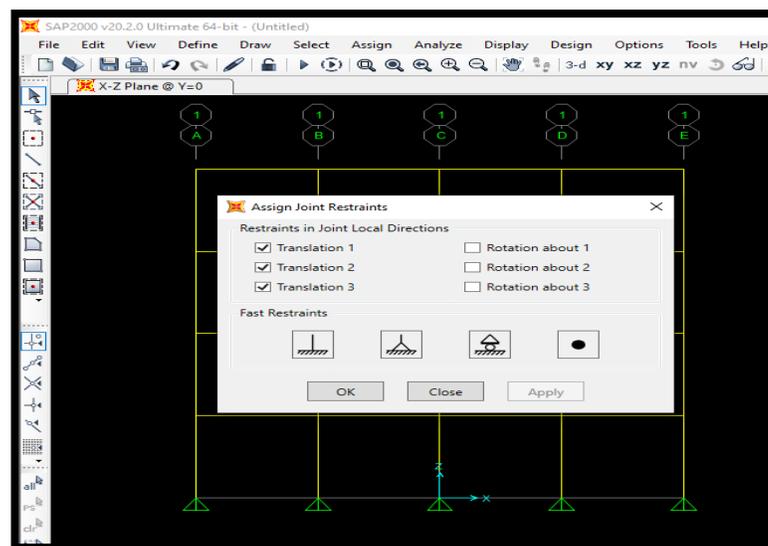


Gambar 2.18 Reinforcement data penampang dan baja tulangan yang digunakan pada kolom dan balok

- e. 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.



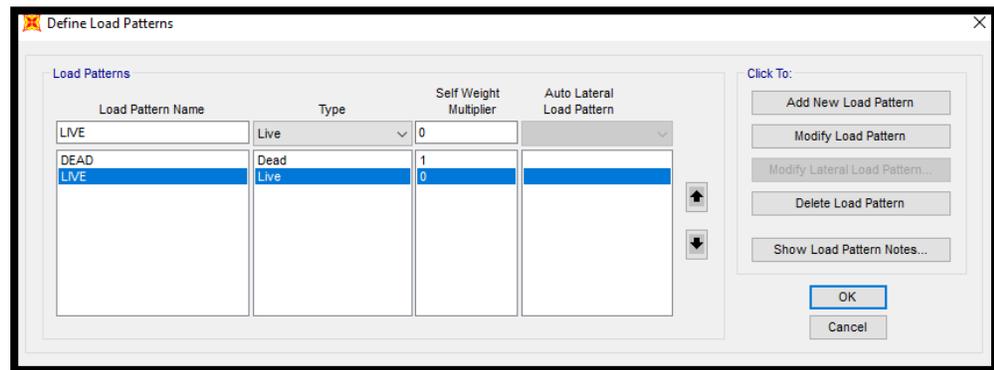
Gambar 2.19 Memasukkan menu *assign* ke *joint*



Gambar 2.20 Menentukan perletakan

- f. Menentukan *patterns* beban mati dan beban hidup

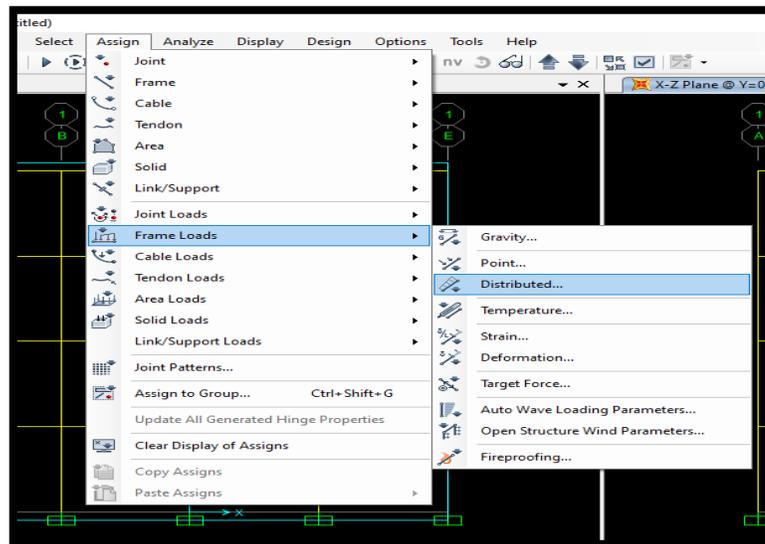
Pilih *Define* pada toolbar lalu pilih *Load Patterns* – buat nama pembebanan, tipe pembebanan dan nilai koefisien beban mati diisi dengan nilai 1, sedangkan koefisien beban hidup diisi dengan nilai 0 seperti tertera pada gambar 2.21 berikut.



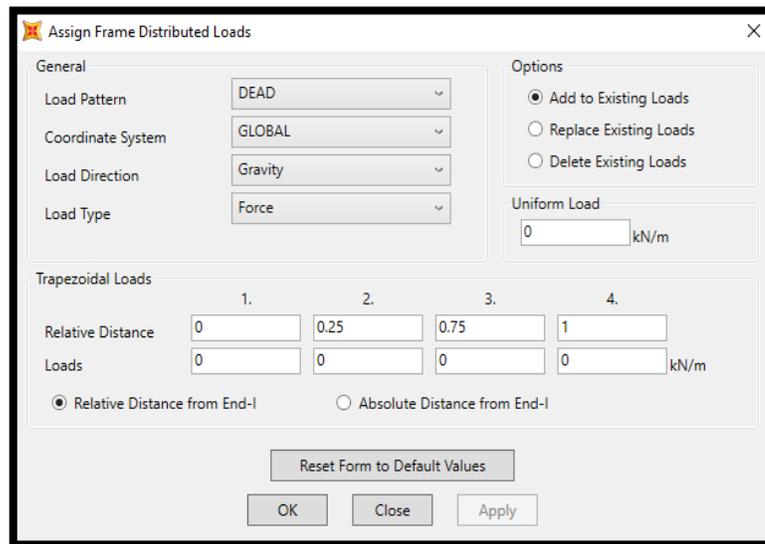
Gambar 2.21 Load Patterns

g. Memasukkan data akibat beban mati

Untuk memasukkan data akibat beban mati, klik batang portal pada model lalu pilih *Assign – Frame Load – Distributed*, setelah tampil pada layer memasukkan data-data sesuai dengan perencanaan seperti tertera pada gambar.



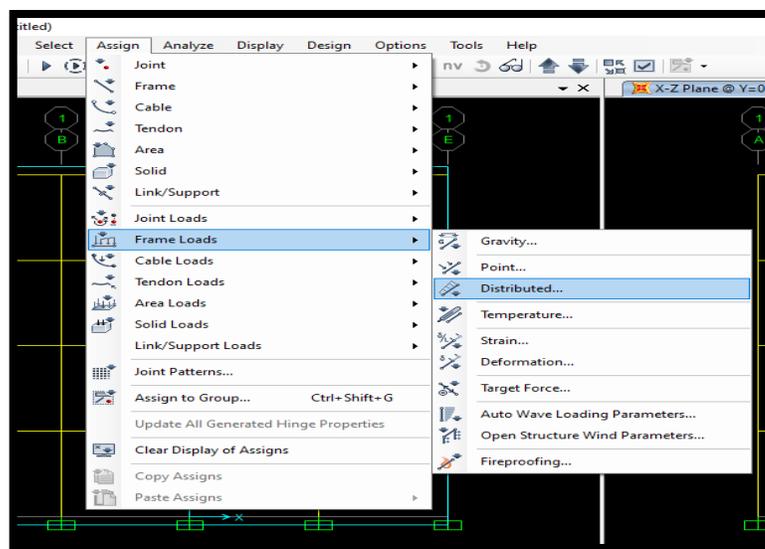
Gambar 2.22 Toolbar Assign



Gambar 2.23 Memasukkan Data Beban Mati

h. Memasukkan data akibat beban hidup

Untuk memasukkan data akibat beban hidup, klik batang portal pada model lalu pilih *Assign – Frame load – Distributed*, setelah tampil pada layar masukkan data-data sesuai dengan perencanaan seperti gambar 2.24 dibawah ini.



Gambar 2.24 *Toolbar Assign*

Assign Frame Distributed Loads

General

Load Pattern: LIVE

Coordinate System: GLOBAL

Load Direction: Gravity

Load Type: Force

Options

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

Uniform Load: 0 kN/m

Trapezoidal Loads

	1.	2.	3.	4.
Relative Distance	0	0.25	0.75	1
Loads	0	0	0	0

Relative Distance from End-I Absolute Distance from End-I

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

Gambar 2.25 Memasukkan data beban hidup

- i. Memasukkan *Load Combination* (beban kombinasi) dengan mengklik **Define – Load Combination – Add New Combo**. Kemudian pada *Load Case Name* pilih masing-masing beban, untuk *scale factor* beban hidup diisi dengan 1,6 sedangkan untuk beban mati sebesar 1,6 seperti gambar 2.26.

Load Combination Data

Load Combination Name: (User-Generated) 1,2D + 1,6L

Notes: Modify/Show Notes...

Load Combination Type: Linear Add

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Scale Factor
DEAD	Linear Static	1.2
DEAD	Linear Static	1.2
LIVE	Linear Static	1.6

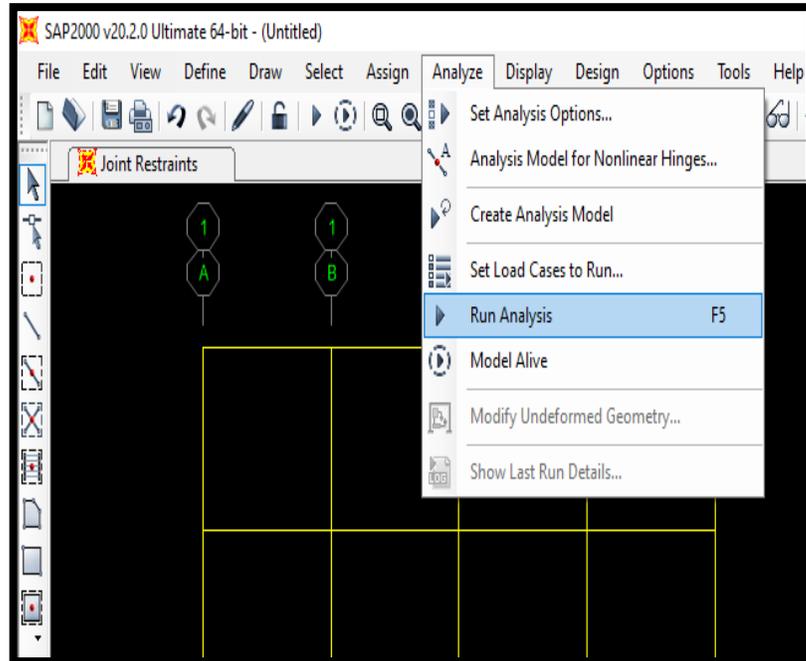
Add Modify Delete

OK Cancel

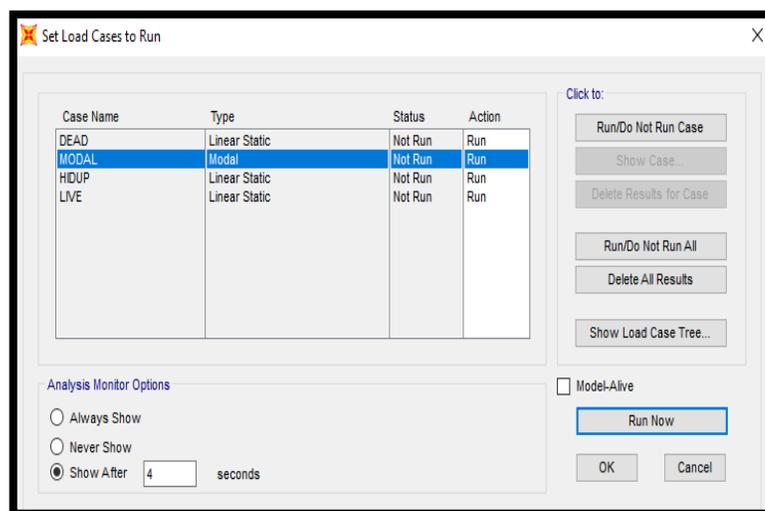
Gambar 2.26 Memasukkan Beban Kombinasi

j. Melakukan *run analysis*

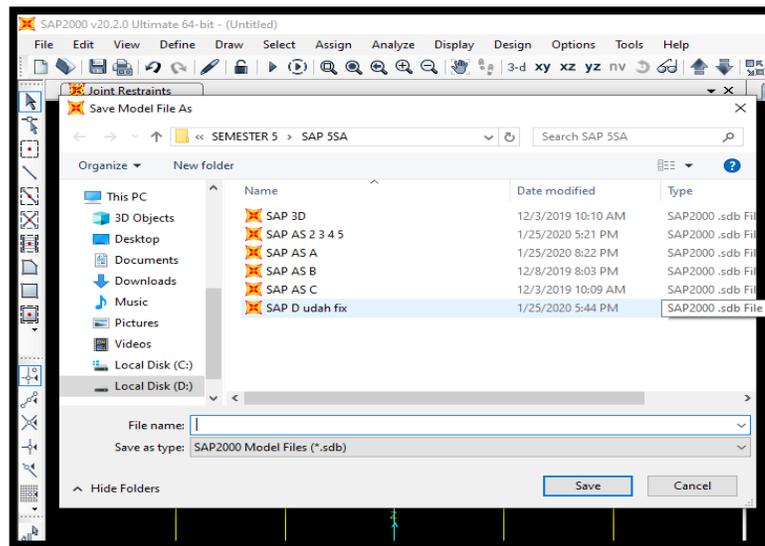
Setelah semua beban mati dan beban hidup dimasukkan ke portal, maka portal tersebut siap untuk di analisis dengan menggunakan *Run Analysis* seperti yang terlihat pada gambar 2.27



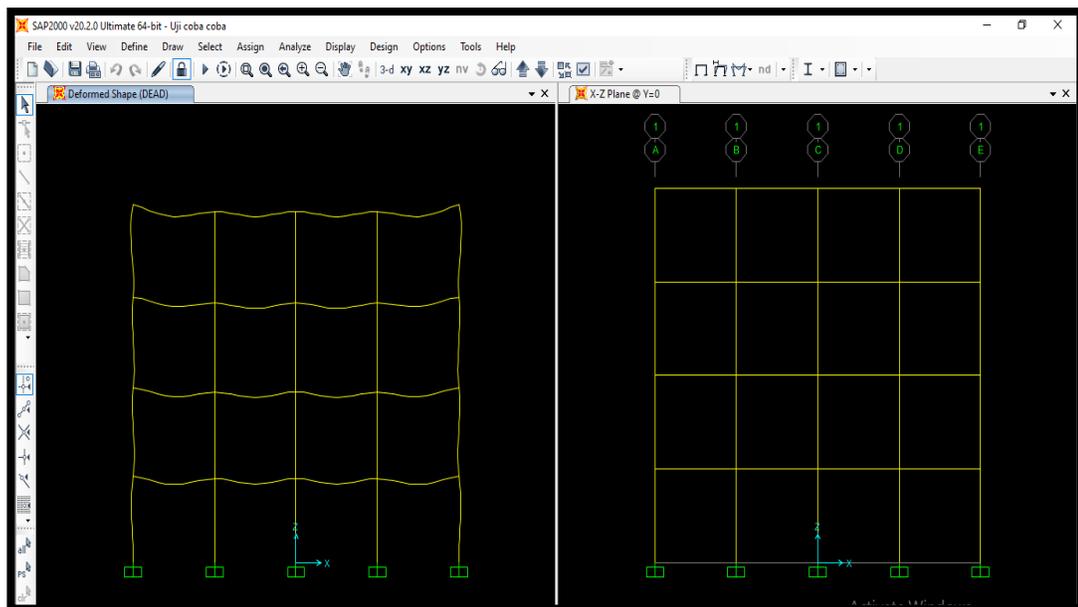
Gambar 2.27 *Run Analysis*



Gambar 2.28 *Run Now* pada gedung yang direncanakan



Gambar 2.29 Lokasi Pemilihan hasil *Run Analysis*



Gambar 2.30 *Finish* hasil *Run Analysis* dengan perhitungan yang terlampir

2.3.5 Perancangan Balok

Balok merupakan elemen horizontal atau miring yang panjang dengan ukuran lebar serta tinggi yang terbatas. Balok berfungsi untuk menyalurkan beban dari pelat. Pada umumnya balok dicetak secara monolit dengan pelat lantai.

Adapun beberapa jenis struktur balok beton bertulang dapat dibedakan berdasarkan perencanaan lentur dan berdasarkan tumpuannya.

1. Berdasarkan perencanaan lenturnya, jenis balok dibedakan menjadi :

a. Balok persegi dengan tulangan rangkap

Apabila besar penampang suatu balok dibatasi, mungkin dapat terjadi keadaan dimana kekuatan tekan beton tidak dapat memikul tekanan yang timbul akibat beban yang bekerja.

b. Balok "T"

Balok T merupakan suatu balok yang tidak berbentuk persegi, melainkan berbentuk huruf T. sebagian dari pelat akan bekerja sama dengan bagian atas balok untuk memikul beban tekan.

2. Berdasarkan tumpuannya, balok dibagi menjadi 2, yaitu :

a. Balok induk

Balok induk merupakan balok yang tertumpu pada kolom. Balok ini berguna untuk memperkecil tebal pelat dan mengurangi besarnya lendutan yang terjadi. Balok induk direncanakan berdasarkan gaya maksimum yang bekerja pada balok yang berdimensi sama.

b. Balok anak

Balok anak adalah suatu jenis balok yang tertumpu pada balok induk atau tidak tertumpu langsung pada kolom. Balok ini berguna untuk memperkecil tebal pelat dan mengurangi besarnya lendutan yang akan terjadi akibat beban yang bekerja. Untuk merencanakan balok anak sama halnya dengan perhitungan pada balok induk.

Berikut ini beberapa langkah yang harus dilakukan untuk merancang sebuah struktur balok :

1. Menentukan mutu beton yang akan digunakan
2. Menentukan dimensi balok yang akan direncanakan
3. Menghitung pembebanan yang terjadi, antara lain:
 - a. Beban mati yang bekerja pada balok (*Dead Load*)
 - b. Beban hidup yang bekerja pada balok (*Live Load*)
 - c. Beban sendiri balok

$$\text{Berat sendiri beton} = b \cdot h \cdot \gamma_{\text{beton}}$$

- d. Berat dari sumbangan pelat

$$\text{Berat sambungan pelat} = \text{beban mati pelat/m}^2 \times h$$

4. Menghitung beban dan momen pada balok
 - a. Beban pada balok
 - Beban mati (W_D)
 - Beban hidup (W_L)
 - Beban rencana (W_u) = $1,2W_D + 1,6W_L$
 - b. Momen pada balok
 - Momen akibat beban mati (M_D)
 - Momen akibat beban hidup (M_L)
 - Momen rencana (M_u) = $1,2M_D + 1,6M_L$
5. Periksa dimensi penampang balok

- a. Menentukan d_{eff}

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

- b. Mencari nilai ρ

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

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

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

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

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

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

$$\rho_{\text{maksimum}} = 0,75 \cdot \rho \cdot b$$

Keterangan :

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

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

d = Tinggi efektif (mm)

$\phi = 0,9$ faktor reduksi rencana (*sumber SNI 2847-2013:66*)

Dengan beberapa syarat, seperti :

a. Jika $\rho_{\text{min}} < \rho_{\text{hitung}} < \rho_{\text{maks}} = \text{OKE}$.

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

c. Jika $\rho_{\text{hitung}} > \rho_{\text{maks}}$ maka penampang terlalu kecil sehingga dimensi balok bisa besarkan.

6. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Menentukan d_{eff}

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

b. Mencari nilai ρ

$$\begin{aligned} \rho_{\text{pakai}} &= \frac{M_u}{\phi b d^2} = f_y \cdot \rho - \frac{f_y^2}{1,7 f'c} \rho^2 \\ &= \frac{f_y^2}{1,7 f'c} \rho^2 - f_y \cdot \rho + \frac{M_u}{\phi b d^2} = 0 \end{aligned}$$

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

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot b w$$

$$A_{V_{\text{minimum}}} = 0,062 \sqrt{f'c} \cdot \left(\frac{b w \cdot s}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot b w \cdot s}{f_{yt}}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,062 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot w}$$

$$S = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{V_s}$$

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*)

c. Menghitung tulangan yang diperlukan (A_s)

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

Keterangan :

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

ρ = rasio penulangan

d = tinggi efektif pelat (mm)

d. Menentukan diameter yang dipakai

Syaratnya ialah A_s terpasang \geq a_s yang direncanakan

7. Perencanaan tulangan geser

a. $V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot w \cdot d$ (*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 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 $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$, 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 factor 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

$$A_{V_{\text{minimum}}} = 0,062 \sqrt{f'c} \cdot \left(\frac{bw \cdot s}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot bw \cdot s}{f_{yt}} \text{ (SNI 2847-2013 pasal 11.4.6.1:92)}$$

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 x h_{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:

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

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. A_s

A_s = luas tulangan penampang sengkang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

f_y = mutu baja

2.3.6 Perancangan Kolom

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

Secara umum kolom dapat diklasifikasi menjadi beberapa kategori, diantaranya :

1. Berdasarkan beban yang bekerja, kolom diklasifikasikan menjadi :
 - a. Kolom dengan beban aksial
 - b. Kolom dengan beban eksentris
 - c. Kolom dengan beban biaksial
2. Berdasarkan panjangnya, kolom dibedakan menjadi :
 - a. Kolom pendek
 - b. Kolom panjang
3. Berdasarkan bentuk penampangnya, kolom dapat berbentuk bujur sangkar, segi delapan, persegi panjang, lingkaran, bentuk L, dan bentuk lainnya dengan ukuran sisi yang mencukupi.
4. Berdasarkan jenis tulangan sengkang, dibedakan menjadi kolom dengan tulangan sengkang persegi dan sengkang spiral.
5. Berdasarkan kekangan dalam arah lateral, kolom dibagi menjadi suatu portal bergoyang dan tidak bergoyang.
6. Berdasarkan materialnya, dibedakan menjadi kolom beton bertulang biasa, kolom beton prategang, dan kolom komposit.

Adapun beberapa ketentuan yang perlu diperhatikan dalam perancangan struktur kolom pada suatu bangunan gedung antara lain :

1. Dimensi bidang terpendek tidak boleh $< 300 \text{ mm}$ ($b < 300 \text{ mm}$)

2. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi yang tegak lurus padanya tidak boleh $< 0,4$ atau $(h/b < 0,4)$
3. Rasio tinggi kolom terhadap dimensi kolom terpendek tidak boleh > 25 , untuk kolom yang dapat mengalami momen yang dapat berbalik tanda rasionya tidak boleh > 16 , untuk kolom kantilever rasionya tidak boleh > 100 .
4. Jumlah ruas tulangan memanjang untuk rasio tulangan (ρ) tidak boleh $< 0,001$ dan tidak boleh $> 0,06$. Pada daerah sambungan tidak boleh $> 0,08$ pada perencanaan gempa.
5. Tulangan pokok memanjang berpengikat sengkang minimum 4 buah batang tulangan untuk bentuk segiempat dan lingkaran serta 3 buah batang tulangan segitiga dan 6 buah batang tulangan yang dikelilingi spiral.
6. Tebal minimum untuk selimut beton adalah 40 mm.

Berikut ini beberapa tahapan dalam perancangan dan perhitungan struktur kolom, antara lain :

1. Menentukan pembebanan yang terdiri dari beban mati dan beban hidup.

$$Q_u = 1,2Q_D + 1,6Q_L$$

2. Menentukan momen rencana struktur kolom

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

3. Menghitung nilai kekakuan kolom

$$EI_{\text{kolom}} = \frac{E_c \cdot I_g}{2,5 (1 + \beta d)}$$

4. Menghitung nilai kekakuan balok

$$EI_{\text{balok}} = \frac{E_c \cdot I_g}{5 (1 + \beta d)}$$

Keterangan :

E_c = modulus elastisitas beton, $4700\sqrt{f_c'}$ MPa

I_g = momen inersia penampang beton utuh diandaikan tak bertulang, untuk kolom persegi $I_g = \frac{1}{12} b \cdot h^3$

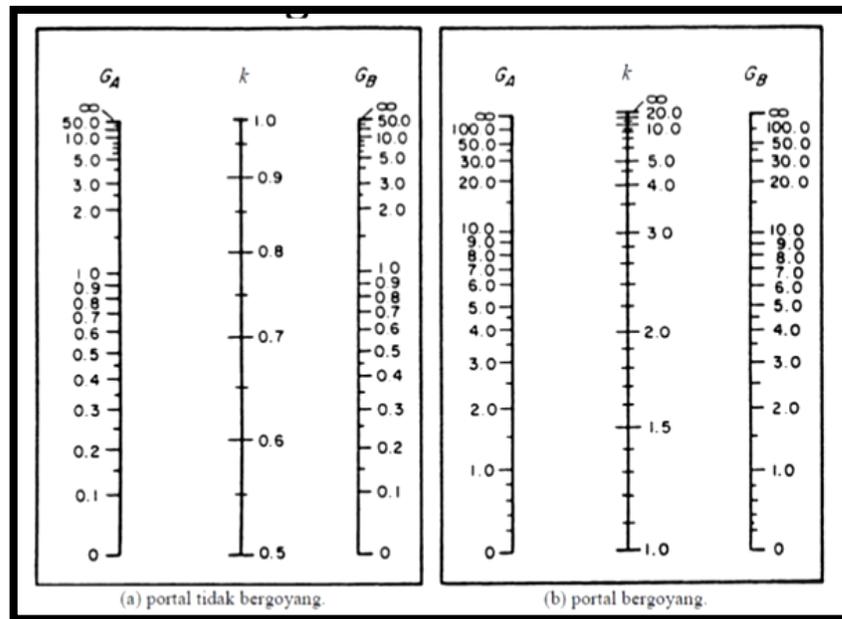
β_d = faktor yang menunjukkan hubungan antara beban mati (berat sendiri) dan beban keseluruhan

5. Cek kelangsingan kolom

$$\Psi = \frac{\sum \frac{E_i I_k}{L_k}}{\sum \frac{E_i I_b}{L_b}}$$

6. Menentukan nilai k (faktor panjang efektif komponen struktur tekan)

Menentukan nilai k dari struktur kolom menggunakan diagram nomogram seperti gambar 2.31



Gambar 2.31 Diagram Nomogram

7. Menentukan angka kelangsingan kolom

Ketentuan kolom langsung adalah sebagai berikut :

a) Rangka tanpa pengaku lateral = $\frac{Klu}{r} > 22$

b) Rangka dengan pengaku lateral = $\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_1 - b}{M_2 - b} \right)$

8. Mencari nilai P_c (beban tekuk)

$$P_c = \frac{\pi^2 E I_k}{(k \cdot l_u)^2}$$

9. Mencari nilai pembebanan momen

$$M_c = M_2 n s + (\delta s \cdot M_2 S)$$

$$\delta s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{\phi \sum P_c}} \geq 1,0$$

10. Mendesain tulangan

Menghitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 1% luas kolom.

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

Keterangan :

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

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

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

11. Menentukan tulangan yang digunakan

$$\rho = \rho' = \frac{A_{s\text{pakai}}}{b \cdot d}$$

12. Memeriksa P_u terhadap beban seimbang

$$d = h - d'$$

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

$$a b_1 = \beta_1 \cdot C_b$$

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

$$f_s' = f_y \longrightarrow f_s' = f_y ; A_s = A_s'$$

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

$$\phi P_n = P_u \quad (\text{beton belum hancur pada daerah tarik})$$

$$\phi P_n > P_u \quad (\text{beton hancur pada daerah tarik})$$

$$\phi P_n < P_u \quad (\text{beton hancur pada daerah tekan})$$

13. Memeriksa kekuatan penampang

a. Akibat keruntuhan tarik

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

b. Akibat keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\left(\frac{e}{d-d'}\right) + 0,5} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\left(\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2}\right) + 1,18}$$

Keterangan :

- ρ = rasio penulangan tarik
- ρ' = rasio penulangan tekan
- A_s = luas tulangan tarik yang dipakai
- A_s' = luas tulangan tekan yang dipakai
- d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik
- d' = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tekan
- b = lebar daerah tekan komponen struktur
- h = diameter penampang
- f_c' = mutu beton
- f_y = mutu baja
- e = eksentritas

14. Menentukan tulangan sengkang

a. Berdasarkan syarat teoritis

1) Jarak spesi :

- 48 kali diameter tulangan sengkang
- 16 kali diameter tulangan pokok
- Selebar kolom

2) Untuk tulangan pokok ≤ 32 mm, digunakan sengkang $\emptyset 10$ mm

3) Untuk tulangan pokok > 32 mm, digunakan sengkang $\emptyset 12-16$ mm

b. Berdasarkan perhitungan V_u

Perhitungan sengkang berdasarkan nilai V_u perhitungannya sama seperti sengkang pada struktur balok.

2.3.7 Perancangan Sloof

Sloof merupakan salah satu struktur bawah suatu bangunan yang memiliki fungsi utama sebagai pengikat antar pondasi sehingga diharapkan bila terjadi penurunan pondasi, penurunan itu dapat tertahan atau akan terjadi secara dan perhitungan sloof antara lain :

1. Menentukan dimensi sloof, mutu beton
2. Menentukan pembebanan sloof, yang meliputi :
 - Beban sendiri sloof
 - Berat dinding
 - Berat plesteran

Kemudian semua beban tersebut dijumlahkan untuk mendapatkan beban total yang bekerja pada sloof, lalu dikalikan dengan factor beban untuk mendapatkan beban terfaktor.

$$Q_u = 1,4Q_D$$

3. Menghitung momen yang bekerja.

Untuk mendapatkan nilai momen ultimate yang bekerja pada sloof menggunakan program SAP 2000 V.20.

4. Menentukan tinggi efektif (d_{eff})

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

5. Nilai rasio penulangan (ρ)

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

Keterangan :

Mu = momen rencana/terfaktor pada penampang

b = lebar penampang

d = tinggi efektif

\emptyset = faktor reduksi (0,75)

Dengan syarat, $\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{maks}}$, apabila $\rho < \rho_{\text{min}}$ maka digunakan ρ_{min}

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{\max} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

6. Menghitung nilai A_s

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

Keterangan :

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

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

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

7. Kontrol momen nominal

$$\alpha = \frac{A_s \cdot f_y}{0,8 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$c = \frac{\alpha}{\beta_1}$$

8. Menentukan gaya lintang maksimum ($V_{u_{\max}}$)

$$V_c = \frac{1}{6} \lambda \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d_{\text{eff}}$$

Keterangan :

$$b_w = \text{lebar badan balok}$$

$$d_{\text{eff}} = \text{tinggi efektif balok}$$

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

$$V_u < \phi V_c$$

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

Sehingga,

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

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

Jika $V_u > \frac{1}{2} \phi V_c$, maka diperlukan tulangan geser.

Tulangan geser minimum digunakan apabila $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$. Biasanya digunakan tulangan berdiameter 10 mm yang diletakkan dengan jarak maksimum.

Sedangkan apabila $V_u < \phi V_c$, maka sloof tersebut tidak memerlukan tulangan geser.

9. Menentukan tulangan geser yang digunakan dan jaraknya.

$$S_{\text{maks}} = \frac{d_{\text{eff}}}{2}$$

$$S_{\text{min}} = \frac{A_v \cdot 1200 \cdot f_y}{0,75 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w}$$

Keterangan :

A_v = luas tulangan geser

f_y = mutu baja

2.3.8 Perancangan Pondasi

Pondasi dalam istilah ilmu teknik sipil dapat didefinisikan sebagai bagian dari struktur bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi untuk menyalurkan beban-beban yang diterima dari struktur atas ke lapisan tanah.

Proses desain struktur pondasi memerlukan analisis yang cukup lengkap, meliputi kondisi/jenis struktur atas, beban-beban yang bekerja pada struktur, profil lapisan tanah tempat bangunan, serta kemungkinan terjadinya penurunan (*settlement*). Hasil desain struktur pondasi yang optimal dapat menghasilkan biaya konstruksi yang minimal tanpa mengurangi tingkat keamanan dan kinerja dari struktur tersebut.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam perancangan struktur pondasi sebuah bangunan, yaitu :

1. Keadaan tanah dilokasi pembangunan
2. Jenis konstruksi bangunan yang dilakukan
3. Kondisi bangunan yang berada disekitar lokasi
4. Waktu dan biaya pekerjaan

Menurut Bowles J.E., sebuah pondasi haruslah memenuhi beberapa persyaratan stabilitas dan persyaratan deformasi antara lain :

1. Kedalaman pondasi haruslah memadai untuk menghindarkan pengeliruan bahan dalam arah lateral dari bawah pondasi khususnya untuk pondasi telapak dan pondasi rakit.
2. Kedalaman haruslah berada dibawah daerah perubahan volume musiman yang disebabkan oleh pembekuan, pencairan, dan pertumbuhan proyek.
3. Sistem pondasi harus aman terhadap penjungkir-balikan, rotasi penyorongon atau perpecahan tanah (kegagalan kekuatan geser).
4. Sistem pondasi harus aman terhadap korosi atau kemerosotan yang disebabkan oleh bahan berbahaya yang terdapat didalam tanah. Hal ini perlu mendapatkan perhatian khusus di dalam mendapatkan dan memperoleh kembali urugan tanah yang sehat dan kadang-kadang untuk pondasi laut.
5. Sistem pondasi harus memadai untuk menahan bebrapa perubahan di dalam tempat yang terkemudian atau geometri konstruksi dan mudah untuk dimodifikasi seandainya perubahan-perubahan kelak akan meiputi ruang lingkup yang besar.
6. Pondasi haruslah ekonomis di dalam metode pemasangannya.
7. Pergerakan tanah ekonomis di dalam metode pemasangannya.
8. Pondasi dan konstruksinya harus memenuhi syarat standar untuk perlindungan lingkungan.

Berikut ini merupakan beberapa jenis-jenis pondasi yang biasa diketahui, diantaranya :

1. Pondasi dangkal (*shallow foundation*)

Pondasi dangkal adalah pondasi yang membeban secara langsung dan kedalaman 0-3 meter.

- a. Pondasi telapak (*isolated footing*)

- Pondasi telapak bujur sangkar
- Pondasi telapak persegi panjang
- Pondasi telapak lingkaran

- b. Pondasi lajur (*combined footing*)

- c. Pondasi pelat (*mat foundation*)
 - d. Pondasi menerus (*continuous footing*)
 - e. *Strap footing*
2. Pondasi dalam (*deep foundation*)

Pondasi dalam merupakan pondasi yang meneruskan beban bangunan ke dalam tanah keras atau batu yang terletak relative jauh dari permukaan tanah dan kedalamannya > 7 meter.

- a. Pondasi beton pra-cetak (*precast concrete pile*)
- b. Pondasi cor ditempat (*cast in place pile*)
- c. Pondasi tiang baja (*steel pile*)

Bedasarkan data hasil tes tanah pada lokasi pembangunan Gedung Fakultas Sains Universitas Islam Negeri Raden Fatah Kampus B Jakabaring Palembang yang dijadikan sebagai materi dalam laporan akhir ini, maka jenis pondasi yang dipilih adalah pondasi dalam yaitu tiang pancang dengan Data tanah Bor Log.

Adapun urutan-urutan dalam menganalisis pondasi :

1. Menentukan beban-beban yang bekerja pada pondasi.
2. Menentukan diameter tiang yang digunakan.
3. Menentukan daya dukung tiang
 - Daya dukung bahan
 - Daya dukung ujung tiang ultimate
4. Menentukan jarak antar tiang pancang.

Apabila telah dilakukan perhitungan jumlah banyaknya tiang pancang, maka langkah selanjutnya adalah menentukan jarak antar masing-masing tiang pancang.

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

Keterangan :

S = jarak antar tiang

d = diameter pile (tiang)

5. Menentukan efisiensi kelompok tiang

Menentukan efisiensi kelompok tiang dilakukan setelah mengetahui hasil perhitungan jumlah tiang pancang. Perhitungan efisiensi kelompok tiang ini dilakukan apabila setelah didapat hasil perhitungan jumlah tiang yang lebih dari satu buah tiang. Nilai efisiensi tiang pancang (E_g) dapat ditentukan dengan rumus berikut ini :

$$E_g = 1 - \frac{\theta}{90} \left(\frac{(m-1)m+(n-1)n}{m.n} \right) \rightarrow \text{arc. tan} \frac{d}{s}$$

Keterangan :

d = diameter pile (tiang)

s = jarak antar tiang

6. Menentukan kemampuan tiang terhadap sumbu x dan sumbu y

$$P_{max} = \frac{\Sigma V}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_{maks}}{n_y \cdot \Sigma x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_{maks}}{n_x \cdot \Sigma y^2}$$

(pondasi tiang pancang jilid I, Sardjono, HS : 61)

Keterangan :

P = beban yang diterima oleh tiang pancang

ΣV = jumlah total beban

M_x = momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus dengan sumbu x

M_y = momen yang bekerja pada bidang yang tegak lurus dengan sumbu y

n = banyak tiang pancang dalam kelompok tiang

X_{maks} = absis terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang pancang

Y_{maks} = ordinat terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang pancang

n_y = banyak tiang pancang dalam satu baris arah sumbu y

n_x = banyak tiang pancang dalam satu baris arah sumbu x

Σx^2 = jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang

Σy^2 = jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang

Mengontrol kemampuan tiang pancang :

$$P_{ijin} = \frac{P}{n}$$

$$P_{ijin} < P$$

7. Menentukan penulangan tiang Pancang

Penulangan tiang pancang dihitung berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkatan.

a. Tulangan pokok tiang pancang

Nilai rasio penulangan (ρ) dilihat dari tabel istimewa, atau :

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

Keterangan :

Mu = momen rencana/terfaktor pada penampang

b = lebar penampang

d = tinggi efektif

ϕ = faktor reduksi (0,75)

Dengan syarat, $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$, apabila $\rho < \rho_{min}$ maka digunakan ρ_{min}

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$\rho_{maks} = \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

b. Tulangan geser tiang pancang

V_u rencana didapat dari pola pengangkatan sebagai berikut :

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

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

$$A_v = \frac{\pi d^2}{2}$$

$$S = \frac{3 \cdot A_v \cdot f_y}{b}$$

$$S = \frac{\phi \cdot A_v \cdot f_y \cdot d}{V_u - \phi V_c}$$

Syarat sengkang, $S_{maks} = \frac{1}{2} d_{efektif}$

8. Perhitungan *Pilecap*

Pilecap merupakan bagian yang mengikat dan mengunci posisi tiang pancang.

Adapun langkah-langkah perencanaannya, yaitu :

- a. Menentukan beban yang bekerja

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

Dimana :

W_D = beban mati

W_L = beban hidup

- b. Menentukan dimensi *pilecap*

- Menentukan panjang *pilecap*

$$l_w = (k+1) \times D + 300$$

- Menentukan lebar *pilecap*

$$b_w = D + 300$$

Keterangan :

l_w = panjang *pilecap*

b_w = lebar *pilecap*

D = dimensi pile

K = variable jarak *pilecap*

2.4 Pengelolaan Proyek

Pengelolaan proyek atau manajemen proyek merupakan suatu proses merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Lebih jauh, pengelolaan proyek menggunakan pendekatan sistem dan *hirarki* (arus kegiatan) vertikal maupun horizontal. Fungsi dasar manajemen dikelompokkan menjadi 3 kelompok kegiatan, diantaranya :

1. Kegiatan perencanaan

- a. Penetapan tujuan (*goal setting*)

Penetapan tujuan ini yaitu tahap awal yang harus dilakukan dengan menentukan tujuan utama yang ditetapkan secara spesifik, realitis, terukur, dan mempunyai durasi pencapaian/target.

b. Perencanaan (*planning*)

Perencanaan ini dibuat sebagai upaya peramalan masa yang akan datang dan perumusan kegiatan-kegiatan yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan yang ditetapkan berdasarkan perencanaan tersebut. Bentuk perencanaan dapat berupa perencanaan prosedur, perencanaan metode kerja, perencanaan standar pengukuran hasil, perencanaan anggaran biaya, maupun perencanaan program (rencana kegiatan beserta jadwal).

c. Pengorganisasian (*organizing*)

Kegiatan pengorganisasian ini bertujuan untuk melakukan pengaturan dan pengelompokan kegiatan proyek konstruksi agar kinerja yang dihasilkan dapat sesuai dengan harapan.

2. Kegiatan pelaksanaan

a. Pengisian staf (*staffing*)

Tahap ini adalah perencanaan personel yang akan ditunjuk sebagai pengelola pelaksanaan proyek. Kesuksesan proyek juga ditentukan oleh kecermatan dan ketepatan dalam memposisikan seseorang sesuai dengan keahliannya.

b. Pengarahan (*briefing*)

Pengarahan ini merupakan tahapan kelanjutan dari pengisian staf. Pada tahap ini dilakukan pengarahan berupa penjelasan tentang lingkup pekerjaan dan paparan waktu untuk memulai dan menyelesaikan pekerjaan tersebut.

3. Kegiatan pengendalian

a. Pengawasan (*supervising*)

Pengawasan ini merupakan interaksi antar individu-individu yang terlibat dalam organisasi proyek. Proses ini harus dilakukan secara berkelanjutan dari waktu ke waktu guna mendapatkan keyakinan bahwa pelaksanaan kegiatan

berjalan dengan lancar sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan untuk mencapai hasil yang diinginkan.

b. Pengendalian (*controlling*)

Pengendalian atau *controlling* merupakan proses penetapan atas apa yang telah dicapai, evaluasi kerja dan langkah perbaikan apabila diperlukan.

c. Koordinasi (*coordinating*)

Koordinasi yaitu pemantauan prestasi kegiatan dari pengendalian akan digunakan sebagai bahan untuk melakukan langkah perbaikan, baik proyek dalam keadaan terlambat maupun lebih cepat.

2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)

Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) merupakan segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh kontraktor pada saat akan mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan nantinya.

Untuk dapat menyusun rencana kerja untuk sebuah proyek, maka harus dibutuhkan :

- a. Gambar kerja proyek.
- b. Rencana anggaran biaya pelaksanaan proyek.
- c. *Bill of quantity* (BOQ) atau daftar volume pekerjaan.
- d. Data lokasi proyek berada.
- e. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub-kontraktor yang tersedia disekitar lokasi pekerjaan proyek berlangsung.
- f. Data sumber daya yang meliputi material, peralatan, sub-kontraktor yang harus didatangkan ke lokasi proyek.
- g. Data kebutuhan tenaga kerja dan ketersediaan tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan.
- h. Data cuaca atau musim dilokasi pekerjaan proyek.
- i. Data jenis transportasi yang dapat digunakan disekitar lokasi proyek.

- j. Metode kerja yang digunakan untuk melaksanakan masing-masing item pekerjaan.
- k. Data kapasitas produksi meliputi peralatan, tenaga kerja, sub-kontraktor, material.
- l. Data keuangan proyek meliputi arus kas cara pembayaran pekerjaan, tenggang waktu pembayaran *progress*, dan lainnya.

2.4.2 Volume Pekerjaan

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

2.4.3 Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan pekerjaan merupakan perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang terdapat dalam suatu proyek pembangunan. Harga satuan ini berguna agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan setiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini nantinya akan diperoleh total biaya keseluruhan dari hasil perkalian dengan volume pekerjaan. Analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

2.4.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah suatu perhitungan banyaknya biaya yang akan diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lainnya yang berhubungan dengan pelaksanaan pembangunan suatu proyek. Anggaran biaya ini ialah harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada pembangunan yang sama akan berbeda di masing-masing daerah disebabkan karena adanya perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. Tujuan dari

pembuatan RAB ini sendiri adalah untuk memberikan gambaran yang pasti tentang besarnya biaya yang nantinya akan dikeluarkan untuk proses pembangunan.

2.4.5 Rencana Pelaksanaan

Rencana kerja merupakan serangkaian tujuan dan proses yang bisa membantu untuk mencapai tujuan pembangunan. Rencana pelaksanaan pada suatu proyek konstruksi dapat dibuat dalam bentuk berikut ini :

1. *Network Planning* (NWP)

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

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

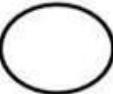
Sebelum menggambarkan diagram *network planning*, perlu diingat beberapa hal berikut:

- Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak memiliki arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya durasi dan *resources* yang dibutuhkan.
- Aktivitas-aktivitas apa yang mendahului dan aktivitas apa yang mengikutinya.
- Aktivitas-aktivitas apa yang dapat dikerjakan bersamaan.
- Aktivitas-aktivitas itu dibatasi saat mulai dan saat selesai.
- Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas tersebut.
- Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari setiap kegiatan.

- Besar kecilnya juga tidak memiliki arti, dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa. Anak panah selalu menghubungkan dua nodes, arah dari anak panah menunjukkan urutan waktu.

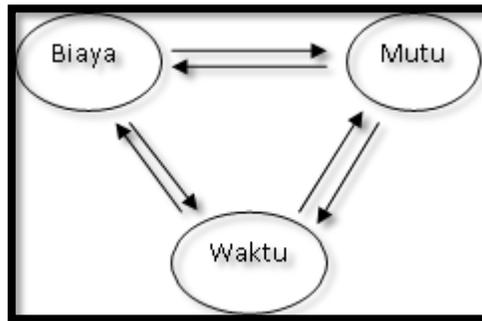
Berikut ini beberapa symbol yang biasa digunakan dalam *Network Planning* :

Tabel 2.6 Simbol-simbol *Network Planning*

No	Simbol	Keterangan
1		<i>Arrow</i> , bentuknya merupakan anak panah yang artinya aktivitas/kegiatan : adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan "duration" (jangka Waktu Tertentu) dan "Resources" (Tenaga, equipment, Material dan Baiaya) tertentu.
2		<i>Node/event</i> , bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian : adalah permulaan atau akhir dari satua atau lebih kegiatan-kegiatan.
3		<i>Double arrow</i> , Anak panah sejajar, merupakan kegiatan di Lintasan Kritis (Critical Path)
4		<i>Dummy</i> , Bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktivitas semu : adalah bukan kegiatan/aktivitas tetapi dianggap kegiatan/aktivitas, hanya saja tidak membutuhkan duration dan resource tertentu.

(Sumber : Buku Manajemen Proyek Bersbasis Teknologi Informasi, Imam Hariyanto)

Pada proyek konstruksi membutuhkan perencanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek. Tujuannya ialah untuk menyelaraskan antara biaya proyek yang dioptimalkan, mutu pekerjaan yang baik/berkualitas, dan waktu pelaksanaan yang tepat. Karena ketiganya adalah 3 elemen yang saling mempengaruhi. Adapun ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 2.32 dibawah ini.



Gambar 2.32 Diagram Hubungan Biaya, Mutu dan Waktu

Ilustrasi dari 3 lingkaran diatas adalah jika biaya proyek berkurang (dikurangi) sementara waktu pelaksanaan direncanakan tetap, maka secara otomatis anggaran belanja material akan dikurangi dan mutu pekerjaan juga bisa jadi akan berkurang, dengan demikian secara umum proyek akan merugi. Jika waktu pelaksanaan mundur/terlambat sementara tidak ada rencana penambahan anggaran, maka mutu pekerjaan juga akan berkurang dan proyek tersebut akan merugi. Jika mutu ingin dijaga, sementara waktu pelaksanaan terlambat, maka akan terjadi peningkatan jumlah anggaran biaya dan proyek juga akan merugi. Proyek dapat dikatakan untung jika waktu pelaksanaan lebih cepat selesai dari rencana dengan mutu yang tetap terjaga dan secara otomatis akan ada keuntungan pada biaya anggaran belanja.

2. *Barchart*

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

- Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada di dalam rencana pembangunan.
- Urutan pekerja, dari daftar item kegiatan tersebut diatas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan

dilaksanakan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan pelaksanaan secara bersamaan.

- Waktu pelaksanaan pekerjaan, adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.

3. Kurva S

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif *progress* pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva tersebut dibuat berdasarkan rencana atau pelaksanaan *progress* kegiatan dari setiap pekerjaan atau berdasarkan bobot setiap pekerjaan dari awal sampai berakhirnya pekerjaan. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan harga pekerjaan dan harga total keseluruhan dari jumlah penawaran (anggaran biaya).