

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Perencanaan struktur adalah proses merancang dan menghitung suatu struktur yang aman dan fungsional. Tujuannya adalah untuk menghasilkan struktur yang mampu menahan beban yang di berikan dan memenuhi persyaratan sesuai ketentuan. Tinjauan umum perencanaan struktur meliputi beberapa tahapan diantaranya analisis beban, pemilihan material, desain struktur, analisis struktur, dan perencanaan detail suatu konstruksi.

#### **2.2 Ruang Lingkup Perencanaan**

Membangun suatu bangunan pada umumnya diatur oleh aturan tertentu. Pada perencanaan bangunan gedung bertingkat mengacu pada peraturan SNI 2847 - 2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan penjelasan. Adapun 2 stuktur pendukung bangunan yaitu :

##### **a. Struktur Bangunan Atas**

Struktur bangunan atas merupakan bagian dari struktur gedung yang berada di atas muka tanah. Dari segi arsitektur dan keamanan harus sanggup mewujudkan perencanaan yang mampu menjamin mutu. Dalam perhitungan perancangan untuk struktur bangunan atas tersebut meliputi:

- 1) Perhitungan Pelat Atap dan Pelat Lantai
- 2) Perhitungan Tangga
- 3) Perhitungan Balok
- 4) Perhitungan Kolom

##### **b. Struktur Bangunan Bawah**

Struktur bangunan bawah merupakan sistem pendukung bangunan yang menerima beban struktur atas, untuk diteruskan ke tanah dibawahnya. Perhitungan perencanaan struktur bagian bawah ini meliputi:

- 1) Perhitungan Sloof
- 2) Perhitungan Pondasi.

### **2.3 Dasar-dasar Perencanaan**

Dalam perencanaan pembangunan Pembangunan Gedung Kuliah D1-Prasarana Kampus *Teaching Industry* Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku dan buku-buku referensi, diantaranya :

1. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan berdasarkan (SNI 2847 – 2019) oleh Badan Standarisasi Nasional. Pedoman ini terdapat persyaratan dan ketentuan dalam teknis perencanaan serta pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung untuk mendapatkan struktur yang aman.
2. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain berdasarkan (SNI 1727 – 2020) oleh Badan Standarisasi Nasional. Pedoman ini digunakan untuk menentukan beban minimum suatu konstruksi terhadap perencanaan bangunan.
3. Desain Struktur Beton Bertulang berdasarkan (SNI 2847 – 2019) oleh Yudha Lesmana. Buku ini berisikan dasar-dasar pengertian sistem struktur beton bertulang serta kekuatan komponen struktur beton bertulang.

### **2.4 Klasifikasi Pembebanan**

Beban merupakan gaya luar yang bekerja pada suatu struktur. Penentuan secara pasti besarnya beban yang bekerja pada suatu struktur selama umur layannya merupakan salah satu pekerjaan yang cukup sulit. Jika beban-beban yang bekerja pada suatu struktur telah diestimasi, maka masalah berikutnya adalah menentukan kombinasi-kombinasi beban yang paling dominan yang mungkin bekerja pada struktur tersebut. Besar beban yang bekerja pada suatu struktur diatur oleh pembebanan yang berlaku. Beberapa jenis beban yang sering dijumpai antara lain :

#### A. Beban Mati

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan yang terpasang, termasuk dinding, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung, dan komponen arsitektural dan struktur lainnya serta peralatan lauyan terpasang lain termasuk berat Derek dan system pengangkut material. Dalam menentukan beban mati untuk perancangan, harus digunakan berat bahan dan konstruksi yang sebenarnya, dengan ketentuan bahwa jika ada informasi yang jelas, nilai yang harus digunakan adalah nilai yang di setujui oleh pihak berwenang. (SNI-1727-2020).

#### B. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban gravitasi yang bekerja pada struktur dalam masa layannya dan timbul akibat penggunaan suatu gedung. Beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain harus beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan. Berikut beban hidup menurut kegunaan suatu bangunan berdasarkan SNI-1727-2020 ditampilkan dalam Tabel 2.1 berikut :

**Tabel 2.1** Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, dan Beban Hidup Terpusat Minimum.

Hunian atau penggunaan	Merata, $L_0$ psf (kN/m <sup>2</sup> )	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
<b>Apartemen (lihat rumah tinggal)</b>					
<b>Sistem lantai akses</b>					
Ruang kantor	50 (2,4)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,9)	
Ruang komputer	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,9)	
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
<b>Ruang pertemuan</b>					
Kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Lobi	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Panggung pertemuan	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Lantai podium	150 (7,18)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Tribun penonton Stadion dan arena dengan kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		4.14
Ruang pertemuan lainnya	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		4.14
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m <sup>2</sup> )	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	
<b>Koridor</b>					
Lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Lantai lain	Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain				
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
<b>Hunian (lihat rumah tinggal)</b>					
Dudukan mesin elevator (pada area 2 in.x 2 in. [50 mm x 50 mm])		-	-	300 (1,33)	
Konstruksi pelat lantai <i>finishing ringan</i> (pada area 1 in.x 1 in. [25 mm x 25 mm])		-	-	200 (0,89)	

Hunian atau penggunaan	Merata, $L_o$ psf (kN/m <sup>2</sup> )	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
<b>Jalur penyelamatan saat kebakaran</b>	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Hunian satu keluarga saja	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
<b>Tangga permanen</b>		-	-	Lihat Pasal 4.5.4	
<b>Garasi/Parkir (Lihat Pasal 4.10)</b>					
Mobil penumpang saja	40 (1,92)	Tidak (4.7.4)	Ya (4.7.4)	Lihat Pasal 4.10.1	
Truk dan bus	Lihat Pasal 4.10.2	-	-	Lihat Pasal 4.10.2	
<b>Pegangan tangga dan pagar pengaman</b>					
Batang pegangan	Lihat 4.5.1	-	-	Lihat 4.5.1 Lihat 4.5.2	
<b>Helipad (Lihat Pasal 4.11)</b>					
Helikopter dengan berat lepas landas sebesar 3.000 lb (13,35 kN) atau kurang	40 (1,92)	Tidak (4.11.1)	-	Lihat Pasal 4.11.2	
Helikopter dengan berat lepas landas Lebih dari 3.000 lb (13,35 kN)	60 (2,87)	Tidak (4.11.1)	-	Lihat Pasal 4.11.2	
<b>Rumah sakit</b>					
Ruang operasi, laboratorium	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Ruang pasien	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
<b>Hotel (lihat rumah tinggal)</b>					
<b>Perpustakaan</b>					
Ruang baca	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Ruang penyimpanan	150 (7,18)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	1.000 (4,45)	4.13
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
<b>Pabrik</b>					
Ringan	125 (6,00)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	2.000 (8,90)	
Berat	250 (11,97)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	3.000 (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)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)	
Kantor	50 (2,40)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)	
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000 (8,90)	
<b>Lembaga hukum</b>					
Blok sel	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Koridor	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
<b>Tempat rekreasi</b>					
Tempat bowling, billiard, dan penggunaan sejenis	75 (3,59)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Ruang dansa dan <i>ballroom</i>	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Gimnasium	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		

Hunian atau penggunaan	Merata, $L_0$ psf (kN/m <sup>2</sup> )	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
<b>Rumah tinggal</b>					
Hunian satu dan dua keluarga					
Loteng yang tidak dapat dihuni tanpa gudang	10 (0,48)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		4.12.1
Loteng yang tidak dapat dihuni dengan gudang	20 (0,96)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		4.12.2
Loteng yang dapat dihuni dan ruang tidur	30 (1,44)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Semua ruang kecuali tangga	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Semua hunian rumah tinggal lainnya					
Ruang pribadi dan koridornya	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Ruang publik	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Koridor ruang publik	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
<b>Atap</b>					
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-		4.8.1
Atap yang digunakan penghuni	Sama dengan penggunaan yang dilayani	Ya (4.8.3)	-		
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,70)	Ya (4.8.3)	-		
Atap vegetatif dan atap lansekap					
Atap bukan untuk hunian	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-		
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,79)	Ya (4.8.3)	-		
Atap untuk penggunaan lainnya	Sama dengan penggunaan yang dilayani	Ya (4.8.3)	-		
<b>Awning dan kanopi</b>					
Atap konstruksi <i>fabric</i> yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan	5 (0,24)	Tidak (4.8.2)	-		
Rangka penumpu layar penutup	5 (0,24) berdasarkan area tributari dari atap yang didukung oleh komponen struktur rangka	Tidak (4.8.2)	-	200 (0,89)	
Semua konstruksi lainnya	20 (0,96)	Ya (4.8.2)			4.8.1
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai tempat bekerja					
Titik panel tunggal dari kord bawah rangka batang atap atau suatu titik sepanjang komponen struktur utama pendukung atap diatas pabrik, gudang penyimpanan dan pekerjanya, dan garasi bengkel		-	-	2000 (8,90)	
Semua komponen struktur atap utama lainnya		-	-	300 (1,33)	
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan				300 (1,33)	

Hunian atau penggunaan	Merata, $L_0$ psf (kN/m <sup>2</sup> )	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat lb (kN)	Juga Lihat Pasal
<b>Sekolah</b>					
Ruang kelas	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Koridor lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
<b>Scuttles, rusuk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses</b>				200 (0,89)	
<b>Jalan di pinggir untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk</b>	250 (11,97)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	8.000 (35,60)	4.15
<b>Tangga dan jalan keluar</b>					
Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	300 (1,33) 300 (1,33)	4.16 4.16
<b>Gudang diatas langit-langit</b>	20 (0,96)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
<b>Gudang penyimpanan dan pekerja</b> (harus dirancang untuk beban lebih berat jika diperlukan)					
Ringan	125 (6,00)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)		
Berat	250 (11,97)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)		
<b>Toko</b>					
Eceran					
Lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Lantai diatasnya	75 (3,59)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Grosir, di semua lantai	125 (6,00)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	1.000 (4,45)	
<b>Penghalang kendaraan</b>				Lihat Pasal 4.5.3	
<b>Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)</b>	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
<b>Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki</b>	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		

Sumber : SNI-1727-2020, Hal 26

## 2.5 Perencanaan Konstruksi

Dalam merencanakan suatu konstruksi diperlukan beberapa perencanaan perhitungan yang akan digunakan, sesuai kriteria dengan syarat – syarat dasar perencanaan gedung bertingkat yang berlaku di Indonesia, sehingga suatu konstruksi dapat menahan beban dengan sempurna, baik beban sendiri maupun beban lainnya.

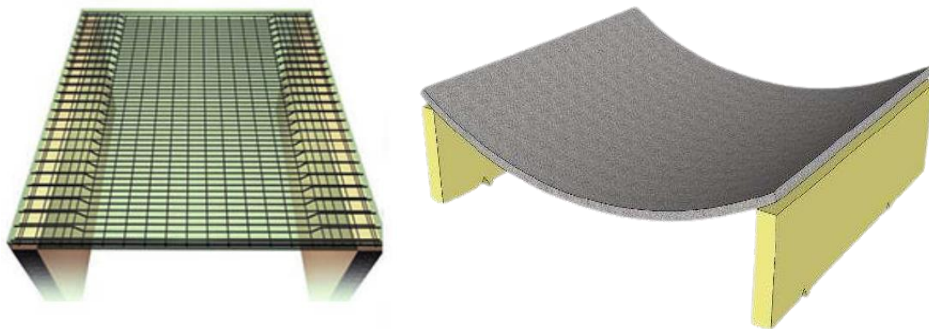
### 2.5.1 Perencanaan Pelat

Pelat lantai merupakan elemen struktur yang umumnya difungsikan unruk mendistribusikan beban mati dan beban hidup ke struktur utama lainnya, seperti balok dan kolom. Pada suatu konstruksi bangunan gedung, pelat terdiri dari pelat atap dan pelat lantai. Pelat atap merupakan struktur

yang tidak terlindungi dan memiliki ketebalan selimut beton yang lebih besar dibandingkan dengan pelat lantai. Pada umumnya struktur pelat lantai beton dalam suatu bangunan gedung dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Pelat satu arah (*One Way Slab*)

Pelat satu arah (*one way*) merupakan jenis pelat yang mengalami lendutan pada satu arah sumbunya. Hal ini mengandung arti bahwa tulangan lentur yang digunakan pun hanya satu arah, sesuai dengan arah lendutan palet yang terjadi. Pelat dikatakan satu arah apabila  $\frac{L_y}{L_x} \geq 2$ , dimana  $L_y$  adalah panjang sisi panjang dan  $L_x$  adalah panjang sisi pendek, karena slab ini akan menekuk dalam satu arah yaitu pada arah sepanjang rentang yang lebih pendek (Gambar 2.1).



**Gambar 2.1** Pelat Satu Arah

Untuk menentukan  $h$  minimum pelat digunakan tabel 2.2

**Tabel 2.2** Ketebalan Minimum Pelat Solid Satu Arah (Non-Prategang)

Kondisi tumpuan	$h^{[1]}$ Minimum
Tumpuan sederhana	$l/20$
Satu ujung menerus	$l/24$
Kedua ujung menerus	$l/28$
Kantilever	$l/10$

Sumber : SNI-2847-2019

Nilai yang tertera pada Tabel 2.2 berlaku untuk beton berat normal dan mutu baja 420 Mpa. Untuk  $F_y$  lebih dari 420 Mpa, maka persamaan pada tabel 2.2 harus di kalikan dengan  $(0,4 + f_y/700)$ . Adapun langkah perhitungan pelat lantai :



A. Beban mati, berat sendiri pelat, beban hidup serta beban rencana total ( $W_u$ ) menggunakan rumus :

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

Dengan :

$W_D$  = beban mati pelat (KN/m)

$W_L$  = beban hidup pelat (KN/m)

B. Momen yang bekerja arah x dan y berdasarkan SNI 2847:2019 didapatkan dari tabel momen berikut :

**Tabel 2.3** Kekuatan Momen Perlu untuk Pelat Bentang Tunggal Satu Arah

<p>Momen positif pada</p> <p>Bentang ujung:</p> $M_u^* = \frac{q_u \ell_n^2}{11}$ <p>Bentang interior:</p> $M_u^* = \frac{q_u \ell_n^2}{16}$
<p>Momen negatif di tumpuan pada</p> <p>Muka interior tumpuan eksternal:</p> $M_u = \frac{q_u \ell_n^2}{24}$ <p>Muka eksterior tumpuan internal pertama, hanya dua bentang:</p> $M_u = \frac{q_u \ell_n^2}{9}$ <p>Muka tumpuan internal, lebih dari dua bentang:</p> $M_u = \frac{q_u \ell_n^2}{10}$ <p>Muka semua tumpuan untuk pelat dengan bentang tidak melebihi 10 ft (3 m):</p> $M_u = \frac{q_u \ell_n^2}{12}$

C. Tinggi efektif pelat ( $d_{eff}$ ) menggunakan rumus berikut :

$$d_{eff} = h - \text{tebal selimut beton} - \left( \frac{\text{diameter tulangan}}{2} \right)$$

**Tabel 2.4** Tebal Selimut Beton

Paparan	Komponen Struktur	Tulangan	Tebal Selimut (mm)
Dicor dan secara permanen kontak dengan tanah	Semua	Semua	75
Terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Semua	D19 – D57	50
		D16, Kawat, Ø13 atau D13 dan yang lebih kecil	40
Tidak terpapar cuaca atau kontak dengan tanah	Pelat, pelat berusuk dan dinding	D43 dan D57	40
		D36 dan yang lebih kecil	20
	Balok, kolom, pedestal dan batang Tarik	Tulangan utama, sengkang, sengkang ikat, spiral dan sengkang pengekang	40

Sumber : SNI-2847-2019

D. Rumus mendapatkan nilai k untuk mencari  $\rho$  (rasio tulangan)

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d^2}$$

Dimana :

$R_n$  = Tahanan momen nominal (MPa)

$M_u$  = Momen terfaktor pada penampang (KN/m)

$b$  = Lebar penampang (mm)

$d$  = Tinggi efektif pelat (mm)

$\phi$  = Faktor kuat rencana

E. Rumus mencari rasio penulangan :

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

Dimana:

$M_u$  = Momen rencana/terfaktor pada penampang (KN.m)

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

$d$  = Tinggi efektif (mm)

$R_n$  = Tahanan momen nominal (MPa)

Dalam penggunaan  $p$  terdapat ketentuan, yakni  $p_{min} < p < p_{max}$

- 1) Jika  $p < p_{min}$ , maka menggunakan  $p_{min}$  dan  $A_s$  yang digunakan  $A_{smin}$ ,  $P_{min}$  untuk pelat lantai 0,0018 berdasarkan SNI 2847-2019
- 2) Jika  $p < p_{max}$ , maka pelat dibuat lebih tebal sehingga dilakukan perhitungan ulang.

F.  $A_s$  yang diperlukan menggunakan rumus :

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

Dimana :

$A_s$  = luas penampang ( $mm^2$ )

$\rho$  = rasio penulangan

$b$  = lebar penampang (mm)

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

G. Menggunakan tabel tulangan, pilih tulangan pokok yang akan dipasang. Periksa jarak maksimum antara tulangan dari pusat ke pusat  $3h$  atau 500 mm.

H. Pilih tulangan susut dan cek gaya geser. Untuk tulangan susut dihitung berdasarkan peraturan SNI 2847-2019, yaitu :

- 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

**Tabel 2.5** Rasio Tulangan Minimum

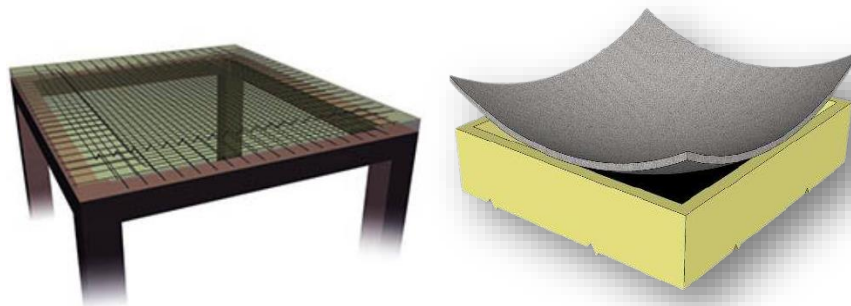
Jenis tulangan	$f_y$ MPa	Rasio tulangan minimum	
Batang ulir	< 420	0,0020	
Batang ulir atau kawat las	$\geq 420$	Terbesar dari:	$0,0018 \times 420$
			$f_y$
			0,0014

Sumber : SNI-2847-2019,553

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

## 2. Pelat dua arah (*Two Way Slab*)

Pelat dikatakan dua arah apabila  $\frac{L_y}{L_x} \leq 2$ , dimana  $L_y$  adalah panjang sisi panjang dan  $L_x$  adalah panjang sisi pendek, yang dimana pelat ini akan menekuk dalam dua arah (Gambar 2.2)



**Gambar 2.2** Pelat Dua Arah

Untuk Merencanakan pelat dua arah menggunakan rumus sebagai berikut :

A. Tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- 1) Untuk  $\alpha_m \leq 0,2$  harus menggunakan tabel 2.5

**Tabel 2.6** Tebal Minimum Pelat Dua Arah untuk  $\alpha_m \leq 0,2$

$f_y$ MPa	Tanpa Drop Panel			Dengan Drop Panel		
	Panel Eksterior		Panel Interior	Panel Eksterior		Panel Interior
	Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi		Tanpa balok tepi	Dengan balok tepi	
280	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$	$\ell_n/40$	$\ell_n/40$
420	$\ell_n/30$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/33$	$\ell_n/36$	$\ell_n/36$
520	$\ell_n/28$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/31$	$\ell_n/34$	$\ell_n/34$

Sumber : SNI 2847-2019

- 2) Untuk  $\alpha m$  lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0 ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{fy}{1500}\right)}{36+5\beta(\alpha m-0,2)}, \text{ dan tidak boleh kurang dari 120 mm}$$

- 3) Untuk  $\alpha$  lebih besar dari 0,2 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{fy}{1500}\right)}{36+9\beta}, \text{ dan tidak boleh kurang dari 90 mm}$$

Dimana :

$$\alpha = \frac{E_{eb} \cdot I_b}{E_{es} \cdot I_s}$$

$E_{eb}$  = modulus elastisitas balok beton

$E_{es}$  = modulus elastisitas pelat beton

$$\left(I_b = \frac{b \cdot h^3}{12}\right) = \text{inersia balok}$$

$$\left(I_s = \frac{ln \cdot t^3}{12}\right) = \text{inersia pelat}$$

$Ln$  = jarak bentang bersih

$h$  = tinggi balok

$t$  = tebal pelat

$\beta$  = rasio  $\left(\frac{\ln y}{\ln x}\right)$ ,  $\ln$  di ambil  $\ln y$  (panjang netto terpanjang)

- B. Beban rencana total ( $W_u$ ) menggunakan rumus :

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

$W_D$  = beban mati pelat (KN/M)

$W_L$  = beban hidup pelat (KN/m)

- C. Momen yang bekerja arah x dan y berdasarkan SNI 2847:2019 didapatkan dari tabel momen berikut :

**Tabel 2.7** Momen Panel Tepi dengan lb Sejajar Tepi Pelat Dua Arah yang di tumpu Girder, Balok atau Dinding Beton Bertulang.

$\beta = \ell_b / \ell_a$	Arah pendek, $\ell_a$			Arah panjang, $\ell_b$		
Rasio bentang panel	Momen negatif	Momen positif	Fraksi beban	Momen negatif	Momen positif	Fraksi beban
1,0	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{20}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{31}$	$\alpha_a = 0,50$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{20}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{31}$	$\alpha_b = 0,50$
1,1	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{17}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{26}$	$\alpha_a = 0,59$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{25}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{38}$	$\alpha_b = 0,41$
1,2	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{15}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{23}$	$\alpha_a = 0,67$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{30}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{45}$	$\alpha_b = 0,33$
1,3	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{13}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{20}$	$\alpha_a = 0,74$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{40}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{55}$	$\alpha_b = 0,26$
1,4	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{13}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{19}$	$\alpha_a = 0,80$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{50}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{70}$	$\alpha_b = 0,20$
1,5	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{12}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{17}$	$\alpha_a = 0,84$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{60}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{85}$	$\alpha_b = 0,16$
1,6	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{11}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{16}$	$\alpha_a = 0,87$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{75}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{100}$	$\alpha_b = 0,13$
1,7	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{11}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{16}$	$\alpha_a = 0,90$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{100}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{125}$	$\alpha_b = 0,10$
1,8	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{11}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{15}$	$\alpha_a = 0,92$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{120}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{150}$	$\alpha_b = 0,08$
1,9	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{11}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{15}$	$\alpha_a = 0,94$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{145}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{175}$	$\alpha_b = 0,06$
2,0	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{10}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{14}$	$\alpha_a = 0,96$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{165}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{200}$	$\alpha_b = 0,04$
> 2,0	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{9}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{11}$	$\alpha_a = 1,00$	Tulangan susut dan temperatur		$\alpha_b = 0,00$

**Tabel 2.8** Momen Panel Interior Pelat Dua Arah yang di tumpu Girder, Balok, atau Dinding Beton Bertulang.

Rasio bentang panel	Arah pendek, $\ell_a$			Arah panjang, $\ell_b$		
	Momen negatif	Momen positif	Fraksi beban	Momen negatif	Momen positif	Fraksi beban
1,0	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{22}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{42}$	$\alpha_a = 0,50$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{22}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{42}$	$\alpha_b = 0,50$
1,1	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{18}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{35}$	$\alpha_a = 0,60$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{25}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{50}$	$\alpha_b = 0,40$
1,2	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{16}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{30}$	$\alpha_a = 0,67$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{35}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{60}$	$\alpha_b = 0,33$
1,3	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{15}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{27}$	$\alpha_a = 0,74$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{40}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{75}$	$\alpha_b = 0,26$
1,4	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{14}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{25}$	$\alpha_a = 0,80$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{50}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{100}$	$\alpha_b = 0,20$
1,5	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{13}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{23}$	$\alpha_a = 0,84$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{65}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{120}$	$\alpha_b = 0,16$
1,6	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{13}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{22}$	$\alpha_a = 0,87$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{85}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{145}$	$\alpha_b = 0,13$
1,7	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{12}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{21}$	$\alpha_a = 0,90$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{110}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{180}$	$\alpha_b = 0,10$
1,8	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{12}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{20}$	$\alpha_a = 0,92$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{135}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{225}$	$\alpha_b = 0,08$
1,9	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{12}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{20}$	$\alpha_a = 0,93$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{160}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{275}$	$\alpha_b = 0,07$
2,0	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{11}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{18}$	$\alpha_a = 0,94$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{170}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{340}$	$\alpha_b = 0,06$
> 2,0	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{10}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{16}$	$\alpha_a = 1,00$	Tulangan susut dan temperatur		$\alpha_b = 0,00$

**Tabel 2.9** Momen Tepi Pelat Dua Arah di tumpu Girder, Balok, atau Dinding Beton Bertulang

$\beta = \ell_b/\ell_a$	Arah pendek, $\ell_a$			Arah panjang, $\ell_b$		
	Momen negatif	Momen positif	Fraksi beban	Momen negatif	Momen positif	Fraksi beban
1,0	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{30}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{39}$	$\alpha_a = 0,33$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{16}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{35}$	$\alpha_b = 0,67$
1,1	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{23}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{32}$	$\alpha_a = 0,42$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{19}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{40}$	$\alpha_b = 0,58$
1,2	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{19}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{26}$	$\alpha_a = 0,51$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{22}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{50}$	$\alpha_b = 0,49$
1,3	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{17}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{23}$	$\alpha_a = 0,59$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{27}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{60}$	$\alpha_b = 0,41$
1,4	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{15}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{20}$	$\alpha_a = 0,66$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{32}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{70}$	$\alpha_b = 0,34$
1,5	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{13}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{19}$	$\alpha_a = 0,72$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{40}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{85}$	$\alpha_b = 0,28$
1,6	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{12}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{17}$	$\alpha_a = 0,77$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{50}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{100}$	$\alpha_b = 0,23$
1,7	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{12}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{16}$	$\alpha_a = 0,81$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{60}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{125}$	$\alpha_b = 0,19$
1,8	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{11}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{15}$	$\alpha_a = 0,85$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{70}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{150}$	$\alpha_b = 0,15$
1,9	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{11}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{15}$	$\alpha_a = 0,88$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{85}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{175}$	$\alpha_b = 0,12$
2,0	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{10}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{14}$	$\alpha_a = 0,92$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{100}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{200}$	$\alpha_b = 0,08$
> 2,0	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{9}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{11}$	$\alpha_a = 1,00$	Tulangan susut dan temperatur		$\alpha_b = 0,00$

Sumber : SNI 2847-2019



**Tabel 2.10** Momen Panel Tepi dengan Sejajar Tepi Pelat Dua Arah di tumpu Girder, Balok, atau Dinding Beton Bertulang

$\beta = \ell_b/\ell_a$	Arah pendek, $\ell_a$			Arah panjang, $\ell_b$		
	Momen negatif	Momen positif	Fraksi beban	Momen negatif	Momen positif	Fraksi beban
1,0	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{16}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{35}$	$\alpha_a = 0,67$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{33}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{40}$	$\alpha_b = 0,33$
1,1	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{15}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{31}$	$\alpha_a = 0,74$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{35}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{50}$	$\alpha_b = 0,26$
1,2	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{14}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{28}$	$\alpha_a = 0,80$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{50}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{65}$	$\alpha_b = 0,20$
1,3	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{13}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{25}$	$\alpha_a = 0,85$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{70}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{85}$	$\alpha_b = 0,15$
1,4	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{13}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{23}$	$\alpha_a = 0,88$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{90}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{110}$	$\alpha_b = 0,12$
1,5	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{12}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{22}$	$\alpha_a = 0,91$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{115}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{135}$	$\alpha_b = 0,09$
1,6	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{12}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{21}$	$\alpha_a = 0,93$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{135}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{160}$	$\alpha_b = 0,07$
1,7	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{12}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{20}$	$\alpha_a = 0,94$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{165}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{185}$	$\alpha_b = 0,06$
1,8	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{12}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{20}$	$\alpha_a = 0,95$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{200}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{220}$	$\alpha_b = 0,05$
1,9	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{12}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{19}$	$\alpha_a = 0,96$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{250}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{270}$	$\alpha_b = 0,04$
2,0	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{11}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{18}$	$\alpha_a = 0,97$	$M_b = \frac{q_u \ell_b^2}{330}$	$M_b^* = \frac{q_u \ell_b^2}{340}$	$\alpha_b = 0,03$
> 2,0	$M_a = \frac{q_u \ell_a^2}{10}$	$M_a^* = \frac{q_u \ell_a^2}{16}$	$\alpha_a = 1,00$	Tulangan susut dan temperatur		$\alpha_b = 0,00$

Sumber : SNI 2847-2019

D. Tinggi efektif (deff) menggunakan rumus :

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

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

E. Rumus Tahanan Momen Nominal (Rn)

Faktor reduksi  $\Theta = 0,90$

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

F. Rumus rasio penulangan :

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

Dimana:

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

b = Lebar penampang (mm) diambil tiap 1 meter

d = Tinggi efektif (mm)

Rn = Tahanan momen nominal (MPa)

Dalam penggunaan p terdapat ketentuan, yakni  $p_{min} < p < p_{max}$

1) Jika  $p_{min} > p$ , maka pakai  $p_{min}$  dan As yang digunakan  $As_{min}$ .

2) Jika  $p_{max} < p$ , maka pakai  $p_{max}$

G. Luas tulangan (As) menggunakan rumus :

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

- Jumlah tulangan (n)

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

- Jarak antar tulangan (s)

$$s = \frac{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2}{As} \cdot 1000$$

### 2.5.2 Perencanaan Balok Anak

Balok anak adalah balok yang berfungsi sebagai pembagi atau pendistribusi beban. Pada bangunan bertingkat biasanya terlihat bahwa ujung-ujung balok anak terhubung pada balok induk. Meskipun berukuran lebih kecil daripada balok induk, penggunaan komponen ini untuk mendukung bentang kerja optimal dari pelat lantai. Adapun spesifikasi perhitungan dalam perencanaan balok anak sebagai berikut:

1. Menentukan dimensi balok, mutu beton dan mutu baja yang akan digunakan.

2. Menghitung pembebanan yang terjadi pada balok anak untuk kemudian di proses menggunakan program ETABS20 untuk mendapatkan gaya dalamnya.
3. Menentukan momen dan gaya geser maksimum berdasarkan dari hasil analisa menggunakan program ETABS20.
4. Menghitung tulangan lapangan dan tumpuan
  - A. Mencari nilai tahanan momen nominal ( $R_n$ )

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d_{eff}^2}$$

- B. Mencari nilai  $\rho$

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

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

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

$\beta_1 = 0,85$  (Jika  $17 \text{ Mpa} < f_c' < 28 \text{ MPa}$  dan  $f_y = 400 \text{ Mpa}$ )

$$\rho_{\text{maks}} = \left[ \frac{0,003 + \frac{f_y}{E_s}}{0,008} \right] \left[ 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \right]$$

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

Dimana :

$M_u$  = Momen rencana/terfaktor pada penampang (KN.m)

$b$  = Lebar penampang (mm)

$d_{eff}$  = Tinggi efektif (mm)

$\phi$  = Faktor reduksi rencana 0,9 (Sumber SNI-2847-2019, 469)

$E_s$  = Modulus elastisitas baja tulangan (Mpa)

- C. As yang diperlukan menggunakan rumus :

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

Dimana:

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

$\rho$  = rasio penulangan

$b$  = lebar penampang (mm)

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

D. Diameter tulangan yang dipakai syaratnya  $A_s$  terpasang  $\geq A_s$  direncanakan

E. Lakukan pemeriksaan akhir,  $\phi M_n > M_u$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$\phi M_n = \phi \cdot A_s \cdot F_y \left( d_{\text{eff}} - \frac{a}{2} \right)$$

Dimana:

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

$b$  = lebar penampang (mm)

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

$\phi$  = Faktor reduksi rencana 0,9

(Sumber SNI-2847-2019, 469)

## 5. Menghitung tulangan geser

A. Hitung gaya geser ultimit ( $V_u$ ) dari beban terfaktor yang bekerja pada struktur. Nilai  $V_u$  yang diambil sebagai dasar desain adalah nilai  $V_u$  pada lokasi penampang kritis, yaitu sejarak  $d$  dari muka tumpuan.

B. Nilai  $V_c$  dari persamaan :

$$V_c = (0,17 \lambda \sqrt{f_c}) b_w \cdot d$$

(SNI 2847 : 2019 hal 190)

C. Periksa nilai  $V_u$

1) Jika  $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$ , tidak dibutuhkan tulangan geser.

2) Jika  $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$ , dibutuhkan tulangan geser minimum, dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum.

3) Jika  $V_u > \phi V_c$ , tulangan geser harus disediakan langkah berikutnya.

D. Jika  $V_u > \phi V_c$ , hitung gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser menggunakan persamaan berikut:

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s \quad \text{atau} \quad V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

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

(Yudha Lesmana, hal 81)

E. Luas minimum tulangan geser adalah :

$$A_{v_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{b \cdot S}{f_y}$$

$$A_{v_1} = 2 \times \frac{1}{4} \pi d^2$$

F. Nilai  $V_{c1}$  dan  $V_{c2}$  dengan menggunakan persamaan berikut :

$$1) V_{c1} = 0,33 \sqrt{f_c} b_w \cdot d \rightarrow \text{Maka, } S = d/2 \text{ atau } 600 \text{ mm}$$

$$2) V_{c2} = 0,66 \sqrt{f_c} b_w \cdot d \rightarrow \text{Maka, } S = d/4 \text{ atau } 300 \text{ mm}$$

Apabila  $V_s$  lebih kecil dari  $V_{c1}$ , maka proses desain dapat dilakukan ke langkah berikutnya. Namun bila  $V_s$  lebih besar dari  $V_{c1}$  maka ukuran penampang harus diperbesar.

G. Jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan berikut :

$$S = \frac{A_{v_1}}{A_{v_{\min}}} \times 1000$$

H. Jarak maksimum tulangan sengkang sesuai dengan persyaratan dalam SNI-2847-2019. Jarak maksimum tersebut diambil dari nilai terkecil antara  $s_1$  dan  $s_2$  berikut ini :

$$1) S_2 = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm, jika } V_s \leq V_{c1} = 0,33 \sqrt{f_c} b_w \cdot d$$

$$2) S_2 = \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm, jika } V_{c1} < V_s \leq V_{c2} = 0,66 \sqrt{f_c} b_w \cdot d$$

$S_{\text{maks}}$  dipilih dari nilai terkecil dan jika nilai  $S_1$  yang dihitung lebih kecil dari  $S_{\text{maks}}$ , maka gunakan  $S_1$  sebagai jarak tulangan sengkang dan jika  $S_1$  yang dihitung lebih besar dari  $S_{\text{maks}}$ , maka gunakan  $S_{\text{maks}}$  sebagai jarak tulangan sengkang.

### 2.5.3 Perencanaan Tangga

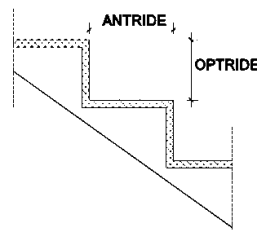
Tangga merupakan salah satu bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai alat penghubung lantai bawah dengan lantai yang ada di atasnya pada bangunan bertingkat dalam kegiatan tertentu.

1. Bagian – bagian tangga :

Secara garis besarnya tangga terdiri dari bagian – bagian seperti berikut :

### A. Anak Tangga (*Trede*)

- 1) *Antrede* (Langkah datar), adalah anak tangga dan pelat tangga bidang horizontal yang merupakan bidang pijak telapak kaki.
- 2) *Optrede* (Langkah tegak), adalah bagian dari anak tangga pada bidang vertikal yang merupakan selisih tinggi antara 2 buah anak tangga yang berurutan.



**Gambar 2.3** *Optride dan Antride*

### B. Bordes

Bordes adalah bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak luas dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila terasa lelah.

- 1) Pelengkap
  - a) Tiang sandaran
  - b) Sandaran (pegangan)

### 2. Syarat – syarat khusus tangga :

#### A. Untuk bangunan rumah tinggal

- 1) Antrede = 25 cm (minimum)
- 2) Optrede = 20 cm (maksimum)
- 3) Lebar tangga = 80-100 cm

#### B. Untuk perkantoran dan lain-lain :

- 1) Antrede = 25 cm (minimum)
- 2) Optrede = 17 cm (maksimum)
- 3) Lebar tangga = 120-200 cm

#### C. Syarat langkah

$$2 \text{ optrede} + 1 \text{ antrede} = 57-65 \text{ cm}$$

#### D. Syarat bordes = $L_n + 2a$

$$a = \text{antride} ; L_n = \text{Langkah}$$

E. Sudut kemiringan

Maksimum =  $45^\circ$

Minimum =  $25^\circ$

3. Untuk perhitungan tangga menggunakan rumus berikut :

A. Menentukan ukuran dan dimensi

1) Perkiraan tinggi optride 15 cm – 20 cm

2) Jumlah optride =  $\frac{\text{tinggi tangga}}{\text{ukuran optride}}$

3) Optride sebenarnya =  $\frac{\text{tinggi tangga}}{\text{jumlah optride}}$

4) Ln/1 langkah (57 – 65 cm)

2 Optride + 1 Antride = Ln/1 langkah

5) Sudut Kemiringan Tangga,  $\text{arc tan } \theta = \frac{\text{Optride}}{\text{Antride}}$

6) Tebal Pelat dan Bordes,  $h_{\min} = \frac{L}{20} \times \left(0,4 + \frac{fy}{700}\right)$

B. Menentukan Pembebanan

1) Pembebanan pelat tangga

a) Beban mati

Berat sendiri pelat tangga (Dapat dihitung otomatis melalui ETABS20) dan beban anak tangga.

b) Beban Hidup

Beban hidup yang berkerja pada tangga, dapat di lihat pada SNI 1727-2020

2) Pembebanan bordes

a) Beban mati

Berat sendiri pelat bordes (Dapat dihitung otomatis melalui ETABS20)

b) Beban hidup

Beban hidup yang berkerja pada bordes, dapat di lihat pada SNI 1727-2020

- 3) Perhitungan tangga untuk mencari gaya-gaya yang bekerja menggunakan ETABS20
- 4) Perhitungan tulangan tangga dan bordes menggunakan rumus berikut :

- a) Tinggi efektif ( $d_{eff}$ )

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

- b) Momen yang bekerja ( $M_u$ )

c) Tahanan momen nominal (MPa)  $R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d_{eff}^2}$

Dimana :

$R_n$  = Tahanan momen nominal (MPa)

$M_u$  = Momen terfaktor pada penampang (KN/m)

$B$  = Lebar penampang (mm)

$d_{eff}$  = Tinggi efektif pelat (mm)

$\phi$  = Faktor kuat rencana

- d) Rasio penulangan

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

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

- e) Luas tulangan ( $A_s$ )

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

- f) Tulangan yang diperlukan

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

- g) Kontrol lebar balok bordes, selanjutnya diperlukan cek momen yang dapat ditahan penampang

#### 2.5.4 Perencanaan Portal

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



yang lengkap. Portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati dan beban mati. Portal dihitung dengan menggunakan program ETABS.

Adapun perencanaan portal akibat beban mati dan beban hidup adalah sebagai berikut :

1. Portal akibat beban mati

Portal ini ditinjau pada arah memanjang dan melintang. Langkah-langkah menentukan pembebanan pada portal adalah sebagai berikut :

- A. Beban sendiri balok dapat dihitung otomatis di ETABS
- B. Beban sumbangan dari pelat
- C. Berat pasangan dinding (jika ada)

2. Portal akibat beban hidup

Beban hidup yang digunakan yaitu berat beban hidup sumbangan dari pelat dan harus sesuai dengan peraturan SNI-1727-2020 tentang pembebanan gedung dengan berdasarkan fungsi gedung yang akan digunakan.

3. Portal akibat beban hidup hujan

Beban hujan yakni beban yang berpengaruh langsung kepada lapisan atap sehingga dapat menambahkan beban yang diterima oleh portal.

### **2.5.5 Perencanaan Balok Induk**

Balok induk merupakan penyangga struktur utama pada bangunan yang secara fisik mengikat kolom-kolom utama bangunan. Seluruh gaya-gaya yang bekerja pada balok ini akhirnya didistribusikan ke pondasi melalui kolom bangunan. Langkah perhitungan balok induk sama seperti balok anak, yang membedakan hanya data momen lentur yang dihitung berdasarkan data gaya dalam dari perhitungan portal pada program ETABS20. Adapun spesifikasi perhitungan balok induk sebagai berikut :

- 1. Menentukan dimensi balok induk
- 2. Menentukan mutu beton dan baja yang akan digunakan
- 3. Menghitung pembebanan pada balok induk untuk diproses di program ETABS untuk mendapatkan data gaya dalamnya.

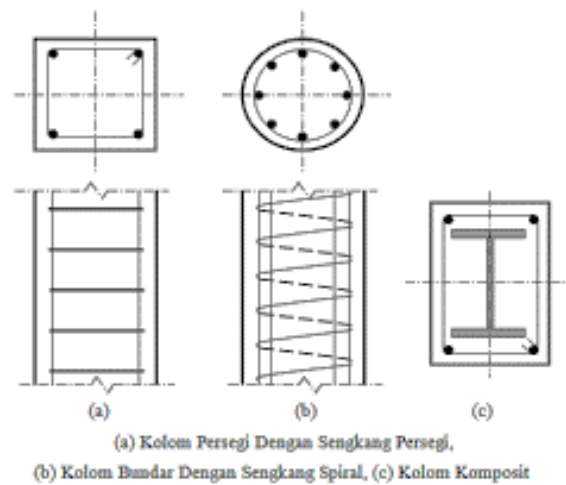
4. Menentukan momen tumpuan, lapangan dan gaya geser maksimum berdasarkan hasil analisa menggunakan program ETABS.
5. Menghitung tulangan tumpuan dan lapangan dengan skema rumus yang sama dengan perhitungan balok anak.
6. Menghitung penulangan geser dengan skema rumus perhitungan yang sama dengan perhitungan balok anak.

### **2.5.6 Perencanaan Kolom**

Kolom adalah salah satu komponen struktur vertikal yang secara khusus sebagai penyangga beban aksial tekan (dengan atau tanpa adanya momen lentur) dengan bagian tinggi yang ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral kecil. Kolom memikul beban vertikal yang berasal dari pelat lantai atau atap dan menyalurkannya ke pondasi. Karena kolom merupakan komponen tekan, maka kegagalan pada satu kolom dapat menyebabkan keruntuhan lantai yang bersangkutan dan keruntugan total seluruh struktur.

Berdasarkan jenis tulangan sengkang, adapun jenis kolom terbagi menjadi tiga kategori, diantaranya sebagai berikut :

1. Kolom dengan sengkang persegi, tulangan memanjang/vertikal dan disusun dengan jarak tertentu sepanjang tinggi kolom.
2. Kolom dengan bentuk spiral, tulangan memanjang dan meningkatkan daktilitas kolom berbentuk spiral
3. Kolom komposit, yaitu gabungan antara beton dan profil baja sebagai pengganti tulangan didalamnya.

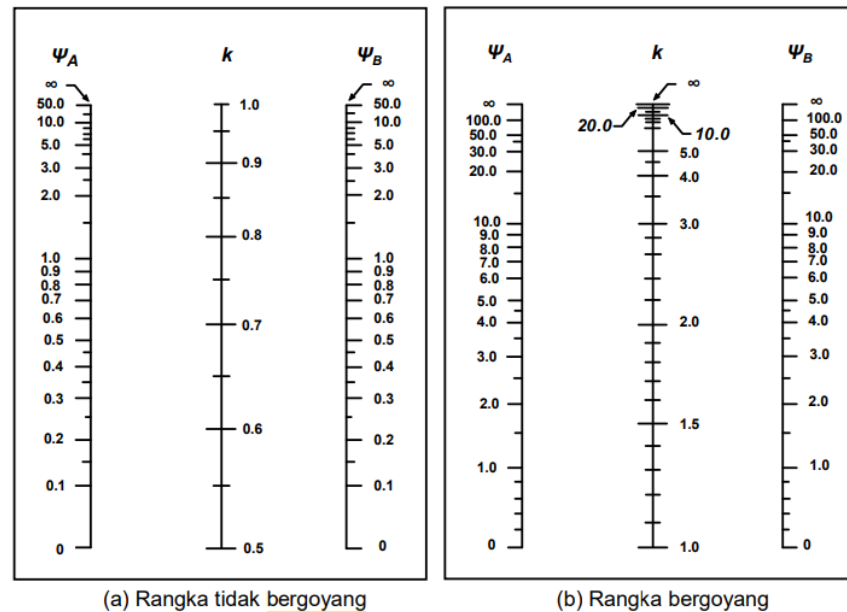


**Gambar 2.4** Jenis Kolom

Analisa penampang kolom, biasanya dapat diklasifikasikan berdasarkan eksentrisitasnya. Apabila eksentrisitasnya semakin besar, maka akan terjadi keruntuhan tarik yang ditunjukkan dengan didahului luluhnya batang tulangan tarik. Untuk keruntuhan tekan, apabila  $P_n$  melebihi gaya tekan dalam kondisi seimbang ( $P_n$ ) atau eksentrisitas lebih kecil daripada eksentrisitas pada kondisi seimbang ( $e_b$ ), maka penampang kolom akan mengalami keruntuhan tekan.

Setiap struktur bangunan beton bertulang harus mempunyai kolom-kolom dengan kekakuan yang sedemikian rupa sehingga untuk setiap pembebanan, stabilitas sktruktur secara keseluruhan tetap terjamin. Proses analisis dan desain untuk elemen kolom harus dipertimbangkan beberapa faktor bila kolom termasuk kolom panjang dan kolom pendek. Mulai dari tinggi/panjang kolom yang dipergunakan untuk menentukan rasio kelangsingan kolom ( $k_l$ ), ukuran penampang, rasio kelangsingan dan kondisi tumpuan ujung ( $\psi$ ).

$$\psi = \frac{\sum \left( \frac{EI}{l} \text{ kolom} \right)}{\sum \left( \frac{EI}{l} \text{ balok} \right)}$$



**Gambar 2.5** Diagram Nomogram Faktor Panjang Efektif Kolom ( $k$ )

Batasan antara kolom pendek dan kolom panjang sangat ditentukan oleh rasio kelangsingannya, pengaruh kelangsingan boleh diabaikan jika (a) dan (b) terpenuhi:

1. Untuk elemen struktur bergoyang  $\frac{k.lu}{r} < 22$
2. Untuk elemen struktur tidak bergoyang  $\frac{k.lu}{r} < 34 - 12 \left( \frac{M1}{M2} \right) < 40$

Dimana,

$M1$  = nilai lebih kecil di momen ujung terfaktor pada kolom ( $\pm$ )

$M2$  = nilai lebih besar di momen ujung terfaktor pada kolom (+)

$k$  = faktor penampang efektif

$lu$  = panjang terkekang dari elemen kolom

$r$  = jari-jari putaran dimana 0,3(h) untuk persegi, 0,25(D) untuk kolom bulat

Adapun spesifikasi perhitungan dalam perencanaan kolom sebagai berikut :

1. Pembebanan tulangan yang digunakan dan mutu bahan.
2. Eksentrisitas gaya yang terjadi dengan persamaan :

$$e = \frac{Mu}{Pu}$$

Dimana,

Mu = Momen

Pu = Gaya aksial rencana

periksa terhadap syarat eksentrisitas minimum ;

$$e_{\min} = 15 + 0,03 h$$

3. Jumlah luas penampang tulangan pokok memanjang dibatasi dengan rasio penulangan  $\rho g$  antara 1% - 8% .

$$A_{\text{Stotal}} = \rho g . b . d$$

4. Faktor tahanan ujung  $\psi_a$  dan  $\psi_b$  dengan rumus :

$$\Psi = \frac{\Sigma\left(\frac{EI}{lc}\right)}{\Sigma\left(\frac{EI}{lb}\right)}$$

Untuk ujung kolom yang berupa :

sendi nilai  $\psi = \infty$

jepit nilai  $\psi = 0$

Untuk mendapatkan nilai faktor panjang efektif kolom (k) pada diagram nomogram yaitu, hubungkan kedua nilai  $\Psi_a$  dan  $\Psi_b$  tersebut dengan suatu garis lurus yang akan memotong garis skala nilai k yang berada di tengah.

5. Angka kelangsingan kolom

6. Perbesaran momen

Untuk perhitungan El portal tidak bergoyang, maka :

$$\beta ds = \frac{1,2D}{1,2D+1,6L}$$

Untuk perhitungan El portal bergoyang, maka :

$$\beta ds = 0$$

Kekakuan lentur komponen struktur tekan:

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

$$Pc = \frac{\pi^2 EI}{(kl_u)^2}$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\Sigma Pu}{0,75 \cdot \Sigma Pc}}$$

$$Mc = \delta_s \cdot Mu$$

Sehingga

$$e = \frac{Mc}{Pu}$$

Dimana,

$E_c$  = modulus elastisitas beton

$E_s$  = modulus elastisitas baja tulangan

$I_g$  = momen inersia beton kotor

$I_{se}$  = momen inersia terhadap sumbu pusat penampang komponen struktur

$\beta ds$  = bagian dari momen rencana

7.  $P_u$  terhadap beban keadaan seimbang

$$cb = \frac{600 (def)}{600 + fy}$$

$$ab = \beta_1 \cdot Cb$$

$$\epsilon_s' = 0,003 \left( \frac{cb - d'}{cb} \right)$$

$$\epsilon_y = \frac{fy}{E_s}$$

Jika  $\epsilon_s' > \epsilon_y$  maka,  $f_s' = fy$

Jika  $\epsilon_s' < \epsilon_y$  maka,  $f_s' = \epsilon_s' \cdot E_s$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot ab \cdot b$$

$$C_s = A_s' \cdot f_s'$$

$$T = A_s \cdot fy$$

$$P_{nb} = C_c + C_s - T$$

$\emptyset \cdot P_{nb} > P_u \rightarrow$  Keruntuhan Tarik

$\emptyset \cdot P_{nb} < P_u \rightarrow$  Keruntuhan Tekan

Dimana :

$\emptyset = 0,65$  untuk kolom persegi

$\emptyset = 0,70$  untuk kolom spiral

Cek Kondisi Keruntuhan Tarik :

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f_c'}$$

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

$$P_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot d \cdot \left( \frac{h-2e}{2d} + \sqrt{\left(\frac{h-2e}{2d}\right)^2 + 2 \cdot m \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{d'}{d}\right)} \right)$$

Cek Kondisi Keruntuhan Tekan :

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$P_n = \left( \frac{A_s' \times f_y}{\theta \cdot (d-d') + 0,50} + \frac{b \times h \times f_c'}{\frac{3 \times h \times \theta}{d'} + 1,18} \right)$$

Apabila  $\phi \cdot P_n > P_u$  maka AMAN

8.  $P_n$  terhadap sumbu yang ditinjau

$$ab = \beta_1 \cdot c \text{ (dimisalkan)}$$

$$f_s = 600 \left( \frac{c-d'}{c} \right)$$

Gaya-gaya yang berkerja pada kolom :

$$C_c = 0,85 \cdot f_c \cdot ab \cdot b$$

$$T = A_s \cdot f_s$$

$$C_s = A_s' \cdot (f_s' - 0,85 \cdot f_c)$$

$$P_{n1} = C_c + C_s - T$$

$$e' = e + d''$$

$$P_{n2} = \frac{1}{e'} \times \left( C_c \left( d - \frac{ab}{2} \right) + C_s (d-d') \right)$$

$$\left( 1 - \frac{P_{n1}}{P_{n2}} \right) 100\% < 1\% \quad (\text{OK})$$

Dimana :

$C_c$  = Gaya tekan beton

$C_s$  = Gaya tekan baja tulangan

$T$  = Gaya tarik baja tulangan

9. Perhitungan kapasitas beban

$$P_o = 0,85 \cdot f_c \cdot A_g + A_{st} (f_y - 0,85 \cdot f_c)$$

Hitung  $P_n$  dengan persamaan *Resiprokal Brasler*:

$$\frac{1}{P_n} = \frac{1}{P_{ny}} + \frac{1}{P_{nx}} - \frac{1}{P_o}$$

Desain kolom dilakukan berdasarkan beban terfaktor yang tidak boleh lebih besar daripada kuat rencana penampang yaitu :

$$\phi M_n > M_n$$

$$\phi P_n > P_n$$

Dengan  $\phi = 0,65$  untuk sengkang persegi dan  $\phi = 0,70$  untuk sengkang spiral

#### 10. Perencanaan sengkang kolom

A. Jarak spasi tulangan sengkang tidak boleh besar dari nilai yang terkecil berikut ini:

- 1) 48 kali diameter sengkang
- 2) 16 kali diameter tulangan memanjang
- 3) Dimensi terkecil penampang kolom

B. Nilai  $V_u$  yang diambil sebagai dasar desain adalah nilai  $V_u$  pada lokasi penampang kritis, yaitu sejarak  $d$  dari muka tumpuan.

C. Nilai  $\phi V_c$  dari persamaan :

$$\phi V_c = \phi \left( 0,17 \cdot \left( 1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \right) \text{ bw} \cdot d$$

Dengan  $\phi = 0,75$

D. Nilai  $V_u$

- 1) Jika  $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$ , tidak dibutuhkan tulangan geser.
- 2) Jika  $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$ , dibutuhkan tulangan geser minimum, dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum
- 3) Jika  $V_u > \phi V_c$ , tulangan geser harus disediakan langkah berikutnya.

E. Jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan berikut

$$A_{V_{\min}} = 2 \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \phi_{\text{sengkang}}^2 \right)$$

$$A_{V_{\min}} = \frac{75 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot s}{1200 \cdot f_y}$$

$$A_{V_{\min}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{b \cdot s}{f_y}$$



$$S_1 = \frac{n \text{ kaki} \cdot \text{luas sengkang} \cdot \phi \text{sengkang}}{A_{\text{min pakai}}}$$

$$S_2 = \frac{A_v \cdot F_y t}{0,35 \cdot b} \geq \frac{A_v \cdot f_y}{0,62 \cdot b_w}$$

$$S_{\text{maks}} = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm, jika } V_s \leq V_{c1} = 0,33 \sqrt{f_c} b_w \cdot d$$

atau

$$S_{\text{maks}} = \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm, jika } V_{c1} < V_s \leq V_{c2} = 0,66 \sqrt{f_c} b_w \cdot d$$

### 2.5.7 Perencanaan Balok Sloof

Balok Sloof merupakan salah satu struktur bawah bangunan yang terletak diatas pondasi dan menghubungkan pondasi, fungsi dari *tie beam* sebagai penahan beban yang ada diatasnya seperti dinding, jendela, kusen dan sejenisnya, selain itu *tie beam* berfungsi sebagai pengikat antar kolom sehingga struktur bangunan menjadi kaku dan aman terhadap guncangan akibat angin, gempa dan lainnya. Adapun langkah-langkah perhitungan balok sloof sebagai berikut :

1. Perencanaan dimensi balok sloof
2. Menentukan mutu beton dan baja yang akan digunakan.
3. Penentuan pembebanan *tie beam* untuk kemudian akan diproses menggunakan program ETABS20 untuk mendapatkan gaya dalamnya.

Adapun pembebanannya adalah :

- A. Berat sendiri *tie beam*
  - B. Berat dinding
  - C. Berat plesteran
4. Menghitung momen dan gaya geser maksimum berdasarkan hasil analisa menggunakan program ETABS20.
  5. Penulangan yang direncanakan adalah :
    - A. Penulangan lapangan dan penulangan tumpuan
    - B. Penulangan geser

Dengan menggunakan skema rumus perhitungan yang sama dengan perhitungan balok sebelumnya.

### 2.5.8 Perencanaan Pondasi

Pondasi merupakan bagian struktur bangunan yang berada di bawah permukaan tanah berfungsi untuk memikul bangunan di atasnya dan mendistribusikan beban tersebut ke lapisan tanah pendukung, sehingga bangunan dalam keadaan stabil. Atas dasar definisi tentang pondasi ini maka jelas bahwa perencanaan pondasi harus dihitung dengan cermat terhadap beban-beban yang dipikul dikarenakan pondasi adalah bagian yang paling penting dalam konstruksi.

Pondasi dapat digolongkan berdasarkan dimana beban itu ditopang oleh tanah yang dihasilkan sehingga terdapat dua klasifikasi pondasi yaitu :

#### 1. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal merupakan pondasi yang mendukung bebannya secara langsung yang biasanya digunakan ketika permukaan tanah yang cukup kuat dan kaku untuk mendukung beban yang dikenakan, dimana jenis struktur yang didukungnya tidak terlalu berat dan tinggi. Pondasi dangkal umumnya memiliki kedalaman kurang  $\frac{1}{3}$  dari lebar pondasi sampai dengan kedalaman kurang dari 3m. Pondasi dangkal pada umumnya tidak cocok dalam tanah yang lemah seperti tanah urug dengan kepadatan yang sangat buruk dan juga pondasi dangkal tidak cocok untuk jenis tanah gambut. Adapun jenis-jenis pondasi dangkal seperti :

##### A. Pondasi Tapak (*Pad Foundations*)

Pondasi tapak digunakan untuk mendukung titik beban tunggal pada bangunan, seperti kolom struktural. Biasanya pondasi tapak dibangun dalam bentuk bulat (melingkar) dan juga persegi. Jenis pondasi ini biasanya dibangun dengan struktur lapisan beton bertulang dengan ketebalan yang sama .

##### B. Pondasi Memanjang (*Strip Foundations*)

Pondasi memanjang atau pondasi menerus adalah jenis pondasi yang digunakan untuk mendukung beban memanjang atau beban garis, baik untuk mendukung beban dinding atau beban kolom. Pondasi memanjang biasanya dapat dibuat dalam bentuk memanjang dengan

potongan persegi maupun trapesium. Jenis pondasi ini dibangun dengan campuran pasangan batu pecah, batu kali dan cor beton tanpa tulangan.

### C. Pondasi Rakit (*Raft Foundation*)

Pondasi rakit digunakan untuk menampung beban di area yang luas agar lebih menyebar. Pondasi rakit ini disusun dari pleat beton besar dengan beberapa jalur kolom-kolom bergaris sesuai permukaan tanah. Pondasi rakit terdiri dari pelat beton bertulang yang digunakan pada tanah lunak atau longgar yang daya tahannya rendah.

Tipe Fundasi	Fundasi Telapak	Fundasi Lajur	Fundasi Gabungan		Fundasi Rakit
			Segi Empat	Trapeusium	
Denah Fundasi					
Potongan					

**Gambar 2.6** Jenis-jenis Pondasi Dangkal

## 2. Pondasi Dalam

Pondasi dalam merupakan pondasi yang didirikan permukaan tanah dengan kedalaman tertentu dimana daya dukung dasar pondasi dipengaruhi oleh beban struktural dan kondisi permukaan tanah, pondasi dalam biasanya dipasang pada kedalaman lebih dari 3 m dibawah elevasi permukaan tanah. Suatu pondasi dapat dikategorikan sebagai pondasi dalam apabila perbandingan antara kedalaman dengan lebar pondasi lebih dari sepuluh ( $D_f/B > 10$ ). Pondasi dalam berfungsi untuk meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah keras yang berada jauh dari permukaan tanah. Adapun jenis-jenis pondasi dalam sebagai berikut :

### A. Pondasi *Bore Pile*

Bahan yang digunakan untuk tipe pondasi ini adalah beton bertulang yang di cor di tempat. Pelaksanaan pondasi tipe ini

mempunyai peralatan bor baik secara manual (diameter lubang bor max 30 cm) maupun menggunakan mesin bor untuk membuat lubang dengan kedalaman rencana. Setelah kedalaman sudah didapatkan kemudian pondasi pile dilakukan dengan pengecoran beton bertulang terhadap lubang yang sudah di bor.

#### B. Pondasi Tiang Pancang (*Pile*)

Bahan yang digunakan pada pondasi ini diantaranya bahan kayu (balok kayu) beton (berbentuk persegi, segitiga, maupun silinder), dan berbentuk sheet pile. Untuk memasukkan tiang pancang ke dalam bumi menggunakan alat berat, metode yang digunakan mendesak tiang ke dalam tanah bisa *hammer pile*, getar dan ditekan. Karena ujung tiang pancang lancip menyerupai paku oleh karena itu tiang pancang tidak memerlukan proses pengeboran.

Adapun spesifikasi dalam perhitungan pondasi adalah sebagai berikut :

#### 1. Perhitungan Pondasi

A. Menghitung daya dukung ijin melalui perhitungan berdasarkan data-data yang ada.

Kekuatan bahan tiang pancang :

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

Kekuatan tahanan :

$$Q_{\text{ijin}} = \frac{A_b \times p}{F_b} + \frac{O \times l \times c}{F_s}$$

B. Menentukan Jumlah Tiang dengan rumus :

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

Lalu didapat,

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

Maka,  $Q_{\text{ijin}}$  di ambil nilai terkecil antara  $Q_{\text{ijin}}$  dan  $Q_{\text{bahan}}$

Dimana :

L = Total panjang tiang (m)

D = Diameter penampang tiang (m)

Ab	= Luas penampang ujung tiang (m <sup>2</sup> )
O	= Keliling tiang (m)
Qult	= Kapasitas ultimit pondasi tiang tunggal (ton)
Qijin	= Kapasitas ijin pondasi tiang tunggal (ton)

## 2. Menentukan jarak antar tiang

Apabila setelah dilakukan perhitungan jumlah tiang pancang langkah-langkah perencanaan selanjutnya adalah menentukan jarak antar masing-masing tiang pancang. Jarak tiang sebesar sebesarnnya :

$$2,5 D \leq s \leq 3 D$$

Dimana,

S	= Jarak antar tiang
D	= Ukuran <i>pile</i> (tiang)

## 3. Menentukan efisiensi kelompok tiang berdasarkan metode *converse labarre*

$$\emptyset = \arctg \frac{B}{s}$$

$$Eg = 1 - \frac{\emptyset}{90} \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{m.n} \right]$$

Dimana,

Eg	= Efisiensi kelompok tiang
B	= Diameter tiang (m)
s	= jarak antar tiang (m)
m	= jumlah baris tiang dalam kelompok tiang (buah)
n	= jumlah kolom tiang dalam kelompok (buah)

## 4. Menentukan kekuatan tiang kelompok

$$Q_{ultigrup} = Q_{ijin} \times n \times Eg$$

## 5. Pengangkatan tiang pancang

A. Pengangkatan Pola 1 (pada waktu pemindahan)

Kondisi pengangkatan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan dua tumpuan

$$\begin{aligned} M1 &= M2 \\ 1/2qa^2 &= 1/8 q (L - 2a)^2 - 1/2 qa^2 \\ 4a^2 + 4aL - L^2 &= 0 \end{aligned}$$

Lalu hitung berat sendiri tiang pancang, menghitung momen yang timbul  $M1 = M2 = 1/2 qa^2$  dan  $D_{maks} = 1/2 Ql$

#### B. Pengangkatan Pola 2

Kondisi pengangkatan tiang pancang dan momen yang ditimbulkan dengan satu tumpuan

$$\begin{aligned} M1 &= M2 \\ 1/2 qa^2 &= 1/2 q \frac{L^2 - 2aL}{2(L-a)} \\ 2a^2 + 4aL - L^2 &= 0 \end{aligned}$$

Lalu hitung berat sendiri tiang pancang, menghitung momen yang timbul  $M1 = M2 = 1/2 qa^2$  dan  $D_{maks} = \frac{L^2 - 2aL}{2(L-a)}$  sehingga, dari dua kondisi pengangkatan diatas diambil nilai M dan  $D_{maks}$  yang paling besar.

#### 6. Memperhitungkan tulangan tiang pancang.

Perhitungan tulangan berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkutan

##### A. Tulangan pokok tiang pancang

Menentukan nilai  $\rho$ , apabila  $f_c' > 28$  MPa dan  $f_y = 400$  Mpa, maka

$$\begin{aligned} \beta_1 &= 0,85 - \frac{0,05(f_c' - 28)}{7} \\ \rho_{maks} &= \left[ \frac{0,003 + f_y/E_s}{0,008} \right] \left[ 0,85 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \right] \\ \rho &= \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot MU}{1,7 \cdot \phi \cdot f_c' \cdot b \cdot d^2}} \right] \\ \rho_{min} &= \frac{1,4}{f_y} \end{aligned}$$

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

Menentukan luas tulangan :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d$$

Dimana,

b = Ukuran tiang

d = Tinggi efektif

Menentukan jumlah tulangan:

$$n = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{1/4 \pi d^2}$$

Dimana,

As = Luas tulangan

d = diameter tulangan

B. Tulangan geser tiang pancang  $V_u$  didapatkan dari pola pemancangan

Hitung nilai  $\phi V_c$  dari persamaan :

$$\phi V_c = \phi (0,17 \lambda \sqrt{f_c}) b_w \cdot d$$

Dengan  $\phi = 0,75$

Periksa nilai  $V_u$

- Jika  $V_u < 1/2 \phi V_c$ , tidak dibutuhkan tulangan geser.
- Jika  $1/2 \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$ , dibutuhkan tulangan geser minimum, dapat dipasang tulangan sengkang vertikal berdiameter 10 mm dengan jarak maksimum
- Jika  $V_u > \phi V_c$ , tulangan geser harus disediakan langkah berikutnya.
- Jika  $V_u > \phi V_c$ , hitung gaya geser yang harus dipikul oleh tulangan geser menggunakan persamaan berikut:

$$V_u = \phi V_c + \phi V_s \quad \text{atau} \quad V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

Hitung jarak tulangan sengkang berdasarkan persamaan berikut :

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

Tentukan jarak maksimum tulangan sengkang sesuai dengan persyaratan dalam SNI-2847-2019. Jarak maksimum tersebut diambil dari nilai terkecil antara  $s_1$  dan  $s_2$  berikut ini :

- 1)  $S_2 = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm}$ , jika  $V_s \leq V_{c1} = 0,33 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d$
- 2)  $S_2 = \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm}$ , jika  $V_{c1} < V_s \leq V_{c2} = 0,66 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d$
- 3)  $S_3 = \frac{A_v \cdot f_y}{0,35 \cdot b_w}$ , untuk  $f_c' > 30 \text{ MPa}$

atau

- 4)  $S_3 = \frac{A_v \cdot f_y}{0,62 \cdot b_w}$ , untuk  $f_c' < 30 \text{ MPa}$

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

## 7. Memperhitungkan *pile cap*

*Pile cap* biasanya terbuat dari beton bertulang berfungsi untuk mengikat tiang-tiang pancang menjadi satu kesatuan dan memindahkan beban kolom kepada tiang. Adapun langkah-langkah menentukan perhitungan *pile cap* sebagai berikut:

- a. Menentukan beban yang bekerja, bisa dilihat dari analisa portal pada program ETABS20 untuk menentukan dimensi *pile cap*
- b. Menentukan tulangan yang akan digunakan dan jumlah kebutuhan tulangannya
- c. Kontrol kekuatan geser
  - 1) Untuk aksi dua arah

$$V_u = \frac{p_u}{2}$$

- 2) Geser dua arah di sekitar kolom

Nilai kuat geser pons dua arah untuk beton ditentukan dari nilai terkecil antara:

$$B_o = 2(a_1 + d) + 2(a_2 + d)$$

$$\phi V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{bc}\right) \sqrt{f_c'} \lambda b_o \cdot d$$

$$\phi V_{c2} = 0,083 \left(2 + \frac{a_1 \cdot d}{b_o}\right) \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$\phi V_{c3} = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$\text{Dengan } \phi = 0,75$$

Periksa nilai  $V_u$



- Jika  $V_u < \phi V_c$ , tidak dibutuhkan tulangan geser.
- Jika  $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$ , dibutuhkan tulangan geser,

3) Geser dua arah sekitar tiang pancang :

$$B_o = 2(h + c/2 + d/2)$$

$$\phi V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{bc}\right) \sqrt{f_c'} \lambda b_o d$$

$$\phi V_{c2} = 0,083 \left(2 + \frac{a_1 \cdot d}{b_o}\right) \sqrt{f_c'} \text{ b.d } 133,137$$

$$\phi V_{c3} = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \text{ b.d}$$

Dengan  $\phi = 0,75$

Periksa nilai  $V_u$

- Jika  $V_u < \phi V_c$ , tidak dibutuhkan tulangan geser.
- Jika  $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$ , dibutuhkan tulangan geser.

4) Untuk aksi dua arah

a) Gaya Geser Terfaktor

$$V_u = \frac{p_u}{2}$$

b) Gaya Geser Nominal

$$\phi V_c = \phi (0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'}) \text{ b.d}$$

Dengan  $\phi = 0,75$

Periksa nilai  $V_u$

- Jika  $V_u < \phi V_c$ , tidak dibutuhkan tulangan geser.
- Jika  $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u \leq \phi V_c$ , dibutuhkan tulangan geser.

d. Perhitungan Tulangan Senggang Pile

$$\phi V_{Sperlu} = V_u - \phi V_c$$

$$V_{Sperlu} = \frac{\phi V_{Sperlu}}{\phi}$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$V_{Sperlu} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$V_{S1} = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b_w \cdot d$$

Dalam menentukan jarak maksimum tulangan sengkang harus sesuai dengan persyaratan dalam SNI-2847-2019. Jarak maksimum tersebut diambil dari nilai terkecil antara  $s_1$  dan  $s_2$  berikut ini :

$$1) S_2 = \frac{d}{2} \leq 600 \text{ mm, jika } V_s \leq V_{c1} = 0,33 \sqrt{f_c} b_w \cdot d$$

$$2) S_2 = \frac{d}{4} \leq 300 \text{ mm, jika } V_{c1} < V_s \leq V_{c2} = 0,66 \sqrt{f_c} b_w \cdot d$$

$$3) S_3 = \frac{A_v \cdot f_y}{0,35 \cdot b_w}, \text{ untuk } f_c' > 30 \text{ MPa}$$

atau

$$4) S_3 = \frac{A_v \cdot f_y}{0,62 \cdot b_w}, \text{ untuk } f_c' < 30 \text{ MPa}$$

e. Perhitungan Tulangan Pokok Pasak

1) Kuat tekan rencana kolom

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

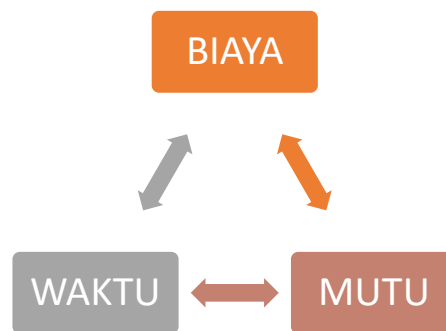
$\Phi P_n > P_u$ , maka beban pada kolom dapat dipindahkan dengan dukungan saja. Tetapi disyaratkan untuk menggunakan tulangan pasak minimum

2) Kontrol Panjang penyaluran tulangan pasak

$$L_{db} = 0,25 \times f_y \times \frac{d_b}{\sqrt{f_c'}} \geq 0,04 \times f_y \times d_b$$

## 2.6 Manajemen Proyek

Manajemen proyek merupakan proses POAC yaitu merencanakan (*planning*), mengorganisir (*organizing*), pengarahan (*actuating*) dan pengawasan (*controlling*) untuk mencapai tujuan proyek dan menggunakan sumber daya proyek yang ada agar mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Yang dimana proyek konstruksi diharapkan dapat menyelaraskan antara biaya proyek yang ekonomis, menghasilkan mutu pekerjaan yang berkualitas dan selesai tepat waktu, karena biaya, mutu dan waktu merupakan elemen yang saling mempengaruhi.



**Gambar 2.7** Siklus Biaya, Mutu, Waktu (BMW)

### 2.6.1 Dokumen Tender

#### 1. Gambar Rencana

Gambar rencana atau *as plan drawing* adalah gambar tahap pertama untuk sebuah proyek yang hanya dibuat sebagai pelengkap keperluan pelanggan. Gambar rencana tersebut digunakan sebagai acuan untuk melaksanakan proyek. Umumnya gambar ini tidak membahas secara detail tetapi hanya terdiri dari gambar-gambar utama saja. Gambar rencana terdiri dari berbagai jenis gambar yang memberikan informasi terkait denah, sisi, tampilan dan sedikit detail terkait bangunan yang akan dibuat, gambar yang harus ada setidaknya dalam mengikuti proses lelang antara lain :

- A. Gambar Layout
- B. Gambar Denah
- C. Gambar Tampak
- D. Gambar Potongan
- E. Gambar Detail

#### 2. Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS)

Rencana kerja dan syarat-syarat merupakan dokumen yang berisikan nama proyek berikut dengan penjelasan-penjelasan berupa jenis, besar dan lokasinya, serta tata cara pelaksanaan dan keterangan-keterangan lainnya yang hanya dapat dijelaskan dalam bentuk tulisan. RKS ini

biasanya diberikan bersamaan dengan gambar yang semua menjelaskan mengenai proyek yang akan dilaksanakan.

RKS sebagai kelengkapan gambar kerja harus dibuat selengkap mungkin dengan maksud agar di dalam pelaksanaan pekerjaan tidak timbul kesulitan. Kalimat dalam RKS diusahakan agar disusun sedemikian rupa, sehingga cukup jelas, terperinci, mudah dipahami dan tidak menimbulkan keragu-raguan. Berikut di bawah ini contoh penyusunan RKS yang format daftar isi penulisannya tertulis secara terperinci :

#### A. BAB I Syarat-Syarat Umum

Bab I Syarat-syarat umum ini berisi keterangan atau penjelasan tentang:

1. Pemberi Tugas / Pemilik Proyek (Bouwheer).
2. Mengenai Perencana, Pengawas, Pemborong/ Kontraktor.
3. Mengenai Syarat Peserta Lelang.
4. Mengenai Prosedur pengadaan/pelelangan mulai dari bentuk Surat Penawaran dan cara penyampaiannya.

#### B. BAB II Syarat-syarat Administrasi

Bab II ini biasanya berisi tentang hal-hal sebagai berikut :

1. Peraturan- peraturan pelaksanaan.
2. Rencana kerja.
3. Jangka Waktu Pelaksanaan Pekerjaan.
4. Tanggal Waktu Penyerahan.
5. Syarat Pembayaran.
6. Denda Atas Keterlambatan.
7. Besar Jaminan Penawaran.
8. Besar Jaminan Pelaksanaan.
9. Penandatanganan Surat Perjanjian Pemborongan (kontrak).
10. Pekerjaan tambah/ kurang.
11. Buku harian, laporan-laporan (harian, mingguan)
12. Pemberian pekerjaan kepada pihak ketiga.
13. Perselisihan.
14. Risiko.

15. Aturan pembayaran; dan lain-lain

### C. BAB III Syarat-syarat Teknis

Bab III ini biasanya berisi tentang hal-hal sebagai berikut :

1. Jenis dan Uraian Pekerjaan.
2. Jenis dan Mutu Bahan yang digunakan.
3. Cara Pelaksanaan Pekerjaan mulai dari bagian pekerjaan persiapan sampai dengan pekerjaan penyelesaian
4. Merk Material / Bahan.

#### **2.6.2 Rencana Anggaran Biaya**

Rencana Anggaran Biaya atau disebut RAB ini adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah tenaga kerja, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Tujuan RAB ini adalah untuk memberikan gambaran yang pasti mengenai bentuk konstruksi, besar biaya dan pelaksanaan atau penyelesaian yang dimana dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat.

##### 1. 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.

##### 2. Analisa Harga Satuan

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

Dari volume dan harga satuan tersebut dapat disusun rencana anggaran biayanya yang disesuaikan dengan jenis pekerjaannya seperti contoh :

1. Pekerjaan persiapan meliputi :
  - Pekerjaan mobilisasi alat dan bahan
  - Pekerjaan pembersihan lahan
  - Pekerjaan pemasangan bowplank
2. Pekerjaan pondasi meliputi :
  - Pekerjaan galian tanah
  - Pekerjaan lantai kerja
  - Pekerjaan urugan pasir
  - Pekerjaan pasangan batu kali
  - Pekerjaan urugan tanah kembali
3. Pekerjaan dinding meliputi :
  - Pekerjaan pasangan dinding bata
  - Pekerjaan plesteran
  - Pekerjaan acian
4. Pekerjaan beton bertulang meliputi :
  - Pekerjaan sloof
  - Pekerjaan kolom
  - Pekerjaan ring balok
  - Pekerjaan lantai beton
5. Pekerjaan atap meliputi :
  - Pekerjaan rangka atap
  - Pekerjaan penutup atap
  - Pekerjaan kerpis
  - Pekerjaan lis plank
6. Pekerjaan plafond meliputi:
  - Pekerjaan rangka plafond
  - Pekerjaan plafond
7. Pekerjaan lantai meliputi:
  - Pekerjaan urugan tanah

- Pekerjaan lantai kerja pekerjaan pasir urug
  - Pekerjaan screed lantai
  - Pekerjaan lantai keramik
8. Pekerjaan landscape meliputi :
- Pekerjaan urugan tanah
  - Pekerjaan kanstin
  - Pekerjaan paving block
  - Pekerjaan penanaman tanaman
  - Pekerjaan kolam taman
9. Pekerjaan pintu dan jendela meliputi :
- Pekerjaan pintu
  - Pekerjaan jendela
  - Pekerjaan boven

Dari masing-masing item pekerjaan tersebut dihitung volume pekerjaan dan analisa harga satuannya masing-masing kemudian dibuat rekapitulasi harga pekerjaan.

### **2.6.3 Rekapitulasi Anggaran Biaya**

Rekapitulasi harga bangunan merupakan bagian akhir dari perhitungan rencana anggaran biaya bangunan yang berfungsi untuk merekap hasil perhitungan analisa harga satuan sehingga mudah dibaca dan dipahami. Sebelum membuat rekapitulasi harga bangunan terlebih dahulu dihitung harga tiap – tiap item pekerjaannya. Rekapitulasi anggaran biaya hanya diwakilkan dengan masing masing sub pekerjaannya. Adapun contoh sub pekerjaan yang dituliskan didalam rekapitulasi anggaran biaya antara lain :

1. Pekerjaan persiapan
2. Pekerjaan pondasi
3. Pekerjaan dinding
4. Pekerjaan beton bertulang
5. Pekerjaan atap
6. Pekerjaan plafond

7. Pekerjaan lantai
8. Pekerjaan landscape
9. Pekerjaan pintu dan jendela

#### **2.6.4 Rencana Pelaksanaan**

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

Dalam menyelesaikan pekerjaan konstruksi dibutuhkan suatu perencanaan waktu yang akan diperlukan untuk menyelesaikan tiap pekerjaan yang akan dilaksanakan.

*Network Planning* merupakan salah satu model yang digunakan dalam menyelenggarakan proyek, dimana produknya adalah kegiatan-kegiatan yang ada dalam proyek dan informasi yang dihasilkan adalah sumber daya yang digunakan.

Kegunaan dari *Network Planning* adalah :

- A. Mengkoordinasikan berbagai pekerjaan
- B. Mengetahui apakah suatu pekerjaan bebas atau tergantung dengan pekerjaan lainnya
- C. Mengetahui logika proses yang berlangsung dan hasil proses itu sendiri

Proses penyusunan *Network Planning* secara garis besar meliputi :

1. Mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek
2. Menyusun hubungan logika ketergantungan antar kegiatan
3. Memberikan perkiraan waktu untuk setiap kegiatan
4. Mengidentifikasi jalur kritis dan float
5. Menentukan jadwal yang paling ekonomis dan meminimalkan fluktuasi pemakaian sumber daya

Terdapat beberapa teknik atau metode yang digunakan dalam menuliskan network planning, yaitu sebagai berikut :

- A. Metode diagram grafik (Chart Method Diagram), digunakan untuk perencanaan dan pengendalian proyek dalam bentuk diagram grafik.



- B. Teknik manajemen jaringan (Network Management Technique), digunakan untuk perencanaan dan pengendalian proyek berbasis teknologi informasi (IT).
- C. Prosedur dalam penilaian program (Program Evaluation Procedure), digunakan untuk merencanakan, mengendalikan, dan menilai kemajuan suatu program.
- D. Analisis jalur kritis (Critical Path Analysis), digunakan untuk penjadwalan dan mengendalikan sumber daya proyek.
- E. Metode jalur kritis (Critical Path Method), digunakan untuk menjadwalkan dan mengendalikan proyek yang sudah pernah dikerjakan sehingga data, waktu dan biaya setiap unsur kegiatan telah diketahui oleh evaluator.
- F. Teknik menilai dan meninjau kembali (Program Evaluation and Review Technique), digunakan pada perencanaan dan pengendalian proyek yang belum pernah dikerjakan.

Adapun Simbol-simbol yang digunakan dalam menggambarkan suatu network planning adalah sebagai berikut :

#### A. Anak Panah

Simbol anak panah ini menunjukkan sebuah kegiatan atau aktivitas. Kegiatan adalah segala tindakan yang memakan waktu tertentu dalam pemakaian atau penggunaan sejumlah material, tenaga kerja, serta peralatan produksi (resources) yang ada. Kepala anak panah menunjukkan arah tiap kegiatan, yang menunjukkan bahwa suatu kegiatan dimulai pada permulaan dan berjalan maju sampai akhir dengan arah dari kiri ke kanan.

#### B. Lingkaran

Simbol lingkaran menunjukkan suatu kejadian (event), baik kejadian atas berakhir atau selesainya suatu kegiatan tertentu atau kejadian dimulainya kejadian yang lain jadi dalam hal ini berarti bahwa satu simbol lingkaran itu sekaligus menunjukkan dua buah kejadian yaitu, kejadian selesainya kegiatan yang satu serta dimulainya kegiatan yang

lain. Titik awal dan akhir dari sebuah kegiatan karena itu dijabarkan dengan dua kejadian yang biasanya dikenal sebagai kejadian kepala dan ekor. Kegiatan-kegiatan yang berawal dari saat kejadian tertentu tidak dapat dimulai sampai kegiatan-kegiatan yang berakhir pada kejadian yang sama diselesaikan.

### C. Anak Panah Putus-putus

Simbol anak panah yang terputus-putus menunjukkan kegiatan semu (dummy activity), yang digunakan untuk memperbaiki logika ketergantungan dari gambar diagram network, jadi sebenarnya kegiatan tersebut tidak ada, akan tetapi hanya digunakan untuk mengalihkan arus anak panah guna memperbaiki kebenaran logika urutan kegiatan proses produksi. Kegiatan semu itu memiliki tiga sifat, yaitu:

1. Waktu yang digunakan untuk melakukan kegiatan tersebut adalah relative sangat pendek dibandingkan dengan kegiatan biasa. Oleh karena itu maka kegiatan semu ini dianggap tidak memerlukan waktu.
2. Menentukan boleh tidaknya kegiatan selanjutnya dilakukan. Hal ini berarti bahwa apabila kegiatan semu itu belum selesai dikerjakan maka kegiatan selanjutnya belum boleh dimulai.
3. Dapat mengubah jalur kritis dan waktu kritis.

Aturan yang digunakan dalam menggambar network planning adalah sebagai berikut:

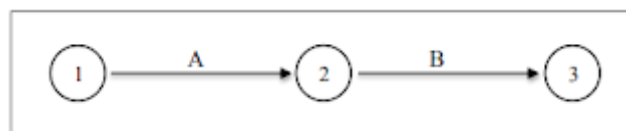
- A. Di antara dua kejadian yang sama, hanya boleh digambarkan satu anak panah.
- B. Nama suatu aktivitas dinyatakan dengan huruf atau dengan nomor kejadian.
- C. Aktivitas harus mengalir dari kejadian bernomor rendah ke kejadian bernomor tinggi.
- D. Diagram hanya memiliki sebuah saat paling cepat dimulainya kejadian (initial event) dan sebuah saat paling cepat diselesaikannya kejadian (terminal event).

Menurut Haming dan Nurnajamuddin (2011), langkah-langkah penyusunan diagram jaringan kerja (network planning) adalah sebagai berikut:

- A. Merumuskan visi (vision) dan tujuan (goals) dari proyek, visi dan tujuan proyek akan menjadi dasar perumusan kegiatan.
- B. Mengidentifikasi pekerjaan yang harus diselesaikan pada proyek yang bersangkutan.
- C. Mengidentifikasi urutan pelaksanaan pekerjaan sehingga pengerjaan berlangsung secara sistematis.
- D. Mengidentifikasi waktu pengerjaan setiap pekerjaan yang ada.
- E. Membuat diagram pengerjaan proyek.
- F. Menetapkan jalur kritis proyek.
- G. Menghitung standar deviasi jalur kritis proyek.
- H. Menghitung probabilita penyelesaian proyek sesuai yang diminta oleh pemilik proyek.
- I. Menghitung biaya nyata proyek.
- J. Mengevaluasi alternatif percepatan yang mungkin.

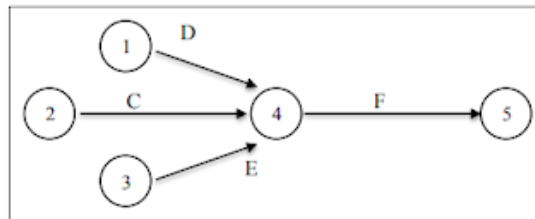
Menurut Dimiyati dan Dimiyati (2011), untuk menggambar dan membaca network diagram yang menyatakan logika ketergantungan, perlu diketahui hubungan antar simbol dan kegiatan yang ada dalam sebuah proyek. Adapun hubungan atau ketergantungan antar simbol dan kegiatan network planning adalah sebagai berikut :

1. Jika kegiatan A harus diselesaikan dahulu sebelum kegiatan B dapat dimulai. Adapun contoh diagramnya seperti pada gambar 2.7.



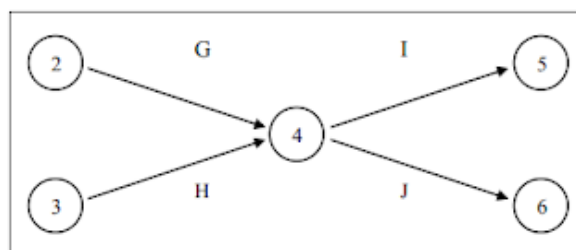
**Gambar 2.8** Diagram Pekerjaan yang Saling Berkelanjutan

2. Jika kegiatan C, D, dan E harus selesai sebelum kegiatan F dapat dimulai. Adapun contoh diagramnya seperti pada gambar 2.8.



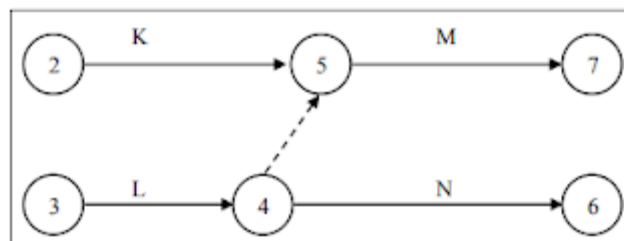
**Gambar 2.9** Diagram Multi Pekerjaan yang Saling Berhubungan

3. Jika kegiatan G dan H harus selesai sebelum kegiatan I dan J. Adapun contoh diagramnya seperti pada gambar 2.9.



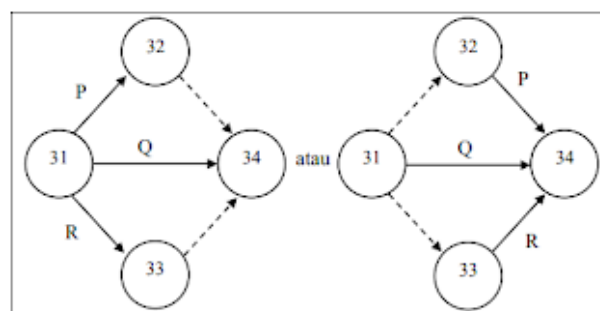
**Gambar 2.10** Diagram Multi Pekerjaan yang Saling Berhubungan

4. Jika kegiatan K dan L harus selesai sebelum kegiatan M dapat dimulai, tetapi kegiatan N sudah boleh dimulai bila kegiatan L sudah selesai. Adapun contoh diagramnya seperti pada gambar 2.10.



**Gambar 2.11** Diagram Multi Pekerjaan yang Saling Berhubungan

5. Jika kegiatan P, Q, dan R mulai dan selesai pada lingkaran kejadian yang sama. Adapun contoh diagramnya seperti pada gambar 2.11.



**Gambar 2.12** Diagram Multi Pekerjaan yang Saling Berhubungan

## 2. Barchart dan Kurva S

*Barchart* merupakan salah satu bentuk penjadwalan waktu yang berfungsi untuk menyelesaikan suatu jenis pekerjaan. Dengan diagram batang tersebut diharapkan pekerjaan dapat diselesaikan pada waktu yang direncanakan. Pada diagram ini menguraikan tentang uraian setiap pekerjaan mulai dari tahap awal sampai berakhirnya pekerjaan, bobot pekerjaan dan pelaksanaan pekerjaan.

Menurut Husen (2009) Kurva S atau *Hanumm curve* adalah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanumm berdasarkan pengamatan terhadap sejumlah proyek sejak awal hingga akhir proyek. Sehingga kurva s dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkannya terhadap jadwal rencana, dari sinilah diketahui apakah ada keterlambatan atau percepatan jadwal proyek.