

## **BAB II** **LANDASAN TEORI**

### **2.1 Uraian Umum**

Dalam suatu kegiatan konstruksi, perancangan adalah sebuah kegiatan yang sangat penting sebelum dilakukannya pelaksanaan di lapangan. Kesalahan dalam perancangan akan mengakibatkan terjadinya kerugian secara materiil. Perancangan yang baik dan benar bukan hanya mampu mengeliminasi kerugian materiil, namun juga mampu menghasilkan hasil konstruksi berupa bangunan yang aman dan nyaman, serta mampu pula mengefisienkan waktu pengerjaan sekaligus efektif dalam pengoperasionalan tenaga kerja serta peralatan kerja sehingga bisa menghemat pembiayaan. Ada tiga aspek yang harus diperhatikan perancang dalam melakukan analisis struktur yakni pembebanan, kekuatan bahan dan pemeriksaan keamanan struktur. Pada perancangan struktur gedung perlu dilakukan studi pustaka untuk mengetahui susunan fungsional dan sistem struktur yang akan digunakan serta bagaimana strategi yang digunakan agar tahap pelaksanaan struktur lebih efektif dan efisien.

Pada bab ini akan lebih menjelaskan tentang tata cara, langkah-langkah sekaligus teori-teori perhitungan yang memuat rumus perhitungan struktur mulai dari struktur atas atas yang meliputi pelat atap (dak), pelat lantai, tangga, balok dan kolom sampai dengan perhitungan struktur bawah yang terdiri dari sloof dan pondasi. Studi pustaka bertujuan untuk mendapatkan informasi dari data yang akan membuat perencanaan menjadi lebih akurat dan terarah. Maka dari itu, pada bab ini akan dibahas pula bagaimana konsep dari sistem pemilihan struktur dan perhitungan dalam merancang strukturnya sesuai dengan sistem struktur bangunan tersebut dan bersifat aman terhadap pembebanan yang telah disesuaikan dengan syarat-syarat dasar perancangan suatu gedung bertingkat di Indonesia sehingga sangat diharapkan memperoleh hasil yang tidak menimbulkan kegagalan (*failed*).

## 2.2 Ruang Lingkup Perancangan Struktur

Ada beberapa tahapan perencanaan yang dilakukan pada beton yang bersifat konvensional yakni dimulai dari pemilihan dimensi elemen struktur dan perhitungan tulangan yang diperlukan agar penampang elemen tersebut mempunyai kekuatan yang cukup untuk memikul beban-beban pada kondisi layan (*service load*) dan kondisi batas (*ultimate load*).

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

### 1. Struktur Bangunan Atas (*Upper Structure*)

Struktur ini harus mampu mewujudkan perencanaan dari segi arsitektur dan mampu menjamin mutu baik dari segi keamanan maupun kenyamanan bagi penggunaannya. Dalam perhitungannya terdiri dari perancangan :

- a. Perhitungan Pelat Atap (dak)
- b. Perhitungan Pelat Lantai
- c. Perhitungan Tangga
- d. Perhitungan Balok Anak
- e. Perhitungan Balok Induk
- f. Perhitungan Kolom

### 2. Struktur Bangunan Bawah (*Sub Structure*)

Struktur bangunan bawah adalah sistem pendukung bangunan yang menerima beban struktur atas diteruskan ke tanah di bawahnya. Perhitungan perencanaan struktur bagian bawah ini meliputi:

- a. Perhitungan *sloof*
- b. Perhitungan pondasi

### 2.2.1 Dasar Perancangan

Dalam perencanaan bangunan gedung memiliki beberapa pedoman yang dibuat badan standarisasi yang berlaku di Indonesia. Adapun peraturan-peraturan yang dijadikan pedoman tersebut diantaranya adalah:

1. SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan penjelasan sebagai revisi dari SNI 2847:2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung oleh Badan Standarisasi Nasional.
2. SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain. Didalamnya memuat peraturan mengenai beban-beban minimum yang digunakan dalam merancang bangunan gedung dan struktur lain oleh Badan Standarisasi Nasional.
3. Persyaratan Perancangan Geoteknik berdasarkan SNI-8460:2017 oleh Badan Standarisasi Nasional

### 2.2.2 Klasifikasi Pembebanan

Definisi beban menurut SNI 1727:2020 adalah gaya atau aksi lainnya yang diperoleh dari berat seluruh bahan bangunan, penghuni, barang-barang yang ada didalam bangunan gedung, efek lingkungan, selisih perpindahan, dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi. Besar beban yang bekerja pada suatu struktur diatur oleh pembebanan yang berlaku. Adapun jenis pembebanan tersebut yaitu:

#### 1. **Beban Mati (*Dead Load*)**

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

peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran (SNI 1727:2020). Berikut tabel yang memuat nilai berat sendiri bahan dan komponen gedung ,yaitu :

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

Baja	7850 kg/m <sup>3</sup>
Batu alam	2600 kg/m <sup>3</sup>
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1500 kg/m <sup>3</sup>
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m <sup>3</sup>
Batu pecah	1450 kg/m <sup>3</sup>
Besi tuang	7250 kg/m <sup>3</sup>
Beton	2200 kg/m <sup>3</sup>
Beton bertulang	2400 kg/m <sup>3</sup>
Kayu kelas I	1000 kg/m <sup>3</sup>
Kerikil, koral, (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1650 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan bata merah	1700 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu belah, batu gunung	2200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu cetak	2200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu karang	1450 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (kering udara sampai lembab)	1600 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (jenuh air)	1800 kg/m <sup>3</sup>
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1850 kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1700 kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2000 kg/m <sup>3</sup>
Tanah hitam (timbel)	11400 kg/m <sup>3</sup>

(Sumber : Standar Nasional Indonesia 1727:2020)

**Tabel 2. 2** Berat Komponen Gedung Bahan Bangunan**Komponen Gedung**

Adukan per cm tebal:	
Dari semen	21 kg/m <sup>3</sup>
Dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m <sup>3</sup>
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral tambahan, per cm tebal	14 kg/m <sup>3</sup>
Dinding pasangan batu merah	
Satu batu	450 kg/m <sup>3</sup>
Setengah batu	250 kg/m <sup>3</sup>
Dinding pasangan batako berlubang	
Tebal dinding 20 cm (HB 20)	200 kg/m <sup>3</sup>
Tebal dinding 10 cm (HB 10)	120 kg/m <sup>3</sup>
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk-rusuknya tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari:	
Semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m <sup>3</sup>
Kaca, dengan tebal 3-4 mm	120 kg/m <sup>3</sup>
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m <sup>3</sup>	7250 kg/m <sup>3</sup>
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,8 m	2200 kg/m <sup>3</sup>
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m <sup>2</sup> bidang atap	2400 kg/m <sup>3</sup>
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso, per m <sup>2</sup> bidang atap	1000 kg/m <sup>3</sup>
Penutup atap seng gelombang (BWG 24) tanpa gordeng	1650 kg/m <sup>3</sup>
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan, per cm tebal	1700 kg/m <sup>3</sup>
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	2200 kg/m <sup>3</sup>

(Sumber : Standar Nasional Indonesia 1727:2020)

## 2. Benda Hidup (*Live Load*)

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

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

**Tabel 2. 3** Beban Hidup terdistribusi merata minimum,  $L_o$  dan beban hidup terpusat minimum

Hunian atau Penggunaan	Merata Psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat Ib (kN)
<b>Apartemen (lihat rumah tinggal)</b>		
Sistem lantai akses		
- Ruang kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
- Ruang komputer	100 (4,79)	2000 (8,9)
<b>Gudang persenjataan dan ruang latihan</b>	150 (7,18)	
<b>Ruang pertemuan</b>		
- Kursi tetap (terikat dilantai)	60 (2,87)	
- Lobi	100 (4,79)	
- Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
- Panggung pertemuan	100 (4,79)	
- Lantai podium	150 (7,18)	
	100 (4,79)	
- Tribun penonton stadion arena dengan kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	
- Ruang pertemuan lainnya	100 (4,79)	
<b>Balkon dan dek</b>	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak	

	perlu melebihi 100 psf (4,79) kN/m <sup>2</sup>	
<b>Jalur untuk akses pemeliharaan</b>	40 (1,92)	300 (1,33)
<b>Koridor</b> - Lantai pertama - Lantai lain	100 (4,79) sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
<b>Ruang makan dan restoran</b>	100 (4,79)	
<b>Hunian (lihat rumah tinggal)</b>		
<b>Ruang mesin elevator</b> (pada daerah 2 in x 2 in (50 mm x 50 mm))	-	300 (1,33)
<b>Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan</b> (pada area 1 in x 1 in (25 mm x 25 mm))	-	200 (0,89)
<b>Jalur penyelamatan terhadap kebakaran</b> - Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	
<b>Tangga permanen</b>	Lihat pasal 4.5	
<b>Garasi/parkir</b> Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92) Lihat pasal 4.10.2	
Susunan tangga, rel pengaman dan batang pegangan	Lihat pasal 4.5.1	
<b>Helipad</b> (lihat pasal 4.11) Helikopter dengan berat lepas landas sebesar 3.000 lb (13,35 kN) atau kurang Helikopter dengan berat lepas landas lebih dari 3.000 lb (13,35 kN)	40 (1,92) 60 ( 2,87)	
<b>Rumah sakit</b> - Ruang operasi, laboratorium - Ruang pasien - Koridor diatas lantai pertama	60 (2,87) 40 (1,92) 80 (3,83)	1000 (4,45) 1000 (4,45) 1000 (4,45)

<b>Hotel (lihat rumah tinggal)</b>		
<b>Perpustakaan</b>		
- Ruang baca	60 (2,87)	1000 (4,45)
- Ruang penyimpanan	150 (7,18)	1000 (4,45)
- Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
<b>Pabrik</b>		
- Ringan	125 (6,00)	2000 (8,90)
- Berat	250 (11,97)	3000 (13,35)
<b>Gedung perkantoran</b>		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
- Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2000 (8,90)
- Kantor	50 (2,40)	2000 (8,90)
- Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	2000 (8,90)
<b>Lembaga hukum</b>		
- Blok sel	40 (1,92)	
- Koridor	100 (4,79)	
<b>Tempat rekreasi</b>		
- Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan yang sama	75 (3,59)	
- Ruang dansa dan <i>ballroom</i>	100 (4,79)	
- Gimnasium	100 (4,79)	
<b>Rumah tinggal</b>		
Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
- Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48)	
- Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0,96)	
- Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	30 (1,44) 40 (1,92)	

- Semua orang kecuali tangga dan balkon		
Semua hunian rumah tinggal lainnya		
- Ruang pribadi dan koridornya	40 (1,92)	
- Ruang publik	100 (4,79)	
- Koridor ruang publik	100 (4,79)	
<b>Atap</b>		
Atap datar, berbubungan, dan lengkung	20 (0,96)	
Atap digunakan untuk penghuni	Sama seperti hunian dilayani	
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,70)	
Atap vegetatif dan atap lansekap		
Atap bukan untuk hunian	20 (0,96)	
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,79)	
Atap untuk penggunaan lainnya	Sama dengan penggunaan yang dilayani	
Awning dan kanopi		
Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24)	
Rangka tumpu layar penutup	5 (0,24)	200 (0,89)
Semua konstruksi lainnya		
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai	5 (0,24) tidak boleh direduksi 5 (0,24)	2000 (8,9)
Titik panel tunggal dari batang bawah	tidak boleh	300 (1,33)

Rangka atap atau setiap titik sepanjang Komponen struktur utama yang Mendukung atap diatas pabrik, gudang, Dan perbaikan garasi. Semua komponen struktur atap utama lainnya. Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan	direduksi dan berdasarkan Luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka  20 (0,96)	300 (1,33)
<b>Sekolah</b>		
- Ruang kelas	40 (1,92)	1000 (4,5)
- Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,5)
- Koridor lantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,5)
<b>Bak-bak/scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses</b>		200 (0,89)
<b>Pinggir jalan untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk</b>	250 (11,97)	8000 (35,6)
<b>Tangga dan jalan keluar</b>	100 (4,79)	300
- Rumah tinggal untuk satu keluarga dan dua keluarga	40 (1,92)	300
<b>Gudang diatas langit-langit</b>	20 (0,96)	
Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan kepengecer (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat)		
- Ringan	125 (6,00)	
- Berat	250 (11,97)	
<b>Toko eceran</b>		
- Lantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,45)
- Lantai diatasnya	75 (3,59)	1000 (4,45)
Grosir, disemua lantai	125 (6,00)	1000 (4,45)
<b>Penghalang kendaraan</b>	Lihat pasal 4.5	
<b>Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan</b>	60 (2,87)	

(selain jalan keluar)		
<b>Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki</b>	100 (4,79)	

(Sumber: Standar Nasional Indonesia 1727:2020)

### 3. Beban Kombinasi

Berdasarkan metode perancangan berbasis kekuatan (*strength design method*), elemen struktur dirancang untuk mampu memikul beban terfaktor yang didapatkan dengan mengalikan nilai faktor beban dengan nilai beban layan (*service load*) nominal, dengan catatan bahwa beban hidup memiliki derajat ketidakpastian yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan beban mati.

Mengacu pada SNI 2847-2019, adapun nilai faktor beban untuk beban hidup / *live load* ( $L$ ) ialah 1,6 dan beban mati/*dead load* ( $D$ ) sebesar 1,2. Berikut standar dalam menurut SNI 2847-2019 pasal 9.2 mengenai detail besarnya nilai kuat perlu ( $U$ ) yang harus dipertimbangkan sebagai kondisi paling kritis yang harus dipikul suatu elemen struktur, yakni :

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

Adapun beberapa catatan tambahan untuk beban kombinasi, diantaranya :

- 1) Nilai faktor beban untuk  $L$  dalam persamaan 1.5, 1.6, 1.7 dapat direduksi menjadi  $0,5L$ . Jika nilai  $L$  tidak lebih besar daripada  $4,8 \text{ kN/m}^2$  atau  $\text{kg/m}^2$

disamping itu faktor tersebut tidak boleh direduksi untuk area garasi atau area tempat publik.

- 2) Apabila beban angin ( $W$ ), belum direduksi oleh faktor arah, maka faktor beban untuk beban angin dalam persamaan 1.6 harus diganti menjadi 1.6 dan dalam persamaan 1.5 diganti menjadi 0.8.
- 3) Untuk struktur yang memikul beban fluida, maka unsur beban fluida tersebut dapat dimasukkan dalam persamaan 1.3 hingga 1.7 dan 1.9 dengan faktor beban yang sama dengan faktor beban untuk beban mati.

Jika ada pengaruh tekanan tanah lateral ( $H$ ), maka ada tiga kemungkinan berikut :

- a. Apabila  $H$  bekerja sendiri atau menambah efek dari beban-beban lain 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  $H$  harus dimasukkan dalam kombinasi pembebanan dengan faktor beban sebesar 1,9.
- c. Apabila  $H$  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**

### **2.3.1 Perhitungan Pelat Atap dan Pelat Lantai**

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

sendirinya, pelat lantai juga diberi beban dinding dan beban hidup yang sesuai dengan penggunaan ruang yang ada di atasnya.

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

1) Penentuan Pembebanan

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

a. Beban mati ( $W_D$ )

Beban mati terdiri dari :

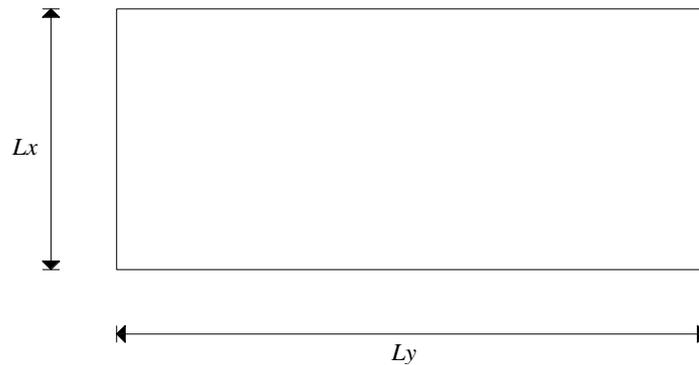
- Berat sendiri pelat atap dan pelat lantai
- Berat adukan semen

b. Berat hidup ( $W_L$ )

Beban hidup untuk pelat atap diambil sebesar  $0,96 \text{ kN/m}^2$  dan pelat lantai sebesar  $1,92 \text{ kN/m}^2$  (berdasarkan SNI 1727:2020 Beban Hidup untuk Gedung Sekolah). Pelat dibagi kedalam dua klasifikasi, yaitu pelat satu arah (*one way slab*) dan pelat dua arah (*two way slab*). Adapun pelat yang akan ditinjau dalam perancangan Pembangunan Gedung SMA Islam Terpadu Harapan Mulia Palembang ialah pelat dua arah (*two way slab*).

**a. Pelat Satu Arah (*One Way Slab*)**

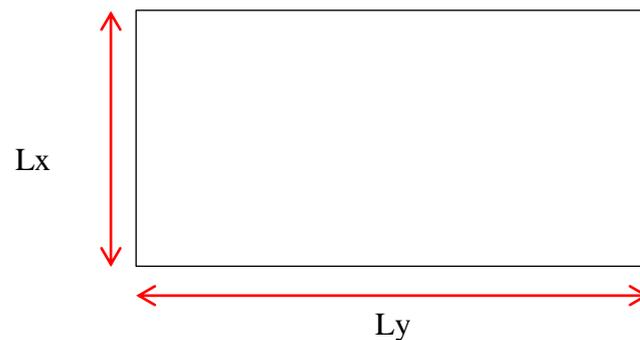
Pelat dengan tulangan pokok satu arah ini akan dijumpai jika pelat beton lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja. Apabila pelat tertumpu di keempat sisinya, dan rasio bentang panjang terhadap bentang pendek lebih besar atau sama dengan 2, maka hampir 95% beban akan dilimpahkan dalam arah bentang pendek, dan pelat akan menjadi sistem pelat satu arah. Sistem pelat satu arah cocok digunakan pada bentangan 3 – 6 meter, dengan beban hidup sebesar  $2,5 - 5 \text{ kN/m}^2$ . (Setiawan, 2016 : 252). Pelat satu arah dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



**Gambar 2. 1** Pelat Satu Arah

**b. Pelat Dua Arah (*Two Way Slab*)**

Pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh balok pada keempat sisinya dan beban-beban ditahan oleh pelat dalam arah yang tegak lurus terhadap balok-balok penunjang (Dipohusodo,1996). Suatu pelat dikatakan pelat dua arah apabila  $\frac{Ly}{Lx} \leq 2$ , dimana  $Ly$  merupakan sisi terpanjang dan  $Lx$  adalah sisi terpendek pelat yang ditinjau. Seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 2. 2** Pelat Dua Arah

Langkah-langkah perancangan pelat dua arah yaitu sebagai berikut :

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

2. Menentukan tebal pelat minimum pelat dua arah

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

- a) Untuk  $\alpha fm \leq 0,2$  harus menggunakan **Tabel 2.3** berikut :

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

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

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

- b) Untuk  $0,2 < \alpha fm < 2,0 \rightarrow$  dan  $h$  tidak boleh kurang dari 125 mm.

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

- c) Untuk  $\alpha fm > 2,0 \rightarrow$  dan  $h$  tidak boleh kurang dari 90 mm

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

3. Menghitung  $\alpha fm$  masing-masing panel

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

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

Dimana:

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

$\beta$  = Rasio bentang bersih

$\alpha_{fm}$  = nilai rata-rata  $\alpha_f$  untuk semua balok tepi-tepi dari suatu pelat.

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

$I_p$  = momen inersia bruto dari penampang plat

#### 4. Menghitung pembebanan

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

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

Dimana :

$W_u$  = Jumlah beban terfaktor (kN/m)

$W_D$  = Jumlah beban mati pelat (kN/m)

$W_L$  = Jumlah beban mati pelat (kN/m)

#### 5. Mencari momen rencana ( $M_u$ )

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

#### 6. Menentukan tinggi efektif ( $d_{eff}$ )

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

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

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

**Tabel 2. 5** Tebal Selimut Beton

	<b>Tebal Selimut Beton ( mm )</b>
Beton yang di cor di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca.	50
- Batang tulangan D-19 hingga D-57.....	40
- Batang tulangan D-16, kawat M-16 ulir atau polos, dan yang lebih kecil.....	
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

(Sumber : Standar Nasional Indonesia 2847:2019 Tabel 7.7.1)

7. Menghitung faktor panjang efektif komponen struktur tekan  $k_{perlu}$

$$k_{perlu} = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d \cdot f_c \cdot f_y^2}$$

8. Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ )

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

Keterangan :

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

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

d = Tinggi efektif (mm)

$\phi$  = Faktor reduksi rencana (*Sumber SNI 2847-2019:468*)

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

- Jika  $\rho < \rho_{\min}$ , maka menggunakan  $\rho_{\min}$  dan As yang digunakan  $As_{\min}$   
 $\rho_{\min}$  untuk pelat lantai adalah 0,0018 (*SNI 2847:2019*).
- Jika  $\rho > \rho_{\max}$ , maka pelat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang.

9. Menghitung luas tulangan ( $A_s$ ) yang diperlukan :

$$A_{Spakai} = \rho_{pakai} \cdot b \cdot d$$

$$A_{Sminimum} = 0,0020 \times b \times h$$

(diambil 0,0020 karena tulangan dipakai jenis tulangan ulir)

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

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

Keterangan :

- As = luas tulangan yang diperlukan oleh pelat untuk memikul momen lentur yang terjadi ( $mm^2$ )
- $\rho$  = rasio penulangan
- d = tinggi efektif pelat ( $mm$ )

### 2.3.2 Perencanaan Tangga

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

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

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

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

- d) Untuk tangga dengan sudut kemiringan sama atau lebih besar dari  $41^\circ$ , disebut tangga curam.

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

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

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

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

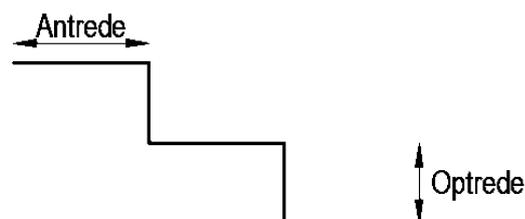
Keterangan:

L = panjang tangga

ln = ukuran satu langkah normal datar

a = antrede

3. Anak tangga, digunakan sebagai tempat kaki berpijak ketika melalui tangga. Anak tangga terdiri dari dua bagian:
  - a) Antrede, yaitu anak tangga dan pelat tangga dibidang horizontal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.
  - b) Optrede, yaitu selisih tinggi antara dua buah anak tangga yang berurut.



**Gambar 2. 3** Anak Tangga

Ketentuan-ketentuan konstruksi antrede dan optrede, antara lain :

- a. Untuk bangunan rumah tinggal
    - Antrede = 25 cm (minimum)
    - Optrede = 15 - 20 cm (maksimum)
  
  - b. Untuk perkantoran dan lain-lain :
    - Antrede = 25 cm
    - Optrede = 17 cm
  - c. Syarat 1 (satu) anak tangga
    - 2 optrede + 1 antrede = 57 – 65 cm ( untuk 1 langkah )
  - d. Lebar tangga
    - Tempat umum  $\geq$  120 cm
    - Tempat tinggal = 180 cm – 100 cm

Menurut Supribadi, ukuran lebar tangga dipengaruhi oleh fungsi tangga pada jenis bangunan tertentu. Dengan kata lain lebar tangga sangat dipengaruhi oleh banyaknya orang yang akan melalui tangga tersebut.
  - e. Sudut kemiringan
    - Maksimum =  $45^\circ$
    - Minimum =  $25^\circ$
4. Sandaran digunakan sebagai pegangan agar lebih aman dapat melewati tangga. Agar tangga dapat digunakan/dilalui dengan mudah, nyaman, dan tidak melelahkan, maka ukuran anak tangga perlu diperhitungkan dengan mengingat beberapa pertimbangan berikut:
- a. Jarak satu langkah orang berjalan, berkisar antara 57 cm sampai dengan 65 cm.
  - b. Pada saat orang berjalan, tenaga untuk mengangkat kaki diperlukan dua kali lipat daripada tenaga untuk memajukan kaki.
  - c. Semakin kecil sudut kemiringan, semakin sulit untuk dilalui/didaki

Adapun langkah-langkah dalam merancang tangga adalah sebagai berikut :

- Menentukan ukuran atau dimensi anak tangga,
- Menentukan ukuran optrede dan antrede
- Menentukan jumlah optrede dan antrede
- Menghitung panjang tangga

$$\text{Panjang tangga} = \text{jumlah optrede} + \text{lebar antrede}$$

- Menghitung sudut kemiringan tangga

$$\text{Sudut kemiringan tangga} = \text{arc tan} \times \frac{\text{Tinggi tangga}}{\text{panjang tangga}}$$

- Menentukan tebal pelat tangga

Perhitungan tebal pelat tangga identic dengan metode perhitungan pelat satu arah

b. Menentukan beban dan momen tangga

- Beban mati ( $W_D$ )\
  1. Berat sendiri bordes
  2. Berat pelat tangga
- Beban hidup ( $W_L$ ) sebesar 3 kN/m

c. Menghitung gaya-gaya bekerja dengan menggunakan program SAP2000. V.14

d. Perhitungan tulangan tangga dari bordes:

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

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

Keterangan :

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

$\rho$  = rasio penulangan

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

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

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

Keterangan :

$A_s$  = luas tulangan yang diperlukan oleh pelat untuk memikul momen lentur yang terjadi ( $\text{mm}^2$ )

$\rho$  = rasio penulangan

$d$  = tinggi efektif pelat (mm)

### 2.3.3 Perencanaan Portal

Portal adalah salah satu sistem kontruksi yang terdiri dari bagian – bagian bangunan yang saling terhubung satu sama lain. Beberapa portal dapat berdiri sendiri baik dibantu sistem struktur lantai ataupun tanpa bantuan dari struktur lain. Fungsi utama dari portal ini adalah untuk menahan beban struktur yang bekerja pada suatu bangunan sebagai satu kesatuan yang lengkap.

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

1. Portal terbuka, dalam portal terbuka semua gaya dan momen yang bekerja pada struktur bangunan disokong sepenuhnya oleh pondasi. Peran sloof

hanyalah menahan beban dinding saja. Tingkat kekuatan dan kekakuan pada portal terbuka dalam menanggung beban lateral serta kestabilan juga bergantung pada daya kekuatan setiap elemen – elemen yang menyusunnya.

2. Portal tertutup, memiliki prinsip kerja untuk menahan seluruh gaya dan momen yang bekerja menggunakan sloof terlebih dahulu untuk kemudian gaya dan momen tersebut disamaratakan setelah itu bagian dari total beban ini akan diteruskan ke pondasi. Sloof / *Tie Beam* pada struktur ini memiliki kegunaan untuk mengikat kedudukan kolom – kolom bangunan itu sendiri.

Berikut merupakan pembebanan pada portal :

1. Portal akibat beban mati

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

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

2. Portal akibat beban hidup

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang.

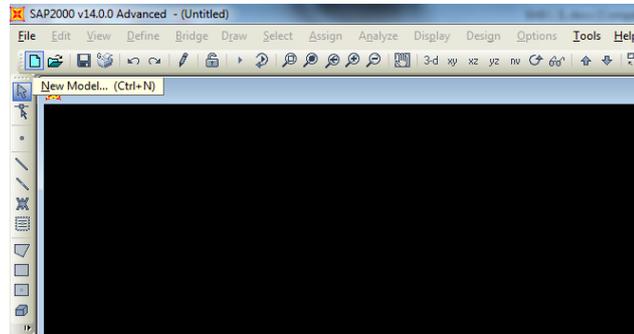
3. Portal akibat beban angin

Portal ini ditinjau pada arah melintang dan memanjang. Adapun tahapan perhitungan beban angin dapat dilihat pada SNI 1727:2020 hal. 64. Langkah-langkah menghitung portal dengan menggunakan software SAP 2000 V.14, sebagai berikut:

- a. Menentukan gaya-gaya dalam

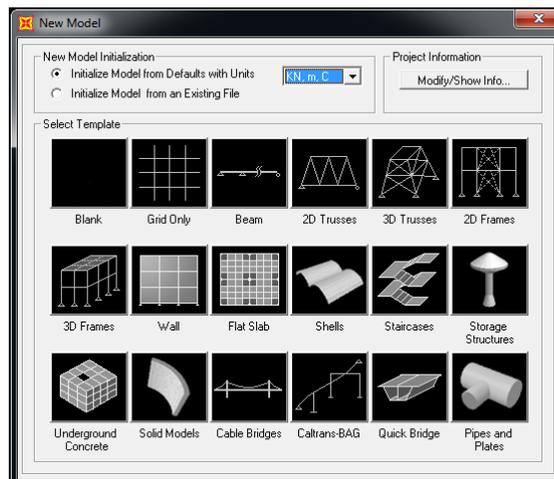
Untuk mengetahui nilai gaya-gaya dalam, digunakan program SAP 2000. Adapun langkah – langkah adalah sebagai berikut :

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



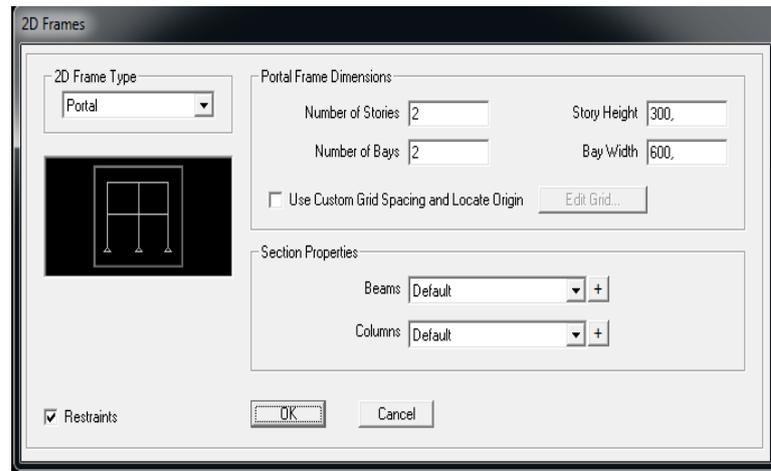
**Gambar 2. 4** Toolbar New Model

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



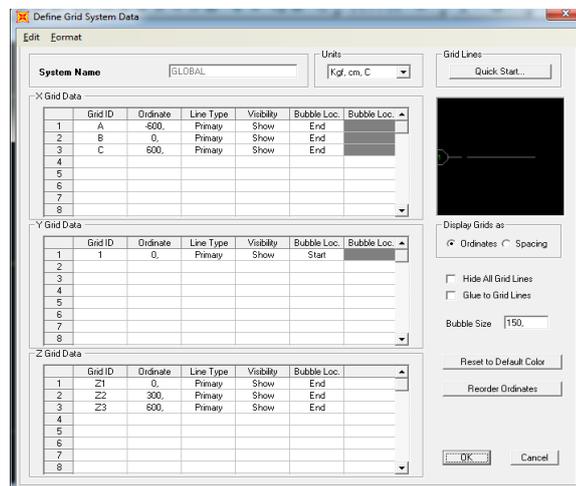
**Gambar 2. 5** Tampilan *New Model*

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



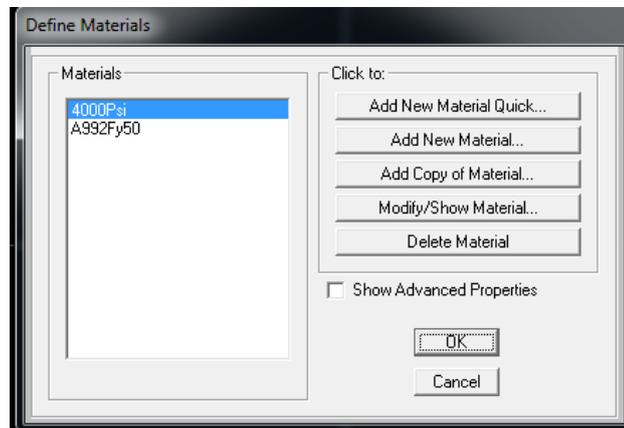
**Gambar 2. 6** Tampilan *2D Frames*

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



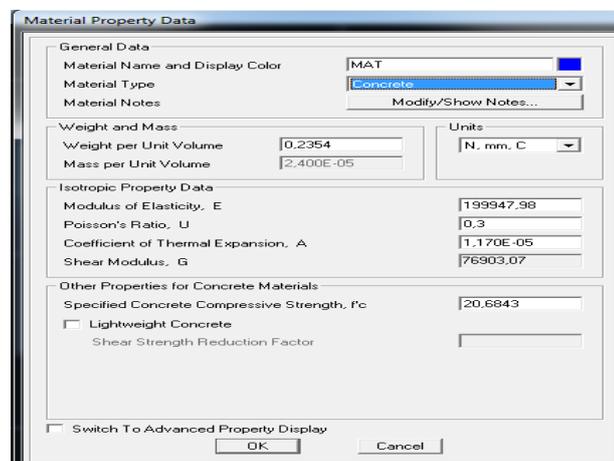
**Gambar 2. 7** *Define Grid System* data

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



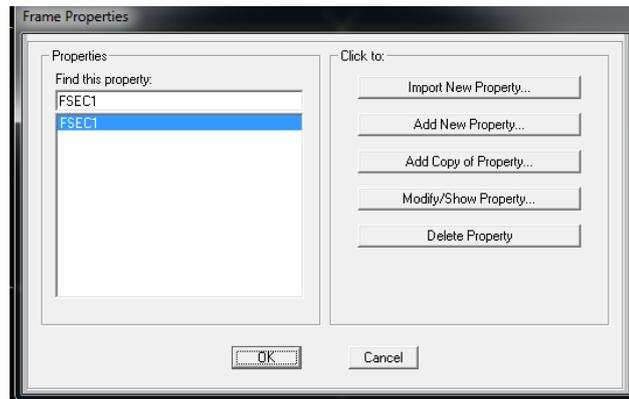
**Gambar 2. 8** *Jendela Difine Material*

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



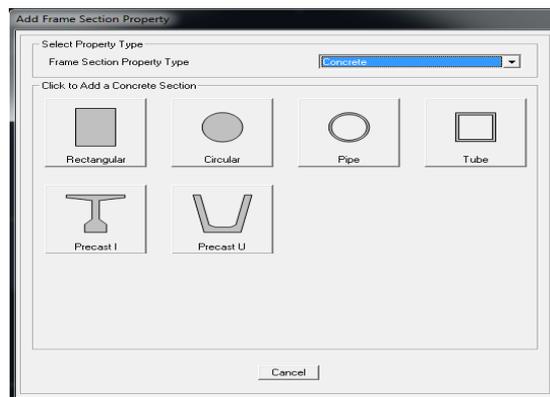
**Gambar 2. 9** *Jendela Material Property Data*

- c. Menentukan nilai dimensi kolom dan balok
- a) Blok *frame* kolom/balok, lalu pilih *menu* pada *toolbar*, *Define > section properties > Frame section*, setelah memilih menu diatas akan tampil *Toolbar Frame Properties* seperti pada gambar dibawah ini :

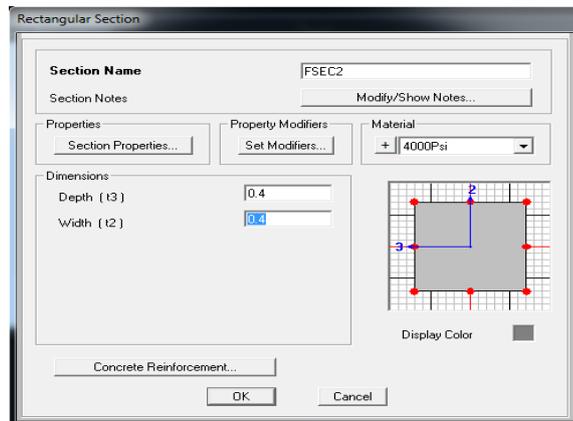


**Gambar 2. 10** *Toolbar Frame Properties*

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

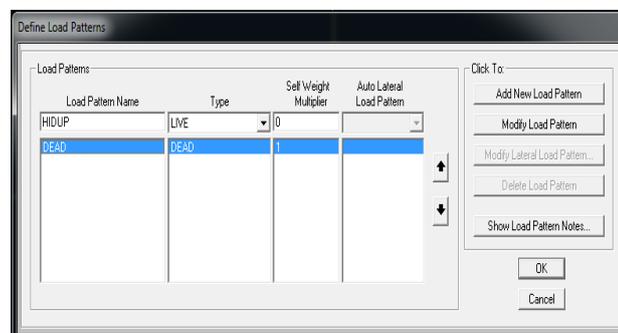


**Gambar 2. 11** *Toolbar Frame Properties*



**Gambar 2. 12** Jendela *Rectangular Section*

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

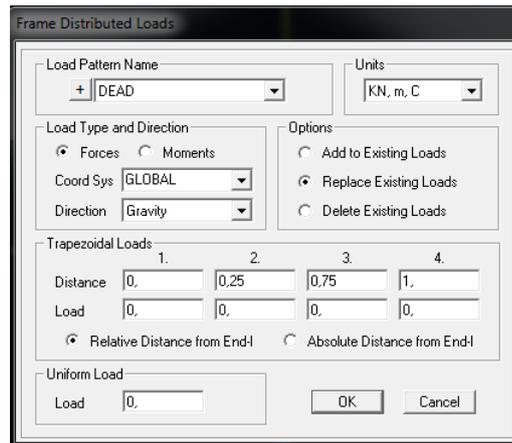


**Gambar 2. 13** Jendela *Define Load Pattern*

b) Input nilai beban mati, beban hidup dan angin

1) Akibat beban merata

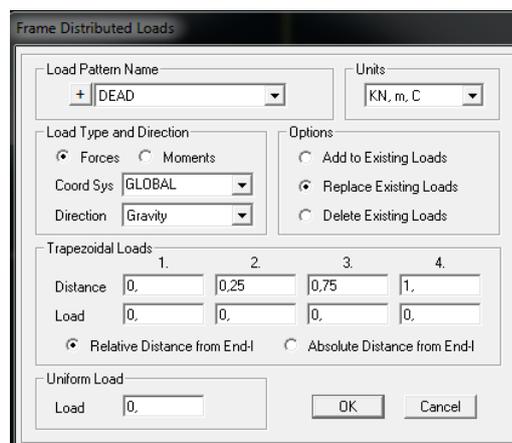
Blok *frame* yang akan di input, lalu pilih menu pada *toolbar*, *Assign* – *Frame Loads* – *Distributed* – pilih beban mati atau beban hidup untuk pembebanan tersebut pada *Load patter*.



**Gambar 2. 14** Jendela *Frame Disributed Loads*

2) Akibat beban terpusat

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

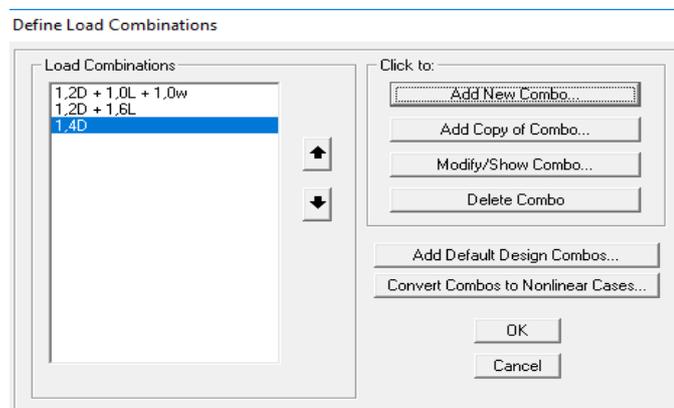


**Gambar 2. 15** Jendela *Frame Point Loads*

e. *Input Load Combination* (beban kombinasi), yaitu :

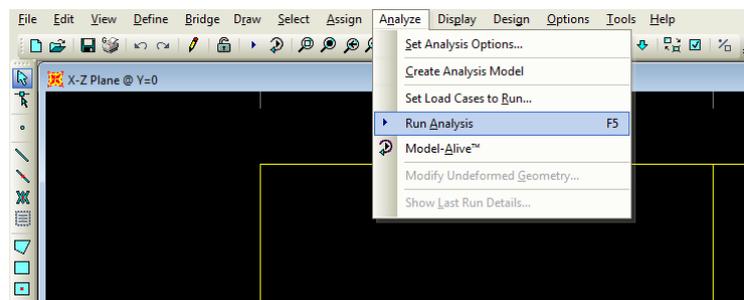
- 1) 1,4 Beban Mati
- 2) 1,2 Beban Mati + 1,6 Beban Hidup
- 3) 1,2 Beban Mati + 1,0 Beban Hidup + 1,0 Beban Angin

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



**Gambar 2. 16** Jendela *Loads Combination*

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



**Gambar 2. 17** Jendela *Frame Point Loads*

### 2.3.4 Perencanaan Balok

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

Berikut langkah perencanaan balok :

1. Menentukan mutu dari beton yang akan digunakan
2. Menghitung pembebanan yang akan terjadi, yaitu :
  - a. Beban mati (*Dead Load*)
  - b. Beban hidup (*Live Load*)
  - c. Beban sendiri balok
  - d. Beban dari sambungan plat
3. Menghitung beban dan momen pada balok
  - a. Beban balok
    - Beban mati ( $W_D$ )
    - Beban hidup ( $W_L$ )
    - Beban rencana ( $W_U$ ) =  $1,2 \cdot W_D + 1,6 \cdot W_L$
  - b. Momen pada balok
    - Momen akibat beban mati ( $M_D$ )
    - Momen akibat beban hidup ( $M_L$ )
    - Momen rencana ( $M_U$ ) =  $1,2 \cdot M_D + 1,6 \cdot M_L$
4. Cek dimensi penampang balok
  - a. Menentukan  $d_{eff} = h - \rho - \frac{1}{2} \cdot \emptyset$  sengkang  $- \frac{1}{2} \emptyset$  tulangan utama
  - b. Menghitung nilai  $\rho$ 
    - $\rho_{minimum} = \frac{1,4}{f_y}$  (digunakan untuk mutu beton  $\leq 30$  MPa) atau;
    - $\rho_{minimum} = \sqrt{\frac{f_c}{4 \cdot f_y}}$  (digunakan untuk mutu beton  $> 30$  MPa)
    - $\rho_{pakai} = \frac{M_u}{b \cdot d^2} = f_y \cdot \rho - \frac{f_y^2}{1,7 \cdot f_{c'}} \cdot \rho^2$
$$\frac{f_y^2}{1,7 \cdot f_{c'}} \cdot \rho^2 - f_y \cdot \rho + \frac{M_u}{b \cdot d^2} = 0$$

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

- $\rho_b = 0,85 \cdot \beta_1 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$
- $\rho_{maksimum} = 0,75 \cdot \rho_b$

Keterangan ;

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

Dengan syarat jika :

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

## 5. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

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

$$\rho_{pakai} = \frac{Mu}{b \cdot d^2} = f_y \cdot \rho - \frac{f_y^2}{1,7 \cdot f_c'} \cdot \rho^2$$

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

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

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

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

$$S_{maks} = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,062 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w}$$

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

Keterangan ;

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

b = lebar penampang (mm), diambil tiap 1 m.

d = tinggi efektif pelat (mm)

$\phi$  = 0,9 faktor reduksi rencana (*Sumber SNI 2847-2019:468*)

c. Hitung luas tulangan yang diperlukan ( $A_s$ )

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

Dimana :

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

$\rho$  = rasio penulangan

d = tinggi efektif balok ( $mm$ )

d. Menentukan diameter tulangan yang dipakai.

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

6. Menghitung tulangan geser

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

Periksa nilai  $V_u$

- Jika,  $\frac{1}{2} \phi V_c > V_u < \phi V_c$  ( tidak dibutuhkan tulangan geser )
- Jika,  $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$  (dibutuhkan tulangan geser minimum )
- Jika,  $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u > \phi V_c$  (dibutuhkan tulangan geser dengan langkah berikutnya )

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

$$V_u < \phi V_n$$

Dimana,  $V_n = V_c + V_s$

Sehingga :

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

Dengan besar faktor reduksi ( $\phi$ ) untuk geser adalah sebesar 0,75.

c. Luas minimum tulangan geser adalah :

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

d. Jarak maksimum tulangan geser adalah :

- Jika  $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \rightarrow$  Maka,  $S = d/2$  atau 600 mm
- Jika  $V_s > 0,33 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d \rightarrow$  Maka,  $S = d/4$  atau 300 mm

$S$  maksimum untuk tulangan pokok = 3 x tebal plat

$S$  maksimum untuk tulangan suhu dan susut = 5 x tebal plat atau tidak lebih dari 450 mm (SNI 2847:2019, hal 126). Sehingga, untuk Sengkang vertical dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini :

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

Keterangan ;

$V_c$  = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

$V_u$  = kuat geser terfaktor pada penampang

$V_n$  = kuat geser nominal

$V_s$  = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

$A_v$  = luas tulangan geser pada daerah sejarak  $s$

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

$d$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

$f_y$  = mutu baja

### 2.3.5 Perencanaan Kolom

Kolom adalah salah satu komponen struktur vertikal yang secara khusus difungsikan untuk memikul beban aksial tekan (dengan atau tanpa adanya momen lentur) dan memiliki rasio tinggi atau panjang terhadap dimensi terkecilnya sebesar 3 atau lebih. Kolom memikul beban vertikal yang berasal dari pelat lantai atau atap dan menyalurkannya ke pondasi. Adapun berikut adalah Langkah perencanaan kolom :

#### 1. Cek dimensi penampang

- a. Menentukan  $d_{eff} = h - \rho - \emptyset$  sengkang -  $\frac{1}{2} \emptyset$  tulangan utama
- b. Memeriksa  $P_u$  terhadap beban seimbang

$$d = h - d'$$

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

$$a_b = \beta_1 \times C_b$$

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

$$f_s = f_y$$

Sehingga,

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

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

#### c. Memeriksa kekuatan penampang

- Akibat keruntuhan tarik

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

- Akibat keruntuhan tekan

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

## 2. Perhitungan tulangan

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

b. Menghitung nilai eksentrisitas terhadap arah x dan arah y

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

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

c. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi

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

Namun untuk perhitungan EI portal bergoyang, maka nilai  $\beta d_s$  dapat diambil sama dengan 0, sehingga :

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

Keterangan ;

$\beta$  = rasio bentang bersih arah memanjang

$d$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

d. Modulus Elastisitas

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

e. Nilai kekakuan kolom dan balok

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

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

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

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

Keterangan :

$e$  = eksentrisitas

$M_u$  = momen terfaktor yang bekerja pada penampang

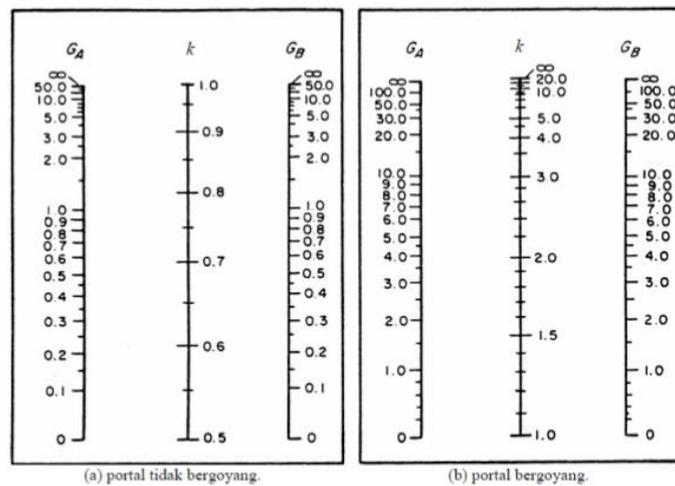
$P_u$  = beban aksial terfaktor yang bekerja pada penampang

$I_g$  = momen inersia penampang beton utuh dan diandaikan tak bertulang

f. Menentukan  $\Psi_a$  dan  $\Psi_b$

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

g. Faktor panjang efektif kolom



**Gambar 2. 18** Grafik aligmen (diagram nomogram) untuk menentukan  $k$  dari kolom (SNI 2847:2019, hal 93)

i. Angka kelangsingan kolom

Kolom langsing dengan ketentuan sebagai berikut :

(SNI 2847:2019, hal 91 ayat 6.2.5)

- Untuk kolom yang tidak ditahan terhadap goyangan samping

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

- Untuk kolom yang ditahan terhadap goyangan samping

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

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

Keterangan :

K = faktor panjang efektif komponen struktur tekan Nilai k didapat dari nomogram pada **Gambar 2.5**

Lu = panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang

r = jari – jari putaran potongan lintang komponen struktur tekan

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

j. Perbesaran Momen

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

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

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

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

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

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

Keterangan :

M<sub>c</sub> = momen rencana yang diperbesar

δ = factor perbesaran momen

P<sub>u</sub> = beban rencana aksial terfaktor

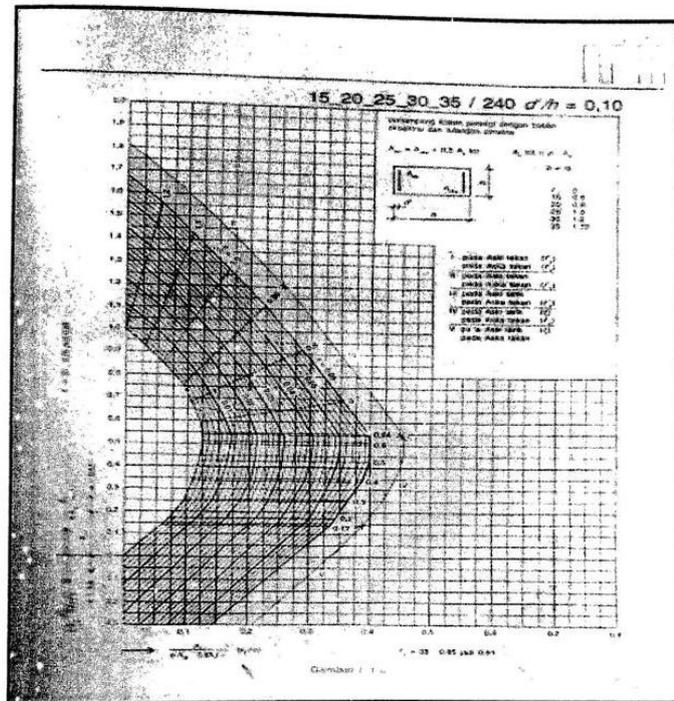
P<sub>c</sub> = beban tekuk Euler

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

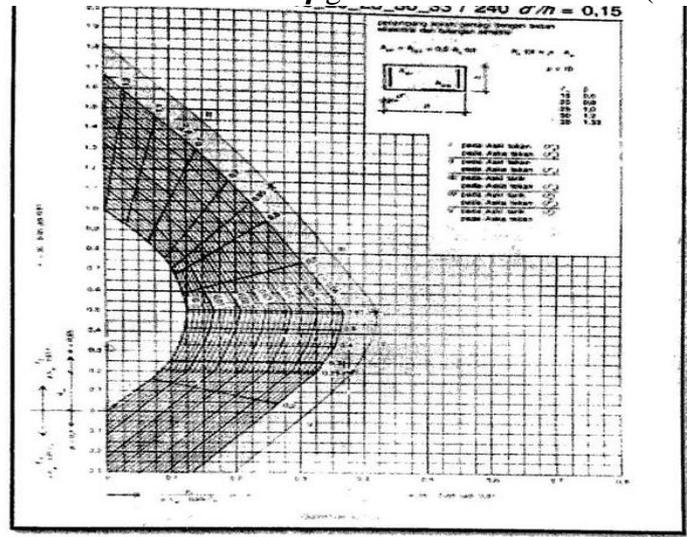
$$L = L_o + 0,25 + \left( \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL} \cdot A_L}} \right) = 0,81$$

k. Desain penulangan

Adapun nilai  $\rho_g$ , sebagai berikut :



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



Gambar 2. 20 Tabel  $\rho_g$  Vis dan Gideon Seri 4 (1993:81-82)

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

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

$\rho = \rho'$

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

Keterangan :

$\rho$  = rasio penulangan tarik non-prategang

$\rho'$  = rasio penulangan tarik non-prategang

$A_s$  = luas tulangan tarik non-prategang yang dipakai

$A_s'$  = luas tulangan tekan non-prategang yang dipakai

$d$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

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

$b$  = lebar daerah tekan komponen struktur

$h$  = diameter penampang

$f_c$  = mutu beton

$f_y$  = mutu baja

$e$  = eksentrisitas

### 2.3.6 Perencanaan Sloof

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

Adapun langkah – langkah perhitungan sloof adalah sebagai berikut :

#### 1. Cek dimensi penampang sloof

##### a. Menghitung momen rencana

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

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

##### b. Cek dimensi

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

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

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

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

Keterangan ;

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

b = lebar penampang (mm), diambil tiap 1 m.

d = tinggi efektif pelat (mm)

$\phi$  = 0,9 faktor reduksi rencana (*Sumber SNI 2847-2019:468*)

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

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

## 2. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

### a. Hitung As yang diperlukan

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

Dimana :

As = luas tulangan balok yang diperlukan untuk memikul momen lentur yang terjadi (mm<sup>2</sup>)

$\rho$  = rasio penulangan

d = tinggi efektif pelat (mm)

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

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

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

## 3. Perencanaan tulangan geser

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

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

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

$$V_u < \phi V_n$$

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

Sehingga :

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

Dengan besar faktor reduksi  $\phi$  untuk geser adalah sebesar 0,75.

- c. Luas minimum tulangan geser adalah :

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

- d. Jarak maksimum tulangan geser adalah :

$$\text{- Jika } V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \rightarrow \text{Maka, } S = d/2 \text{ atau } 600 \text{ mm}$$

$$\text{- Jika } V_s > 0,33 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \rightarrow \text{Maka, } S = d/4 \text{ atau } 300 \text{ mm}$$

S maksimum untuk tulangan pokok = 3 x tebal plat

S maksimum untuk tulangan suhu dan susut = 5 x tebal plat atau tidak lebih dari 450 mm (SNI 2847:2019, hal 126)

Sehingga, untuk Sengkang vertical dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

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

Keterangan ;

- $V_c$  = kuat geser nominal yang disumbangkan beton
- $V_u$  = kuat geser terfaktor pada penampang
- $V_n$  = kuat geser nominal
- $V_s$  = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser
- $A_v$  = luas tulangan geser pada daerah sejarak  $s$
- $A_v = 2 A_s$  (dimana  $A_s$  = luas penampang batang tulangan sengkang)
- $d$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik
- $f_y$  = mutu baja

### 2.3.7 Perencanaan Pondasi Tiang Pancang dan *Pile Cap*

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

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

- Tegangan kontak pada tanah tidak melebihi daya dukung tanah yang diizinkan
- *Settlement* (penurunan) dari struktur masih termasuk dalam batas yang diizinkan, apabila terdapat kemungkinan akan terjadi kelebihan dari perhitungan awal maka ukuran pondasi dapat dibuat berbeda dan dihitung secara sendiri – sendiri sehingga penurunan yang terjadi menjadi persamaan.

Pemilihan bentuk pondasi juga didasarkan pada daya dukung tanah, oleh karena itu perlu diperhatikan hal – hal berikut ini :

- Bila tanah keras terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter di bawah permukaan tanah, maka pondasi yang dipilih sebaiknya jenis pondasi dangkal (pondasi jalur atau pondasi tapak)

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

Berdasarkan data tanah dari pembangunan gedung yang dijadikan judul dalam laporan akhir ini, maka jenis pondasi yang digunakan adalah pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang. Adapun langkah – langkah perencanaan pondasi adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan pondasi

a. Daya dukung izin berdasarkan :

- Kekuatan bahan tiang pancang

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

- Kekuatan tanah

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

b. Menentukan jumlah tiang

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

Lalu didapat,

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

2. Menentukan jarak antar tiang

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

Keterangan :

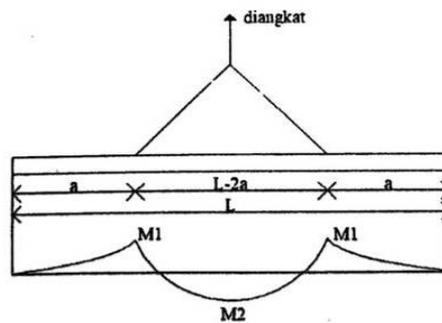
S = jarak antar tiang

d = ukuran *Pile* (Tiang)

### 3. Pengangkatan tiang pancang

#### a. Pengangkatan pola 1 (pada waktu pengangkatan)

Kondisi pengangkatan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan dua tumpuan



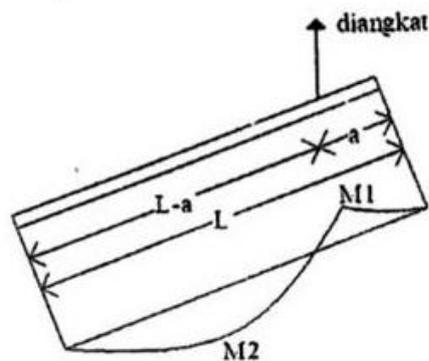
**Gambar 2. 21** Pengangkatan Pola 1

$$M_1 = M_2$$

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

#### b. Pengangkatan pola 2 (pada waktu pengangkatan)

Kondisi pengangkatan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan satu tumpuan



**Gambar 2. 22** Pengangkatan Pola 2

$$M_1 = M_2$$

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

#### 4. Perhitungan tulangan tiang pancang

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

b. Berdasarkan nilai P yang paling besar

- Hitung arah absis x dan y

$$\text{absis x} = \frac{P_u}{\phi_{\text{Ag}} \cdot 0,85 f_c'} \times \left( \frac{e}{h} \right)$$

$$\text{absis y} = \frac{P_u}{\phi_{\text{Ag}} \cdot 0,85 f_c'}$$

- Nilai  $\rho_g$  didapat pada grafik gideon Seri 4

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

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

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

c. Berdasarkan nilai momen pada saat pengangkatan

- Menghitung nilai  $\rho_{\text{perlu}}$

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

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

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

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

- Hitung luas tulangan yang dibutuhkan

$$A_{s \text{ total}} = \rho \times b \times h$$

#### 7. Perhitungan tulangan sengkang tiang pancang

- a. Menghitung nilai  $V_u$

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

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

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

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

$$V_u < \phi V_n$$

Dimana:

$$V_n = V_c + V_s$$

Sehingga :

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

Dengan besar faktor reduksi ( $\phi$ ) untuk geser adalah sebesar 0,75.

- e. Luas minimum tulangan geser adalah :

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

- f. Jarak maksimum tulangan geser adalah :

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

- Jika  $V_s > 0,33 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d \rightarrow$  Maka,  $S = d/4$  atau 300 mm

$S$  maksimum untuk tulangan pokok = 3 x tebal plat

$S$  maksimum untuk tulangan suhu dan susut = 5 x tebal plat atau tidak

lebih dari 450 mm (SNI 2847:2019, hal 126)

Sehingga, untuk Sengkang vertical dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

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

Keterangan ;

- $V_c$  = kuat geser nominal yang disumbangkan beton
- $V_u$  = kuat geser terfaktor pada penampang
- $V_n$  = kuat geser nominal
- $V_s$  = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser
- $A_v$  = luas tulangan geser pada daerah sejarak s
- $A_v$  = 2  $A_s$  (dimana  $A_s$  = luas penampang batang tulangan sengkang)
- $d$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik
- $f_y$  = mutu baja

## 8. Perhitungan tulangan geser pile cap

### a. Kontrol kekuatan geser secara kelompok

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

#### - Untuk Aksi Dua Arah

Tegangan tanah ultimate akibat beban terfaktor

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

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

Gaya geser nominal

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

$$\phi V_c = \frac{1}{3} b_o \cdot d \cdot \sqrt{f_c'} \rightarrow \beta = 1 \dots (2)$$

$$\phi V_c = \phi \left( \frac{a_s \cdot d}{b_o} + 2 \right) \times \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{12} \rightarrow \dots (3)$$

Dari ketiga persamaan diambil yang terkecil.

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

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

- Untuk Aksi Dua Arah

Gaya geser terfaktor

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

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

Gaya geser nominal

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

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

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

- b. Kontrol kekuatan geser secara individual

- Gaya geser terfaktor ( $V_u$ )

- Gaya geser nominal

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

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

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

## 9. Perhitungan tulangan pokok pile cap

- a. Menghitung nilai  $\rho_{perlu}$

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

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

- b. Menghitung tulangan yang dibutuhkan

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

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

#### 10. Perhitungan tulangan pokok pasak

- a. Kuat tekan rencana kolom

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

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

- b. Kontrol panjang penyaluran pasak

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

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

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

LI > Ldb, maka OK

## 2.4 Manajemen Proyek

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

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

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

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

### 2.4.1 Rencana Kerja dan Syarat – syarat (RKS)

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

1. Syarat Umum
  - a. Mengenai pemberi tugas atau pemilik proyek
  - b. Bentuk surat penawaran dan cara penyampaiannya
  - c. Syarat – syarat peserta lelang
  - d. Keterangan mengenai perencanaan
2. Syarat Teknis
  - a. Jenis mutu dan bahan yang digunakan
  - b. Jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilaksanakan
  - c. Cara melaksanakan pekerjaan
  - d. Merk material atau bahan
3. Syarat Administrasi
  - a. Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan
  - b. Syarat pembayaran
  - c. Denda atas keterlambatan
  - d. Besar jaminan penawaran
  - e. Besar jaminan pelaksanaan

#### **2.4.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

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

##### 1) Daftar upah tenaga kerja

Upah tenaga kerja adalah upah setiap tenaga kerja yang diperlukan selama proses pembangunan. Upah tenaga kerja didapat dari PU yang dinamakan Daftar Satuan Tenaga Kerja.

##### 2) Daftar harga satuan bahan/material

Harga satuan bahan sangat perlu diketahui. Hal tersebut sebagai gambaran harga bangunan yang sedang direncanakan. Gambaran harga bangunan ini dilakukan oleh perencana beserta tim yang bekerja

didalamnya. Harga satuan bahan berbeda antara daerah satu dengan daerah lainnya. Harga bahan ini biasanya didapat dari hasil Departemen Pekerjaan Umum yang dinamakan Daftar Harga Satuan Bahan.

3) Volume Pekerjaan

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

4) Analisa Harga Satuan

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Guna dari harga satuan ini agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat dalam analisa harga satuan ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari hasil perkalian dengan volume pekerjaan. Analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

### **2.4.3 Rencana Pelaksanaan Kerja**

#### **A. *Network Planning* (NWP)**

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

Secara umum NWP digunakan sebagai berikut :

- Memberikan perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian kegiatan secara menyeluruh
- Membantu memperkirakan waktu, biaya, serta sumberdaya yang diperlukan dalam suatu proyek
- Sebagai dokumentasi proyek

- Mengetahui kegiatan kritis dalam proyek tersebut
- Sebagai alat komunikasi data, masalah, dan tujuan proyek

Adapun data – data yang diperlukan dalam NWP ini adalah :

1. Urutan pekerjaan yang logis

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

2. Taksiran waktu penyelesaian tiap pekerjaan

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

3. Biaya untuk mempercepat pekerjaan

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

## **B. Barchart**

Barchart merupakan bentuk penjadwalan waktu proyek yang mencakup seluruh unit pekerjaan yang ada dalam proyek tersebut, dimana ditampilkan berupa batang horizontal yang menggambarkan waktu untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut. Dari bagan tersebut dapat dilihat waktu pelaksanaan unit pekerjaan dan pekerjaan yang mana yang dapat diselesaikan bersamaan.

Adapun keuntungan dari barchart adalah

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

Namun, kerugian dari barchart adalah

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

### C. Kurva S

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

Adapun manfaat dari kurva S adalah :

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

