

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan umum

Perancangan adalah sebuah kegiatan yang sangat penting sebelum dilaksanakannya pembangunan suatu gedung atau bangunan lainnya. Dalam merealisasikan konstruksi suatu bangunan khususnya bangunan yang memiliki tingkat tiga keatas, maka diperlukan suatu perancangan yang baik terhadap bangunan yang akan dibuat dengan tujuan agar bangunan tersebut dapat digunakan sesuai dengan fungsinya, dengan memperhatikan pembebanan-pembebanan yang bekerja pada struktur bangunan tersebut.

Perancangan dapat diartikan sebagai suatu bentuk usaha dalam penyusunan, mengatur dan mengorganisasikan kegiatan-kegiatan yang terdapat dalam sebuah proyek pembangunan sehingga menghasilkan *output* (hasil) yang sesuai dengan keinginan bersama (antara pemilik, perencana dan pelaksana proyek) dengan tetap memperhatikan standar ekonomis, keamanan, kekuatan, dan kenyamanan. Kegiatan perancangan sebuah bangunan akan diawali dengan kegiatan *survey* dan penyelidikan tanah hingga kegiatan perawatan bangunan yang telah dihasilkan pada akhir kegiatan proyek nantinya.

Pada perancangan suatu konstruksi bangunan gedung diperlukan beberapa landasan teori berupa analisa struktur, ilmu tentang kekuatan bahan serta hal lainnya yang berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia. Ilmu teoritis tersebut tidaklah cukup karena analisa secara teoritis hanya berlaku pada kondisi struktur ideal sedangkan gaya-gaya yang dihitung hanya merupakan pendekatan dari keadaan yang sebenarnya atau yang diharapkan terjadi.

Pada bab ini akan dijelaskan lagi mengenai tata cara, langkah-langkah sekaligus teori-teori perhitungan yang memuat rumus perhitungan struktur mulai dari struktur atas yang meliputi pelat atap (dak), pelat lantai, tangga, balok dan kolom sampai dengan perhitungan struktur bawah yang terdiri dari sloof dan pondasi.

2.2 Ruang Lingkup Perancangan

Ruang lingkup perancangan konstruksi pada pembangunan tahap ketiga Gedung Rumah Sakit Panti Bhaktiningsih Charitas Belitang ini meliputi beberapa tahapan yaitu, antara lain :

2.2.1 Tahapan Perancangan

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 tahapan 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*, *function 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 di atas), 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.

Ada dua struktur pendukung bangunan yaitu :

1. Struktur bangunan atas (*Upper structure*)

Struktur bangunan atas harus mampu mewujudkan perancangan estetika dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi struktur yaitu keamanan maupun kenyamanan bagi penggunaannya.. Untuk itu, bahan bangunan yang nantinya akan digunakan sebagai bahan dasar dari konstruksi hendaknya memenuhi kriteria sebagai berikut :

- Kuat
- Mudah diperoleh. Dalam arti tidak memerlukan biaya mobilisasi bahan yang demikian tinggi

- Awet untuk jangka waktu pemakaian yang lama
- Ekonomis dan perawatan yang relative mudah

Adapun struktur atas dari suatu bangunan antara lain :

- a. Perhitungan plat lantai
- b. Perhitungan tangga
- c. Perhitungan portal (balok dan kolom)
- d. Perhitungan balok
- e. Perhitungan kolom

2. Struktur bangunan bawah (*sub structure*)

Struktur bangunan bawah merupakan system pendukung bangunan yang menerima beban struktur atas, untuk diteruskan ke tanah dibawahnya.

Adapun struktur bawah pada suatu bangunan yaitu:

- a. Perhitungan sloof
- b. Perhitungan pondasi

2.2.2 Dasar – dasar Perancangan

Pada penyelesaian perhitungan bangunan perancangan berpedoman kepada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia, diantaranya adalah :

- a. Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SNI 03-2847-2019). Pedoman ini digunakan sebagai acuan dalam melakukan perancangan dan pelaksanaan struktur beton dengan ketentuan minimum untuk hasil struktur yang aman dan ekonomis. Pedoman ini memuat persyaratan umum serta ketentuan teknis perancangan dan pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung.
- b. Peraturan pembebanan minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727-2013). Pedoman ini digunakan untuk menentukan beban yang diizinkan untuk merencanakan bangunan gedung dan rumah. Pedoman ini memuat ketentuan-ketentuan beban yang harus diperhitungkan dalam pembangunan.
- c. Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (SKBI-1.3.53.1987) oleh Departemen Pekerjaan Umum. Pedoman ini digunakan

untuk menentukan beban yang diizinkan untuk merencanakan bangunan rumah serta gedung. Ketentuan ini memuat beban-beban yang harus diperhitungkan dalam perancangan bangunan.

Suatu struktur bangunan gedung juga harus direncanakan kekuatannya terhadap suatu pembebanan, adapun jenis pembebanan antara lain :

1. Beban mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.

Berat sendiri dari bahan-bahan bangunan penting dan dari beberapa komponen gedung yang harus ditinjau di dalam menentukan beban mati dari suatu gedung, harus diambil menurut Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung

Tabel 2 BAHAN BANGUNAN	
Baja	7850 kg/m ³
Batu alam	2600 kg/m ³
Batu belah, batu bulat, batu gunung	1500 kg/m ³
Batu karang	700 kg/m ³
Batu pecah	1450 kg/m ³
Batu bertulang	7250 kg/m ³
Beton	2200 kg/m ³
Beton bertulang	2400 kg/m ³
Kayu	1000 kg/m ³
Kerikil, koral	1650 kg/m ³
Pasangan batu merah	1700 kg/m ³
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200 kg/m ³
Pasangan batu cetak	2200 kg/m ³
Pasangan karang	1450 kg/m ³

Pasir (Kering udara sampai lembab)	1600 kg/m ³
Pasir (Jenuh air)	1800 kg/m ³
Pasir kerikil, koral	1850 kg/m ³
Tanah lempung dan lanau (Kering udara sampai lembab)	1700 kg/m ³
Tanah lempung dan lanau (Basah)	2000 kg/m ³
KOMPONEN BANGUNAN	
Adukan, per cm tebal	
- Dari semen	21 kg/m ²
- Dari kapur, semen	17 kg/m ²
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14 kg/m ²
Dinding pasangan batu merah:	
- Satu batu	450 kg/m ²
- Setengah batu	250 kg/m ²
Dinding pasangan batako:	
- Berlubang:	
Tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m ²
Tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/m ²
- Tanpa lubang:	
Tebal dinding 15 cm	300 kg/m ²
Tebal dinding 10 cm	200 kg/m ²
Langit-langit dan dinding terdiri dari:	
- Semen asbes (etemit dan bahan lain sejenis), dengan tebal max 4mm	11 kg/m ²
- Kaca, dengan tebal 3-5 mm	10 kg/m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu	40 kg/m ²
Penggantung langit langit (kayu)	7 kg/m ²
Penutup atap genteng	50 kg/m ²
Penutup atap sirap	40 kg/m ²

Penutup atap seng gelombang (BJLS-25)	10 kg/m ²
Penutup lantai ubin, teraso, beton, per cm tebal	24 kg/m ²
Semen asbes gelombang (Tebal 5mm)	11 kg/m ²

(Sumber : PPPURG 1987, Hal 5-6)

2. Beban hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat termasuk beban Contoh beban hidup berdasarkan fungsi suatu bangunan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.3 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)	2 000 (8,9)
Ruang komputer	100 (4,79)	2 000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18) ^a	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terikat di lantai) Lobi	100 (4,79) ^a	
Kursi dapat dipindahkan Panggung	100 (4,79) ^a	
pertemuan	100 (4,79) ^a	
Lantai podium	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 mmx50 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} <i>c</i>	
Susunan tangga, rel pengamandan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	
Helipad	60 (2,87) ^{de} tidak boleh direduksi	^{efg}
Rumah sakit:		

Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	1 000 (4,45)
Ruang pasien	40 (1,92)	1 000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
Ruang baca	60 (2,87)	1 000 (4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18) ^{a, h}	1 000 (4,45)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,45)
Pabrik		
Ringan	125 (6,00) ^a	2 000 (8,90)
Berat	250 (11,97) ^a	3 000 (13,40)
Gedung perkantoran:		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2 000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2 000 (8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2 000 (8,90)
Lembaga hukum		
Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, Kolam renang, dan penggunaan yang	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,k}	
Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87) ^{a,k}	

Rumah tinggal		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48) ^f	
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	20 (0,96) ⁿ	
Atap datar, berbubung, dan lengkung	100 (4,79)	
Atap digunakan untuk taman atap	Sama seperti	
Atap yang digunakan untuk tujuan lain	hunian dilayani ^a	
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya		
Awning dan kanopi		
Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24) tidak boleh direduksi	
Rangka tumpu layar penutup	5 (0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka	
Semua konstruksi lainnya	20 (0,96)	2 000 (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		

Semua permukaan atap dengan beban pekerja Pemeliharaan		300 (1,33)
Sekolah		
Ruang kelas	40 (1,92)	1 000 (4,5)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	1 000 (4,5)
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	1 000 (4,5)
Bak-bak/scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97) ^{a,p}	8 000 (35,6) ^q
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	300r
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	40 (1,92)	300r
Gudang diatas langit-langit	20 (0,96)	
Gudang penyimpan barang sebelum disalurkan ke pengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat)		
Ringan	125 (6,00) ^a	
Berat	250 (11,97) ^a	
Toko		
Eceran		1 000 (4,45)
Lantai pertama	100 (4,79)	1 000 (4,45)
Lantai diatasnya	75 (3,59)	1 000
Grosir, di semua lantai	125 (6,00) ^a	(4,45)
Penghalang kendaraan	Lihat Pasal 4.5	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79) ^a	

(Sumber: SNI 1727-2013 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, 2013:25-28)

3. Beban angin

Beban angin didistribusikan merata pada kolom yang berada di dinding terluar bangunan. Beban angin bangunan gedung yang termasuk sebagai Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) direncanakan sesuai dengan aturan pada SNI 1727-2013 sebagaimana berikut :

- Menentukan kecepatan angin dasar (V)
- 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}
 - f. Menentukan Arah Angin

2.3 Metode perhitungan

Pada penyelesaian perhitungan untuk bangunan Gedung Rumah Sakit Panti Bhaktiningsih Charitas Belitang, penulis mengambil acuan pada referensi yang berisi mengenai peraturan dan tata cara perancangan bangunan gedung, seperti berikut :

2.3.1 Perancangan Pelat Atap dan Pelat Lantai

Pelat adalah suatu elemen horizontal yang berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun statis ke elemen pemikul beban vertikal yaitu balok, kolom maupun dinding. Pelat beton bertulang dalam suatu struktur dipakai pada lantai dan dak.

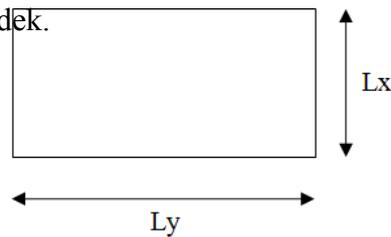
Hal yang membedakan perancangan pelat atap dengan pelat lantai adalah beban-beban yang bekerja di atasnya lebih kecil sehingga ketebalan pelat atap lebih tipis dibandingkan pelat lantai. Adapun beban-beban yang bekerja pada pelat, antara lain :

- a. Beban Mati (WD)
 - Beban sendiri pelat atap
 - Beban yang diterima oleh pelat akibat adanya adukan mortal, plafond, dan penggantung plafond.

- b. Beban Hidup (WL), untuk pelat atap diambil sebesar $0,96 \text{ kN/m}^2$ dan untuk pelat lantai diambil sebesar $3,83 \text{ kN/m}^2$ (Berdasarkan SNI 03-1727-2013 beban hidup untuk gedung rumah sakit).

Pelat dibagi kedalam dua klasifikasi, yaitu Pelat Satu Arah (*One Way Slab*) dan Pelat Dua Arah (*Two Way Slab*). Adapun pelat yang akan ditinjau dalam perancangan Gedung Rumah Sakit Panti Bhaktiningsih Charitas Belitang ialah Pelat Dua Arah (*Two Way Slab*).

Pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh balok pada keempat sisinya dan beban-beban ditahan oleh pelat dalam arah yang tegak lurus terhadap balok-balok penunjang (Dipohusodo, 1996). Pelat dikatakan dua arah apabila $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$ dimana L_y adalah panjang sisi panjang dan L_x adalah panjang sisi pendek.



Gambar 2.1 Pelat Dua Arah

Berikut adalah prosedur perancangan perhitungan pelat dua arah:

1. Mengidentifikasi jenis pelat dengan syarat batasnya pelat dua arah, yakni

$$\frac{L_y}{L_x} \leq 2, \text{ dengan } L_y \text{ sebagai sisi pelat terpanjang dan } L_x \text{ adalah sisi}$$

terpendek pada pelat yang ditinjau.

2. Menentukan tebal pelat

Beberapa ketentuannya menurut SNI 2847:2019, sebagai berikut:

- a. Untuk $\alpha_m \leq 0,2$

Harus menggunakan tabel berikut:

Tabel 2.3 Tebal Minimum Pelat Dua Arah

Tegangan leleh, f_y MPa†	Tanpa drop panel‡			Dengan drop panel‡		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir§		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir§	
280	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 36$	$l_n / 40$	$l_n / 40$
420	$l_n / 30$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 33$	$l_n / 36$	$l_n / 36$
520	$l_n / 28$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 31$	$l_n / 34$	$l_n / 34$

*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 a_f untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

(sumber: SNI 03–2847–2019-Tabel 8.3.1.1; 134)

Pelat tanpa penebalan, tebal pelat minimum 125 mm.

Pelat dengan penebalan, tebal pelat minimum 100 mm.

b. Untuk $0,2 < \alpha m \leq 2,0$

Tebal pelat minimum harus memenuhi :

$$h = i \frac{\ln \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 \beta + 5 \beta (\alpha m - 0,2)}$$

dan tidak boleh < 125 mm.

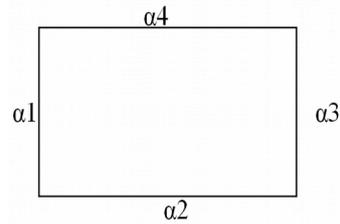
c. Untuk $\alpha m > 2,0$

Tebal pelat minimum harus memenuhi :

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

dan tidak boleh < 90 mm.

3. Mencari nilai αm dari masing-masing panel untuk mengecek apakah pemakaian hcoba telah memenuhi persyaratan.



Gambar 2.2 Panel pelat yang ditinjau

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}}$$

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{4}$$

Untuk $\alpha_m < 2,0$ tebal pelat minimum adalah 125 mm

Untuk $\alpha_m > 2,0$ tebal pelat minimum adalah 90 mm

Keterangan:

l_n : panjang bentang bersih dalam arah panjang diukur muka ke muka balok

β : rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap pendek pelat

h : tebal balok

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

$$W_u = 1,2 DL + 1,6 LL$$

Dimana, W_D = jumlah beban mati pelat (KN/m)

W_L = jumlah beban hidup pelat (KN/m)

W_U = jumlah beban terfaktor (KN/m)

5. Menghitung Momen Rencana (M_u)
Untuk menghitung momen rencana yang bekerja pada arah x dan y, dengan cara penyaluran “metode amplop” dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Momen Pelat Dua Arah Akibat Beban Terbagi Rata

Skema	Penyaluran beban berdasarkan 'metode amplop' kali $w_u \cdot \text{tantai} \cdot l_x$	Momen per meter lebar	$\frac{l_y}{l_x}$							
			1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = \frac{1}{2} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{lx}$	41	54	67	79	87	97	110	117
			41	35	31	28	26	25	24	23
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$	25	34	42	49	53	58	62	65
			25	22	18	15	15	15	14	14
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = \frac{1}{2} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{lx}$	51	63	72	78	81	82	83	83
			51	54	55	54	54	53	51	49
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = \frac{1}{2} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{lx}$	30	41	52	61	67	72	80	83
			30	27	23	22	20	19	19	19
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = \frac{1}{2} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{lx}$	68	84	97	106	113	117	122	124
			68	74	77	77	77	76	73	71
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = \frac{1}{2} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{lx}$	24	36	49	63	74	85	103	113
			33	33	32	29	27	24	21	20
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = \frac{1}{2} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{lx}$	69	85	97	105	110	112	112	112
			33	40	47	52	55	58	62	65
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = \frac{1}{2} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{lx}$	24	20	18	17	17	17	16	16
			69	76	80	82	83	83	83	83
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = \frac{1}{2} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{lx}$	31	45	58	71	81	91	106	115
			39	37	34	30	27	25	24	23
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = \frac{1}{2} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{lx}$	91	102	108	111	113	114	114	114
			39	47	57	64	70	75	81	84
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = \frac{1}{2} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{lx}$	31	25	23	21	20	19	19	19
			91	98	107	113	118	120	124	124
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = \frac{1}{2} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{lx}$	25	36	47	57	64	70	79	83
			28	27	23	20	18	17	16	16
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = \frac{1}{2} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{lx}$	54	72	88	100	108	114	121	124
			60	69	74	76	76	76	73	71
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = \frac{1}{2} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{lx}$	28	37	45	50	54	58	62	65
			25	21	19	18	17	17	16	16
		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{lx} = \frac{1}{2} m_{ly}$ $m_{ly} = \frac{1}{2} m_{lx}$	60	70	76	80	82	83	83	83
			54	55	55	54	53	53	51	49

(Sumber : Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang. W.C.Vis dan Gideon Kusuma. 1993:26)

6. Mencari tebal efektif pelat

Rasio tulangan dalam beton (ρ) dan memperkirakan besarnya diameter tulangan utama dan untuk menentukan tinggi efektif arah x (d_x) adalah :

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

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

Dalam suatu struktur beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk besi tulangan harus memenuhi ketentuan yang sesuai dengan tabel 2.5 berikut ini :

Tabel 2.5 Tebal Minimum Selimut Beton

Paparan	Komponen struktur	Tulangan	Ketebalan Selimut, mm
Dicor dan secara permanen kontak dengan tanah	Semua	Semua	75
Terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Semua	Batang D19 hingga D57	50
		Batang D16, Kawat $\varnothing 13$ atau D13 dan yang lebih kecil	40
Tidak terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Pelat, pelat berusuk dan dinding	Batang D43 dan D57	40
		Batang D36 dan yang lebih kecil	20
	Balok, kolom, pedestal dan batang tarik	Tulangan utama, sengkang, sengkang ikat, spiral dan sengkang pengekan	40

(Sumber : SNI 03-2847-2019:460)

7. Mencari rasio penulangan (ρ)

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

$$\rho_i = \frac{F_c}{F_y} (0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q})$$

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

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

(Setiawan, 2016:71)

8. Mencari luas tulangan (A_s)

$$A_{s_{\min}} = \frac{1,4}{f_y} b \cdot d$$

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

Keterangan :

A_s = luas tulangan (mm^2)

ρ = rasio

penulangan

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

9. Mencari jumlah tulangan (n)

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

10. Mencari jarak antar tulangan (s)

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

11. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan suhu dan

susut. Menurut SNI 03-2847-2019, rasio luasan tulangan ulir suhu dan susut terhadap luas penampang beton bruto harus memenuhi dalam tabel 2.6.

Tabel 2.6 Rasio Luas Tulangan Ulir Susut dan Suhu terhadap Luas Penampang Beton Bruto

Jenis Tulangan	f_y (MPa)	Rasio Tulangan Minimum	
Batang ulir	< 420	0,0020	
Batang ulir atau kawat las	≥ 420	Terbesar dari:	$0,0018 \times 420$
			f_y
			0,0014

(Sumber: SNI 03-2847-2019:553)

12. Memasang tulangan

Untuk arah y sama dengan langkah-langkah pada arah x, hanya perlu diingat bahwa tinggi efektif arah y (d_y) tidak sama dengan yang digunakan dalam arah x $\rightarrow d_y = h - p - \emptyset_{\text{arah x}} - \emptyset_{\text{arah y}}$

2.3.2 Perancangan tangga

Tangga adalah suatu kontruksi yang menghubungkan antara tempat yang satu dan tempat lainnya yang mempunyai ketinggian berbeda dan dapat dibuat dari kayu, pasangan batu bata, baja, dan beton. Tangga terdiri dari anak tangga dan pelat tangga. Anak tangga terbagi menjadi 2 bagian, yaitu :

1. *Antrade*, yaitu bagian dari anak tangga pada bidang horizontal yang merupakan bidang tempat pijakan kaki.
2. *Optrade*, yaitu bagian dari anak tangga pada bidang vertikal yang merupakan selisih tinggi antara 2 buah anak tangga yang berurutan.

Syarat-syarat umum tangga :

- a. Tangga harus mudah dijalani atau dinaiki

- b. Tangga harus cukup kuat dan kaku
- c. Ukuran tangga harus sesuai dengan sifat dan fungsinya
- d. Material yang digunakan untuk pembuatan tangga terutama pada gedung-gedung umum harus berkualitas baik, tahan dan bebas dari bahaya kebakaran
- e. Letak tangga harus strategis
- f. Sudut kemiringan tidak lebih dari 45°

Syarat-syarat khusus tangga :

- a. Untuk bangunan rumah tinggal
 - 1) *Antrade* = 25 cm (minimum)
 - 2) *Optrade* = 20 cm (maksimum)
 - 3) Lebar tangga = 80-100 cm
- b. Untuk perkantoran dan lain-lain
 - 1) *Antrade* = 25 cm (minimum)
 - 2) *Optrade* = 17 cm (maksimum)
 - 3) Lebar tangga = 120-200 cm
- c. Syarat langkah
 - $2 \text{ optrade} + 1 \text{ antrade} = 57 - 65 \text{ cm}$
- d. Sudut kemiringan
 - Maksimum = 45° - minimum = 25°

Tabel 2.7 Daftar Ukuran Lebar Tangga Ideal

N o	Digunakan untuk	Lebar efektif (cm)	Lebar total (cm)
1	1 orang	± 65	± 85
2	1 orang + anak	± 100	± 120
3	1 orang + bagasi	± 85	± 105
4	2 orang	120 - 130	140 - 150
5	3 orang	180 - 190	200 - 210
6	> 3 orang	> 190	> 210

(sumber :Ilmu Bangunan Gedung B; 1993)

Bordes adalah bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila merasa lelah. Untuk menentukan panjang bordes (L) :

$$L = \ell n + 1,5 a \quad (\text{Drs. IK. Sapribadi. 1993. Ilmu Bangunan Gedung B})$$

Dimana :

L = Panjang bordes

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

a = Antrede (17,5 cm – 20 cm)

Langkah-langkah perancangan tangga :

a. Perancangan tangga

1) Penentuan ukuran antrede dan optrede

$$\text{Tinggi optrede sebenarnya} = \frac{h}{\text{Jumlah Optrede}}$$

$$\text{Antrede} = L_n - 2 \text{ Optrede}$$

2) Penentuan jumlah antrede dan optrede = $\frac{h}{\text{Tinggi Optrede}}$

3) Panjang tangga = jumlah optrede x lebar antrede

4) Sudut kemiringan tangga, $\text{Arc tan } \theta = \frac{\text{optrede}}{\text{antrede}}$

5) Penentuan tebal pelat tangga, $h_{\text{min}} = \frac{1}{28} l$

b. Penentuan pembebanan pada anak tangga

1) Beban mati

a) Berat sendiri bordes

b) Berat sendiri anak tangga

c) Berat spesi dan ubin

d) Berat 1 (satu) anak tangga (Q) per m'

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

2) Beban hidup

Beban hidup yang bekerja pada tangga yaitu 300 kg/cm².

c. Perhitungan tangga untuk mencari gaya-gaya yang bekerja menggunakan program SAP 2000 14. adapun langkah-langkah sebagai berikut :

- 1) Membuat permodelan tangga pada SAP 2000 14.
- 2) Memasang tumpuan pada permodelan tangga
- 3) Masukkan beban yang bekerja pada anak tangga dan bordes yang telah di kombinasikan antara beban mati dan beban hidup.
- 4) Setelah pembebanan sudah selesai dimasukkan pada permodelan maka kita dapat melakukan “*Run Analisis*” namun “*self-weight*” dijadikan 0 karena beban sendiri di hitung secara manual.

d. Perhitungan tulangan tangga

- 1) Menghitung tinggi efektif (d_{eff})
 $d = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \varnothing \text{ tulangan pokok}$
- 2) Menentukan rasio penulangan
 Syarat = $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$
- 3) Menghitung luas penampang tulangan (A_s) menggunakan rumus:

$$A_{s_{min}} = \frac{1,4}{f_y} b \cdot d$$

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

Keterangan :

A_s = luas tulangan (mm^2)

ρ = rasio penulangan

d_{eff} = tinggi efektif pelat (mm)

- 4) Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan suhu dan susut. Menurut SNI 03-2847-2019, rasio luasan tulangan ulir suhu dan susut terhadap luas penampang beton bruto harus memenuhi dalam tabel 2.6.
- 5) Mengontrol tulangan
 Untuk mengontrol tulangan dapat ditinjau dari $A_{s_{min}} \leq A_s \leq A_{s_{maks}}$
 - a. Apabila $A_s < A_{s_{min}}$ maka digunakan $A_{s_{min}}$
 - b. Apabila $A_s > A_{s_{maks}}$ maka plat dibuat tulangan *double*
- 6) Menentukan spasi tulangan

2.3.3 Perancangan Portal (Balok dan Kolom)

Portal merupakan suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan fungsinya menahan beban sebagai

satu kesatuan lengkap yang terdiri dari berat sendiri, peralatan berat gording, beban hidup, dan beban mati. Portal-portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati, portal akibat beban hidup, dan portal akibat beban gempa. Perancangan portal ini dihitung dengan menggunakan program SAP 2000.V14.

Berikut ini adalah beberapa tahapan dalam merancang perhitungan suatu portal :

1. Menghitung besarnya momen (akibat beban mati dan beban hidup)

a. Perancangan portal akibat beban mati

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

- Beban sendiri pelat
- Beban balok
- Beban penutup lantai dan adukan semen
- Berat plafond dan penggantung
- Berat pasangan dinding bata
- Berat plesteran dinding

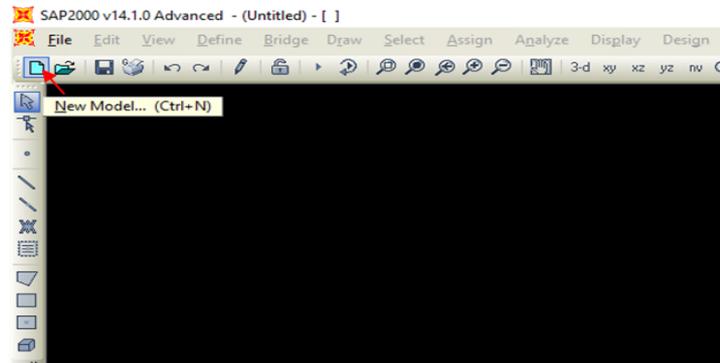
b. Perancangan portal akibat beban hidup

Untuk perancangan portal akibat beban hidup, yang harus dilakukan adalah menentukan beban pada portal serta perhitungan akibat beban hidup sama dengan perhitungan akibat beban mati. Berikut ini pembebanan pada portal akibat beban hidup menurut PPPURG 1987 yaitu :

- Beban hidup untuk pelat lantai diambil sebesar 250 kg/m^2
- Beban hidup pada atap diambil sebesar 100 kg/m^2

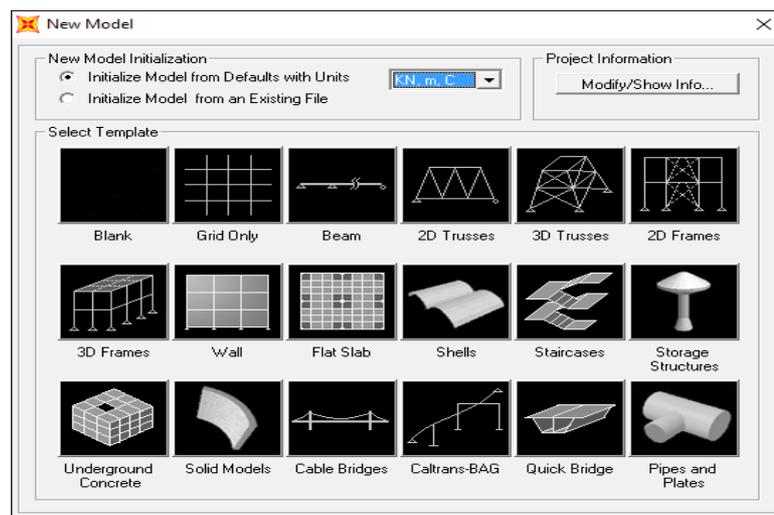
Langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode SAP 2000 V 14.1 yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

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



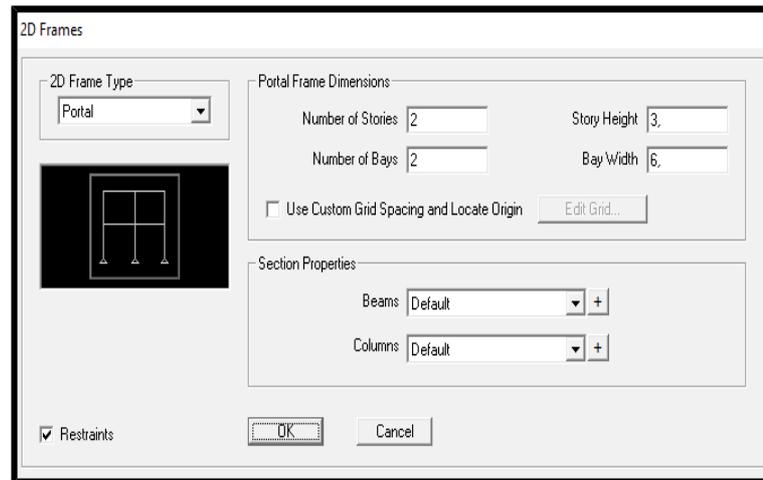
Gambar 2.3 Toolbar New Model

- b. Kemudian akan tampil kotak seperti gambar dibawah ini, tetapkan satuan yang akan dipakai, misal kgf, m, c.



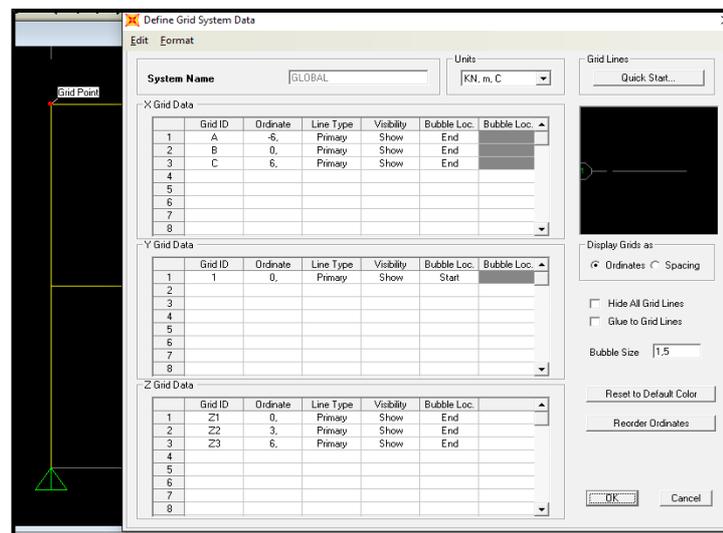
Gambar 2.4 Tampilan New model

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



Gambar 2.5 Tampilan 2D frames

- d. Untuk mengatur kembali jarak-jarak pada portal. Dapat dilakukan dengan cara **klik 2x** pada *grid point* yang terdapat pada portal. Maka, akan muncul tampilan *Define Grid system data*(dapat di lihat pada Gambar 2.7) Setelah itu dapat dilakukan penyesuaian kembali jarak portal dengan data perancangan yang ada dan disesuaikan arah x,dan z pada SAP v.14

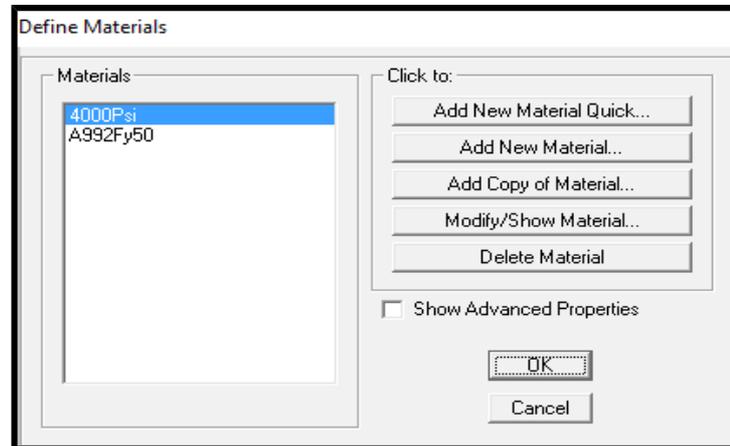


Gambar 2.6 Define Grid System data.

2.

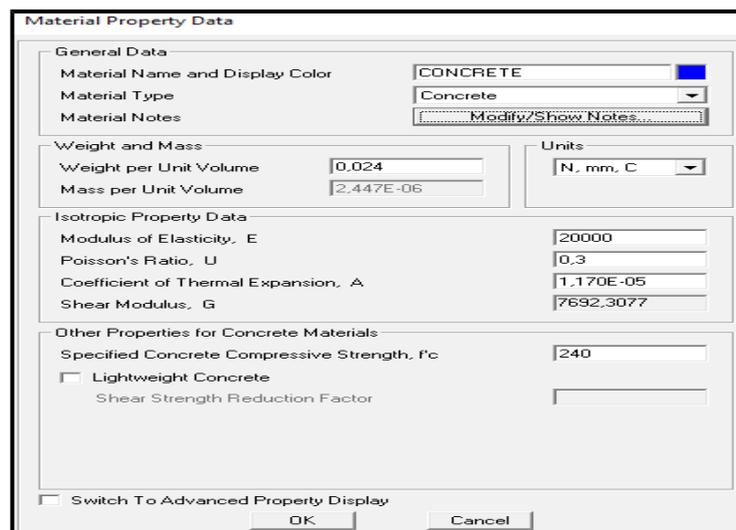
Menentukan Material

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



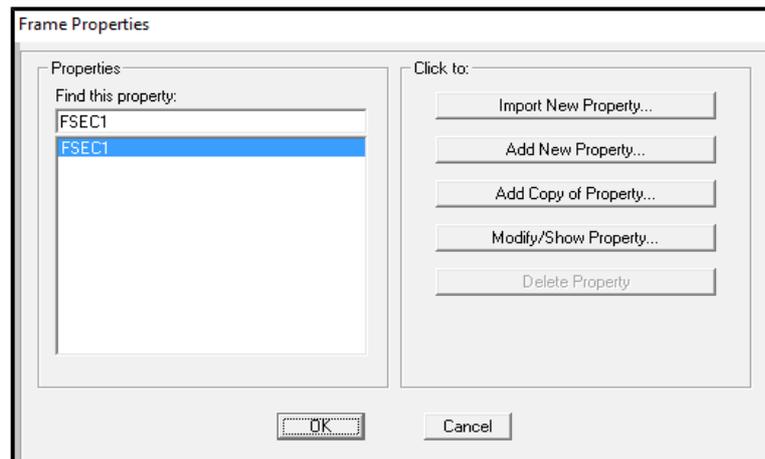
Gambar 2.7 Jendela Define Materials

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



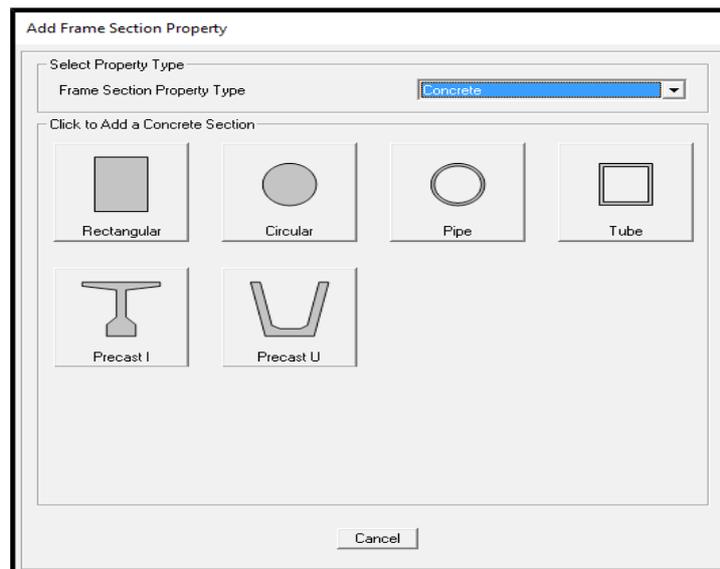
Gambar 2.8 Jendela Material Property Data

3. Menentukan nilai dimensi kolom dan balok
- a. Blok frame kolom/balok, lalu pilih menu pada toolbar, *Define > section properties > Frame section*, setelah memilih menu diatas akan tampil toolbar Frame Properties seperti pada gambar2.10.

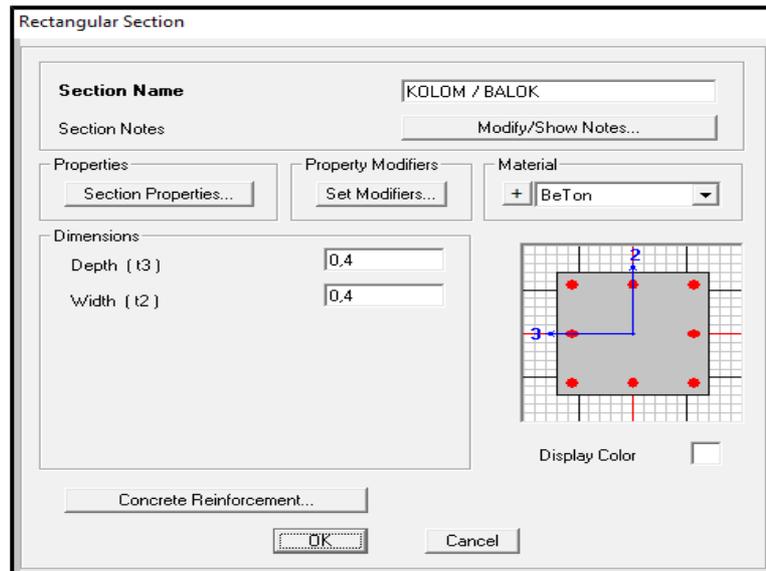


Gambar 2.9 Toolbar Frame Properties

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

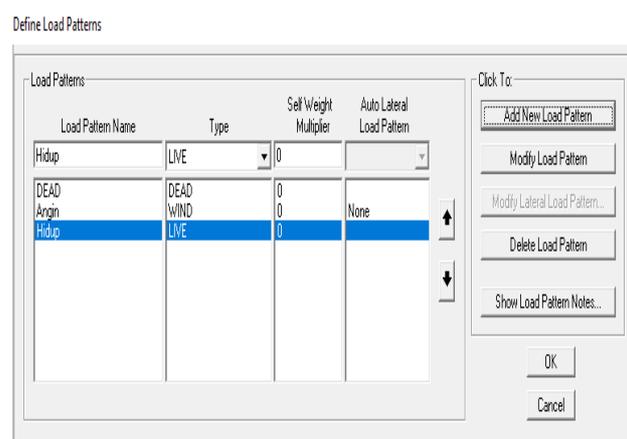


Gambar 2.10 Jendela add Frame section property



Gambar 2.11 Jendela Rectangular Section

- c. Ganti section name dengan nama Balok (untuk balok), Kolom (untuk kolom). Ganti ukuran tinggi (Depth) dan lebar (Width) Balok /Kolom sesuai dengan perancangan. Kemudian klik Concrete Reinforcement, klik Column (untuk kolom), Beam (untuk balok) lalu klik OK.
 - d. Untuk menentukan frame tersebut balok atau kolom yaitu dengan cara memblok frame kemudian pada toolbar pilih menu Assign – Frame / Cable / Tendon – Frame Section – pilih Balok atau Kolom.
4. Membuat cases beban mati, beban hidup dan Angin
- a. Pilih menu pada toolbar, *Define – Load pattern* – buat nama pembebanan, tipe pembebanan dan nilai koefisiennya diisi dengan nilai 0. Lalu klik *add New Load Pattern* seperti yang terlihat pada gambar. Apabila selesai klik OK.

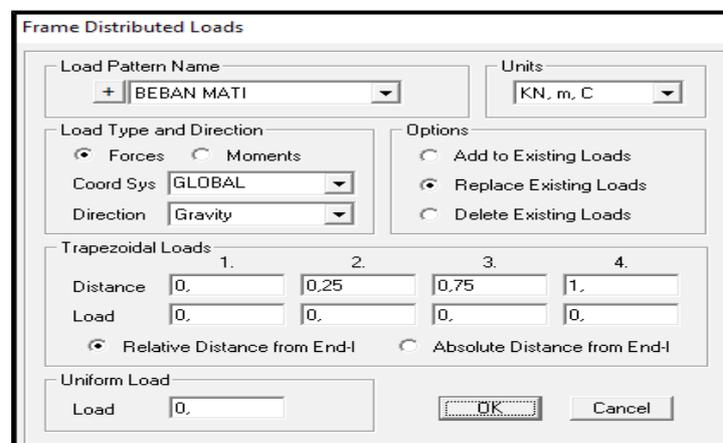


Gambar 2.12 Jendela Define Load Patterns

b. Input nilai beban mati, beban hidup dan angin

1) Akibat beban merata

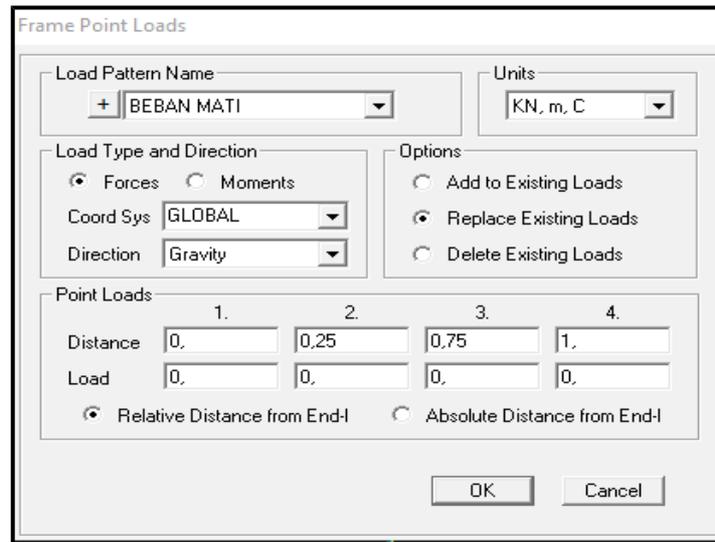
Blok frame yang akan di input, lalu pilih menu pada toolbar, *Assign – Frame Loads – Distributed* - pilih beban mati atau beban hidup untuk pembebanan tersebut pada *Load pattern*



Gambar 2.13 Jendela Frame Distributed Loads

2) Akibat beban terpusat

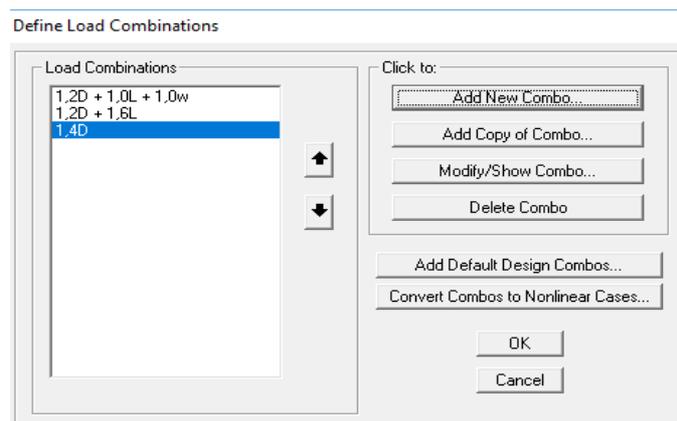
Sama halnya seperti menginput data pada pembebanan merata, hanya saja setelah memilih menu *Frame–* selanjutnya yang dipilih adalah *Points*. maka akan tampil jendela seperti gambar



Gambar 2.14 Jendela Frame Point Loads

5. Input *Load Combination* (beban kombinasi), yaitu
1. 1,4 Beban mati
 2. 1,2 Beban mati + 1,6 Beban hidup
 3. 1,2 Beban mati + 1,0 Beban hidup + 1,0 Beban angin

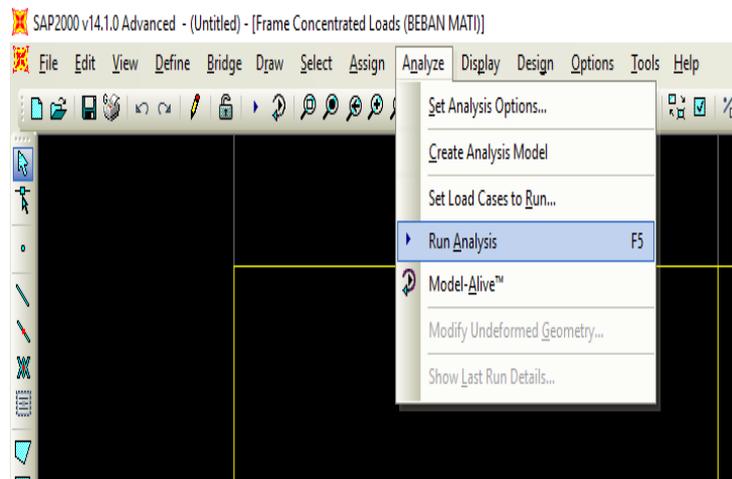
Blok seluruh frame yang akan di kombinasi, kemudian pilih menu pada toolbar, *Define – Combinations – add new combo*, kemudian akan terlihat seperti



Gambar 2.15 Jendela *Loads Combination*

6. 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 dibawah ini.



Gambar 2.16 Run Analisis

2.3.4 Perancangan Balok

Balok merupakan batang horizontal dari rangka struktur yang memikul beban tegak lurus sepanjang batang tersebut biasanya terdiri dari dinding, pelat atau atap bangunan dan menyalurkannya pada tumpuan atau struktur dibawahnya.

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

1. Berdasarkan perancangan 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 bertumpu 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 bertumpu pada balok induk atau tidak bertumpu 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 rencana balok induk.

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

1. Gaya lintang design balok maksimum

$$V_u = 1,4D$$

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

$$V_u = 1,2D + 1L + 1W$$

2. Momen design balok maksimum

$$M_u = 1,4MD$$

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

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

3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Penulangan lentur lapangan

$$l_n = L - \left(\frac{1}{2} L_k\right) - \left(\frac{1}{2} L_k\right)$$

$$D_{\text{eff}} \text{ balok} = \text{Lebar Balok} - P - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan}$$

Lebar efektif

$$- B_{\text{eff}} \leq \frac{1}{4} L$$

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

$$- B_{\text{eff}} \leq bw + ln$$

Maka Diambil B_{eff} terkecil

Diasumsikan $a \leq hf$ dan $c \leq hf$

$f'c > 28$ MPa dan $f_y = 400$ MPa

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

$$\frac{Mu}{\phi} = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b_{\text{eff}} \cdot \frac{a}{2}$$

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

$$A_s = \frac{0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b_{\text{eff}}}{f_y}$$

(Setiawan, 2016:57)

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

b. Penulangan lentur tumpuan

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

$$\rho_t = \frac{F_c}{F_y} (0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q})$$

$$\text{Dengan: } Q = \left(\frac{1,7}{\phi f'c} \right) \frac{Mu}{b \cdot d^2}$$

Keterangan :

Mu = momen terfaktor pada penampang (KNm)

b = lebar penampang (mm)

d = tinggi efektif plat (mm)

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

4. Hitung A_s yang diperlukan

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

$A_{S_{min}}$ harus lebih besar dari :

- $A_{S_{min}} > \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d$
- $A_{S_{min}} > \frac{1,4}{f_y} b_w d$

(SNI 2487-2019 Pasal 9.6.1.2, hal.189)

Keterangan :

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

ρ = rasio penulangan

d = tinggi efektif plat (mm)

Menentukan diameter tulangan yang dipakai dengan syarat A_s pakai $\geq A_s$ direncanakan

5. Tulangan geser rencana

a. $V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$

(SNI 2847-2019:485 pasal 22.5.5.1)

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

minimum dipakai apabila nilai V_u melebihi $\frac{1}{2} \phi V_c$ tetapi kurang

dari ϕV_c . Biasanya dapat digunakan tulangan berdiameter 10 mm yang diletakkan dengan jarak maksimum. Apabila nilai $V_u > \phi V_c$, maka kebutuhan tulangan geser harus dihitung. (Setiawan, 2016:104)

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

$$V_u < \phi V_n$$

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

Sehingga:

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

Dengan besaran faktor reduksi (ϕ) untuk geser sebesar 0,75.
(Setiawan, 2016:99)

c. Luas minimum tulangan geser

$$A_{v_{minimum}} = 0,062 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \left(\frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot b_w \cdot s}{f_{yt}}$$

(Setiawan, 2016:101)

d. Jarak maksimum tulangan geser

Jika $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$, maka : $S = \frac{d}{2}$ atau 600 mm

Jika $V_s \leq 0,66 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$, maka : $S = \frac{d}{4}$ atau 300 mm

(SNI 2847-2019:202 Pasal 9.7.6.2.2)

S maksimum untuk tulangan suhu dan susut = 5 x h_{slab} atau tidak boleh lebih dari 450 mm (Sumber: SNI 03-2847- 2019)

Dengan batasan kebutuhan luas minimum luas tulangan geser :

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

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

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

Sehingga untuk tulangan sengkang vertical dapat dihitung menggunakan rumus:

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

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = gaya geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = luas penampang tulangan geser total pada daerah sejarak s ,

$A_v = 2 A_s$

dimana

A_s = luas penampang batang tulangan sengkang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan Tarik

f_y = mutu baja

2.3.5 Perancangan Kolom

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

Secara umum kolom dapat diklasifikasikan 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 (terdiri dari beton dan profil baja).

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

1. Menentukan d_{eff}

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

2. Memeriksa P_u terhadap beban seimbang

$$d = h - d'$$

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

$$\alpha_b = \beta_1 \times C_b$$

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

$$f_s' = f_y$$

$$\emptyset P_n = \emptyset (0,85 \times f_c \times a_b \times b + A_s' \times f_y - A_s \times f_y) \quad (\text{Dipohusodo:324})$$

$$\emptyset P_n > P_u \quad \rightarrow \quad \text{beton hancur pada daerah tarik}$$

$$\emptyset P_n < P_u \quad \rightarrow \quad \text{beton hancur pada daerah tekan}$$

3. Memeriksa kekuatan penampang

- a. Akibat keruntuhan tarik

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

(Dipohusodo:322)

b. Akibat keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\left(\frac{\theta}{d - d'} \right)} + \frac{b \cdot h \cdot f' c}{\left(\frac{3 \cdot h \theta}{d^2} \right) + 1,18}$$

(Dipohusodo:326)

4. Perhitungan tulangan

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

b. Menghitung nilai eksentrisitas terhadap arah x dan y

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

x

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

y

Keterangan:

e = eksentrisitas

M_u = momen terfaktor yang bekerja pada penampang

P_u = beban aksial terfaktor yang bekerja pada penampang

(Setiawan, 2016:159)

c. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi

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

(Setiawan, 2016:202)

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

$$EI = \frac{0,2 \cdot E_c \cdot I_g + E_c \cdot I_{se}}{1 + \beta_{dns}}$$

(Setiawan, 2016:202)

e. Modulus Elastisitas

$$E_c = 4700 \sqrt{f'c} \text{ MPa (Setiawan, 2016:200)}$$

f. Nilai kekakuan kolom dan balok

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

$$I_c = 0,70 I_g \rightarrow \text{Kolom}$$

$$I_b = 0,35 I_g \rightarrow \text{Balok}$$

(Sumber: SNI 03-2847-2019:102)

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

$$E \cdot I_b = \frac{\frac{1}{5}(E_c \cdot I_g) + E_s \cdot I_{se}}{5(1 + \beta \cdot d)} \rightarrow \text{untuk Balok}$$

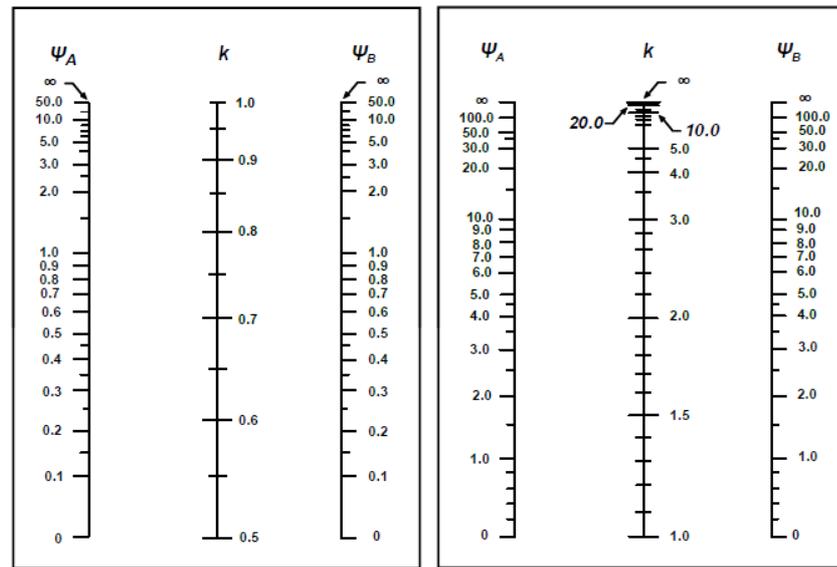
(Dipohusodo:337)

g. Menentukan Ψ_a dan Ψ_b

$$\Psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{Lc} \right)}{\sum \left(\frac{EI}{Lb} \right)}$$

(Setiawan, 2016:199)

h. Faktor panjang efektif kolom



Ψ = rasio $\sum(EI/l_c)$ untuk kolom terhadap $\sum(EI/l)$ untuk balok pada satu ujung kolom dalam bidang yang ditinjau
 l = panjang bentang balok diukur dari pusat ke pusat joint

Gambar 2.17 Faktor panjang efektif, k

i. Angka kelangsingan kolom

Kolom langsing dengan ketentuan sebagai berikut:

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

Keterangan :

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan

lu = panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang

r = jari-jari putaran potongan lintang komponen struktur tekan

j. Perbesaran Momen (Mc)

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

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu}{0,75 \cdot \sum P_c}} \geq 1,0$$

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

Dimana :

P_u = beban tekuk Euler

δ_s = faktor pembesar ekstra pada struktur rangka tanpa pengaku

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

M_{2s} = momen kolom terbesar akibat goyangan ke samping pada struktur rangka tanpa pengaku

(Setiawan, 2016: 205)

k. Desain penulangan

1. Menghitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 1,5% - 3% dari luas penampang kolom

2. Menghitung A_s

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

3. Menentukan tulangan yang digunakan

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

Keterangan:

ρ = rasio penulangan tarik non pra-tegang

ρ' = rasio penulangan tekan non-prategang

A_s = luas tulangan tarik non pra-tegang yang dipakai

A_s' = luas tulangan tekan non-prategang yang dipakai

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

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

b = lebar daerah tekan komponen struktur

h = diameter penampang

f'_c = mutu beton

- f_y = mutu baja
 e = eksentrisitas

2.3.6 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 bersamaan. Adapun urutan-urutan dalam menganalisis sloof :

1. Tentukan dimensi sloof.
2. Tentukan pembebanan pada sloof.

- Berat sendiri sloof
- Berat dinding dan plesteran

Kemudian semua beban dijumlahkan untuk mendapatkan beban total, lalu dikalikan faktor untuk beban terfaktor.

$$M_u = 1,4MD$$

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

(Setiawan, 2016:7)

Nilai M didapat dari momen akibat beban mati diperhitungan SAP sloof

3. Perhitungan momen (menggunakan program SAP 2000 V14)
4. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

- Penulangan lentur lapangan

a. Tentukan $d_{\text{eff}} = h - p - \phi$ sengkang $- \frac{1}{2} \phi$ tulangan

b. $K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2} \rightarrow$ didapat nilai ρ dari tabel

Akan didapat nilai ρ dari tabel

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

c. Pilih tulangan dengan dasar A_s terpasang $\geq A_s$ direncanakan

- Penulangan lentur pada tumpuan

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

$$b. \quad \rho = \frac{f'_c}{f_y} \left(\frac{0,85 \lambda^2 - Q}{0,85 - \sqrt{\lambda}} \right)$$

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

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

Keterangan :

A_s = luas tulangan tarik non prategang

ρ = rasio penulangan tarik non-prategang

b_{eff} = lebar efektif balok

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

5. Tulangan geser rencana

$$a. \quad V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$$

(SNI 2847-2019:485 pasal 22.5.5.1)

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

minimum dipakai apabila nilai V_u melebihi $\frac{1}{2} \phi V_c$ tetapi kurang

dari ϕV_c . Biasanya dapat digunakan tulangan berdiameter 10 mm yang diletakkan dengan jarak maksimum. Apabila nilai $V_u > \phi V_c$, maka kebutuhan tulangan geser harus dihitung. (Setiawan, 2016:103)

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

$$V_u < \phi V_n$$

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

Sehingga:

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

Dengan besaran faktor reduksi (ϕ) untuk geser sebesar 0,75.
(Setiawan, 2016:99)

c. Luas minimum tulangan geser

$$A_{v_{minimum}} = 0,062 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \left(\frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot b_w \cdot s}{f_{yt}}$$

(Setiawan, 2016:101)

d. Jarak maksimum tulangan geser

$$\text{Jika } V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d, \text{ maka : } S = \frac{d}{2} \text{ atau } 600 \text{ mm}$$

$$\text{Jika } V_s \leq 0,66 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d, \text{ maka : } S = \frac{d}{4} \text{ atau } 300 \text{ mm}$$

Dengan batasan kebutuhan luas minimum luas tulangan geser :

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

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

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

Sehingga untuk tulangan sengkang vertikal dapat dihitung menggunakan rumus:

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

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = gaya geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = luas penampang tulangan geser total pada daerah sejarak s ,

$$A_v = 2 A_s$$

dimana

A_s = luas penampang batang tulangan sengkang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan Tarik

f_y = mutu baja

2.3.7 Perancangan Pondasi

Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah.

Hal-hal yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan jenis pondasi :

1. Keadaan tanah pondasi
2. Jenis konstruksi bangunan
3. Kondisi bangunan disekitar pondasi
4. Waktu dan biaya pengerjaan

Berdasarkan kedalaman pondasi ada 2 macam, yaitu :

1. Pondasi dangkal
2. Pondasi dalam

Perencanaan pondasi tiang beton harus menentukan:

1. Beban izin dan panjang pondasi untuk tiang pancang beton yang ditentukan adalah:

Beban izin	= 30 – 50 ton
Panjang pondasi	= 15 – 18 m
2. Daya dukung pondasi tiang pancang
 - a. Bila tiang pancang dipancangkan masuk kedalam tanah sampai mencapai lapisan tanah keras dan daya dukungnya ditekankan pada tahanan ujung tiang maka disebut pondasi tiang pancang dengan daya dukung ujung atau *end bearing pile* atau *point bearing pile*.
 - b. Bila tiang pancang dipancangkan tidak mencapai lapisan tanah keras dan untuk menahan beban dipikul oleh tahanan yang ditimbulkan oleh gesekan antara tiang dengan tanah, maka disebut

pondasi tiang pancang dengan daya dukung gesek atau *friction bearing pile*.

Berdasarkan data hasil tes tanah pada lokasi pembangunan Gedung Rumah Sakit Panti Bhaktiningsih Charitas Belitung 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 daya dukung ijin tanah melalui perhitungan dengan berdasarkan data-data yang ada

- Berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang

$$Q_{tiang} = 0,3 \times f' \times c \times A_{tiang}$$

- Berdasarkan kekuatan tanah

$$Q_{ijin} = \frac{NK \times Ab}{Fb} + \frac{JHP \times O}{Fs}$$

Keterangan:

NK = nilai konus

JPH = jumlah hambatan pekat

Ab = luas tiang

O = keliling tiang

Fb = faktor keamanan daya dukung ujung = 3

Fs = faktor keamanan daya dukung gesek = 5

3. Menentukan jumlah tiang pancang

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

$$n = \frac{Q}{Q_{ijin}}$$

4. Menentukan jarak antar tiang pancang

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

Keterangan:

d = ukuran pile (tiang)

S = Jarak antar tiang

5. Menentukan efisiensi kelompok tiang

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

Keterangan :

m = Jumlah baris

n = Jumlah tiang dalam satu baris

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

(Sumber : Pondasi Tiang Pancang, Sardjono:67)

6. Menentukan kemampuan tiang pancang terhadap sumbu x dan y

$$P_{maks} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{maks}}{n_y \cdot \sum X^2} \pm \frac{M_x \cdot Y_{maks}}{n_x \cdot \sum Y^2}$$

Keterangan :

Pmax = Beban yang diterima oleh tiang pancang

$\sum V$ = Jumlah total beban

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

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

n = Banyak tiang pancang dalam kelompok tiang pancang

Xmax = Absis terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang

Ymax = Ordinat terjauh tiang pancang terhadap titik berat kelompok tiang

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

nx = Banyaknya tiang pancang dalam satu baris dalam arah sumbu X

$\sum X^2$ = Jumlah kuadrat absis-absis tiang pancang

$\sum Y^2$ = Jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang pancang

(Sumber : Pondasi Tiang Pancang, Sardjono:61)

Kontrol kemampuan tiang pancang

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

$$P_{ijin} < P$$

7. Menentukan tulangan tiang Pancang (Perbandingan As terbesar)

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

b. Berdasarkan nilai P yang paling besar

- Arah absis x = $\frac{Pu}{\emptyset \cdot Ag \cdot 0,85 fc' } \times \left(\frac{e}{h} \right)$
- Arah absis y = $\frac{Pu}{\emptyset \cdot Ag \cdot 0,85 fc' } \times \left(\frac{e}{h} \right)$

Nilai ρ_g didapat pada grafik gideon seri 4

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

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

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

9. Menentukan Pile Cap

- Kontrol kekuatan geser dua arah di sekitar kolom dan tiang pancang
- Kontrol kekuatan geser satu arah
- Menentukan tulangan pokok pile cap

$$Rn = \frac{Mu}{\emptyset \cdot b \cdot d_{eff}^2}$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 \cdot fc'}{fy} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Rn}{0,85 \cdot fc'}} \right]$$

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

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

(Setiawan, 2016:326)

10. Menentukan tulangan sengkang

$$a. Vc = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{fc'} \cdot bw \cdot d$$

(SNI 2847-2019:485 pasal 22.5.5.1)

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

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

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

$$V_u < \phi V_n$$

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

Sehingga:

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

Dengan besaran faktor reduksi (ϕ) untuk geser sebesar 0,75. (Setiawan, 2016:99)

- f. Luas minimum tulangan geser

$$A_{v_{minimum}} = 0,062 \cdot \sqrt{f_c} \cdot \left(\frac{b_w \cdot s}{f_{yt}} \right) \geq \frac{0,35 \cdot b_w \cdot s}{f_{yt}}$$

(Setiawan, 2016:101)

- g. Jarak maksimum tulangan geser

$$\text{Jika } V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d \text{ , maka : } S = \frac{d}{2} \text{ atau } 600 \text{ mm}$$

$$\text{Jika } V_s \leq 0,66 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d \text{ , maka : } S = \frac{d}{4} \text{ atau } 300 \text{ mm}$$

Dengan batasan kebutuhan luas minimum luas tulangan geser :

$$S_{\min} = \frac{A_v \cdot f_y t}{0,062 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w} \quad , \text{ untuk } f_c' > 30 \text{ MPa}$$

$$S_{\min} = \frac{A_v \cdot f_y t}{0,35 \cdot b_w} \quad , \text{ untuk } f_c' \leq 30 \text{ MPa}$$

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

Sehingga untuk tulangan sengkang vertikal dapat dihitung menggunakan rumus:

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

Keterangan :

V_c = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

V_u = gaya geser terfaktor yang bekerja pada penampang beton

V_n = kuat geser nominal

V_s = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

A_v = luas penampang tulangan geser total pada daerah sejarak s ,

$A_v = 2 A_s$

dimana

A_s = luas penampang batang tulangan sengkang

d = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan Tarik

f_y = mutu baja

11. Menentukan tulangan pasak

Kuat tekan rencana kolom

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

Jika $\phi P_n > P_u$, maka beban pada kolom dapat dipindahkan dengan dukungan saja. Tetapi, diisyaratkan untuk menggunakan tulangan pasak minimum sebesar

$$A_{S_{\min}} = 0,005 \times A_g$$

(Setiawan, 2016:317)

Kontrol panjang penyaluran pasak

$$L_{db} = \frac{0,25 \cdot fy \cdot db}{\sqrt{fc'}} \geq 0,04 \cdot fy \cdot db$$

(Setiawan, 2016:309)

2.4 Manajemen Proyek

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

1. Kegiatan perancangan

a. Penetapan tujuan (*goal setting*)

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

b. Perancangan (*planning*)

Perancangan ini dibuat sebagai upaya peramalan masa yang akan datang dan perumusan kegiatan-kegiatan yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan yang ditetapkan berdasarkan perancangan tersebut. Bentuk perancangan dapat berupa perancangan prosedur, perancangan metode kerja, perancangan standar pengukuran hasil, perancangan anggaran biaya, maupun perancangan 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 perancangan 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*)

Controlling atau pengendalian 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 bangunan 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 cara atau teknik dalam bidang perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Produk yang dihasilkan dari network planning ini adalah kegiatan yang ada dalam proyek. Network planning digunakan untuk mengkoordinasi berbagai pekerjaan,

mengetahui apakah suatu pekerjaan bebas atau tergantung dengan pekerjaan lainnya, menunjukkan waktu penyelesaian yang kritis atau tidak, dan kepastian dalam penggunaan sumber daya.

Network planning memiliki beberapa tipe, yaitu preseden, metode jalur kritis (*Critical Path Methode*), program evaluation dan review technique (PERT), Grafis Evaluation dan review technique (GERT). Adapun kegunaan dari NWP adalah :

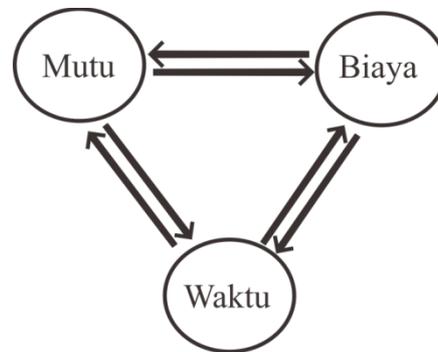
- a. Merencanakan, *Scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
- b. Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara detail dari proyek.
- c. Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan rencana *Scheduling* (waktu), dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
- d. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur -jalur kritis (*Critical Path*) saja yang perlu pengawasan ketat.

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun sebuah NWP dalam suatu proyek konstruksi adalah sebagai berikut:

- a. Urutan Pekerjaan yang Logis
Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa saja yang kemudian mengikutinya.
- b. Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan.
Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Kalau proyek itu baru sama sekali biasanya diberi slack/kelonggaran waktu.
- c. Biaya untuk mempercepat pekerjaan.
Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada pada jalur-jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya-biaya lembur, biaya penambahan tenaga kerja dan sebagainya.

Pengendalian sebuah proyek konstruksi direncanakan sebaik mungkin diharapkan agar dapat menyelaraskan antara biaya proyek yang ekonomis, menghasilkan mutu pekerjaan yang baik/berkualitas dan

selesai tepat waktu karena ketiganya adalah 3 elemen yang saling mempengaruhi, seperti terlihat pada gambar 2.18 di bawah ini.



Gambar 2.18 Siklus Biaya, Mutu dan Waktu (BMW)

Ilustrasi siklus di atas menunjukkan bahwa apabila biaya proyek berkurang/dikurangi, sementara waktu pelaksanaan tetap maka secara otomatis anggaran belanja material akan dikurangi dan mutu pekerjaan akan berkurang. Secara umum proyek akan merugi. Akan tetapi, jika waktu pelaksanaan mundur/terlambat, sementara tidak ada rencana penambahan anggaran, maka mutu pekerjaan juga akan berkurang. Secara umum proyek akan merugi.

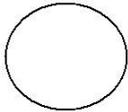
Namun, jika mutu ingin dijaga, sementara waktu pelaksanaan mundur/terlambat, maka akan terjadi peningkatan anggaran belanja. Secara umum proyek akan merugi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa inti dari 3 komponen proyek konstruksi di atas bagaimana menjadwalkan dan mengendalikan pelaksanaan proyek agar berjalan sesuai dengan schedule yang telah ditetapkan, selesai tepat waktu dan tidak terjadi pengurangan mutu pekerjaan ataupun penambahan anggaran biaya.

Adapun pembagian macam-macam dari *Network Planning* (NWP) adalah sebagai berikut:

- a. CMD : Chart Method Diagram
- b. NMT : Network Management Technique
- c. PEP : Program Evaluation Procedure

- d. CPA : Critical Path Analysis
- e. CPM : Critical Path Method
- f. PERT: Program Evaluation and Review Technique

Pada perkembangannya NWP ini juga dikenal dalam 2 bahasa/symbol diagram network, yaitu sebagai berikut:

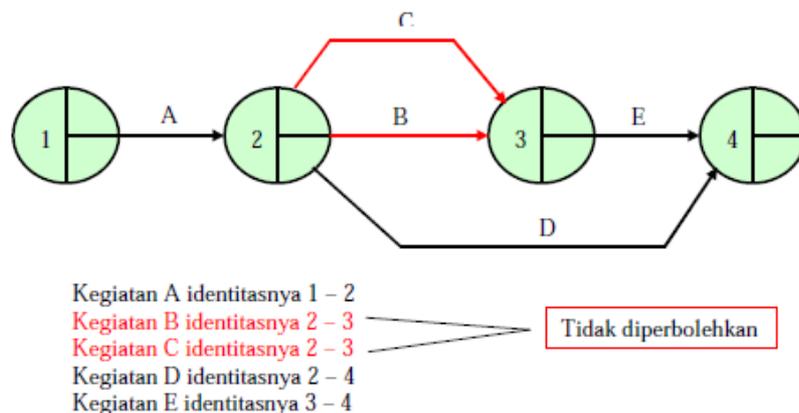
1. Even on the node, yaitu peristiwa yang digambarkan dalam lingkaran
2. Activity on the node, yaitu kegiatan yang digambarkan dalam lingkaran
3.  **Arrow**, bentuknya berupa anak panah yang berarti aktivitas/kegiatan, dimana suatu pekerjaan penyelesaiannya membutuhkan *duration* (jangka waktu tertentu) dan *resources* (tenaga, equipment, material dan biaya) tertentu.
4.  **Node/even** bentuknya berupa lingkaran bulat yang berarti ` saat, peristiwa atau kejadian, permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan.
5.  **Double arrow** berupa anak panah sejajar yang berartilintasan kritis (*Critical Path*)
6.  **Dummy** berupa anak panah putus-putus yang berarti kegiatansemu atau aktivitas semu. *Dummy* bukan merupakan aktivitas/kegiatan tetapi dianggap kegiatan/aktivitas hanya saja tidak membutuhkan *duration* dan *resources* tertentu.
7.  **Jalur kritis**, merupakan jalur yang memiliki rangkaiankomponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek tercepat.

Sebelum menggambar diagram *Network Planning*, hal-hal penting yang perlu diperhatikan dengan teliti, yaitu:

1. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya *duration*

maupun resources yang dibutuhkan.

2. Aktivitas-aktivitas yang mendahului dan aktivitas-aktivitas yang mengikuti.
3. Aktivitas-aktivitas yang dapat dilakukan bersama-sama.
4. Aktivitas-aktivitas yang dibatasi waktu mulai dan waktu selesainya.
5. Waktu, biaya dan resources yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas tersebut.
6. Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari tiap kegiatan.
7. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.



Gambar 2.19 Contoh Network Planning

2. Barchart

Rencana kerja yang paling sering digunakan adalah diagram batang (barchart) atau gant chart. Barchart sering digunakan secara meluas dalam sebuah proyek konstruksi karena lebih sederhana, mudah dalam pembuatannya serta mudah untuk dimengerti oleh pemakainya.

Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal. Kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang.

Adapun keuntungan dari penggunaan barchart ini sendiri adalah sebagai berikut :

- a. Bentuknya sederhana
- b. Mudah dibuat
- c. Mudah dimengerti
- d. Mudah dibaca

Sedangkan kekurangan dari penggunaan barchart ini sendiri adalah sebagai berikut :

- a. Hubungan antara pekerjaan yang satu dan yang lain kurang jelas.
- b. Sukar mengadakan perbaikan.
- c. Sulit digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar.

Proses penyusunan diagram batang untuk membuat suatu barchart dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

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

Cara membuat sebuah barchart yang biasanya digunakan dalam sebuah proyek pembangunan adalah sebagai berikut:

- a. Rencanakan waktu pelaksanaan setiap pekerjaan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui item pekerjaan yang harus diselesaikan sebelum pekerjaan berikutnya dapat dikerjakan atau dapat dikerjakan dalam waktu bersamaan. Misalkan:

- 1) Pekerjaan persiapan dikerjakan pertama kali sampai akhir pekerjaan, selanjutnya baru dapat dikerjakan pekerjaan galian tanah.
 - 2) Pekerjaan lantai kerja baru dapat dikerjakan setelah pekerjaan galian tanah selesai.
 - 3) Pekerjaan pasir urug baru dapat dikerjakan setelah pembuatan lantai kerja selesai dilaksanakan.
 - 4) Pekerjaan pondasi batu kali/bata dapat dikerjakan dalam waktu bersamaan dengan pekerjaan pasir urug.
 - 5) Pekerjaan urugan kembali dapat dikerjakan setelah semua item pekerjaan pondasi selesai dilaksanakan.
- b. Buatlah tabel rangkaian pekerjaan yang berisi item pekerjaan dan waktu pelaksanaan dengan menggunakan kurva S

3. Kurva S

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progres pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan di sebuah proyek konstruksi. Kurva S tersebut dibuat berdasarkan rencana atau pelaksanaan progres pekerjaan dari setiap pekerjaan. Dengan kurva S kita dapat mengetahui progres pada setiap waktu. Progres tersebut dapat berupa rencana dan pelaksanaan. Untuk setiap bar chart yang dilengkapi dengan progres dapat dibuat kurva S. Bentuk kurva S biasanya mempunyai kemiringan yang landai pada setiap tahap permulaan dan tahap akhir dari pelaksanaan proyek.

Kurva S diperlukan untuk menggambar progres pada momen tertentu dalam sebuah proyek pembangunan. Rencana progres yang dibuat dalam kurva S merupakan referensi/kesepakatan dari semua pihak atas progres yang dihasilkan oleh kontraktor pada setiap moment waktu tertentu.

Bila kurva S dari rencana progres dan pelaksanaan dibandingkan maka dapat diketahui secara visual besarnya dan kecenderungan dari

penyimpangan yang terjadi, apakah pelaksanaan lebih cepat atau lebih lambat dari rencana yang disepakati. Dengan mengetahui hal ini tentu dapat dimulai tindakan-tindakan koreksi sehingga pekerjaan dapat dilakukan sesuai dengan yang dikehendaki atau rencana.

Kurva S dibuat dengan sumbu vertikal sebagai nilai kumulatif biaya atau orang/hari atau penyelesaian pekerjaan dan sumbu horizontal sebagai waktu kalender masing-masing dari angka 0 sampai 100, kurva tersebut harus berbentuk huruf S karena kegiatan proyek berlangsung sebagai berikut:

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