

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Tinjauan Umum**

Perencanaan adalah salah satu kegiatan penting yang dilakukan sebelum tahap pelaksanaan pembangunan suatu proyek. Kesalahan dalam perencanaan dapat mengakibatkan kerugian pada proyek yang akan dibangun. Perencanaan yang baik dapat menghasilkan hasil konstruksi yang baik dan aman serta dapat menghemat biaya, waktu dan tenaga dalam proses pengerjaannya. Ada tiga aspek penting yang harus diperhatikan perencana dalam melakukan analisis struktur, yakni beban, kekuatan bahan dan keamanan. Pada perencanaan struktur gedung perlu dilakukan studi pustaka untuk mengetahui susunan fungsional, sistem struktur yang akan digunakan dan bagaimana strategi yang digunakan agar tahap pengerjaan struktur lebih efektif dan efisien.

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tata cara, langkah-langkah maupun rumus-rumus yang akan digunakan dalam perhitungan struktur mulai dari struktur atas yang meliputi plat atap, balok, kolom, tangga, plat lantai sampai dengan perhitungan struktur bawah yang terdiri dari *sloof* dan pondasi. Studi pustaka dimaksudkan untuk mendapatkan informasi maupun data yang akan membuat perencanaan lebih optimal dan akurat.

Oleh karena itu, pada bab ini juga akan dibahas tentang bagaimana konsep sistem pemilihan struktur dan konsep perhitungan perencanaannya sesuai dengan sistem struktur bangunan yang akan dibangun, seperti keamanan struktur terhadap pembebanan yang telah disesuaikan dengan syarat-syarat dasar perencanaan suatu gedung bertingkat yang berlaku di Indonesia, sehingga diharapkan hasil yang akan diperoleh nantinya tidak mengalami kegagalan dalam struktur.

## **2.2. Ruang Lingkup Perencanaan**

Ruang lingkup perencanaan meliputi beberapa tahapan yaitu, tahap persiapan, tahap studi kelayakan, tahap desain bangunan, tahap perhitungan struktur dan tahap perhitungan biaya.

### **2.2.1. Perencanaan Konstruksi**

Perhitungan struktur dapat dilaksanakan setelah dilakukannya analisis struktur atau setelah melakukan peninjauan studi kelayakan. Pada proyek ini digunakan jenis struktur beton bertulang untuk bagian utama konstruksi. Ada beberapa tahapan dalam perencanaan pada beton konvensional yaitu pemilihan dimensi elemen struktur dan perhitungan tulangan yang diperlukan agar penampang elemen tersebut mempunyai kekuatan yang cukup untuk memikul beban-beban dari arah vertikal maupun horizontal yang akan membebani struktur.

Pemilihan jenis struktur atas akan sangat berpengaruh pada sistem fungsional gedung. Dalam mendesain struktur perlu dicari kecocokan antara jenis struktur dengan masalah-masalah yang akan memberikan dampak pada struktur tersebut. Adapun masalah-masalah yang menjadi faktor pemilihan jenis struktur dibagi menjadi beberapa aspek yaitu sebagai berikut :

#### **1. Fungsional**

Dalam perencanaan struktur yang baik sangat perlu diperhatikan fungsi dari bangunan tersebut. Kaitannya yaitu dengan penggunaan ruang, aspek fungsional sangat mempengaruhi besarnya dimensi bangunan yang akan direncanakan.

#### **2. Kekuatan dan kestabilan struktur**

Kekuatan dan kestabilan struktur memiliki hubungan erat dengan kemampuan struktur dalam menahan beban-beban yang bekerja, baik beban arah vertikal dan horizontal. Kestabilan struktur adalah keadaan seimbang dari struktur setelah menerima beban-beban tersebut.

### 3. Arsitektural

Pengolahan elemen-elemen struktur dengan memperhatikan segi estetika seperti perencanaan denah, gambar tampak, potongan, *perspektif*, *interior*, dan *eksterior*.

### 4. Ekonomi dan kemudahan pelaksanaan

Struktur yang direncanakan harus mampu memikul beban yang akan bekerja pada suatu bangunan tersebut secara aman tanpa adanya kelebihan tegangan atau deformasi yang melampaui batas izin. Tetapi dalam perencanaan juga harus memperhatikan segi ekonomi dan harus memperhatikan kondisi yang memungkinkan terjadinya keamanan dan kenyamanan dalam pelaksanaannya.

### 5. Lingkungan

Aspek lingkungan adalah salah satu aspek lain yang ikut menentukan dalam perencanaan dan pelaksanaan suatu proyek. Aspek ini juga bisa menjadi tujuan utama dalam suatu pembangunan proyek. Misalnya, dengan adanya pembangunan ini diharapkan akan memperbaiki kondisi lingkungan yang menjadi lokasi proyek tersebut serta mampu memberikan dampak yang baik bagi masyarakat disekitar lokasi proyek. Aspek lingkungan juga menjadi bahan pertimbangan perencana dalam mengambil tindakan untuk mengurangi dampak buruk yang akan terjadi.

## 2.2.2 Dasar-dasar Perhitungan dan Perencanaan

Dalam perencanaan dan perhitungan Struktur Gedung Laboratorium Terpadu Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Fatah Jakabaring Palembang, pedoman yang akan digunakan sebagai acuan adalah sebagai berikut :

1. Perancangan Struktur Beton Bertulang untuk Bangunan Gedung Berdasarkan SNI 2847:2019.

Digunakan sebagai pedoman untuk menentukan tentang perancangan struktur beton bertulang, meliputi perancangan / perencanaan komponen struktur balok, kolom, pelat, pondasi, dinding penahan tanah, hingga perencanaan struktur beton tahan gempa.

2. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung, SNI 1729:2015.

Digunakan sebagai pedoman dalam perhitungan struktur rangka atap baja.

3. Pipa Baja Karbon untuk Konstruksi Umum, SNI 0068:2013
4. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727:2013

Pedoman ini digunakan untuk menentukan beban minimum dalam merancang bangunan gedung dan struktur lain.

Suatu struktur bangunan gedung harus direncanakan kekuatan dan kekokohnya sesuai terhadap beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut. Beban-beban tersebut antara lain :

1. Beban Mati

Beban mati adalah beban gravitasi yang berasal dari berat semua komponen gedung atau bangunan yang bersifat permanen selama masa layan struktur tersebut. Termasuk pula kedalam jenis beban mati adalah unsur-unsur tambahan, mesin serta peralatan tetap yang tak terpisahkan dari gedung tersebut. Selain itu berat sendiri struktur, sistem perpipaan, jaringan listrik, penutup lantai dan plafond juga termasuk ke dalam jenis beban mati. (Perancangan Struktur Beton Bertulang, Agus Setiawan)

**Tabel 2.1** Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Bangunan

<b>Bahan Bangunan</b>			
No.	Material	Berat (kg/cm <sup>3</sup> )	Keterangan
1	Baja	7850	
2	Batu Alam	2600	
3	Batu Belah, Batu Bulat, Batu Gunung	1500	Berat tumpuk
4	Batu Karang	700	Berat tumpuk
5	Batu pecah	1450	

6	Besi tuang	7250	
7	Beton	2200	
8	Beton bertulang	2400	
9	Kayu	1000	Kelas 1
10	Kerikil, koral	1650	Kering udara sampai lembap, tanpa diayak
11	Pasangan batu bata merah	1700	
12	Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200	
13	Pasangan batu cetak	2200	
14	Pasangan batu karang	1450	
15	Pasir	1600	Kering udara sampai lembap
16	Pasir	1800	Jenuh air
17	Pasir kerikil, koral	1850	Kering udara sampai lembap
18	Tanah, lempung, dan lanau	1700	Kering udara sampai lembap
19	Tanah, lempung dan lanau	2000	Basah
20	Tanah hitam / timbel	11400	

**Tabel 2.2** Berat Sendiri Komponen Bangunan

<b>Bahan Bangunan</b>			
No.	Material	Berat (kg/cm <sup>2</sup> )	Keterangan
1	Adukan per cm tebal		
	-dari semen	21	
	-dari kapur, semen merah	17	

2	Aspal, per cm tebal	14	
3	Dinding pasangan bata merah : - Satu batu - Setengah batu	450 250	Berat tumpuk
4	Dinding pasangan batako: - Berlubang: 1. Tb. Dinding 20 cm (HB 20) 2. Tb. Dinding 10 cm (HB 20) - Tanpa Lubang : 1. Tb. Dinding 15 cm 2. Tb. Dinding 10 cm	200 120 300 200	Berat tumpuk
5	Langit-langit & dinding terdiri : - Semen asbes (eternit), tb. Maks 4 mm - Kaca, tb 3-5 mm	11 10	Termasuk rusuk-rusuk tanpa pengantung atau pengaku
6	Lantai Kayu sederhana dengan balok kayu	40	Langit-langit, bentang maks. 5m, beban hidup maks. 200 kg/m <sup>2</sup>

7	Penggantung langit-langit (Kayu)	7	Bentang maks. 5m, jarak s.k.s. min 0,8 m
8	Penutup Atap Genteng	50	Dengan reng dan usuk/kaso per m <sup>2</sup> bidang atap
9	Penutup Atap sirap	40	Dengan reng dan usuk/kaso per m <sup>2</sup> bidang atap
10	Penutup atap seng gelombang (BJLS-25)	10	Tanpa usuk
11	Penutup lantai ubin /cm tebal	24	Ubin semen Portland, teraso dan beton tanpa adukan
12	Semen Asbes gelombang (5mm)	11	

### 3. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang termasuk dalam kategori beban gravitasi, yaitu timbul akibat penggunaan suatu gedung selama masa pelayanannya. Beban manusia, peralatan yang dapat dipindahkan, kendaraan bermotor, serta barang/benda lain yang letaknya tidak permanen. Oleh karena besar dan lokasi beban hidup berubah-ubah, maka penentuan beban hidup dengan tepat merupakan suatu hal yang cukup sulit. Khusus pada plat atap beban hidup dapat termasuk beban air hujan, akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air.

**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)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses :		
Ruang Kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
Ruang computer	100 (4,79)	2000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18) <sup>a</sup>	
Ruang pertemuan :		
Kursi tetap (terikat di lantai)	100 (4,79) <sup>a</sup>	
Lobi	100 (4,79) <sup>a</sup>	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79) <sup>a</sup>	
Panggung pertemuan	100 (4,79) <sup>a</sup>	
Lantai podium	150 (7,18) <sup>a</sup>	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang tidak dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m <sup>2</sup> )	
Pabrik		
Ringan	125 (6,00) <sup>a</sup>	2000 (8,90)
Berat	250 (11,97) <sup>a</sup>	3000 (13,40)
Gedung perkantoran :		
Ruang arsip dan computer yang harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian.		

Lobi dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2000 (8,90)
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2000 (8,90)
Lembaga hukum :		
Blok sel	40 (1,92)	
Koridor	100 (4,79)	
Tempat rekreasi :		
Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan yang sama.	75 (3,95) <sup>a</sup>	
Bangsai dansa dan ruang dansa	100 (4,79) <sup>a</sup>	
Gimnasium.	100 (4,79) <sup>a</sup>	
Tempat menonton (terbuka atau tertutup).	100 (4,79) <sup>a,k</sup>	
Stadium dan tribun dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai).	60 (2,87) <sup>a,k</sup>	

Rumah tinggal : Hunian (satu keluarga atau dua keluarga). Loteng yang tidak dapat didiami (tanpa gudang). Loteng yang dapat didiami (dengan gudang.) Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur. Semua ruang kecuali tangga dan balkon. Semua hunian rumah tinggal lainnya. Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka. Ruang public dan koridor yang melayani mereka.	10 (0,48) <sup>l</sup> 20 (0,96) <sup>m</sup> 30 (1,44) 40 (1,92) 40 (1,92) 100 (4,79)	
Atap datar, berhubung, dan lengkung	20 (0,96) <sup>n</sup>	
Atap digunakan untuk taman atap	100 (4,79)	
Atap yang digunakan untuk tujuan lain	Sama seperti hunian dilayani <sup>a</sup>	i
Atap yang digunakan untuk hunian lainnya Awning dan kanopi Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan Rangka tumpu layar penutup	5 (0,24) tidak boleh direduksi	200 (0,89)

	5 (0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributary dari atap yang ditumpu rangka.	
Semua konstruksi lainnya : Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai	20 (0,96)	2000 (8,9)
Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi.		300 (1,33)
Semua komponen struktur atap utama lainnya Semua permukaan atap dengan beban pekerja		300 (1,33)
Sekolah : Ruang kelas Koridor diatas lantai pertama Koridor lantai pertama	40 (1,92) 80 (3,83) 100 (4,79)	1000 (4,5) 1000 (4,5) 1000 (4,5)
Bak/ <i>scuttles</i> , 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) <sup>a,p</sup>	8000 (35,6) <sup>q</sup>
Tangga dan jalan keluar.	100 (4,79)	300 <sup>r</sup>

Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja.	40 (1,92)	300'
Gudang diatas langit-langit. Gudang penyimpanan barang sebelum disalurkan ke pengecer. (jika diantisipasi menjadi gudang penyimpanan, harus dirancang untuk beban lebih berat). Ringan Berat	20 (0,96)  125 (6,00) <sup>a</sup> 250 (11,97) <sup>a</sup>	
Took eceran :		
Lantai pertama	100 (4,79)	1000 (4,45)
Lantai diatasnya	75 (3,59)	1000 (4,45)
Grosir, di semua lantai	125 (6,00) <sup>a</sup>	1000 (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) <sup>a</sup>	

(Sumber: SNI 1727-2013 hal: 26 dan 27)

#### 4. Beban Angin

Beban angin adalah beban yang timbul sebagai akibat adanya tekanan dari gerakan angin. Beban angin sangat ditentukan oleh lokasi dan ketinggian dari struktur bangunan. Adapun persyaratan umum dari penggunaan beban angin sesuai SNI 1727-2013 adalah :

##### a. Kecepatan Angin Dasar (V)

Adapun untuk menentukan beban angin desain pada bangunan gedung dan struktur lainnya harus ditetapkan dari Instansi yang

berwenang, yang sesuai dengan kategori-kategori resiko bangunan gedung dan struktur tersebut.

b. Faktor Arah Angin

Faktor arah angin dapat ditentukan pada tabel 2.4 berikut. Pengaruh angin dalam menentukan beban angin harus didasarkan pada analisis untuk kecepatan angin yang sesuai dengan persyaratn.

**Tabel 2.4** Faktor Arah Angin,  $K_d$

<b>Tipe Struktur</b>	<b>Faktor Arah Angin, <math>K_d</math></b>
Bangunan Gedung Sistem Penahanan Beban Angin Utama Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85 0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, tangki, dan struktur yang sama Segi empat Segi enam Bundar	0,90 0,95 0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
Papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara Segi tiga, segi empat, persegi panjang Penampang lainnya	0,85 0,95

(Sumber: SNI 1727-2013 hal:50)

c. Eksposur

Untuk setiap arah angin yang ditentukan, eksposur lawan angin didarkan pada kekerasan permukaan tanah yang dapat ditentukan dari : topografi, vegetasi, dan fasilitas dibangun.

d. Faktor Topografi

Efek peningkatan kecepatan angin harus dimasukkan dalam perhitungan beban angin desain dengan menggunakan faktor  $K_{zt}$ .

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2$$

Jika kondisi situs dan lokasi gedung dan struktur bangunan lain tidak memenuhi semua kondisi yang diisyaratkan, maka  $K_{zt} = 1,0$ .

e. Efek Tiupan Angin

Faktor efek tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar 0,85.

f. Tekanan Velositas

Tekanan velositas  $q_z$ , dievaluasi pada ketinggian  $z$  harus dihitung dengan persamaan berikut

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

Keterangan :

$K_d$  = faktor arah angin

$K_z$  = koefisien eksposur tekanan velositas

$K_{zt}$  = faktor topografi tertentu

$V$  = kecepatan angin dasar

$q_z$  = tekanan velositas pada ketinggian  $z$

$q_h$  = tekanan velositas pada ketinggian atap rata-rata  $h$ .

g. Beban angin

Tekanan angin desain untuk SPBAU bangunan gedung kaku tertutup dan tertutup sebagian dari semua ketinggian harus ditentukan dengan persamaan berikut :

$$p = q G C_p - q_i (G C_{pi}) \text{ (N/m}^2\text{)}$$

keterangan :

$q = q_z$  untuk dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian  $z$  di atas permukaan tanah.

$q = q_h$  untuk dinding di sisi angin pergi, dinding samping, dan atap yang diukur pada ketinggian  $h$ .

$q_i = q_z$  untuk dinding di sisi angin datang, dinding samping, dinding di sisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup untuk mengevaluasi tekanan internal negatif pada bangunan gedung tertutup sebagian.

$q_i = q_z$  untuk mengevaluasi tekanan positif pada bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi  $z$  ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif

$G$  = faktor tiupan angin

$C_p$  = koefisien tekanan eksternal

$(GC_{pi})$  = koefisien tekanan internal

#### 5. Beban Kombinasi

Setiap komponen struktur dirancang sedemikian rupa sehingga dapat memikul besarnya beban yang lebih besar daripada beban layan atau aktual guna memberikan jaminan keamanan terhadap kegagalan struktur. dalam metode perencanaan berbasis kekuatan (*strength design method*), elemen struktur di desain untuk memikul beban terfaktor yang diperoleh dengan mengalikan suatu faktor beban terhadap beban lain nominal. Beban hidup memiliki derajat ketidakpastian yang lebih tinggi dibandingkan dengan beban mati.

Berdasarkan persyaratan dalam SNI 2847-2019 pasal 5.3.1 besarnya kuat perlu,  $U$  yang harus dipertimbangkan sebagai kondisi paling kritis yang harus dipikul suatu elemen struktur adalah :

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

Simbol-simbol :

- $D$  = beban mati
- $E$  = beban gempa
- $F$  = beban akibat fluida dengan tekanan yang ditentukan dengan jelas dan tinggi maksimum
- $H$  = beban akibat tekanan tanah lateral, tekanan air tanah, atau tekanan dari material dalam jumlah besar
- $L$  = beban hidup
- $R$  = beban hujan
- $W$  = beban angin

Berikut adalah beberapa catatan tambahan untuk beban kombinasi :

1. Faktor beban pada  $L$  dalam kombinasi persamaan 3, 4, dan 5 diizinkan direduksi sebesar 0,5 kecuali untuk garasi, luasan yang ditempati sebagai tempat berkumpul publik, dan semua luasan dimana  $L$  lebih besar dari  $4,8 \text{ kN/m}^2$ .
2. Bila ada beban fluida  $F$  :
  - Bila  $F$  bekerja sendirian atau menambah pengaruh beban mati, harus disertakan dengan faktor beban sebesar 1,4 dalam kombinasi persamaan 1.
  - Bila  $F$  menambah beban utama, harus disertakan faktor beban sebesar 1,2 pada kombinasi persamaan 2 – 5.
  - Bila pengaruh  $F$  permanen dan melawan pengaruh beban utama, disertakan faktor beban sebesar 0,9 dalam kombinasi persamaan 7.
3. Bila ada tekanan tanah lateral :
  - Bila  $H$  bekerja sendirian atau menambah pada pengaruh beban utamanya, disertakan faktor beban sebesar 1,6.
  - Bila pengaruh  $H$  permanen dan melawan pengaruh beban lain, disertakan faktor beban sebesar 0,9.

## 2.3 Dasar Perhitungan Struktur

Struktur bangunan pada umumnya terdiri dari struktur bawah (*lower structure*) dan struktur atas (*upper structure*).

### a. Struktur bagian atas (*upper structure*)

Struktur bangunan atas harus sanggup mewujudkan perencanaan dari segi arsitektur dan harus menjamin mutu baik dari segi keamanan maupun kenyamanan bagi penggunaannya. Perhitungan perencanaan bangunan atas meliputi dua konstruksi yaitu konstruksi baja dan konstruksi beton yang mana antara lain adalah sebagai berikut :

1. Konstruksi Baja
  - a. Perhitungan rangka batang
2. Konstruksi beton
  - a. Perhitungan plat atap
  - b. Perhitungan plat lantai
  - c. Perhitungan tangga
  - d. Perhitungan portal
  - e. Perhitungan balok
  - f. Perhitungan kolom

### b. Struktur bangunan bawah (*lower structure*)

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

1. Perhitungan *sloof*
2. Perhitungan pondasi

### 2.3.1 Perencanaan Rangka Atap

Rangka atap konstruksi kuda-kuda adalah suatu bagian dari struktur yang berfungsi sebagai tempat meletakkan penutup atap bangunan sehingga dalam perencanaan, pembebanannya tergantung pada jenis penutup atap yang digunakan.

a. Pembebanan

Pembebanan yang bekerja pada rangka atap adalah:

1) Beban Mati

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

- a) Beban sendiri rangka atap
- b) Beban penutup atap
- c) Beban gording

2) Beban Hidup

Beban Hidup adalah beban yang terjadi akibat pengerjaan maupun akibat penggunaan gedung itu sendiri dan beberapa yang termasuk kedalam beban hidup adalah:

- a) Beban pekerja
- b) Beban air hujan
- c) Beban angin

Adapun langkah-langkah perhitungan rangka atap adalah :

a. Perhitungan Gording

1) Cek kekompakkan

Dalam laporan ini digunakan gording C.

$$\text{Pelat badan : } \lambda = \frac{h}{tw}, \lambda_p = 3,76 \sqrt{\frac{Es}{fy}}, \lambda_r = 5,7 \sqrt{\frac{Es}{fy}}$$

$$\text{Pelat sayap : } \lambda = \frac{b}{2tf}, \lambda_p = 0,38 \sqrt{\frac{Es}{fy}}, \lambda_r = 5,7 \sqrt{\frac{Es}{fy}}$$

Jika  $\lambda < \lambda_p$  maka penampang kompak.

2) Menghitung Momen Nominal

- Momen Nominal = Mplastis Sumbu X-X

$$M_{nx} = Z_x \cdot fy$$

- Momen Nominal = Mplastis Sumbu Y-Y

$$M_{ny} = Z_y \cdot fy$$

### 3) Analisa pembebanan

Beban mati, beban hidup, beban pekerja dan beban angin. Kombinasi pembebanan yaitu kombinasi antara beban mati dan beban pekerja serta beban mati dan beban hujan.

a. Kontrol kekuatan lentur :

$$\left( \frac{M_{ux}}{\phi \cdot M_{nx}} \right) + \left( \frac{M_{uy}}{\phi \cdot M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

b. Kontrol lendutan :

- Akibat beban mati

$$\delta = \frac{5 Q L^4}{384 E I}$$

$$\delta_x = \frac{5 Q_{dx} L^4}{384 v E I} = \frac{5 Q_{dy} L^4}{384 E I}$$

- Akibat beban pekerja

$$\delta = \frac{1}{48} \left( \frac{P L^4}{E I_x} \right)$$

$$\delta = \frac{1}{48} \left( \frac{P_x L^3}{E I_x} \right) = \frac{1}{48} \left( \frac{P_y x L^3}{E I_x} \right)$$

### b. Perhitungan Rangka Atap

#### 1) Cek dimensi profil batang baja

Profil yang digunakan adalah profil pipa, data terlampir.

a) Batang tekan

$$\lambda = \frac{l_k}{r} \leq 200$$

$$\lambda_c = \frac{l_k}{r} \times \sqrt{\frac{f_y}{E_s}}$$

$$0,25 \leq \lambda_c \leq 1,2, \text{ maka } \omega = \frac{1,43}{1,6 - (0,67 \times \lambda_c)}$$

$$N_u \leq \phi N_n = 0,75 \times A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} \quad (\text{OKE})$$

b) Batang tarik

$$\lambda = \frac{l_k}{r} \leq 240$$

$$N_u \leq \phi N_n = 0,75 \times A_g \cdot f_y \quad (\text{OKE})$$

## 2) Cek stabilitas kuda-kuda

Stabilitas kuda-kuda dikontrol berdasarkan terhadap beban vertikal dari atap, juga terhadap gaya horizontal yang besarnya :

$$Q' = 0,0025 Q$$

Pada bentang ikatan angin harus memenuhi syarat kestaabilan :

$$\frac{h}{L} > \sqrt{\frac{0,25 Q}{E \cdot A_{tepi}}}$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

$$Q = n \cdot q \cdot L \cdot dk$$

$$\frac{h}{l} > \sqrt{\frac{0,25 Q}{E \cdot A_{tepi}}} \quad (\text{OKE})$$

## 3) Menghitung dimensi ikatan angin

Profil dihitung dengan beban searah sumbu gording. Pembebanan diantara hubungan ikatan angi dan gording. Perhitungan gaya batang dengan menggunakan SAP.

## a) Cek kekuatan penampang profil

$$\lambda = \frac{lk}{r} \leq 200$$

$$\lambda_c = \frac{lk}{r} \times \sqrt{\frac{f_y}{E_s}}$$

$$\lambda_c > 1,2, \text{ maka } \omega = 1,25 \times \lambda_c^2$$

$$N_u \leq \phi N_n = 0,9 \times A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} \quad (\text{OKE})$$

**Tabel 2.5** Dimensi dan berat dari pipa bundar untuk konstruksi umum

Diameter luar D (mm)	Tebal t (mm)	Berat W (kg/m)	Informasi teknis			
			Penampang melintang (cm <sup>2</sup> )	Momen inersia (cm <sup>4</sup> )	Modulus seksion (cm <sup>3</sup> )	Jari-jari girasi (cm)
				$I_x, I_y$	$Z_x, Z_y$	$i_x, i_y$
21,7	2,0	0,972	1,238	0,607	0,560	0,700
27,2	2,0	1,24	1,583	1,26	0,930	0,890
	2,3	1,41	1,799	1,41	1,03	0,880
34,0	2,3	1,80	2,291	2,89	1,70	1,12
42,7	2,3	2,29	2,919	5,97	2,80	1,43
	2,5	2,48	3,157	6,40	3,00	1,42
48,6	2,3	2,63	3,345	8,99	3,70	1,64
	2,8	3,16	4,029	10,6	4,36	1,62
	3,2	3,58	4,564	11,8	4,86	1,61
60,5	2,3	3,30	4,205	17,8	5,90	2,06
	3,2	4,52	5,760	23,7	7,84	2,03
	4,0	5,57	7,100	28,5	9,41	2,00
76,3	2,8	5,08	6,465	43,7	11,5	2,60
	3,2	5,77	7,349	49,2	12,9	2,59
	4,0	7,13	9,085	59,5	15,6	2,58
89,1	2,8	5,96	7,591	70,7	15,9	3,05
	3,2	6,78	8,636	79,8	17,9	3,04
	4,0	8,39	10,69	97,0	21,8	3,01
101,6	3,2	7,76	9,892	120	23,6	3,48
	4,0	9,63	12,26	146	28,8	3,45
	5,0	11,9	15,17	177	34,9	3,42
114,3	3,2	8,77	11,17	172	30,2	3,93
	3,6	9,83	12,52	192	33,6	3,92
	4,5	12,2	15,52	234	41,0	3,89
	5,6	15,0	19,12	283	49,6	3,85
139,8	3,6	12,1	15,40	357	51,1	4,82
	4,0	13,4	17,07	394	56,3	4,80
	4,5	15,0	19,13	438	62,7	4,79
	6,0	19,8	25,22	566	80,9	4,74
165,2	4,5	17,8	22,72	734	88,9	5,68
	5,0	19,8	25,16	808	97,8	5,67
	6,0	23,6	30,01	952	115	5,63
	7,0	27,3	34,79	109 x 10	132	5,60

Diameter luar D (mm)	Tebal t (mm)	Berat W (kg/m)	Informasi teknis			
			Penampang melintang (cm <sup>2</sup> )	Momen inersia (cm <sup>4</sup> )	Modulus seksion (cm <sup>3</sup> )	Jari-jari girasi (cm)
190,7	4,5	20,7	26,32	114 x 10	120	6,59
	5,0	22,9	29,17	126 x 10	132	6,57
	6,0	27,3	34,82	149 x 10	156	6,53
	7,0	31,7	40,40	171 x 10	179	6,50
216,3	4,5	23,5	29,94	168 x 10	155	7,49
	6,0	31,1	39,64	219 x 10	203	7,44
	7,0	36,1	46,03	252 x 10	233	7,40
	8,0	41,1	52,35	284 x 10	263	7,37
267,4	6,0	38,7	49,27	421 x 10	315	9,24
	7,0	45,0	57,26	486 x 10	363	9,21
	8,0	51,2	65,19	549 x 10	411	9,18
	9,0	57,3	73,06	611 x 10	457	9,14
318,5	6,0	46,2	58,91	719 x 10	452	11,1
	7,0	53,8	68,5	831 x 10	552	11,0
	8,0	61,3	78,04	941 x 10	591	11,0
	9,0	68,7	87,51	105 x 10 <sup>2</sup>	659	10,9
355,6	6,3	64,3	69,13	105 x 10 <sup>2</sup>	593	12,4
	8,0	68,6	87,36	132 x 10 <sup>2</sup>	743	12,3
	9,0	76,9	98,00	147 x 10 <sup>2</sup>	828	12,3
	12,0	102	129,5	191 x 10 <sup>2</sup>	108 x 10	12,2
406,4	9,0	88,2	112,4	222 x 10 <sup>2</sup>	109 x 10	14,1
	12,0	117	148,7	289 x 10 <sup>2</sup>	142 x 10	14,0
	16,0	154	196,2	374 x 10 <sup>2</sup>	184 x 10	13,8
	19,0	182	231,2	435 x 10 <sup>2</sup>	214 x 10	13,7
457,2	9,0	99,5	126,7	318 x 10 <sup>2</sup>	140 x 10	15,8
	12,0	132	167,8	416 x 10 <sup>2</sup>	182 x 10	15,7
	16,0	174	221,8	540 x 10 <sup>2</sup>	236 x 10	15,6
	19,0	205	261,6	629 x 10 <sup>2</sup>	275 x 10	15,5
500	9,0	109	138,8	418 x 10 <sup>2</sup>	167 x 10	17,4
	12,0	144	184,0	548 x 10 <sup>2</sup>	219 x 10	17,3
	14,0	168	213,8	632 x 10 <sup>2</sup>	253 x 10	17,2
508,0	9,0	111	141,1	439 x 10 <sup>2</sup>	173 x 10	17,6
	12,0	147	187,0	575 x 10 <sup>2</sup>	227 x 10	17,5
	14,0	171	217,3	663 x 10 <sup>2</sup>	261 x 10	17,5
	16,0	194	247,3	749 x 10 <sup>2</sup>	295 x 10	17,4
	19,0	229	291,9	874 x 10 <sup>2</sup>	344 x 10	17,3
	22,0	264	335,9	994 x 10 <sup>2</sup>	391 x 10	17,2
558,8	12,0	182	256,5	588 x 10 <sup>2</sup>	278 x 10	19,4
	16,0	214	272,8	101 x 10 <sup>3</sup>	360 x 10	19,2
	19,0	253	322,2	118 x 10 <sup>3</sup>	421 x 10	19,1
	22,0	291	371,0	134 x 10 <sup>3</sup>	479 x 10	19,0
600	9,0	131	167,1	730 x 10 <sup>2</sup>	243 x 10	20,9
	12,0	174	221,7	958 x 10 <sup>2</sup>	320 x 10	20,8
	14,0	202	257,7	111 x 10 <sup>3</sup>	369 x 10	20,7
	16,0	230	293,6	125 x 10 <sup>3</sup>	418 x 10	20,7

Diameter luar D (mm)	Tebal t (mm)	Berat W (kg/m)	Informasi teknis			
			Penampang melintang (cm <sup>2</sup> )	Momen inersia (cm <sup>4</sup> )	Modulus seksion (cm <sup>3</sup> )	Jari-jari girasi (cm)
609,6	9,0	133	169,8	706 x 10 <sup>2</sup>	251 x 10	21,2
	12,0	177	225,3	101 x 10 <sup>3</sup>	330 x 10	21,1
	14,0	206	262,0	116 x 10 <sup>3</sup>	381 x 10	21,1
	16,0	234	298,4	132 x 10 <sup>3</sup>	431 x 10	21,0
	19,0	277	352,5	154 x 10 <sup>3</sup>	505 x 10	20,9
	22,0	319	406,1	176 x 10 <sup>3</sup>	576 x 10	20,8
700	9,0	153	195,4	117 x 10 <sup>3</sup>	333 x 10	24,4
	12,0	204	259,4	154 x 10 <sup>3</sup>	439 x 10	24,3
	14,0	237	301,7	178 x 10 <sup>3</sup>	507 x 10	24,3
	16,0	270	343,8	201 x 10 <sup>3</sup>	575 x 10	24,2
711,2	9,0	156	198,5	122 x 10 <sup>3</sup>	344 x 10	24,8
	12,0	207	263,6	161 x 10 <sup>3</sup>	453 x 10	24,7
	14,0	241	306,6	186 x 10 <sup>3</sup>	524 x 10	24,7
	16,0	274	349,4	211 x 10 <sup>3</sup>	594 x 10	24,6
	19,0	324	413,2	248 x 10 <sup>3</sup>	696 x 10	24,5
	22,0	374	476,3	283 x 10 <sup>3</sup>	796 x 10	24,4
812,8	9,0	178	227,3	184 x 10 <sup>3</sup>	452 x 10	28,4
	12,0	237	301,9	242 x 10 <sup>3</sup>	596 x 10	28,3
	14,0	276	351,3	280 x 10 <sup>3</sup>	690 x 10	28,2
	16,0	314	400,5	318 x 10 <sup>3</sup>	782 x 10	28,2
	19,0	372	473,8	373 x 10 <sup>3</sup>	919 x 10	28,1
	22,0	429	546,6	428 x 10 <sup>3</sup>	105 x 10 <sup>2</sup>	28,0
914,4	12,0	267	340,2	348 x 10 <sup>3</sup>	758 x 10	31,9
	14,0	311	396,0	401 x 10 <sup>3</sup>	878 x 10	31,8
	16,0	354	451,6	456 x 10 <sup>3</sup>	997 x 10	31,8
	19,0	420	534,5	536 x 10 <sup>3</sup>	117 x 10 <sup>2</sup>	31,7
	22,0	484	616,5	614 x 10 <sup>3</sup>	134 x 10 <sup>2</sup>	31,5
1 016,0	12,0	297	378,5	477 x 10 <sup>3</sup>	939 x 10	35,5
	14,0	346	440,7	553 x 10 <sup>3</sup>	109 x 10 <sup>2</sup>	35,4
	16,0	395	502,7	628 x 10 <sup>3</sup>	124 x 10 <sup>2</sup>	35,4
	19,0	467	595,1	740 x 10 <sup>3</sup>	146 x 10 <sup>2</sup>	35,2
	22,0	539	687,0	849 x 10 <sup>3</sup>	167 x 10 <sup>2</sup>	35,2

**CATATAN:**

- Referensi perhitungan berat pipa dari tabel di atas, dihitung dengan rumus :
 
$$W = 0,02466 t (D - t)$$

W = berat pipa dalam kg/m  
D = diameter luar pipa dalam mm  
t = tebal pipa dalam mm
- Berat jenis baja adalah 7,85 g/cm<sup>3</sup>

## b) Sambungan

Sambungan terdiri dari beberapa komponen penyambung diantaranya yaitu:

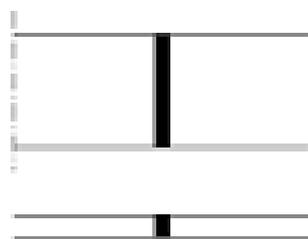
- Plat Pengisi
- Plat buhul
- Plat pendukung
- Dan plat penyambung
- Alat penyambung (baut dan las)

Dalam perencanaan sambungan ini penulis memilih sambungan menggunakan las. Kekuatan dari berbagai jenis las yang ada dihitung berdasarkan pada luas efektif las. Luas efektif las tumpul adalah hasil perkalian antara tebal efektif ( $t_e$ ) dengan panjang las. Tebal efektif las tergantung dari ukuran dan bentuk dari las tersebut dan dapat dianggap sebagai lebar minimum bidang keruntuhan.

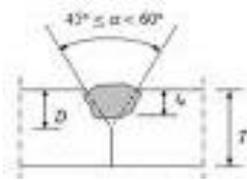
Adapun jenis-jenis las yang digunakan adalah sebagai berikut:

### 1. Las tumpul

Las tumpul (groove welds), las ini dipakai untuk menyambung batang-batang yang sebidang, karena las ini harus menyalurkan secara penuh beban yang bekerja, maka las ini harus memiliki kekuatan yang sama dengan batang yang disambungnya. Jika penyatuan antara las dan bahan induk sepanjang tebal penuh sambungan maka dinamakan las tumpul penetrasi penuh. Sedangkan apabila tebal penetrasi lebih kecil daripada tebal penuh sambungan maka dinamakan las tumpul penetrasi bagian.



**Gambar 2.1** Las tumpul penetrasi penuh



**Gambar 2.2** Las tumpul penetrasi sebagian

Filosofi umum dari LRFD terhadap persyaratan keamanan suatu struktur, dalam hal ini terutama untuk las adalah terpenuhinya persamaan.

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

Dengan :

$\phi$  adalah faktor tahanan

$R_{nw}$  adalah tahanan nominal persatuan panjang las

$R_u$  adalah beban terfaktor persatuan las

Kekuatan las tumpul (penetrasi penuh) ditetapkan sebagai berikut:

a. Bila sambungan dibebani gaya tarik atau gaya tekan aksial terhadap luas efektif, maka:

$$\phi \cdot R_{nw} = 0,90 \cdot t \cdot F_y \quad (\text{bahan dasar})$$

$$\phi \cdot R_{nw} = 0,90 \cdot t \cdot F_{yw} \quad (\text{las})$$

b. Bila sambungan dibebani dengan gaya geser terhadap luas efektif, maka:

$$\phi \cdot R_{nw} = 0,90 \cdot t \cdot (0,6 \cdot F_y) \quad (\text{bahan dasar})$$

$$\phi \cdot R_{nw} = 0,80 \cdot t \cdot (0,6 \cdot F_{yw}) \quad (\text{las})$$

Keterangan :

$\phi = 0,90$  adalah faktor reduksi kekuatan saat leleh.

$f_u, f_y$  adalah tegangan tarik putus dan tegangan leleh.

## 2. Las Sudut

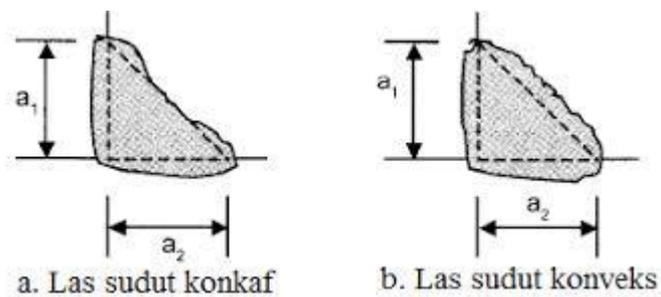
Las Sudut (*Fillet Welds*) adalah tipe las yang paling banyak dijumpai dibandingkan tipe las yang lain, 80% sambungan las menggunakan tipe las sudut dikarenakan tidak memerlukan presisi yang tinggi dalam penggunaannya.



**Gambar 2.3** Las Sudut

a. Ukuran minimum Las sudut

Ukuran las sudut ditentukan oleh Panjang kaki. Panjang kaki harus ditentukan sebagai Panjang  $a_1$  dan  $a_2$ . Bila kakinya sama Panjang, ukurannya adalah  $tw$ .



**Gambar 2.4** Ukuran Las sudut

**Tabel 2.6** Ukuran minimum las sudut

Tebal pelat (t,mm) Paling Tebal	Ukuran minimum las sudut (a, mm)
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$t > 15$	6

(Sumber : Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, Agus Setiawan hal 150)

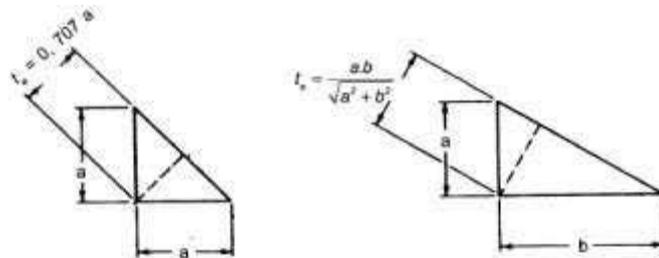
Sedangkan pembatasan ukuran maksimum las sudut adalah sebagai berikut :

1. Untuk komponen dengan tebal kurang dari 6,4 mm, diambil setebal komponen.

2. Untuk komponen dengan tebal 6,4 mm atau lebih, diambil 1,6 mm kurang dari tebal komponen.

b. Luas efektif las

Tebal efektif las sudut adalah jarak nominal terkecil dari kemiringan las dengan titik sudut di depannya. Asumsikan bahwa las sudut mempunyai ukuran kaki yang sama,  $a$ , maka tebal efektif  $t_e$  adalah  $0,707a$ . Jika ukuran las tak sama Panjang, maka tebal efektif harus dihitung dengan memakai hukum-hukum trigonometri. (Agus Setiawan :2008 hal 151)



**Gambar 2.5** Tebal efektif las sudut

Kekuatan rencana las sudut per satuan Panjang ditentukan sebagai berikut :

- Untuk bahan dasar :

$$\phi \cdot R_{nw} = 0,75 \cdot t_t (0,6 \cdot f_{uw})$$

- Untuk las :

$$\phi \cdot R_{nw} = 0,90 \cdot t_t (0,6 \cdot f_u)$$

### 2.3.2 Perencanaan Plat Atap dan Plat Lantai

Pelat atap merupakan struktur yang tidak terlindungi dan memiliki ketebalan selimut beton yang lebih besar dibandingkan dengan pelat lantai. Perbedaan juga terdapat pada pembebanan, dimana beban yang bekerja pada pelat atap lebih kecil daripada beban yang bekerja pada pelat lantai. Beban plat atap sendiri terdapat beban air hujan dan beban kemiringan untuk aliran air yang diambil 1%. Dalam perencanaan struktur pelat atap dan lantai, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

## 1. Penentuan pembebanan

Beban beban yang bekerja pada pelat atap dan pelat lantai adalah :

### a. Beban mati ( $W_D$ )

- Berat sendiri pelat atap
- Berat mortar (adukan semen) dan penutup lantai

### b. Beban hidup ( $W_L$ )

- Beban hidup untuk pelat atap diambil  $100 \text{ kg/m}^2$  dan untuk pelat lantai diambil  $479 \text{ kg/m}^2$

### c. Beban air Hujan ( $W_R$ )

- Beban air hujan diambil  $20 \text{ kg/m}^2$

Pada pelat yang ditumpu balok pada keempat sisinya, pelat terbagi dua berdasarkan geometrinya yaitu :

#### 1. Pelat satu arah

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. Contoh plat satu arah adalah plat kantilever dan plat yang ditumpu oleh 2 tumpuan sejajar. Karena momen lentur hanya bekerja pada 1 arah saja maka tulangan pokok juga dipasang 1 arah yang searah bentang tersebut. Untuk menjaga agar kedudukan tulangan pokok tidak berubah dari tempat semula, maka dipasang pula tulangan tambahan yang arahnya tegak lurus tulangan pokok. Tulangan tambahan ini disebut juga tulangan bagi. Fungsi tulangan bagi selain memperkuat kedudukan tulangan pokok, juga sebagai tulangan untuk menahan retak beton akibat susut pada beton.

#### 2. Pelat dua arah

Plat dengan tulangan pokok dua arah ini akan dijumpai jika plat beton menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah. Contoh plat dua arah adalah plat yang ditumpu oleh 4 (empat) sisi yang saling sejajar. Karena momen lentur

bekeja pada 2 arah, yaitu searah dengan bentang  $l_x$  dan  $l_y$ , maka tulangan tulangan pokok juga dipasang pada 2 (dua) arah yang saling tegak lurus (bersilangan), sehingga tidak perlu tulangan bagi.

Dalam perencanaan struktur pelat dua arah, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

a. Menghitung tebal minimum pelat

- Identifikasi jenis plat dengan syarat yaitu,  $\frac{l_y}{l_x} \leq 2$ , adapun  $l_y$  sebagai sisi plat terpanjang dan  $l_x$  sebagai sisi terpendek.
- Untuk plat tanpa balok interior yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya yang memiliki rasio bentang panjang terhadap bentang pendek maksimum 2, tebal minimum  $h$  tidak boleh kurang dari batasan pada tabel berikut :

**Tabel 2.7** Ketebalan minimum plat dua arah tanpa balok interior (mm)

$f_y$ , MPa <sup>[2]</sup>	Tanpa drop panel <sup>[3]</sup>			Dengan drop panel <sup>[3]</sup>		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi <sup>[4]</sup>		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi <sup>[4]</sup>	
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	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

<sup>[1]</sup> $l_n$  adalah jarak bersih ke arah memanjang, diukur dari muka ke muka tumpuan (mm)

<sup>[2]</sup>Untuk  $f_y$  dengan nilai diantara yang diberikan dalam tabel, ketebalan minimum harus dihitung dengan interpolasi linear

<sup>[3]</sup>Drop panel sesuai 8.2.4

<sup>[4]</sup>Pelat dengan balok di antara kolom sepanjang tepi eksterior. Panel eksterior harus dianggap tanpa balok pinggir jika  $\alpha_f$  kurang dari 0,8. Nilai  $\alpha_f$  untuk balok tepi harus dihitung sesuai 8.10.2.7

(Sumber : SNI 2847-2019 Tabel 8.3.1.1 hal 134)

Plat tanpa penebalan, tebal plat minimum 125 mm.

Plat dengan penebalan, tebal plat minimum 100 mm.

- Untuk plat dua arah dengan balok di antara tumpuan di semua sisi, ketebalan plat keseluruhan  $h$  harus memenuhi batasan berikut :

1. Untuk  $\alpha_{fm}$  lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0 ,  $h$  tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{fy}{1500})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)}$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

2. Untuk  $\alpha_{fm}$  lebih besar dari 2,0 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

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

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

- b. Menghitung  $\alpha_{fm}$  masing masing panel

$$\alpha_1 = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}}$$

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

Keterangan :

$l_n$  = Jarak bentang bersih dalam arah panjang diukur muka ke muka balok.

$h$  = tebal balok

$\beta$  = rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap pendek pelat.

- c. Menghitung beban mati berat sendiri pelat dan kemudian hitung beban rencana total

$$W_U = 1,2W_{DL} + 1,6W_{LL}$$

Keterangan :

$W_{DL}$  = Jumlah beban mati pelat (kN/m)

$W_{LL}$  = Jumlah beban hidup pelat (kN/m)

d. Menghitung momen rencana ( $M_u$ )

Menghitung momen yang bekerja pada arah x dan y, dengan metoda koefisien momen plat

Tabel 2.8 Koefisien momen

Skema	Penyaluran beban berdasarkan 'metode amplop' kali $w_u$ laresi $l_x$	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
i		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = \frac{1}{2} m_{lx}$ $m_{uy} = \frac{1}{2} m_{ly}$	41	54	67	79	87	97	110	117
			41	35	31	28	26	25	24	23
k		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{uy} = -0,001 w_u l_y^2 y$	25	34	42	49	53	58	62	65
			25	22	18	15	15	15	14	14
m		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{uy} = -0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = \frac{1}{2} m_{lx}$ $m_{uy} = \frac{1}{2} m_{ly}$	51	63	72	78	81	82	83	83
			51	54	55	54	54	53	51	49
n		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{uy} = -0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = \frac{1}{2} m_{lx}$ $m_{uy} = \frac{1}{2} m_{ly}$	30	41	52	61	67	72	80	83
			30	27	23	22	20	19	19	19
o		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{uy} = -0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = \frac{1}{2} m_{lx}$	68	84	97	106	113	117	122	124
			68	74	77	77	77	76	73	71
p		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{uy} = -0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = \frac{1}{2} m_{lx}$	24	36	49	63	74	85	103	113
			33	33	32	29	27	24	21	20
q		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{uy} = -0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = \frac{1}{2} m_{lx}$	69	85	97	105	110	112	112	112
r		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{uy} = -0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = \frac{1}{2} m_{lx}$	33	40	47	52	55	58	62	65
			24	20	18	17	17	17	16	16
s		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{uy} = -0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = \frac{1}{2} m_{lx}$	69	76	80	82	83	83	83	83
t		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{uy} = -0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = \frac{1}{2} m_{lx}$ $m_{uy} = \frac{1}{2} m_{ly}$	31	45	58	71	81	91	106	115
			39	37	34	30	27	25	24	23
u		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{uy} = -0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = \frac{1}{2} m_{lx}$ $m_{uy} = \frac{1}{2} m_{ly}$	91	102	108	111	113	114	114	114
v		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{uy} = -0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = \frac{1}{2} m_{lx}$ $m_{uy} = \frac{1}{2} m_{ly}$	39	47	57	64	70	75	81	84
			31	25	23	21	20	19	19	19
w		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{uy} = -0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = \frac{1}{2} m_{lx}$	91	98	107	113	118	120	124	124
x		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{uy} = -0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = \frac{1}{2} m_{lx}$	25	36	47	57	64	70	79	83
			28	27	23	20	18	17	16	16
y		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{uy} = -0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = \frac{1}{2} m_{lx}$	54	72	88	100	108	114	121	124
			60	69	74	76	76	76	73	71
z		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{uy} = -0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = \frac{1}{2} m_{lx}$	28	37	45	50	54	58	62	65
			25	21	19	18	17	17	16	16
aa		$m_{lx} = 0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{ly} = 0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = -0,001 w_u l_x^2 x$ $m_{uy} = -0,001 w_u l_y^2 y$ $m_{ux} = \frac{1}{2} m_{lx}$	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)

## e. Mencari tebal efektif pelat

Rasio tulangan dalam beton ( $\rho$ ) dan memperkirakan besarnya diameter tulangan utama dan untuk menentukan tinggi efektif arah x ( $dx$ ) adalah :

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

$$dy = h - \text{tebal selimut beton} - \emptyset \text{ tulangan pokok y} - \emptyset \text{ tulangan arah x}$$

**Tabel 2.9** 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		Batang D19 sampai D57	50
		Batang D16, Kawat $\emptyset 13$ 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 pengikat	40

(Sumber : SNI 2847-2019:460)

f. Mencari rasio penulangan ( $\rho$ )

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

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

(Agus Setiawan 2016:71)

g. Mencari luas tulangan ( $A_s$ )

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

h. Mencari jumlah tulangan ( $n$ )

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

i. Mencari jarak antar tulangan ( $s$ )

$$s = \frac{1000 \times A_b}{A_s}$$

j. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta dengan tulangan susut dan suhu. Rasio luasan untuk tulangan ulir susut dan suhu terhadap luas penampang beton bruto harus memenuhi tabel dari SNI 2847-2019, berikut :

**Tabel 2.10** 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 ulit atau kawat las	$\geq 420$	Terbesar dari :	$\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$
			0,0014

(Sumber : SNI 2847-2019)

k. Memasang tulangan

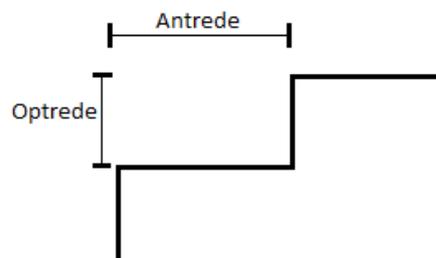
Untuk arah y sama dengan langkah-langkah pada arah x, hanya perlu diingat bahwa tinggi efektif arah y ( $d_y$ ) tidak sama dengan yang digunakan dalam arah x  $\rightarrow d_y = h - p - \varnothing_{\text{arah x}} - \varnothing_{\text{arah y}}$

### 2.3.3. Perencanaan Tangga

Tangga merupakan bagian dari bangunan yang memiliki fungsi sebagai alat penghubungan antara lantai bawah dengan lantai yang berada di atasnya pada bangunan bertingkat. Pada umumnya tangga ditempatkan sedemikian rupa, sehingga tangga tidak banyak menggunakan ruangan pada sebuah bangunan dan dapat dengan mudah ditemukan oleh orang sekitar. Adapun, tangga terdiri dari anak tangga dan plat tangga.

Anak tangga (*trade*) merupakan bagian dari tangga yang berfungsi sebagai tempat bertumpunya telapak kaki untuk memijakkan atau melangkahkan kaki ke arah vertikal ataupun horizontal (datar). Adapun anak tangga terdiri dari *Antrede* dan *Optrede*.

- a. *Antrede*, merupakan bidang anak tangga datar (horizontal) yang menjadi tempat berpijaknya telapak kaki.
- b. *Optrede*, merupakan bidang anak tangga tegak (vertikal) yang merupakan selisih tinggi antara dua anak tangga yang berurutan.



**Gambar 2.6** Anak Tangga

Adapun lebar anak tangga untuk satu orang berjalan dibuat 60-90 cm dan 80-120 cm untuk dua orang berjalan. Untuk bangunan umum seperti kantor, sekolah dan gedung pertunjukkan dibuat lebar 150-300 cm.

Bordes merupakan bidang datar (horizontal) yang berada pada tempat peralihan arah tangga berbelok yang berukuran lebih luas dan memiliki fungsi sebagai tempat beristirahat sejenak. Bordes dibuat apabila tangga mempunyai jumlah anak tangga lebih dari 20 buah dan apabila tangga mempunyai jarak tempuh yang sangat panjang. Secara umum, panjang bordes diambil antara 80-150 cm.

Secara umum, konstruksi tangga harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

#### 1. Syarat Umum Tangga

- a. Penempatan tangga diusahakan tidak memakan banyak ruang.
- b. Penempatan tangga tidak mengganggu kegiatan dan ruangan lain.
- c. Penempatan tangga harus strategis agar mudah ditemukan oleh orang banyak.
- d. Struktur tangga haruslah bersifat kuat dan kaku.
- e. Tangga harus mudah dilewati dan dinaiki.
- f. Material bahan yang digunakan untuk membuat tangga terutama untuk gedung-gedung umum diutamakan dari material yang berkualitas baik dan tahan dari bahaya kebakaran.
- g. Sudut kemiringan tidak lebih dari  $45^\circ$ .

#### 2. Syarat Khusus Tangga

Adapun syarat-syarat khusus dari konstruksi tangga adalah sebagai berikut :

##### a. Untuk bangunan rumah tinggal :

- |              |                    |
|--------------|--------------------|
| Antrede      | = 25 cm (minimum)  |
| Optrede      | = 20 cm (maksimum) |
| Lebar Tangga | = 80-100 cm        |

##### b. Untuk perkantoran dan lain lain :

- |              |                    |
|--------------|--------------------|
| Antrede      | = 25 cm (minimum)  |
| Optrede      | = 17 cm (maksimum) |
| Lebar tangga | = 120-200 cm       |

##### c. Syarat 1 (satu) anak tangga

$$2 O + 1 A = 57-60 \text{ cm}$$

Keterangan :

O = Optrede

A = Antrede

d. Sudut kemiringan

Maksimum =  $45^\circ$

Minimum =  $25^\circ$

e. Menghitung panjang bordes (L)

$$L = ln + 1,5 a \text{ s/d } 2a$$

(Drs.IK.Sapribadi:1993:Ilmu Bangunan Gedung B)

Keterangan :

L = panjang bordes

ln = Ukuran satu langkah normal (57 cm sampai 65 cm)

a = Antrede (17,5 cm sampai 20 cm)

Adapun langkah-langkah dalam perencanaan konstruksi tangga :

1. Perencanaan tangga

a. Penentuan ukuran antrede dan optrede

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

- Tinggi Optrede Sebenarnya =  $\frac{h}{\text{jumlah optrede}}$

b. Penentuan jumlah antrede dan optrede =  $\frac{h}{\text{tinggi optrede}}$

c. Panjang tangga = jumlah optrede  $\times$  lebar antrede

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

e. Penentuan tebal plat tangga,  $h_{\text{min}} = \frac{1}{28} l$

2. Penentuan pembebanan pada anak tangga

a. Beban Mati ( $W_D$ )

- Berat sendiri anak tangga

- Berat sendiri bordes

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

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

- Berat spesi dan ubin

b. Beban Hidup ( $W_L$ )

3. Perhitungan tangga dengan metode cross untuk mencari gaya-gaya yang bekerja

4. Perhitungan tulangan tangga dan tulangan bordes

a. Menentukan tinggi efektif ( $d_{\text{eff}}$ )

$$d = h - \text{tebal selimut beton} - \frac{1}{2} \text{Ø tulangan pokok}$$

b. Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ )

Dalam penggunaan  $\rho$  ada ketentuan, yaitu

$$\rho_{\text{min}} < \rho < \rho_{\text{max}}$$

c. Menghitung  $A_s$  yang diperlukan

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

Keterangan :

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

$\rho$  = rasio penulangan

$\rho_{\text{min}}$  = rasio penulangan minimum

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

d. Memilih tulangan baja pokok. Untuk tulangan susut dan suhu dilakukan perhitungan berdasarkan SNI 2847-2019 Pasal 24.4.3.2 yaitu :

1) Luasan tulangan ulir susut dan suhu minimum terhadap luas penampang beton bruto harus memenuhi batasan-batasan berikut :

a) Slab yang menggunakan batang tulangan ulir mutu < 420 MPa.....0,0020

b) Slab yang menggunakan batang tulangan ulir kawat las mutu  $\geq 420$

$$\text{MPa} \dots \dots \dots \frac{0,0018 \times 420}{f_y}$$

c) Spasi tulangan susut dan suhu tak boleh melebihi nilai terkecil antara  $5h$  dan 450 mm.

#### 5. Mengontrol tulangan

Untuk mengontrol tulangan dapat ditinjau dari  $A_{s_{\min}} \leq A_s \leq A_{s_{\max}}$

- a. Apabila  $A_s < A_{s_{\min}}$  maka digunakan  $A_{s_{\min}}$
- b. Apabila  $A_s > A_{s_{\max}}$  maka plat dibuat tulangan *double*

#### 6. Menentukan spasi tulangan

### 2.3.4. Perencanaan Portal

Portal adalah suatu sistem yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang paling berhubungan dan berfungsi menahan beban sebagai satu kesatuan lengkap. Sebelum merencanakan portal terlebih dahulu kita harus mendimensi portal.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pendimensian portal adalah sebagai berikut :

#### 1. Pendimensian Balok

Tebal minimum balok ditentukan dalam SK SNI 2847-2019 adalah untuk balok dengan bentang terpanjang yang memiliki dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum  $l/16$ .

#### 2. Pendimensian Kolom

- a. Analisa pembebanan
- b. Menentukan gaya-gaya dalam

Dalam menghitung dan menentukan besarnya momen yang bekerja pada suatu struktur bangunan dengan menggunakan bantuan aplikasi software yaitu menggunakan program SAP 2000 Versi 14.1 Berikut adalah cara menghitung besarnya momen dengan menggunakan :

#### 3. Perancangan portal dengan menggunakan SAP 2000 V14.1

- a. Perancangan portal akibat beban mati

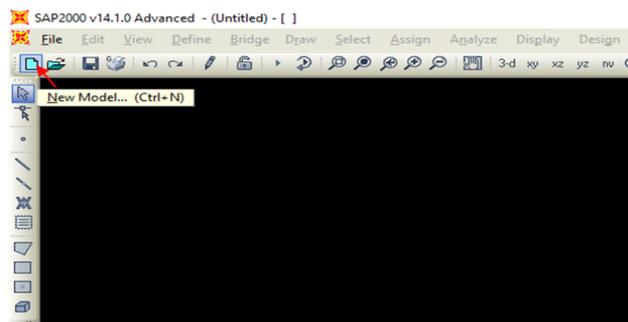
Langkah-langkah menentukan pembebanan pada portal adalah sebagai berikut :

- 1) Beban pelat
  - 2) Beban balok
  - 3) Beban penutup lantai dan adukan
  - 4) Berat balok
  - 5) Berat pasangan dinding (jika ada)
- b. Perancangan portal akibat beban hidup
- Untuk merencanakan portal akibat beban hidup perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :
- 1) Menentukan pembebanan pada portal
  - 2) Perhitungan akibat beban hidup = perhitungan akibat beban mati
- c. Perancangan portal akibat beban angin
- 1) Menentukan Beban angin yang bekerja
  - 2) Input Beban Angin terhadap bidang kolom secara vertikal merata dengan angin menekan kearah kolom.

Langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan metode SAP 2000 V

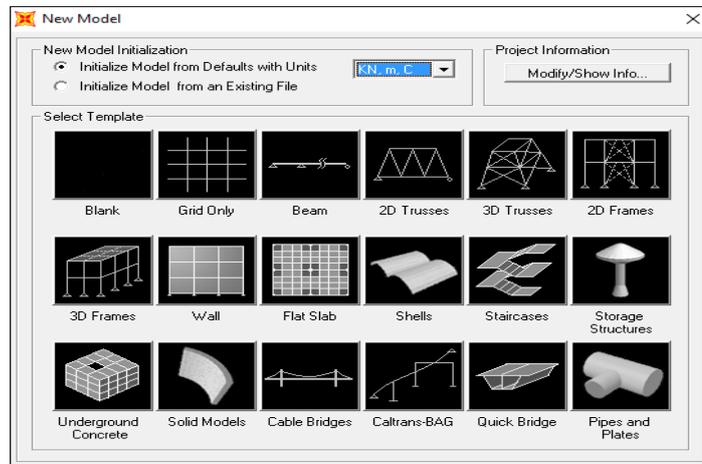
14.1 yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

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



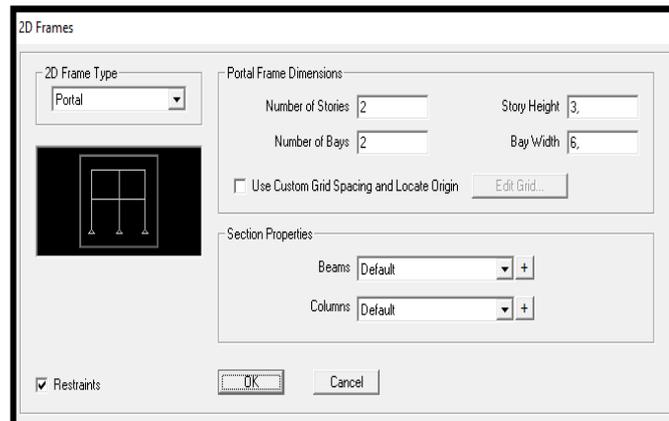
**Gambar 2.7** *Toolbar New Model*

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



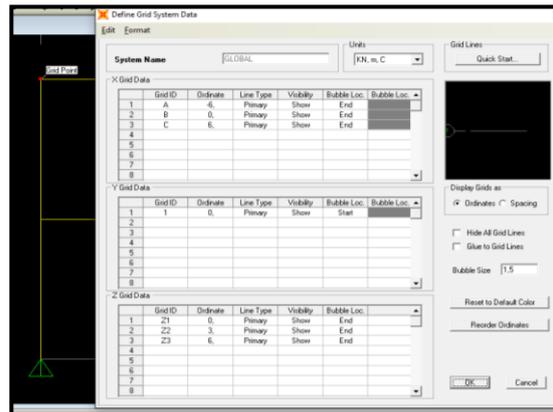
**Gambar 2.8** Tampilan *New model*

- c. Pilih model template *2D Frames*, akan muncul jendela seperti Gambar 2.9 isikan *Number of stories*, *stroy height*, *Number of Bays*, dan *bay width* masukan sesuai data – data perencanaan. Kemudian klik ok.



**Gambar 2.9** Tampilan *2D frames*

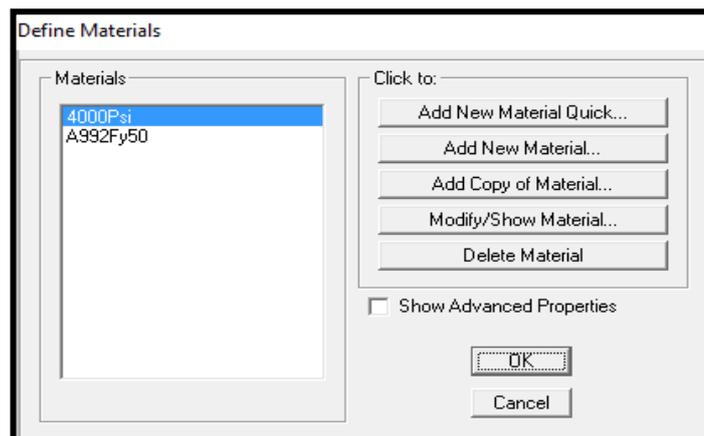
- d. Untuk mengatur kembali jarak-jarak pada portal. Dapat dilakukan dengan cara **klik 2x** pada *grid point* yang terdapat pada portal. Maka, akan muncul tampilan *Define Grid system data* (dapat di lihat pada Gambar 2.14) Setelah itu dapat dilakukan penyesuaian kembali jarak portal dengan data perencanaan yang ada dan disesuaikan arah x, dan z pada SAP v.14



Gambar 2.10 Define Grid System data.

4. Menentukan Material

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



Gambar 2.11 Jendela Define Materials

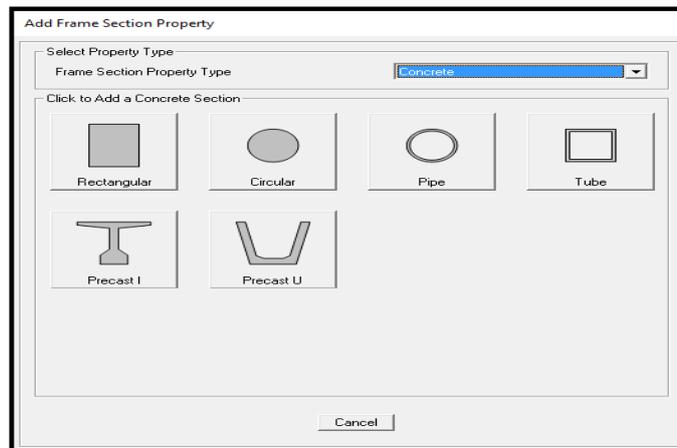
- b. Pilih *Add New Material* , maka akan muncul jendela material Property Data. Ganti nilai *Weight per unit volume* dengan 24 (nilai ini adalah nilai dari berat jenis beton). Ubah nilai *Modulus of Elasticity* dengan rumus  $4700\sqrt{F_c} \cdot 1000$ , serta ubah juga nilai  $F_c$  dan  $F_y$  sesuai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

**Gambar 2.12** Jendela *Material Property Data*

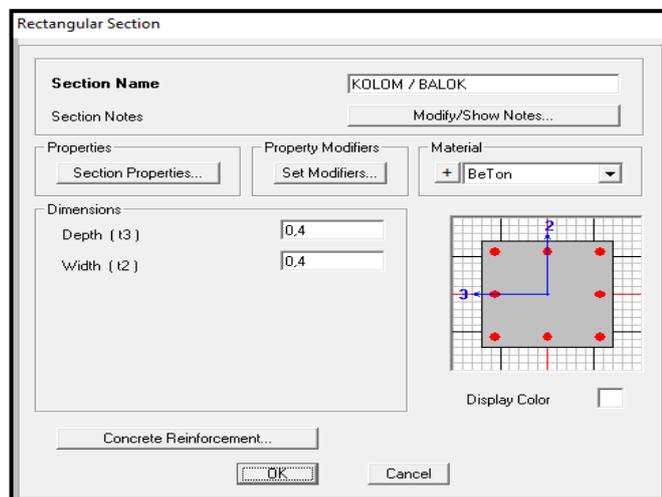
5. Menentukan nilai dimensi kolom dan balok
  - a. Blok *frame* kolom/balok, lalu pilih *menu* pada *toolbar*, *Define* > *section properties* > *Frame section*, setelah memilih menu diatas akan tampil *Toolbar Frame Properties* seperti pada gambar 2.13.

**Gambar 2.13** *Toolbar Frame Properties*

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



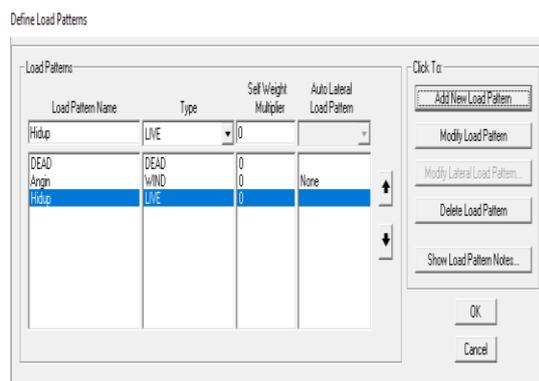
**Gambar 2.14** *Toolbar Frame Properties*



**Gambar 2.15** *Jendela Rectangular Section*

- c. Ganti *section name* dengan nama Balok (untuk balok), Kolom (untuk kolom). ganti ukuran tinggi (*Depth*) dan lebar (*Width*) Balok /Kolom sesuai dengan perencanaan. Kemudian klik *Concrete Reinforcement*, klik *Column* (untuk kolom), *Beam* (untuk balok) lalu klik OK.
- d. Untuk menentukan *frame* tersebut balok atau kolom yaitu dengan cara memblok *frame* kemudian pada toolbar pilih menu *Assign – Frame / Cable / Tendon – Frame Section* – pilih Balok atau Kolom.

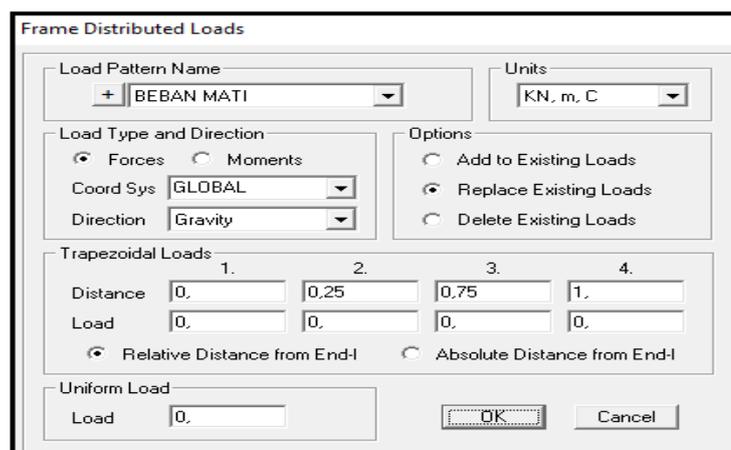
6. Membuat *cases* beban mati, beban hidup dan Angin
- Pilih *menu* pada *toolbar*, *Define – Load pattern* – buat nama pembebanan, tipe pembebanan dan nilai koefisiennya diisi dengan nilai 0. Lalu *klik add New Load Pattern* Seperti yang terlihat pada gambar. Apabila selesai klik OK.



**Gambar 2.16** Jendela *Define Load Patterns*

- Input nilai beban mati, beban hidup dan angin
- Akibat beban merata

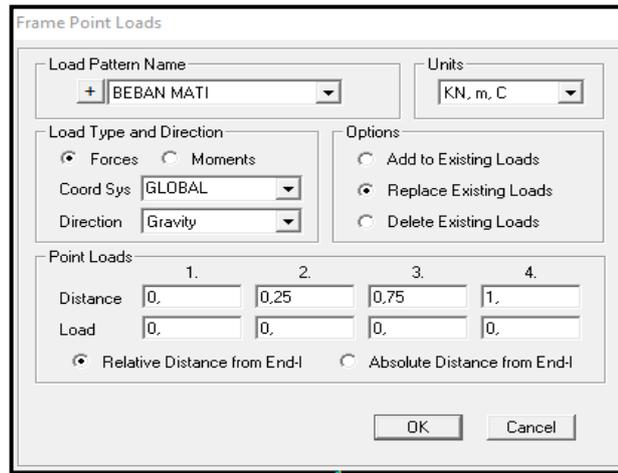
Blok *frame* yang akan di input, lalu pilih menu pada *toolbar*, *Assign – Frame Loads – Distributed* - pilih beban mati atau beban hidup untuk pembebanan tersebut pada *Load pattern*



**Gambar 2.17** 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 berikut :

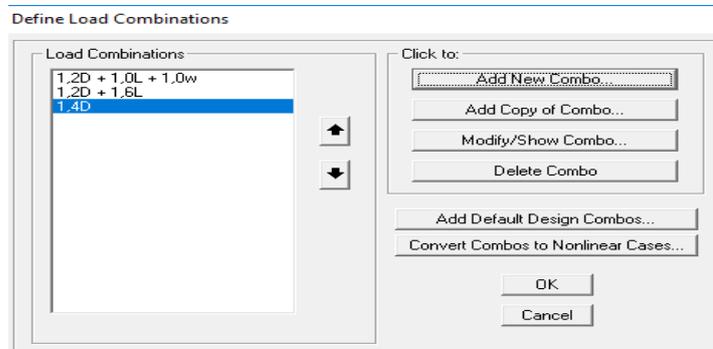


**Gambar 2.18** Jendela *Frame Point Loads*

## 7. Input *Load Combination* (beban kombinasi), yaitu

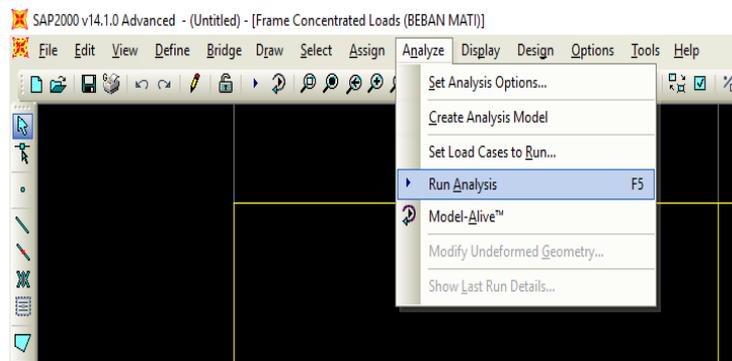
1. 1,4 Beban mati
2. 1,2 Beban mati + 1,6 Beban hidup
3. 1,2 Beban mati + 1,0 Beban hidup + 1,0 Beban angin

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



**Gambar 2.19** Jendela *Loads Combination*

8. *Run analysis*, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 2.20** *Run Analysis*

### 2.3.5. Perencanaan Balok

Balok merupakan suatu elemen struktur portal yang memiliki arah bentangan horizontal. Adapun beban yang bekerja pada balok adalah beban lentur, beban geser, maupun torsi, sehingga memerlukan baja tulangan untuk menahan beban-beban tersebut. Balok juga menyalurkan beban-beban dari plat ke kolom dan kemudian diteruskan ke pondasi.

Langkah-langkah perencanaan balok :

1. Menentukan mutu dari beton yang akan digunakan
2. Menghitung pembebanan yang akan terjadi, yaitu :
  - a. Beban hidup
  - b. Beban balok
  - c. Beban mati
  - d. Sambungan plat

3. Menghitung beban *ultimate*

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

Keterangan :

U = gaya geser terfaktor pada penampang

D = beban mati terfaktor per unit luas

L = beban hidup terfaktor per unit luas

4. Menghitung momen rencana

$$M_u = 1,2 M_{DL} + 1,6 M_{LL}$$

Keterangan :

$M_u$  = momen terfaktor pada penampang

$M_{DL}$  = momen akibat beban mati

$M_{LL}$  = momen akibat beban hidup

5. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

a. Penulangan lentur lapangan

$$l_n = L - (1/2 L_k) - (1/2 L_k)$$

$D_{eff}$  balok = lebar balok - P -  $\emptyset$  sengkang -  $1/2 \emptyset$  sengkang

Lebar efektif

- $B_{eff} \leq 1/4 L$

- $B_{eff} \leq 16 h_f + b_w$

- $B_{eff} \leq b_w + L_n$

Sehingga, diambil  $B_{eff}$  terkecil

$$A_s = \frac{0,85 \times f_c' \times c.a.b_{eff}}{f_y}$$

(Agus Setiawan:2016:57)

b. Penulangan lentur tumpuan

1) Menentukan  $d_{eff} = h - \rho - \emptyset$  sengkang -  $1/2 \emptyset$  tulangan utama

2) Menghitung nilai  $\rho$

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

$$\rho_{hitung} = \frac{f_c'}{f_y} \left[ 0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q} \right]$$

Keterangan :

$M_u$  = 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)

c. Hitung  $A_s$  yang diperlukan

$$A_{srencana} = \rho \times b \times d_{eff}$$

(Agus Setiawan:2016:71)

Keterangan :

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

$\rho$  = rasio penulangan

$d$  = tinggi efektif plat (mm)

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

#### 7. Perencanaan tulangan geser

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

(SNI 2847-2019 pasal 22.5.5.1, hal.485)

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

- b. Gaya Geser  $V_u$  yang dihasilkan oleh 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. (Agus Setiawan, hal. 99)

c. Luas minimum tulangan geser

Luas minimum tulangan geser  $A_{v\min}$  harus disediakan pada semua penampang dimana,  $V_u > 0,5\phi V_c$ , kecuali untuk kasus pada tabel 2.7. Untuk kasus ini, sekurang-kurangnya  $A_{v\min}$  harus dipasang dimana  $V_u > \phi V_c$

**Tabel 2.11** Kasus dimana  $A_{v\min}$  tidak diperlukan jika  $0,5\phi V_c < V_u \leq \phi V_c$

Tipe balok	Kondisi
Balok tipis	$h \leq 250$ mm
Menyatu dengan pelat	$h \leq$ terbesar dari $2,5t_f$ atau $0,5b_w$ dan $h \leq 600$ mm
Dibangun dengan beton bobot normal bertulangan serat baja sesuai 26.4.1.5.1(a), 26.4.2.2(d), dan 26.12.5.1(a) dan dengan $f_c' \leq 40$ MPa	$h \leq 600$ mm dan $V_u \leq \phi 0,17\sqrt{f_c'}b_wd$
Sistem pelat berusuk satu-arah	Sesuai dengan 9.8

(Sumber : SNI 2847-2019 Tabel 9.6.3.1, hal 190)

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

(SNI 2847-2019 Pasal 9.6.3.3, hal. 192)

d. Jarak maksimum tulangan geser

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

$0,33 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d < V_s \leq 0,66 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$ , maka  $S = d/4$  atau 300 mm

(SNI 2847-2019 Pasal 9.7.6.2.2, hal. 202)

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 Pasal 11.4.5, R9.6.3 hal. 192)

Sehingga sengkang vertikal dapat dihitung dengan rumus :

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

(Agus Setiawan, hal 99)

Keterangan :

$V_c$  = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

$V_u$  = kuat geser terfaktor pada penampang

$V_n$  = kuat geser nominal

$V_s$  = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

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

$A_v = 2 A_s$

$A_s$  = luas penampang batang tulangan sengkang

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

### 2.3.6. Perencanaan Kolom

Kolom adalah salah satu vertikal yang secara khusus difungsikan untuk memikul beban aksial tekan (dengan atau tanpa adanya momen lentur) dan memiliki rasio tinggi/panjang terhadap dimensi terkecilnya sebesar 3 atau lebih. (Agus Setiawan, hal. 144)

Struktur kolom merupakan komponen yang penting untuk diperhatikan, karena jika struktur kolom mengalami kegagalan maka dapat menyebabkan keruntuhan struktur bangunan atas pada gedung secara keseluruhan. Berdasarkan jenis tulangannya kolom dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu : kolom persegi dengan sengkang persegi, kolom bundar dengan sengkang spiral, dan kolom komposit .

Prosedur perhitungan struktur kolom :

1. Mengecek dimensi penampang

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

b. Memeriksa  $P_u$  terhadap beban seimbang

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

$$A_b = \beta_1 \times C_b$$

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

$$f_s' = f_y$$

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

(Istimawan, hal. 324)

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

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

c. Memeriksa kekuatan penampang

- Akibat keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{A_s' \cdot f_y}{\frac{e}{(d-d')} + 0,050} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\frac{3 \cdot h \cdot e}{d^2} + 1,18}$$

- Akibat keruntuhan tarik

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

(Istimawan, hal. 326)

2. Perhitungan tulangan

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

- b. Perhitungan 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 :

$M_u$  = momen terfaktor yang bekerja pada penampang

$P_u$  = beban aksial terfaktor yang bekerja pada penampang

$e$  = nilai eksentrisitas

- c. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi

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

(Agus Setiawan, hal. 159)

Keterangan :

$\beta$  = rasio bentang bersih arah memanjang

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

- d. Modulus elastisitas beton

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} \text{ MPa}$$

(Agus Setiawan, hal. 200)

## b. Nilai Kekakuan

$$I_g = 1/12 b.h^3$$

$$I_k = 0,701_g \text{ (kolom)}$$

$$I_b = 0,351_g \text{ (balok)}$$

(Sumber : SNI 2847-2019, hal.102)

## • Untuk kolom

$$EI_k = \frac{Ec.Ig}{2,5(1+\beta.d)}$$

## • Untuk balok

$$EI_b = \frac{\frac{1}{5}(Ec.Ig) + Es.Ise}{5(1+\beta.d)}$$

(Istimawan, hal. 186)

c. Menentukan  $\Psi_a$  dan  $\Psi_b$ 

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

(Agus Setiawan, hal. 199)

## d. Angka kelangsingan kolom

Kolom langsing dengan ketentuan :

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

(Agus Setiawan, hal. 201)

Keterangan :

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan

lu = panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang

r = jari-jari putaran potongan lontang komponen struktur tekan

- Apabila Elemen Struktur tekan tak bergoyang  $\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left( \frac{M_{1-b}}{M_{2-b}} \right)$

Atau elemen struktur tekan bergoyang  $\frac{Klu}{r} < 22$ , maka perencanaan menggunakan metode pembesaran momen. (Sumber : Beton Bertulang: Agus Setiawan, hal.201)

## e. Peningkatan momen

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

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

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

(Agus Setiawan:2016:205)

Keterangan :

 $M_{2ns}$  = momen kolom terbesar pada struktur rangka dengan pengaku $M_{2s}$  = momen kolom terbesar akibat goyangan ke samping pada struktur rangka tanpa pengaku $\delta_s$  = faktor peningkatan ekstra pada struktur baja tanpa pengaku $P_u$  = beban tekuk *Euler*

## f. Desain Penulangan

- Hitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 1,5% sampai 3% dari luas penampang kolom
- Menghitung  $A_s = A_s' = \rho \times b \times d_{eff}$
- Menentukan tulangan yang akan digunakan

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

Keterangan :

 $A_s$  = luas tulangan tarik non-prategang yang dipakai $A_s'$  = luas tulangan tekan non-prategang yang dipakai $\rho$  = rasio penulangan tarik non-prategang $\rho'$  = rasio penulangan tekan non-prategang $b$  = lebar daerah tekan komponen struktur $d$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik

**Tabel 2.12** Ketentuan jarak maksimum sengkang/sengkang ikat kolom

Dimensi Terkecil Kolom (mm)	Jarak Sengkang (mm) untuk Tulangan Longitudinal Berdiameter						
	D16	D19	D22	D25	D29	D32	D36
300	250	300	300	300	300	300	300
350	250	300	350	350	350	350	350
400	250	300	350	400	400	400	400
450	250	300	350	400	450	450	450
500	250	300	350	400	450	450	500
550 s/d 1000	250	300	350	400	450	450	500
Diameter Sengkang (mm)	10	10	10	10	10	10	13

(Sumber : Beton Bertulang: Agus Setiawan, hal.148)

### 2.3.7. Perencanaan Sloof

Sloof merupakan struktur bangunan yang mendistribusikan beban dari bangunan atas ke setiap titik pondasi secara merata. Selain itu, sloof juga berfungsi sebagai pengunci kolom dan balok agar tidak bergeser atau roboh apabila terjadi pergerakan tanah.

Adapun langkah – langkah perhitungan dalam merencanakan sloof :

#### 1. Cek dimensi penampang sloof

##### a. Menghitung momen rencana

$$M_u = 1,4MD$$

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

(Agus Setiawan:2016:7)

Nilai M didapat dari momen akibat beban mati diperhitungan SAP sloof

##### b. Cek dimensi

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

2) Menentukan nilai :

$$K = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

Akan didapat nilai  $\rho$  dari tabel

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

3) Penulangan lentur pada tumpuan

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

$$\rho \text{ hitung} = \frac{f_c'}{f_y} \left[ 0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - Q} \right]$$

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

Keterangan :

Mu = momen terfaktor pada penampang (KNm)

b = lebar penampang (mm)

d = tinggi efektif plat (mm)

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

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

$\rho$  = rasio penulangan

Menentukan diameter tulangan yang dipakai, dengan syarat  $A_s \text{ pakai} \geq A_s \text{ direncanakan}$

2. Perencanaan tulangan geser

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

(SNI 2847-2019 pasal 22.5.5.1, hal.485)

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

- b. Gaya geser  $V_u$  dihasilkan oleh 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 :  $V_u < \phi (V_c + V_s)$

(Agus Setiawan, hal.99)

- c. Luas minimum tulangan geser

$$A_{v_{\min}} = 0,062 \times \sqrt{f'c'} \cdot \left(\frac{bw}{f_{yt}}\right)$$

(SNI 2847-2019 Pasal 9.6.3.3, hal. 192)

- d. Jarak maksimum tulangan geser

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

$0,33 \cdot \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d < V_s \leq 0,66 \cdot \sqrt{f'c'} \cdot bw \cdot d$ , maka  $S = d/4$  atau 300 mm

(SNI 2847-2019 Pasal 10.7.6.5.2 hal. 223)

Dengan batasan kebutuhan luas minimum luas tulangan geser :

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

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

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

Sehingga sengkang vertikal dapat dihitung dengan rumus :

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

Keterangan :

$V_c$  = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

$V_u$  = kuat geser terfaktor pada penampang

$V_n$  = kuat geser nominal

$V_s$  = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

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

$A_v = 2 A_s$

$A_s$  = luas penampang batang tulangan sengkang

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

### 2.3.8. Perencanaan Pondasi

Pondasi dalam istilah teknik sipil dapat didefinisikan sebagai bagian dari struktur bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi untuk menyalurkan beban-beban yang diterima dari struktur atas ke lapisan tanah. (Agus Setiawan, hal. 298)

Berdasarkan data hasil sondir tanah pada pembangunan Gedung Laboratorium Terpadu Universitas Islam Negeri Raden Fatah Jakabaring Palembang, adapun jenis pondasi yang dilaksanakan adalah pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang.

Berikut merupakan langkah-langkah perencanaan pondasi tiang pancang, yaitu :

#### 1. Perhitungan pondasi

##### a. Daya dukung izin berdasarkan :

- Kekuatan material bahan tiang pancang

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

- Kekuatan tanah :

$$Q_{\text{ultimate}} = \frac{qD.A}{f_b} + \frac{U.\sum T_i.f_i}{f_s}$$

(*Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi ; Ir. Suyono Sosrodarsono dan Kazuto Nakazawa : 2000. Halaman 104*)

##### b. Menentukan jumlah tiang

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

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

#### 2. Menentukan jarak antar tiang

Jarak minimal 2D atau 2.5D-3.5D (*J.E.Bowles:1974, Edisi ke-4 jilid 2 hal 342*)

Keterangan :

$S$  = jarak antar tiang

D = ukuran tiang

3. Menentukan efisiensi kelompok tiang

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

Keterangan :

$\theta = \text{arc tan } d/s$

m = jumlah baris

n = jumlah tiang dalam satu baris

(Sumber : Sardjono: Pondasi Tiang Pancang:67)

4. Kemampuan tiang terhadap sumbu x dan sumbu y

$$P_1 = \frac{\sum v}{n} \pm \frac{My \cdot X_{maks}}{\sum x^2} \pm \frac{Mx \cdot Y_{maks}}{\sum y^2}$$

(Sumber : Sardjono: Pondasi Tiang Pancang:61)

5. Perhitungan tulangan tiang pancang

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

b. Berdasarkan nilai P yang paling besar

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

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

Nilai  $\rho_g$  didapat pada grafik gideon seri 4

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

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

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

6. Kontrol kemampuan tiang pancang

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

$$P_{ijin} < P$$

7. Menentukan tulangan *pile cap*

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

$$\rho \text{ perlu} = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right]$$

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

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

8. Perhitungan tulangan sengkang tiang pancang

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

(SNI 2847-2019 pasal 22.5.5.1, hal.485)

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

- b. Gaya geser  $V_u$  dihasilkan oleh 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 :  $V_u < \phi (V_c + V_s)$

(Agus Setiawan, hal.99)

- d. Luas minimum tulangan geser

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

(SNI 2847-2019 Pasal 9.6.3.3, hal. 192)

- e. Jarak maksimum tulangan geser

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

$0,33 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d < V_s \leq 0,66 \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$ , maka  $S = d/4$  atau 300 mm

(SNI 2847-2019 Pasal 10.7.6.5.2 hal. 223)

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 Pasal 11.4.5, R9.6.3 hal. 192)

Sehingga sengkang vertikal dapat dihitung dengan rumus :

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

Keterangan :

$V_c$  = kuat geser nominal yang disumbangkan beton

$V_u$  = kuat geser terfaktor pada penampang

$V_n$  = kuat geser nominal

$V_s$  = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

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

$A_v = 2 A_s$

$A_s$  = luas penampang batang tulangan sengkang

$d$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik  
Perhitungan tulangan geser *pile cap*

#### 9. Perhitungan tulangan pokok pasak

##### a. Kuat tekan rencana kolom

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

Jika  $\phi P_n > P_u$ , maka beban pada kolom dapat dipindahkan dengan dukungan saja. Tetapi, diisyaratkan untuk menggunakan tulangan pasak minimum sebesar  $A_{s_{min}} = 0,005 \times A_g$ .

(Agus Setiawan:2016:317)

##### b. Kontrol panjang penyaluran pasak

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

(Agus Setiawan:2016:309)

## 2.4. Pengelolaan Proyek

Pengelolaan proyek dibagi menjadi tiga bagian pekerjaan. Tiga bagian pekerjaan tersebut adalah RKS (Rencana Kerja dan Syarat-syarat), RAB (Rencana Anggaran Biaya), dan Rencana Pelaksanaan yang terbagi lagi menjadi *Network Planning*, *Barchart*, dan Kurva S.

### 2.4.1. Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)

Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) adalah segala ketentuan dan informasi yang diperlukan mengenai hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan

gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh kontraktor pada saat akan mengikuti pelelangan maupun pada saat pelaksanaan yang akan dilakukannya nanti jika kontraktor tersebut memenangkan lelang. Umumnya isi RKS terdiri dari tiga bagian, yaitu persyaratan umum, persyaratan administrasi, dan persyaratan teknis.

- a. Persyaratan Umum
  - 1) Mengenai pemberian tugas atau pemilik proyek
  - 2) Syarat-syarat peserta lelang
  - 3) Bentuk surat penawaran dan cara penyampaiannya
  - 4) Keterangan mengenai perencanaan (Desain)
- b. Persyaratan Administrasi
  - 1) Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan
  - 2) Syarat pembayaran
  - 3) Tanggan dan waktu penyerahan
  - 4) Denda jika terjadi keterlambatan
  - 5) Besar jaminan penawaran
  - 6) Besar jaminan pelaksanaan
- c. Persyaratan Teknis
  - 1) Jenis bahan dan mutu yang akan digunakan
  - 2) Merk bahan yang akan digunakan
  - 3) Jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilaksanakan
  - 4) Cara pelaksanaan pekerjaan

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

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah kegiatan yang dilakukan oleh konsultan perencana untuk memberikan gambaran mengenai bentuk konstruksi, besar biaya dan pelaksanaannya. Rencana anggaran biaya ini juga berguna sebagai dasar untuk melakukan kontrak kerja konstruksi.

### 2.4.3 Rencana Pelaksanaan

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

*Network Planning* adalah teknik perencanaan yang dapat mengevaluasi hubungan antara kegiatan-kegiatan di lapangan. Dengan adanya *network planning* ini, sistem manajemen dapat menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya lebih efisien. Selain itu, *network planning* juga dapat digunakan sebagai alat pengawasan yang cukup baik untuk menyelesaikan suatu proyek.

Berikut ini adalah poin-poin detail kegunaan dari *network planning*:

- a. Dapat memberikan perencanaan, penjadwalan, dan mengkoordinasikan kegiatan secara menyeluruh.
- b. Dapat memperkirakan waktu, biaya, dan sumber daya yang diperlukan.
- c. Dapat mengetahui kegiatan kritis.
- d. Sebagai alat komunikasi data, masalah, dan tujuan proyek.

Adapun data-data yang diperlukan untuk menyusun *network planning* adalah :

- a. Urutan pekerjaan yang logis
- b. Perkiraan waktu penyelesaian setiap pekerjaan
- c. Biaya untuk mempercepat pekerjaan (biaya lembur, biaya penambahan tenaga kerja, dan sebagainya).

#### b. *Barchart*

*Barchart* atau Bagan Balok adalah salah satu bentuk penjadwalan waktu meliputi seluruh unit pekerjaan yang ada. *Barchart* merupakan sekumpulan batang horizontal yang menggambarkan waktu untuk menyelesaikan suatu jenis pekerjaan. Dengan adanya bagan ini diharapkan pekerjaan dapat diselesaikan pada waktu yang telah direncanakan. Dari *barchart* ini pula dapat dilihat jenis pekerjaan apa saja yang sedang dilakukan serta dapat mengetahui pekerjaan apa saja yang dapat dikerjakan dalam waktu bersamaan.

Kelebihan *barchart* :

- 1) Bentuknya sederhana
- 2) Mudah dibuat
- 3) Mudah dibaca dan dipahami

Kekurangan *barchart* :

- 1) Kurang spesifik
- 2) Sukar diperbaiki jika terjadi kesalahan
- 3) Sulit digunakan untuk proyek yang besar

c. Kurva S

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan komulatif progres pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan yang disajikan dalam bentuk tabel dan bagannya menyerupai huruf S. Kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkan penjadwalan rencana, dari sinilah dapat diketahui apakah ada keterlambatan atau percepatan pelaksanaan pada proyek.

Manfaat Kurva S :

- 1) Sebagai informasi untuk mengontrol pelaksanaan suatu proyek dengan membandingkan kurva rencana dan kurva realisasi.
- 2) Sebagai informasi untuk pengambilan keputusan berdasarkan perubahan kurva realisasi terhadap kurva rencana, perubahan ini bias dalam bentuk persentase pekerjaan lebih cepat atau lebih lambat dari waktu yang sudah ditentukan.
- 3) Sebagai informasi yang tepat bagi owner untuk melakukan pembayaran kepada *supplier*.