

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Teori Umum**

Konstruksi suatu bangunan merupakan suatu kesatuan dan rangkaian dari beberapa elemen yang dirancang mampu menerima beban dari luar maupun beban dari dalam (berat sendiri) tanpa mengalami perubahan bentuk yang melampaui batas persyaratan. Untuk melakukan suatu konstruksi bangunan dilakukan terlebih dahulu tahap perancangan.

Perancangan adalah suatu kegiatan yang sangat penting sebelum dilakukannya pelaksanaan proyek. Kesalahan dalam perancangan akan mengakibatkan terjadinya kegiatan dalam suatu proyek. Perancangan yang baik dan sangat matang tidak hanya dapat mengurangi kerugian tetapi juga dalam menghasilkan konstruksi yang baik dan aman serta dapat menghemat waktu dan tenaga dalam pengerjaannya. Ada tiga aspek yang harus diperhatikan perencana dalam melakukan analisis struktur yakni beban, kekuatan bahan dan keamanan. Adapun tahapan perancangan sebuah konstruksi bangunan antara lain sebagai berikut:

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

Pada tahapan pra-perancangan ini, ahli struktur harus mampu membantu arsitek untuk memilih komponen-komponen penting pada struktur bangunan yang akan dirancang, baik dimensinya maupun posisi struktur tersebut. Dan pada pertemuan pertama biasanya arsitek akan datang dan membawa informasi mengenai sketsa denah, gambar tampak dan potongan, penjelasan fungsi setiap lantainya, konsep awal gedung, serta rencana komponen non-struktural.

##### 2. Tahap Perancangan

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

###### a. Perancangan bentuk arsitektur bangunan

Dalam kegiatan perancangan arsitektur bangunan, seorang perancang belum memperhitungkan kekuatan bangunan sepenuhnya, namun perancang

telah mencoba merealisasikan keinginan-keinginan dari pemilik bangunan sesuai dengan desain yang diinginkan.

b. Perancangan struktur (konstruksi) bangunan

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

## 2.2 Ruang Lingkup

Ruang lingkup atau batasan-batasan yang meliputi dalam perancangan Gedung Pendidikan SMK-Sekolah Menengah Teknologi Industri Bandar Lampung yaitu:

1. Perancangan Struktur

a. Struktur Atas

Struktur bangunan atas harus mampu mewujudkan perencanaan estetika dari segi arsitektur dan harus mampu menjamin mutu baik dari segi struktur yaitu keamanan maupun kenyamanan bagi penggunaannya. Adapun struktur atas dari suatu bangunan antara lain:

- i. Struktur Pelat
- ii. Struktur Balok
- iii. Struktur Tangga
- iv. Struktur Portal
- v. Struktur Kolom

b. Struktur Bawah

Struktur bangunan bawah merupakan sistem pendukung bangunan yang menerima beban dari struktur atas, untuk diteruskan ke tanah yang berada dibawahnya. Adapun struktur bawah pada suatu bangunan yaitu:

- i. Sloof
- ii. Pondasi

## 2. Dasar-Dasar Perhitungan

Dalam perancangan struktur Gedung SMK-Sekolah Menengah Teknologi Industri Bandar Lampung, penulis berpedoman pada peraturan-peraturan yang telah ditetapkan dan berlaku di Indonesia. Peraturan-peraturan yang digunakan antara lain:

- a. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (Berdasarkan SNI 2847:2019)
- b. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2020)
- c. *Handbook* Desain Struktur Beton Bertulang Yudha Lesmana (2020)
- d. Perancangan Struktur Beton Bertulang Agus Setiawan (2013)

Menurut SNI 1727:2020, beban adalah gaya aksi atau lainnya akibat berat seluruh bahan bangunan, penghuni dan barang-barang yang dimilikinya, efek lingkungan, perbedaan pergerakan dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi. Beban – beban tersebut antara lain:

### i. 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, serta plafond juga termasuk jenis beban mati. Terdapat dua tabel beban mati menurut Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1989 seperti tabel 2.1 dan 2.2 dibawah ini:

Tabel 2.1 Berat Sendiri Bahan Bangunan Gedung

Bahan Bangunan	Berat Sendiri
Baja	7.850 kg/m <sup>3</sup>
Batu alam	2.600 kg/m <sup>3</sup>
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500 kg/m <sup>3</sup>
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m <sup>3</sup>
Batu pecah	1.450 kg/m <sup>3</sup>
Besi tuang	7.250 kg/m <sup>3</sup>
Beton	2.200 kg/m <sup>3</sup>
Beton bertulang	2.400 kg/m <sup>3</sup>

<b>Bahan Bangunan</b>	<b>Berat Sendiri</b>
Kayu (Kelas 1)	1.000 kg/m <sup>3</sup>
Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa ayak)	1.650 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan bata merah	1.700 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2.200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu cetak	2.200 kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu karang	1.450 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (kering udara sampai lembab)	1.600 kg/m <sup>3</sup>
Pasir (jenuh air)	1.800 kg/m <sup>3</sup>
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1.850 kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700 kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2.000 kg/m <sup>3</sup>
Timah hitam (timbel)	11.400 kg/m <sup>3</sup>

Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1989, hal 2

Tabel 2.2 Berat Sendiri Komponen Bangunan Gedung

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

Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung 1989, hal2-3

**Catatan:**

- Nilai ini tidak berlaku untuk beton pengisi.
- Untuk beton getas, beton kejut, beton mampat dan beton padat lain sejenis, berat sejenis, berat sendirinya harus ditentukan tersendiri.
- Nilai ini adalah nilai rata-rata; untuk jenis-jenis kayu tertentu lihat Pedoman Perencanaan Konstruksi Kayu.

ii. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang termasuk dalam kategori beban gravitasi, yaitu timbul akibat penggunaan suatu gedung selama masa layan gedung tersebut. Kategori yang dimaksudkan dalam penggolongan beban hidup diantaranya; beban manusia, kendaraan, barang/benda yang berpindah yang letaknya tidak permanen. Oleh karena besar dan lokasi beban hidup yang berubah, maka penentuan beban hidup dengan tepat merupakan suatu hal yang cukup sulit. Khusus pada pelat atap beban hidup dapat termasuk beban air hujan, akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energi kinetik) butiran air. Berikut uraian beban hidup yang tertuang pada Standar Nasional Indonesia 2013 yang biasa digunakan dalam perhitungan konstruksi pada tabel 2.3 dibawah ini:

Tabel 2.3 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum,  $L_o$  dan beban hidup terpusat minimum

Hunian atau penggunaan	Merata $L_o$ psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat Ib (kN)
Sistem lantai akses:		
Ruang kantor	50 (2,4)	2.000 (8,9)
Ruang komputer	100 (4,79)	2.000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18)	
Ruang pertemuan:		
Kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	
Lobi	100 (4,79)	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	
Panggung pertemuan	150 (7,18)	
Lantai podium	100 (4,79)	
Tribun penonton stadion dan arena dengan kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	
Ruang pertemuan lainnya	100 (4,79)	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah	

Hunian atau penggunaan	Merata $L_o$ psf ( $kN/m^2$ )	Terpusat Ib (kN)
	yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 $kN/m^2$ )	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor: Lantai pertama Lantai lain	100 (4,79) Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Ruang Makan dan restoran	100 (4,79)	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Dudukan mesin elevator (pada daerah 2 in. x 2 in. [50 mm x 50 mm])		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan (pada area 1 in. x 1 in. [25 mm x 25 mm])		200 (0,89)
Jalur penyelamatan saat kebakaran	100 (4,79)	
Hunian satu keluarga saja	40 (1,92)	
Tangga permanen		Lihat pasal 4.5.4
Garasi/parkir (lihat pasal 4.10) Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92) Lihat pasal 4.10.2	Lihat pasal 4.10.1 Lihat pasal 4.10.2
Pegangan tangga dan pagar pengaman Batang pegangan	Lihat pasal 4.5.1	Lihat pasal 4.5.1 Lihat pasal 4.5.2
Helipad Helikopter dengan berat lepas landas sebesar 3.000 lb (13,35kN) atau kurang Helikopter dengan berat lepas landas sebesar 3.000 lb (13,35 kN)	40 (1,92) 60 (2,87)	Lihat pasal 4.11 Lihat pasal 4.11.2 Lihat pasal 4.11.2
Rumah sakit: Ruang operasi, Laboratorium Ruang Pasien Koridor diatas lantai pertama	60 (2,87) 40 (1,92) 80 (3,83)	1.000 (4,45) 1.000 (4,45) 1.000 (4,45)
Hotel		Lihat rumah tinggal
Perpustakaan: Ruang baca Ruang penyimpanan Koridor diatas lantai pertama	60 (2,87) 150 (7,18) 80 (3,83)	1.000 (4,45) 1.000 (4,45) 1.000 (4,45)
Pabrik: Ringan Berat	125 (6,00) 250 (11,97)	
Gedung perkantoran: Ruang arsip dan computer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian	100 (4,79)	2.000 (8,90)

Hunian atau penggunaan	Merata $L_o$ psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat Ib (kN)
Lobi dan koridor lantai pertama	50 (2,40)	2.000 (8,90)
Kantor: Koridor di atas lantai pertama	80 (3,83)	2.000 (8,90)
Lembaga Hukum: Blok Sel Koridor	40 (1,92) 100 (4,79)	
Tempat Rekreasi: Tempat bowling, biliard, dan penggunaan sejenis	75 (3,59)	
Ruang dansa dan ballroom Gimnasium	100 (4,79) 100 (4,79)	
Rumah tinggal: Hunian satu keluarga dan dua keluarga: Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang Loteng yang dapat dihuni dan ruang tidur Semua orang kecuali tangga Semua hunian rumah tinggal lainnya Ruang pribadi dan koridornya Ruang public Koridor ruang publik	10 (0,48) 20 (0,96) 30 (1,44) 40 (1,92) 40 (1,92) 100 (4,79) 100 (4,79)	
Atap: Atap datar, berhubung dan lengkung  Atap yang digunakan penghuni Atap untuk tempat berkumpul Atap vegetatif dan atap lansekap Atap bukan untuk hunian  Atap untuk tempat berkumpul Atap untuk penggunaan lainnya  Awning dan kanopi Atap konstruksi <i>fabric</i> yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan Rangka penumpu layar penutup Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang	20 (0,96) Sama dengan penggunaan yang dilayani 100 (4,70) 20 (0,96) 100 (4,79) Sama dengan penggunaan yang dilayani 5 (0,24) 5 (0,24) Berdasarkan area tributari dari atap yang didukung oleh komponen struktur rangka 20 (0,96)	200 (0,89) 200 (8,90)

Hunian atau penggunaan	Merata $Lo$ psf (kN/m <sup>2</sup> )	Terpusat Ib (kN)
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 pekerjaanya, dan garasi bengkel Semua komponen struktur atap utama lainnya Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		300 (1,33) 300 (1,33)
Sekolah: Ruang kelas Koridor diatas lantai pertama Koridor lantai pertama	40 (1,92) 80 (3,83) 100 (4,79)	1.000 (4,45) 1.000 (4,45) 1.000 (4,45)
<i>Scuttles</i> , rusuk untuk atap kaca dan langit – langit yang dapat diakses		200 (0,89)
Jalan di pinggir untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/jalan untuk truk-truk	250 (11,97)	8.000 (35,60)
Tangga dan jalan keluar Rumah tinggal untuk satu atau dua keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	300 (1,33) 300 (1,33)
Gudang diatas langit-langit	20 (0,96)	
Gudang penyimpanan dan pekerja (harus dirancang untuk beban lebih berat jika diperlukan Ringan Berat	125 (6,00) 250 (11,97)	
Toko Eceran: Lantai Pertama Lantai diatasnya Grosir, di semua lantai	100 (4,79) 75 (3,59) 125 (6,00)	
Penghalang Kendaraan		Lihat Pasal 4.5.3
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79)	

Sumber : Standar Nasional Indonesia 1727 : 2013

### iii. Beban Angin

Beban angin didistribusikan merata pada kolom yang berada di dinding terluar bangunan sesuai dengan aturan SNI 1727-2020; Tabel 26.6-1; Faktor arah angin (Kd).



#### iv. Beban Hujan

Beban hujan adalah beban akibat akumulasi massa air yang terjadi di atap selama hujan bercurah tinggi. Proses ini, yang disebut sebagai genangan, Sebagian besar terjadi di atap datar. Genangan di atap terjadi Ketika limpasan setelah curah hujan kurang dari jumlah air yang tertahan di atap

#### v. Beban Kombinasi

Setiap komponen struktur dirancang sedemikian rupa agar dapat memikul besarnya beban yang lebih besar daripada beban layan atau aktual guna memberikan jaminan keamanan terhadap kegagalan struktur. Berdasarkan persyaratan dalam SNI 1727:2020 besarnya kuat perlu,  $U$  yang harus dipertimbangkan sebagai kondisi paling kritis yang harus dipikul suatu elemen struktur adalah:

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

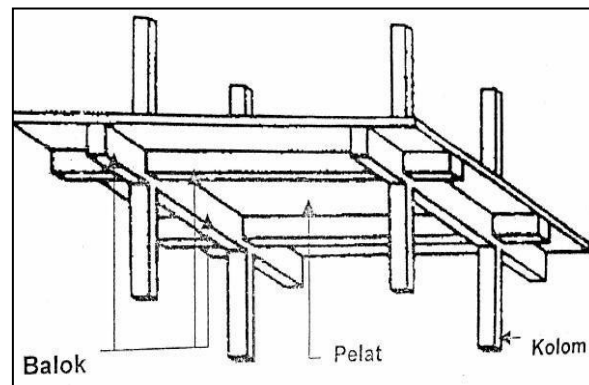
## 2.3 Perhitungan Struktur

Dalam pekerjaan suatu konstruksi bangunan, diperlukan beberapa perhitungan struktur agar hasil perhitungan dapat menjadi acuan dan konstruksi dapat menahan beban dengan sempurna. Berikut struktur-struktur dalam perancangan:

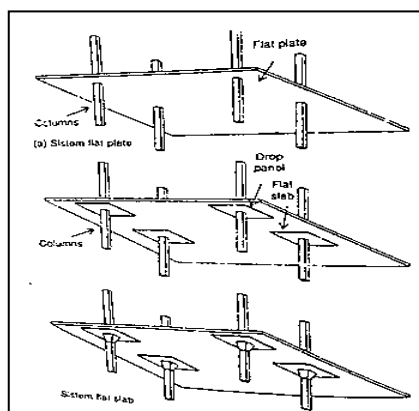
### 2.3.1 Struktur Atas

#### 1. Pelat Lantai

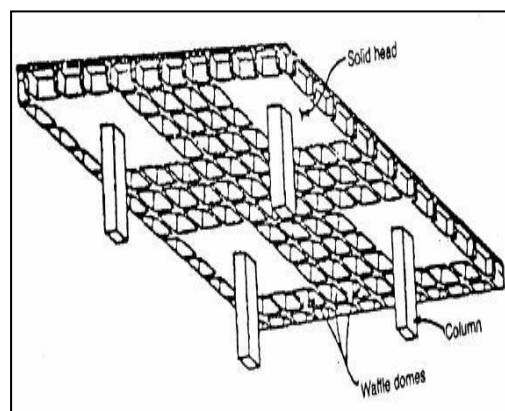
Pelat atau slab beton bertulang merupakan suatu sistem lantai atap yang paling banyak digunakan pada bangunan. Pelat merupakan komponen tipis yang menahan gaya-gaya trasversal melalui aksilentur ke masing-masing tumpuan. Pelat juga berfungsi untuk menyalurkan beban hidup, baik yang bergerak maupun statis ke elemen pemikul beban vertikal yaitu balok, kolom dan dinding. Berikut tipe-tipe pelat ditunjukkan pada gambar 2.1 s/d 2.3



Gambar 2.2 Sistem Pelat Balok



Gambar 2.1 Sistem Flat Slab



Gambar 2.3 Sistem Pelat Grid

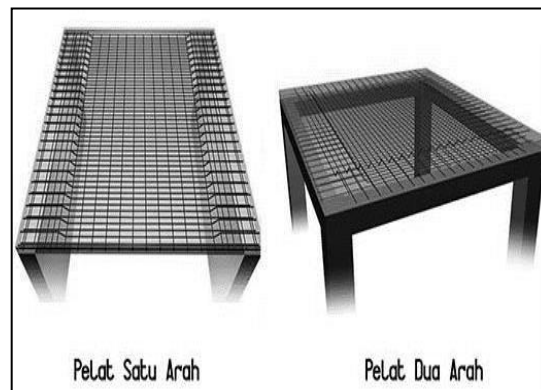
Adapun beban- beban yang bekerja pada pelat antara lain:

- a. Beban Mati (WD)
  - i. Berat sendiri pelat atap
  - ii. Beban yang diterima oleh pelat akibat adanya adukan mortar, plafond dan penggantung plafond
- b. Beban Hidup (WL)

Berdasarkan SNI 1727-2020 beban hidup untuk sekolah sebagai berikut:

- i. Beban hidup pelat atap  $0,96 \text{ kN/m}^2$ .
- ii. Pelat lantai selasar sebesar  $3,83 \text{ kN/m}^2$ .
- iii. Pelat lantai kelas sebesar  $1,92 \text{ kN/m}^2$ .

Secara umum, pelat lantai dibagi menjadi dua tipe yaitu pelat satu arah (*One Way Slab*) dan pelat dua arah (*Two Way Slab*) seperti ditunjukkan pada gambar 2.4 dibawah ini:



Gambar 2.4 Konstruksi Pelat Satu Arah dan Dua arah

### 1) Pelat Satu Arah (*One Way Slab*)

Pada pelat satu arah (*one way*) arah lendutan selalu terjadi pada arah memendek dari bentang pelat. Untuk menentukan pelat tersebut satu arah adalah dengan melihat perbandingan antara bentang bersih terpanjang ( $L_y$ ) dibagi dengan bentang bersih terpendek ( $L_x$ ) dari pelat tersebut ( $L_y/L_x$ ). Bila nilai ( $L_y/L_x > 2$ ), maka pelat tersebut dikategorikan sebagai pelat satu arah (*one way*).

### 2) Pelat Dua Arah (*Two Way Slab*)

Sistem pelat yang ditumpu pada ke-empat sisinya dan mempunyai perbandingan antara bentang terpanjang terhadap bentang pendek tidak lebih dari 2. Dimana  $L_y$  sebagai sisi pelat terpanjang dan  $L_x$  sebagai sisi terpendek ( $L_y/L_x \leq 2$ ) harus dianalisis sebagai pelat dua arah.

#### a) Perancangan Pelat Dua Arah

1. Pada tebal minimum ( $h$ ) tidak boleh kurang dari batasan pada tabel Ketebalan minimum plat dua arah tanpa balok interior (mm) dalam SNI 2847:2019 pada tabel 2.1 dibawah ini:

Tabel 2.4 Ketebalan minimum plat dua arah tanpa balok interior (mm)

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

2. Pelat dua arah dengan balok diantara tumpuan disebua sisi ketebalan pelat keseluruhan  $h$  harus memenuhi batasan dalam SNI 2847:2019 sebagai berikut:

- Untuk  $0,2 \leq \alpha_{fm} \leq 2,0$  tebal pelat minimum adalah:

$$h_{\min} = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1500}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \dots\dots\dots (2.1)$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

- Untuk  $\alpha_{fm} \geq 2,0$  tebal pelat minimum adalah:

$$h_{\min} = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots (2.2)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

3. Tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk besi tulangan harus memenuhi ketentuan dalam SNI 2847:2019:460.

4. Menghitung  $\alpha_m$  masing-masing panel

$$\alpha = \frac{I_{\text{balok}}}{I_{\text{pelat}}} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\alpha_m = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4}{n} \dots\dots\dots (2.4)$$

5. Menghitung beban rencana pelat ( $W_u$ )

$$W_u = 1,2WDL + 1,6WLL \dots\dots\dots (2.5)$$

6. Menghitung momen rencana ( $M_u$ )

Berdasarkan Tabel 13.3.1 Momen di dalam pelat persegi yang menumpu pada keempat tepinya akibat beban terbagai rata (PBI'71).

			$l_y/l_x$	1,0	1,1	1,2	1,3
I		$M_{lx} = +0,001$	$qlx^2 X$	44	52	59	66
		$M_{ly} = +0,001$	$qlx^2 X$	44	45	45	44
II		$M_{lx} = +0,001$	$qlx^2 X$	21	25	28	31
		$M_{ly} = +0,001$	$qlx^2 X$	21	21	20	19
		$M_{tx} = -0,001$	$qlx^2 X$	52	59	64	69
		$M_{ty} = -0,001$	$qlx^2 X$	52	54	56	57
III		$M_{lx} = +0,001$	$qlx^2 X$	28	33	38	42
		$M_{ly} = +0,001$	$qlx^2 X$	28	28	28	27
		$M_{tx} = -0,001$	$qlx^2 X$	68	77	85	92
		$M_{ty} = -0,001$	$qlx^2 X$	68	72	74	76

7. Parameter  $R_n$  dan  $m$ 

$$R_n = \frac{Mn}{bd^2} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$m = \frac{fy}{0.85 \times fc} \dots\dots\dots (2.6)$$

## 8. Rasio penulangan

Sesuai yang telah ditentukan pada SNI 2847;2019.

$$\rho = \frac{0.85 \times fc'}{fy} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times Rn}{0.85 \times fc'}} \right) \dots\dots\dots (2.7)$$

$$\rho_{min} = 0,002$$

9. Luas tulangan ( $A_s$ )

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d \dots\dots\dots (2.8)$$

## 10. As dari besi tulangan yang dipakai

$$A_s \text{ tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \dots\dots\dots (2.9)$$

## 11. Jarak antar tulangan (s)

Berdasarkan SNI 2847-2019, nilai maksimal spasi pelat adalah harus kurang dari 3h atau 450 mm.

atau

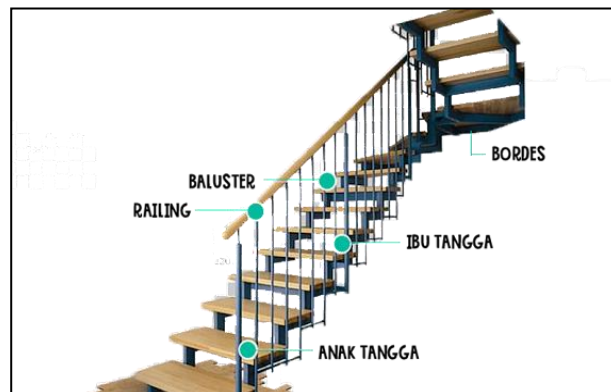
$$S \text{ pakai} = \frac{A_s \text{ Tulangan (D10)}}{A_s} \times b \dots\dots\dots (2.10)$$

## 12. Menentukan tulangan pokok yang akan dipasang

## 13. Memasang tulangan sesuai hasil perhitungan

## 2. Tangga

Tangga merupakan salah satu bagian struktur dari bangunan yang berfungsi sebagai penghubung antar lantai pada bangunan bertingkat. Tangga dapat terbuat dari kayu, baja, beton maupun batu bata. Tangga memiliki bagian-bagian seperti 2.5 dibawah ini:



Gambar 2.5 Bagian-Bagian Tangga

a. Syarat-syarat khusus tangga:

i. Untuk bangunan rumah tinggal

a) *Antride* = 25 cm (minimum)

b) *Optride* = 20 cm (maksimum)

c) Lebar tangga = 80 – 100 cm

ii. Untuk perkantoran dan lain-lain

a) *Antride* = 25 cm (minimum)

b) *Optride* = 17 cm (maksimum)

c) Lebar tangga = 120 – 200 cm

iii. Syarat langkah

a) Cara 1 =  $2 \text{ Optride} + 1 \text{ Antride} = 57 \text{ s/d } 65 \text{ cm}$

b) Cara 2 =  $2 \text{ Optride} + 1 \text{ Antride} = 77 \text{ s/d } 85 \text{ cm}$

iv. Sudut kemiringan tangga

a) Maksimum =  $45^\circ$

b) Minimum =  $25^\circ$

v. Syarat 1 (satu) anak tangga

$$2 \text{ Optride} + 1 \text{ Antride} = 57\text{-}60 \text{ cm} \dots\dots\dots(2.10)$$

vi. Menghitung panjang bordes (L)

$$L = I_n + 1,5 a \text{ s/d } a \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan:

L = panjang bordes

$I_n$  = ukuran satu langkah normal (57 – 65 cm)

a = *antride* (17,5 – 20 cm)

b. Perencanaan Struktur Tangga

i. Perencanaan Tangga

1) Penentuan ukuran *antride* dan *optride*

$$- \text{antride} = l_n - 2 \text{optride}$$

$$- \text{tinggi optride sebenarnya} = \frac{h}{\text{jumlah optride}}$$

2) Penentuan jumlah *antride* dan *optride* =  $\frac{h}{\text{tinggi optride}}$

3) Panjang tangga = jumlah *optride* x lebar *antride*

4) Sudut kemiringan tangga =  $\text{arc tan } x \frac{\text{tinggi tangga}}{\text{panjang} \times \text{tangga}}$

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

ii. Penentuan Pembebanan pada Anak Tangga

1) Beban Mati ( $W_D$ )

a) Berat sendiri anak tangga

b) Berat sendiri bordes

c) Berat 1 (satu) anak tangga (Q) per  $m^1$

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

d) Berat spesi dan ubin

2) Beban Hidup ( $W_L$ )

Berdasarkan SNI-1727-2020 beban hidup untuk tangga sebesar 4,79  $kN/m^2$

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

iv. Perhitungan tulangan tangga

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

$$d = (h - t_s - \phi_s - \frac{1}{2} D_t) \dots \dots \dots (2.12)$$

2) Menentukan rasio tulangan ( $\rho$ ) dalam penggunaan  $\rho$  ada ketentuan, yaitu;

$$\rho = \frac{0,85 \times f_c'}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times k}{0,85 \times f_c'}} \right) \dots \dots \dots (2.13)$$

$$\rho_{\min} = 0,0020$$

- 3) Menghitung  $A_s$  yang diperlukan oleh pelat untuk memikul momen lentur yang terjadi ( $\text{mm}^2$ )

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d \dots\dots\dots(2.14)$$

- 4)  $A_s$  dari besi tulangan yang dipakai

$$A_s \text{ tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \dots\dots\dots(2.15)$$

- 5) Jarak antar tulangan (s)

$$S \text{ pakai} = \frac{A_s \text{ Tulangan (D10)}}{A_s} \times b \dots\dots\dots(2.16)$$

- 6) Tentukan tulangan pokok yang dipasang

- 7) Menentukan penulangan balok bodres

Ulangi langkah-langkah pada penentuan tulangan tangga dikarenakan sama.

- 8) Periksa apakah balok bordes membutuhkan tulangan geser, dan gambar penulangan tangga dan balok bordes sesuai hasil hitungan.

### 3. Balok

Balok adalah batang horizontal dari rangka struktural yang memikul beban tegak lurus sepanjang batang tersebut (biasanya berasal dari dinding, pelat atau atap bangunan) dan menyalurkannya pada tumpuan atau struktur dibawahnya. Balok juga berfungsi sebagai pengekang dari struktur kolom. Dalam perencanaannya, suatu balok dapat mempunyai bermacam-macam ukuran atau dimensi sesuai dengan jenis dan besar beban yang akan dipikul oleh balok itu sendiri. Namun dimensi tersebut harus memiliki efisiensi tinggi agar dapat memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sebagai standard perhitungan struktur beton di Indonesia saat ini.

Berdasarkan perencanaan lentur ada beberapa macam bentuk balok beton bertulang, antara lain:

- a. Balok Persegi dengan Tulangan Tunggal Balok persegi dengan tulangan tunggal merupakan balok yang hanya mempunyai tulangan tarik saja dan dapat mengalami keruntuhan akibat lentur.
- b. Balok Persegi dengan Tulangan Rangkap Apabila besar penampang suatu balok dibatasi, mungkin dapat terjadi keadaan dimana kekuatan tekan beton



tidak dapat memikul tekanan yang timbul akibat bekerjanya momen lentur. Makadari itu di pasang tulangan dibagian serat tertekan.

- c. Balok T Balok T merupakan balok yang berbentuk huruf T dan bukan berbentuk persegi, sebagian dari pelat akan bekerja sama dengan bagian atas balok untuk memikul tekan. Perencanaan balok T adalah proses menentukan dimensi tebal dan lebar flens, lebar dan tinggi efektif badan balok dan luas tulangan baja tarik.

Berdasarkan tumpuannya ada beberapa macam bentuk balok beton bertulang, antara lain:

#### 1. Balok Induk

Balok induk adalah balok yang bertumpu pada kolom dan balok yang menghubungkan tarik kolom dengan kolom lainnya. Balok ini berguna untuk memperkecil tebal pelat dan mengurangi besarnya lendutan yang terjadi. Balok induk direncanakan berdasarkan gaya maksimum yang bekerja pada balok yang berdimensi sama. Untuk merencanakan Balok induk, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, diantaranya:

- Menentukan mutu beton yang akan digunakan
- Menghitung pembebanan yang terjadi (Beban Mati, Beban Hidup, Beban Sendiri balok)

#### 2. Balok Anak

Balok anak adalah balok yang bertumpu pada balok induk atau tidak bertumpu langsung pada kolom. Balok anak ini berguna untuk memperkecil tebal pelat dan mengurangi besarnya lendutan yang terjadi.

#### 3. Balok Bagi

Balok bagi adalah balok yang menghubungkan balok dengan balok anak lainnya / balok anak dengan balok induk.

(Sumber: Dipohusodo, Istimawan. Struktur Beton Bertulang. Gramedia Pustaka Utama)

#### A. Perencanaan Lentur Balok

Secara umum, ketentuan perencanaan elemen balok diatur dalam SNI 2847-2019; Pasal 9; Hal-178. Berikut akan dibahas pasal-pasal yang terkait

perencanaan lentur balok. Adapun poin penting yang perlu diperhatikan terkait perencanaan lentur balok adalah sebagai berikut:

#### 1. Ketentuan Umum

Ketentuan umum ini terdapat dalam SNI 2847-2019; Pasal 9.2; Hal-178. Dalam bagian ini dijelaskan terkait material, sambungan ke komponen lainnya, stabilitas dan konstruksi balok-T. Namun di bab ini hanya akan dijelaskan terkait ketentuan material. Ketentuan material dibahas pada SNI 2847-2019; Pasal 9.2.1, yang dimana disebutkan bahwa:

- a. Properties desain beton harus dipilih sesuai Pasal 19; Hal-433.
- b. Properties desain tulangan baja harus dipilih sesuai Pasal 20; Hal-444.
- c. Ketentuan penanaman tulangan sesuai Pasal 20.7; Hal-466.

#### 2. Batas Desain

Ketentuan batas desain terdapat dalam SNI 2847-2019; Pasal 9.3; Hal-180.

Ada beberapa poin penting yang terkait desain lentur balok, antara lain:

##### a. Tinggi Balok Minimum

Penentuan tinggi balok minimum diatur pada SNI 2847-2019; Pasal 9.3.1: Tabel 9.3.1.1; Hal-180. Pembatasan ini guna menjamin lendutan yang terjadi pada balok masih dalam batas yang diijinkan. Adapun estimasi tinggi minimum balok dapat juga dilihat pada tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.5 Tinggi Minimum Balok

Kondisi Perlekatan	Minimum $h$
Perlekatan Sederhana	$l / 16$
Menurus Satu Sisi	$l / 18,5$
Menerus Dua Sisi	$l / 21$
Kantilever	$l / 8$

Untuk balok yang menggunakan mutu tulangan  $f_y = 420$  MPa, maka persamaan yang terdapat pada Tabel 2.2 harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_y/700)$ . Hal ini sesuai SNI 2847-2019; Pasal 9.3.1.1.1. Contohnya perletakkan sederhana:

$$H_{min} = l / 16 \times (0,4 + f_y/700) \dots\dots\dots (2.17)$$

Persamaan yang terdapat pada Tabel 2.5 hanya digunakan dalam proses preliminary design yang berfungsi mempermudah engineer menentukan tinggi balok yang akan digunakan sesuai dengan bentang balok.

b. Batas Lendutan

Balok yang direncanakan, selain diatur memiliki tinggi minimum, juga perlu diatur memiliki lendutan izin maksimum yang bisa terjadi saat memikul beban layan. Hal ini diatur secara lengkap pada SNI 2847-2019; Pasal 24.2

c. Batas Regangan pada Tulangan Tarik Balok

Untuk balok (nonprategang) dengan nilai  $P_u < 0,10 \cdot f_c' \cdot A_g$ , maka batas regangan yang terjadi pada tulangan tarik adalah sekurang-kurangnya  $\epsilon_t = 0,004$ . Hal ini sesuai dengan ketentuan dalam SNI 2847-2019; Pasal 9.3.3.1; Hal-181. Hal ini berarti, dalam perencanaan lentur balok, elemen balok diijinkan dalam kondisi transisi dan kondisi terkontrol tarik. Namun dengan catatan bahwa meski dalam kondisi transisi, batas regangan harus  $\epsilon_t > 0,004$ .

d. Kekuatan Perlu ( $M_u$ )

Kekuatan perlu dari perencanaan struktur balok terdapat dalam SNI 2847- 2019; Pasal 9.4; Hal-182. Dalam hal ini, momen yang digunakan harus dihitung berdasarkan kombinasi beban yang terdapat dalam SNI 2847-2019 Pasal 5 Tabel 5.3.1; Hal-84.

e. Kekuatan Rencana ( $M_n$ )

Kekuatan momen rencana dari perencanaan struktur balok terdapat dalam SNI 2847-2019; Pasai 9.5.2; Hal-185. Dalam pasal tersebut kategori balok dibagi menjadi dua (berdasarkan besar nilai gaya aksial), yaitu:

- Bila  $P_u < 0,10 \cdot f_c' \cdot A_g$  maka perhitungan momen rencana ( $M_n$ ) harus sesuai dengan SNI 2847-2019; Pasal 22.3.; Hal-479.
- Bila  $P_u > 0,10 \cdot f_c' \cdot A_g$ , maka perhitungan momen rencana ( $M_n$ ) harus sesuai dengan SNI 2847-2019; Pasal 22.4; Hal-480.

Secara umum, balok pada struktur gedung tergolong pada tipe  $P_u < 0,10 \cdot f_{ci} \cdot A_g$ , sehingga akan lebih dominan mengacu SNI 2847-2019; Pasal 22.3. Ada beberapa poin penting dalam perencanaan balok dengan tipe ini yaitu nilai  $\beta_1$  dapat dilihat pada tabel 2.3 dibawah ini:

Tabel 2.6 Nilai  $\beta_1$  untuk distribusi tegangan beton persegi ekuivalen

$f_c$ ; Mpa	$\beta_1$
$17 \leq f_c' \leq 28$	0,85
$28 < f_c' < 55$	$0,85 - \frac{0,05(f_c' - 28)}{7}$
$f_c' \geq 55$	0,65

f. Batas Tulangan Lentur

SNI 2847-2019; Pasal 9.6.1.2; Hal-189, mengatur luasan tulangan minimal yang harus dimiliki elemen lentur (balok). Adapun besaran nilainya adalah sebagai berikut:

$$A_{smin} = 0,25 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot f_y \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.18)$$

atau

$$A_{smin} = 1,4 \cdot f_y \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.19)$$

Dari persamaan (2.18) dan (2.19) diambil nilai terbesar untuk dijadikan sebagai acuan nilai minimal luasan tulangan lentur. Bila ingin dinyatakan dalam bentuk rasio tulangan ( $\rho$ ), maka persamaan (2.18) dan (2.19) dapat ditulis sebagai berikut

$$\rho_{min} = 0,25 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot f_y \dots\dots\dots (2.20)$$

atau

$$\rho_{min} = 1,4 \cdot f_y \dots\dots\dots (2.21)$$

Untuk batasan luasan tulangan maksimum, rasio tulangan ( $\rho$ ) tidak boleh melebihi 0,025.

$$A_{s,max} = \rho_{max} \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.22)$$

Dengan nilai rasio tulangan maksimum,  $\rho_{max} = 0,025$

## B. Kekuatan Momen dan Aksial

Dalam mendesain tulangan tunggal balok beton bertulang sesuai dengan SNI 2847-2019: Pasal 22.2; Hal-476. Adapun detail dari mendesain tersebut adalah sebagai berikut:

### 1. Nilai momen nominal $M_n$

Pada tahap ini, hitung nilai momen nominal  $M_n$  balok dengan membagi nilai momen ultimate ( $M_u$ ) dengan faktor reduksi ( $\phi$ ). Dalam menentukan faktor reduksi balok diasumsikan dalam kondisi terkontrol tarik sehingga nilai faktor reduksinya sebesar  $\phi = 0,9$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \dots\dots\dots (2.22)$$

### 2. Rasio minimum tulangan balok

Pada tahap ini akan dihitung nilai rasio minimum ( $\rho_{min}$ ) tulangan balok berdasarkan SNI 2847-2019; Pasal 9.6.1.2; Hal-189. Nilai ini digunakan sebagai batas bawah dari rasio tulangan perlu yang diperoleh berdasarkan parameter pendukung lainnya.

$$\rho_{min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} \dots\dots\dots (2.23)$$

atau

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots (2.24)$$

### 3. Parameter $R_n$ dan m

Untuk memperoleh nilai rasio tulangan yang diperlukan balok, terlebih dahulu diperlukan nilai parameter  $R_n$  dan m

$$d = (h - t_s - \phi_s - 1/2 D_t) \dots\dots\dots (2.25)$$

$$R_n = \frac{M_n}{bd^2} \dots\dots\dots (2.26)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \dots\dots\dots (2.27)$$

### 4. Nilai rasio tulangan dari balok

Tahap ini akan dilakukan perhitungan nilai rasio tulangan dari balok yang ditinjau. Hasil rasio tulangan pada perhitungan ini harus dipastikan lebih besar dari rasio tulangan minimum ( $\rho_{min}$ ).

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \dots\dots\dots (2.28)$$

5. Nilai luasan tulangan ( $A_s$ ) yang dibutuhkan

Pada tahap ini diperoleh nilai  $A_s$  teoritis berdasarkan nilai ratio tulangan yang diperoleh dari perhitungan sebelumnya.

$$A_s = \rho \times b \times d \dots\dots\dots (2.29)$$

6. Nilai luasan aktual

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \dots\dots\dots (2.30)$$

Pada tahap pastikan tulangan dipasang berapa lapis dan berapa jarak antar tulangan.

$$S_{\min} = \frac{b - (2 \times t_s) - (2 \times \phi_s) - (n \times D_t)}{(n-1)} \dots\dots\dots (2.31)$$

7. Nilai  $a$  berdasarkan tulangan aktual

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan tinggi blok tegangan dengan menggunakan luasan tulangan pakai.

$$a = \frac{A_s}{0.85 \times f_c \times b} \dots\dots\dots (2.32)$$

8. Nilai  $c$  (tinggi garis netral baru)

Pada tahap ini diperoleh tinggi garis netral berdasarkan tulangan aktual (terpasang). Nilai  $\beta_1$  harus ditentukan berdasarkan mutu beton  $f_c'$ , yang digunakan. Dikarenakan  $f_c'$  yang digunakan antara  $28 \text{ MPa} < f_c' \leq 55 \text{ MPa}$ , maka nilai  $\beta_1$  seperti pada tabel 2.4 diatas. Sehingga nilai tinggi garis netral adalah:

$$c = \frac{a}{\beta_1} \dots\dots\dots (2.33)$$

9. Kategori penampang

Dalam tahap ini terdapat dua parameter:

a. Parameter 1 : menggunakan parameter  $\epsilon_t$

$$\epsilon_t = \frac{(d_t - c)}{c} \times 0,003 \dots\dots\dots (2.34)$$

Bila:

- $\epsilon_t \geq 0,005$ ; balok tergolong tension controlled (kontrol tarik)
- $0,002 < \epsilon_t < 0,005$ ; balok tergolong transition
- $\epsilon_t < 0,002$ ; balok tergolong compression controlled (kontrol tekan)

b. Parameter-2 : menggunakan parameter  $\frac{c}{d_t}$

Bila:

- $\frac{c}{d_t} \leq 0,375$ ; balok tergolong tension controlled (kontrol tarik).
- $0,600 < \frac{c}{d_t} < 0,375$ ; balok tergolong transition.
- $\frac{c}{d_t} < 0,600$ ; balok tergolong compression controlled (kontrol tekan),

10. Kapasitas penampang

$$M_n = A_s \times f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) \dots\dots\dots (2.35)$$

dan

$$\phi \times M_n \geq M_u \text{ (**Aman**)} \dots\dots\dots (2.36)$$

### C. Geser Balok

Gaya geser merupakan salah satu beban yang perlu diperhitungkan dalam mendesain balok beton bertulang dengan menyediakan tulangan geser (sengkang) sepanjang balok. Balok nonprategang yang memikul beban momen pada sumbu kuatnya, beban yang dipikul tersebut, selain menimbulkan momen, juga menimbulkan gaya geser pada balok. Balok yang didesain kurang baik terhadap pengaruh geser, memungkinkan akan mengalami kegagalan/kerusakan permanen sehingga akan runtuh. Prinsip dasar dari desain geser pada balok adalah resultan tegangan geser vertikal pada penampang balok harus sama besar dengan gaya geser yang bekerja pada balok (%). Bila kondisi tersebut tidak tercapai, maka akan terjadi keruntuhan yang biasanya dikenal dengan istilah shear failures (kegagalan geser).

#### 1. Desain Tulangan Geser

Dalam proses desain tulangan geser, ada beberapa tahapan yang disarankan agar proses desain menjadi lebih mudah. Adapun tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

- a) Besaran nilai gaya geser ultimate ( $V_u$ ) yang diperoleh dari hasil analisa struktur. Berdasarkan SNI 2847-2019; Pasal 9.4.3.2; Hal-182, disebutkan bahwa nilai  $V_u$  diambil sejarak  $d$  dari muka kolom. Nilai  $d$  merupakan tinggi efektif dari balok. Umumnya, nilai  $V_u$  yang

diperoleh langsung dari program (ETABS) merupakan nilai  $V_u$  pada AS kolom, jadi perlu interpolasi linier untuk mencari nilai  $V_u$  sejarak d.

b) Gaya lintang Ultimate

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

$$V_{uc} = V_u - q_u \cdot x \dots\dots\dots (2.37)$$

c) Faktor Reduksi

Faktor reduksi ( $\phi$ ) ditentukan berdasarkan SNI 2847 tahun 2019 Tabel 21.2.1 yang dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut:

Table 2.7 Faktor reduksi kekuatan ( $\phi$ )

Gaya atau elemen struktur	$\phi$	Pengecualian
a) Momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial	0,65 – 0,90 sesuai 21.2.2	Di dekat ujung komponen pratarik ( <i>pretension</i> ) dimana <i>strand</i> belum sepenuhnya bekerja, $\phi$ harus sesuai dengan 21.2.3
b) Geser	0,75	Persyaratan tambahan untuk struktur tahan gempa terdapat pada 21.2.4
c) Torsi	0,75	-

d) Nilai kuat tekan beton  $V_c$

Berdasarkan SNI 2847 tahun 2019 pasal 22.5.5.1 bahwa nilai  $V_c$  untuk komponen nonprategang tanpa gaya aksial tekan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\phi V_c = \phi(0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d) \dots\dots\dots (2.38)$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \pi \times d b^2 \dots\dots\dots (2.39)$$

e) Beban  $V_u$  sudah ada berdasarkan hitungan. Penampangn beton sudah ditetapkan. Maka ada 3 kemungkinan berdasarkan penampang beton yang sudah di tetapkan, yaitu:

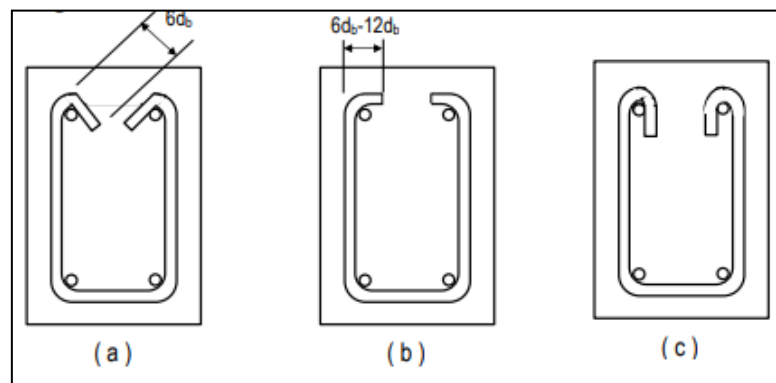
Bila  $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$  , maka tidak perlu tulangan geser.

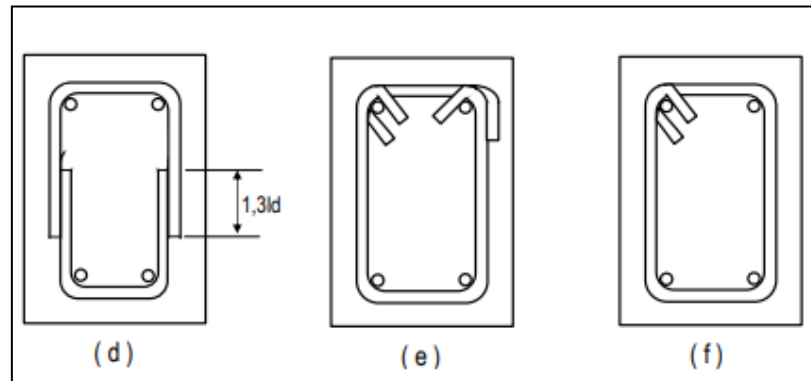
Bila  $\frac{1}{2} \phi V_c < V_u < \phi V_c$  , maka perlu tulangan geser minimum.

Bila  $V_u > \phi V_c$  , maka perlu hitung tulangan geser .



- f) Diameter tulangan sengkang ikat harus memenuhi a) atau b). Berdasarkan SNI 2847-2019; Pasal 25.7.2.2; Hal-599, sebagai berikut:
- i. D10 yang melingkari tulangan longitudinal D32 atau yang lebih kecil
  - ii. D13 yang melingkari tulangan longitudinal D36 atau yang lebih besar atau bundel tulangan longitudinal
- g) jarak maksimum tulangan geser
- i. Bila  $V_s < V_{c1} = (0,33 \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{f'c'})$  .....(2.40)  
maka:  
 $S_2 = d/2$   
 $S_4 = 600 \text{ mm}$
  - ii. Bila  $V_s < V_{c1} = (0,33 \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{f'c'})$  .....(2.41)  
maka:  
 $S_2 = d/4$   
 $S_4 = 300 \text{ mm}$
  - iii. Berdasarkan mutu beton
- $$S_3 = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,35 \cdot b_w} \text{ (Untuk } f'c' \leq 30 \text{ Mpa) .....(2.42)}$$
- $$S_3 = \frac{A_v \cdot f_{yt}}{0,062 \sqrt{f'c'} \cdot b_w} \text{ (Untuk } f'c' > 30 \text{ Mpa) .....(2.43)}$$
- Pilih jarak yang terkecil (dari S1,S2,S3 dan S4)
- h) Pengukuran sengkang berdasarkan SNI 2847-2019; Pasal 25.7.1.3 dan Pasal 25.7.1.7.





Keterangan:

- |                             |                      |
|-----------------------------|----------------------|
| (a) Kait 135°               | (b) Kait 180°        |
| (c) Kait 90°                | (d) Sengkang U ganda |
| (e dan f) Sengkang tertutup |                      |

Gambar 2.6 Sengkang

(Sumber Handbook Desain Struktur Beton Bertulang Yudha Lesmana(2020))

#### 4. Portal

Portal merupakan suatu system yang terdiri dari bagian-bagian struktur yang saling berhubungan dan berfungsi menahan beban sebagai satu kesatuan lengkap yang terdiri dari berat sendiri, peralatan berat gording, beban hidup, dan beban mati. Portal-portal yang dihitung adalah portal akibat beban mati, portal akibat beban hidup, dan portal akibat beban gempa. Perencanaan portal ini dapat dihitung dengan menggunakan ETABS. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pendimensian portal adalah sebagai berikut:

- a. Pendimensian balok dengan tebal minimum balok ditentukan dalam SK SNI SNI 03-2847-2019 adalah untuk balok dengan bentang terpanjang yang memiliki dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum  $1/16$ .
- b. Pendimensian kolom dengan bantuan aplikasi ETABS V.18
  - i. Analisa pembebanan
  - ii. Menentukan gaya-gaya dalam

Dalam menghitung dan menentukan besarnya momen yang bekerja pada suatu struktur bangunan dengan menggunakan aplikasi software. Berikut adalah cara menghitung besarnya momen dengan menggunakan software :

- 1) Perancangan portal dengan menggunakan ETABS V.18

a) Perancangan portal akibat beban mati

Langkah-langkah menentukan pembebanan pada portal adalah sebagai berikut:

- i) Beban pelat
- ii) Beban balok
- iii) Beban penutup lantai dan adukan
- iv) Berat balok
- v) Berat pasangan dinding (jika ada)

b) Perancangan portal akibat beban hidup

Untuk merencanakan portal akibat beban hidup perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- i) Menentukan pembebanan pada portal
- ii) Perhitungan akibat beban hidup = perhitungan akibat beban mati

- 2) Membuat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup
- 3) Menentukan Material
- 4) Menentukan nilai dimensi kolom dan balok dan pelat lantai
- 5) Membuat case beban mati, hidup dan angin.
- 6) Input load combination (beban kombinasi) pada menu toolbar, Define > load combinations > add new combo, kemudian masukkan beban kombinasinya (dihitung manual) sesuai dengan SNI yang berlaku.
- 7) Run analisis

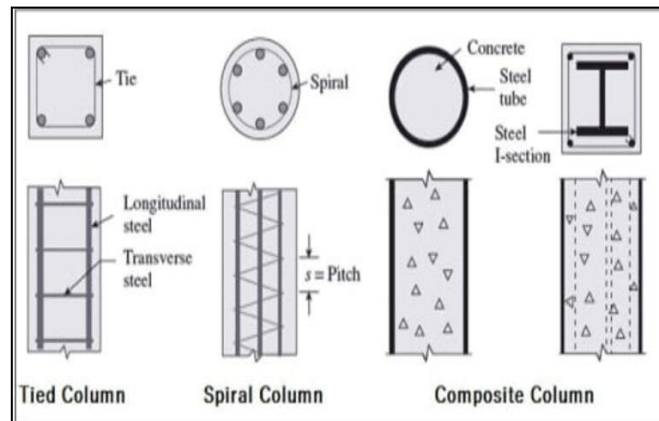
5. Kolom

Kolom adalah batang tekan vertical dari rangka atau *frame* struktural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi. Karena kolom merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan *collapse* atau runtuhnya lantai yang bersangkutan dan juga runtuh batas total (*ultimate total collapse*) seluruh strukturnya. (nawy,1998).

Bila ditinjau dari kelangsingannya, kolom dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu kolom pendek dan kolom langsing, perbedaan mendasar dari kolom

pendek dan kolom langsing adalah terletak dari jenis reruntuhnya. Kolom pendek tergolong dalam keruntuhan material, sedangkan kolom langsing tergolong keruntuhan tekuk.

Bila ditinjau dari tipe penulangannya kolom dibagi menjadi tiga macam yaitu kolom dengan sengkang ikat, kolom tulangan spiral dan kolom komposit.



Gambar 2.7 Jenis Kolom Berdasarkan Tipe Penulangan

Adapun untuk menganalisis kolom adalah sebagai berikut :

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

- Gaya aksial design kolom

$$P_u = 1,4 D$$

$$P_u = 1,4 D + 1,6 L$$

$$P_u = 1,2 D + 1,0 L + 1,0 w$$

- Momen design kolom maksimum

$$M_u = 1,4 D$$

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

$$M_u = 1,2 DL + 1,0 LL + 1,0 w$$

(Sumber : SNI 03-2847-2019)

- b. Perhitungan nilai eksentrisitas terhadap arah x dan y

$$e = \frac{M_u}{P_u} \dots\dots\dots (2.44)$$

Keterangan :

$M_u$  = momen terfaktor yang bekerja pada penampang

$P_u$  = beban aksial yang bekerja pada penampang

$E$  = nilai eksentrisitas

c. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi

$$\beta \cdot d = \frac{1,2D}{(1,2 D + 1,6 L + 0,5 R)} \dots\dots\dots (2.45)$$

Keterangan :

$\beta$  = rasio bentang bersih arah memanjang

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

d. Modulus elastisitas beton

$$E_c = 4700 \sqrt{F_c'} \dots\dots\dots (2.46)$$

e. Nilai kekakuan  $I_g = 1/12 bh^3$

$I_c = 0,070 I_g$  (kolom)

$I_b = 0,35 I_g$  (balok)

$$\frac{EI}{L_c} = \frac{E_c \cdot I_g}{2,5 (1 + \beta \cdot d)}, \text{ untuk kolom} \dots\dots\dots (2.47)$$

$$\frac{EI}{L_b} = \frac{E_c \cdot I_g}{5 (1 + \beta \cdot d)}, \text{ untuk balok} \dots\dots\dots (2.48)$$

f. Menentukan nilai  $K_n$  dan  $R_n$

$$K_n = \frac{P_n}{\phi \cdot F_c' \cdot A_g} \dots\dots\dots (2.49)$$

$$R_n = \frac{P_n \cdot e}{F_c' \cdot A_g \cdot h} \dots\dots\dots (2.50)$$

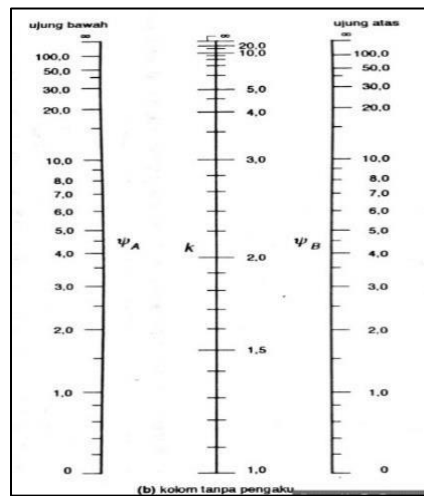
g. Menentukan  $\Psi_a$  dan  $\Psi_b$

$$\Psi = \frac{\sum(\frac{EI}{L_c})}{\sum(\frac{EI}{L_b})} \dots\dots\dots (2.51)$$

h. Menentukan faktor panjang efektif kolom ( $k$ )

Nilai  $k$  didapat dari nilai faktor panjang efektif kolom

i. Angka kelangsingan kolom dengan ketentuan:



Gambar 2.8 Grafik Komponen Struktur Bergoyang

Angka tanpa pengaku lateral =  $\frac{Klu}{r} < 22$  ..... (2.52)

- Angka dengan pengaku lateral =  $\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M1 - b}{M2 - b}\right)$  ..... (2.52)

- Apabila =  $\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M1 - b}{M2 - b}\right)$  atau  $\frac{Klu}{r} < 22$  maka ..... (2.52)

j. Pembesaran Momen

$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(k \cdot Lu)^2}$  ..... (2.53)

$\delta_c = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu}{0,75 \sum P_c}} \geq 1$  ..... (2.54)

$M_c = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$  ..... (2.55)

Keterangan:

$P_c$  = beban tekuk kritis

$\delta_c$  = faktor pembesaran ekstra pada struktur rangka atap

$M_c$  = momen terfaktor order pertama

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

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

$P_u$  = beban tekuk Euler

k. Desain Penulangan

a. Menghitung besar beban yang bekerja pada kolom, nilai  $\rho$  taksiran 1,5% - 3%.

b. Menghitung  $A_s = A_s' = \rho \times b \times d$  ..... (2.56)

c. Menentukan tulangan yang akan digunakan

$\rho = \rho' = \frac{A_s}{b \cdot d}$  ..... (2.57)

Keterangan :

$A_s$  = luas tulangan tarik non-prategang

$A_s'$  = luas tulangan tarik non-prategang

$\rho$  = rasio tulangan 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

d. Memeriksa  $P_u$  terhadap beban seimbang

$$C_b = \frac{600}{600 + f_y} \times d_{\text{eff}} \dots\dots\dots (2.58)$$

$$A_b = \beta_1 \times C_b \dots\dots\dots (2.59)$$

$f_c' > 28$  Mpa dan  $f_y = 400$  Mpa

$$\beta_1 = 0,85 - 0,005 \frac{f_c' - 28}{7} \dots\dots\dots (2.60)$$

$$f_s' = \frac{c_b - d}{c_b} \times 0,0033 f_y \text{ (Tulangan tekan sudah luluh)} \dots\dots\dots (2.61)$$

$$f_s' = f_y$$

$$\phi P_n = \phi (0,85 \times f_c' \times A_b \times b + A_s' \times f_s' - A_s \times f_y) \dots\dots\dots 2.62)$$

$\phi P_n < P_u$ , beton hancur didaerah tekan

$\phi P_n > P_u$ , beton hancur didaerah tarik

e. Memeriksa kekuatan penampang

– Akibat keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{A_s' f_y}{\frac{e}{(d-d')} + 0,50} + \frac{b \cdot h \cdot f_c'}{\frac{3h \cdot e}{d^2} + 1,18} \dots\dots\dots (2.63)$$

– Akibat keruntuhan tarik

$$P_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot b \left( \frac{h}{2} - e \right) + \sqrt{\left( \frac{h}{2} - 2 \right)^2 + \frac{2 \cdot A_s \cdot f_y \cdot (d-d')}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}} \dots\dots\dots (2.64)$$

## 2.2.2 Struktur Bawah

### 1. Sloof

Sloof adalah suatu elemen struktural dari bangunan yang terletak diatas pondasi bangunan. Sloof berfungsi mendistribusikan beban dari bangunan atas ke pondasi, sehingga beban yang tersalurkan setiap titik di pondasi tersebar merata. Selain itu sloof juga berfungsi sebagai pengunci dinding dan kolom agar tidak roboh apabila terjadi pergerakan tanah. Sebagai tambah pada sloof, untuk bangunan tahan terhadap gempa maka disempurnakan pada ikatan antara sloof

dengan pondasi yaitu dengan memberikan angker dengan berdiameter 12 mm jarak 1,5 meter. Namun angka ini dapat berubah untuk bangunan yang lebih besar atau bangunan bertingkat banyak.

Langkah – langkah perhitungan dalam merencanakan sloof :

- a. Perencanaan dimensi sloof
- b. Menentukan mutu beton dan baja yang akan digunakan
- c. Penentuan pembebanan sloof untuk kemudian akan diproses menggunakan program *ETABS V18* untuk mendapatkan gaya dalamnya. Adapun pembebanannya adalah:
  - i. Berat sendiri sloof
  - ii. Berat dinding
  - iii. Berat plesteran
- d. Menghitung momen dan gaya geser maksimum berdasarkan hasil analisa menggunakan program *ETABS V18*
- e. Penulangan yang direncanakan adalah:
  - i. Penulangan lapangan dan penulangan tumpuan
  - ii. Penulangan geser
- f. Dengan menggunakan skema rumus perhitungan yang sama dengan perhitungan balok
- g. Membuat gambar hasil perhitungan sloof

## 2. Pondasi

Menurut Hardiyatmo (2002), Pondasi adalah komponen struktur terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang berada di bawahnya. Berikut jenis-jenis pondasi, diantaranya:

### a. Pondasi dangkal

Pondasi dangkal adalah pondasi yang memiliki dasar pondasi pada kedalaman maksimal 2 m dari muka tanah asli. Jenis-jenis pondasi dangkal yaitu: Pondasi telapak, Pondasi lajur, Pondasi gabungan, Pondasi rakit/ raft/mat.



b. Pondasi dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang memiliki kedalaman tanah keras lebih dari 2 meter. Sebagai akibatnya, seorang ahli teknik tidak dapat menggunakan sistem pondasi dangkal, dan sebagai alternatifnya dapat dipilih sistem pondasi dalam berupa tiang pancang atau tiang bor.

i. Langkah-langkah perancangan pondasi :

a) Menentukan daya dukung ijin tanah (Q) melalui perhitungan dengan berdasarkan data-data tanah yang ada.

1) Berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang

$$Q_{\text{bahan}} = 0,3 \times f'c \times A \text{ tiang} \dots\dots\dots (2.65)$$

2) Berdasarkan kekuatan tanah

$$Q_{\text{ijin}} = \frac{A \text{ tiang} \cdot p}{Fb} + \frac{o.l.c}{Fs} \dots\dots\dots (2.66)$$

b) Menentukan jumlah banyaknya tiang pancang

$$Q = (P \times 10\%) + P + \text{berat poer} \dots\dots\dots (2.67)$$

$$n = \frac{Q}{Q_{\text{ijin}}} \quad (2.145)$$

c) Menentukan jarak antar tiang pancang

$$S = 2,5d - 3d \dots\dots\dots (2.68)$$

d) Menentukan efisiensi kelompok tiang

$$Eg = 1 - \frac{\theta}{90} \left( \frac{(m-1)n + (n-1)m}{nm} \right) \dots\dots\dots (2.69)$$

Daya dukung grup ijin tiang:

$$Q_{\text{ult grup}} = Eg \cdot Q_{\text{ijin}} \cdot n \dots\dots\dots (2.70)$$

e) Menentukan kemampuan tiang pancang terhadap sumbu x dan sumbu y

$$Qi = \frac{Q}{n} \pm \frac{My \cdot Xi}{\sum X^2} \pm \frac{Mx \cdot Yi}{\sum Y^2} \dots\dots\dots (2.71)$$

f) Pengangkatan tiang pancang

1) Pengangkatan pola 1 (pada waktu pengangkatan)

$$M_1 = M_2$$

$$1/2qa^2 = 1/8q(L-2a)^2 - 1/2qa^2 \dots\dots\dots (2.72)$$

2) Pengangkatan pola 2 (pada waktu pengangkatan)

$$M_1 = M_2$$

$$\frac{1}{2} q a^2 = \frac{1}{2} q \left( \frac{L^2 - 2aL}{2(L-a)} \right)^2 \dots\dots\dots (2.73)$$

g) Perhitungan tulangan tiang pancang

- 1) Menentukan  $d_{eff} = h - p - \emptyset$  sengkang  $- \frac{1}{2} \emptyset$  tulangan utama
- 2) Berdasarkan nilai P yang paling besar

Hitung arah absis x dan absis y

$$\text{absis X} = \frac{Pu}{\emptyset \cdot Ag \cdot 0,85 \cdot f'c} \cdot \left( \frac{e}{h} \right) \dots\dots\dots (2.74)$$

$$\text{absis Y} = \frac{Pu}{\emptyset \cdot Ag \cdot 0,85 \cdot f'c} \dots\dots\dots (2.75)$$

Nilai  $\rho_g = 0,001 < \rho_{min} = 0,01$ , maka di pakai  $\rho_{min}$

$$\rho = \rho_{min} \cdot \beta \dots\dots\dots (2.76)$$

$$\text{Sehingga } A_{stot} = b \cdot h \dots\dots\dots (2.77)$$

- 3) Berdasarkan nilai momen pada saat pengangkatan

Menghitung nilai  $\rho_{hitung}$

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

$$\rho_{hitung} = \frac{f'c}{f_y} \left( 0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot Mu}{\emptyset \cdot f'c \cdot b \cdot d_{eff}^2}} \right) \dots\dots\dots (2.78)$$

h) Perhitungan tulangan geser tiang pancang

- 1) Menghitung nilai  $V_u$

$$V_u = R_1 = \frac{q(L-a)}{2} - \frac{qa^2}{2(L-a)} \dots\dots\dots (2.79)$$

- 2)  $\phi V_c = \phi \frac{1}{6} \sqrt{f'c}$  bw d  $\dots\dots\dots (2.80)$

i) Perhitungan tulangan geser *pile cap*

- 1) Kontrol kekuatan geser secara kelompok

a. Untuk aksi dua arah

i. Tegangan tanah ultimit akibat beban terfaktor

$$P_{ult} = P_u / A$$

$$V_u = P_{ult} \cdot B \cdot L - ((a_2 + d) \cdot (a_1 + d)) \dots\dots\dots (2.81)$$

ii. Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) \frac{b_o \cdot d \cdot \sqrt{f'c}}{6} \rightarrow \beta = 1 \dots\dots\dots (2.82)$$

$$\phi V_c = \frac{1}{3} b_o \cdot d \cdot \sqrt{f'c} \rightarrow \beta = 1 \dots\dots\dots (2.83)$$

$$\phi V_c = \phi \left( \frac{a_s \cdot d}{b_o} + 2 \right) \times \frac{\sqrt{f_c'} \cdot b_o \cdot d}{12} \dots\dots\dots (2.84)$$

iii. Gaya geser terfaktor

$$P_{ult} = P_u / A$$

$$V_u = P_{ult} \cdot b \cdot \left( \frac{L}{2} - \frac{c}{2} - d \right) \dots\dots\dots (2.85)$$

iv. Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \frac{1}{6} \cdot b_w \cdot d \cdot \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots (2.86)$$

Jika  $\phi V_c > V_u$  maka tidak diperlukan tulangan geser. Jika  $\phi V_c < V_u$  maka diperlukan tulangan geser.

2) Kontrol kekuatan geser secara kelompok

- a. Gaya geser terfaktor ( $V_u$ )
- b. Gaya geser nominal

$$\phi V_c = \phi \frac{1}{3} \cdot b_o \cdot d \cdot \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots (2.87)$$

Jika  $\phi V_c > V_u$  maka tidak diperlukan tulangan geser. Jika  $\phi V_c < V_u$  maka diperlukan tulangan geser.

3) Perhitungan tulangan pokok *pile cap*

- a. Menghitung nilai  $\rho$

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

$$\rho_{hitung} = \frac{f_r c}{f_y} \left( 0,85 - \sqrt{(0,85)^2 - \frac{1,7 \cdot M_u}{\phi \cdot f_c' \cdot b \cdot d \cdot e_{eff}^2}} \right) \dots\dots\dots (2.88)$$

- b. Menghitung tulangan yang dibutuhkan

$$A_s = \rho_{min} \times b \times d \dots\dots\dots (2.89)$$

$$S = \frac{A_{stulangan}}{A_{spakai}} \times \text{lebar } pile \text{ cap} \dots\dots\dots (2.90)$$

4) Perhitungan kekuatan tulangan pokok pasak

- a. Kuat tekan rencana kolom

$$\phi P_n = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot A_g \dots\dots\dots (2.91)$$

- b. Kontrol panjang penyaluran pasak

$$L_{db} = \frac{0,25 \cdot f_y \cdot d_b}{\sqrt{f_c'}} \dots\dots\dots (2.92)$$

$$L_I = h - p - (2 \cdot \phi \text{ pondasi}) - \phi_{pasak} \dots\dots\dots (2.93)$$

## **2.4 Manajemen Proyek**

Menurut (Ervianto, 2009), manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu. Tujuan dari manajemen itu sendiri adalah untuk mendapatkan metode atau cara teknis yang terbaik dalam pencapaian sasaran atau tujuan dalam pelaksanaan proyek. Berikut bagian pada manajemen proyek agar mencapau tujuan diantaranya:

### **2.4.1 Dokumen Tender**

#### **1. Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS)**

Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS) adalah dokumen yang berisikan segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar. RKS biasanya diberikan bersamaan dengan gambar yang semuanya menjelaskan mengenai proyek yang akan dilaksanakan. Umumnya isi dari RKS terdiri dari tiga bagian yaitu umum, administrasi dan teknis.

##### **a. Syarat Umum**

- i. Mengenai pemberi tugas atau pemilik proyek
- ii. Bentuk surat penawaran dan cara penyampaiannya
- iii. Syarat-syarat peserta lelang
- iv. Keterangan mengenai perencanaan (Desain)

##### **b. Syarat Teknis**

- i. Jenis mutu dan bahan yang digunakan
- ii. Jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilakukan
- iii. Cara pelaksanaan pekerjaan
- iv. Merk material atau bahan yang digunakan

##### **c. Syarat Administrasi**

- i. Jangka waktu pelaksanaan pekerjaan
- ii. Syarat pembayaran
- iii. Tanggal dan waktu penyerahan
- iv. Denda atas keterlambatan

- v. Besar jaminan penawaran
- vi. Besar jaminan pelaksanaan

## 2. Gambar Konstruksi

Sebagai alat komunikasi dalam suatu pekerjaan maka digunakanlah gambar-gambar yang memberikan ilustrasi tentang gedung tersebut. Selain untuk menampilkan wujud fisik bangunannya, gambar tersebut juga bertujuan sebagai pedoman kerja dan bahan pertimbangan. Berikut jenis-jenis gambar konstruksi, yaitu:

### a. Denah

Denah didefinisikan sebagai tampak atas bangunan dengan potongan horizontal setinggi 1 m dengan level elevasi 0.00. Sehingga untuk memperlihatkan bagian lantai bangunan.

### b. Site Plan

Tampak atas bangunan yang dilengkapi dengan area lingkungan, jalan serta bangunan lainnya yang ada disekitar bangunan gedung tersebut.

### c. Tampak

Tampak adalah wujud suatu bangunan dalam bentuk 2D. Wujud tampak biasanya terdiri dari atas tampak depan atau muka, tampak belakang, tampak samping kanan dan kiri.

### d. Potongan

Potongan atau *section* adalah gambar dari suatu bangunan yang dipotong vertikal pada sisi yang ditentukan (tertera pada denah) dan memperlihatkan isi atau bagian dalam bangunan tersebut.

### e. Gambar Detail

Gambar detail ini menyajikan berbagai gambar konstruksi secara lebih detail atau lengkap lagi. Misalnya gambar detail struktur pondasi, kolom, balok, dan atap.

## 2.4.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rancangan anggaran biaya (RAB) adalah suatu acuan atau metode

penyajian rencana biaya yang harus dikeluarkan dari awal pekerjaan dimulai hingga pekerjaan tersebut selesai dikerjakan. Rencana biaya harus mencakup dari keseluruhan kebutuhan pekerjaan tersebut, baik itu biaya material atau bahan yang diperlukan. Secara garis besar RAB terdiri dari 2 komponen utama yaitu sebagai berikut:

1. Volume pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada pada suatu proyek pembangunan. Volume pekerjaan dihitung dalam setiap jenis pekerjaan. Volume pekerjaan ini berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan bisa dalam satuan panjang, luasan, maupun isi /volume terhadap bahan yang digunakan.

2. Analisa harga satuan

Analisa harga satuan pekerjaan merupakan perhitungan biaya-biaya per satuan volume yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang terdapat dalam suatu proyek pembangunan. Analisa harga satuan akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda-beda. Jadi, dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu bangunan /proyek, harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di tentukan sesuai pada lokasi pekerjaan.

#### **2.4.3 Rencana Kerja (*Time Schedule*) Kurva S dan *Network Planning* (NWP)**

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

1. Kurva S

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif *progress* pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Kurva tersebut dibuat berdasarkan rencana atau pelaksanaan *progress* pekerjaan dari setiap

kegiatan. *Progress* tersebut dapat berupa rencana dan pelaksanaan biasanya mempunyai kemiringan yang landai pada tahap permulaan dan tahap akhir dari pelaksanaan proyek.

Visualisasi kurva S dapat memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkannya terhadap jadwal rencana. Rencana *progress* yang dibuat dalam kurva S merupakan referensi atau kesepakatan dari semua pihak atas *progress* yang perlu dihasilkan oleh kontraktor pada setiap moment waktu tertentu. Berikut manfaat dan kegunaan kuva S:

- a. Sebagai informasi untuk mengontrol pelaksaannya suatu proyek dengan cara membandingkan deviasi antara kurva rencana dengan kurva realisasi.
- b. Sebagai informasi untuk pengambilan keputusan berdasarkan perubahan kurva realisasi terhadap kurva rencana. Perubahan ini bisa dalam bentuk presentase pekerjaan lebih cepat atau lebih lambat dari waktu yang sudah ditentukan untuk menyelesaikan proyek.
- c. Sebagai informasi kapan waktu yang tepat untuk melakukan tagihan kepada *owner* ataupun melakukan pembayaran kepada *supplier*

## 2. *Network Planning*(NWP)



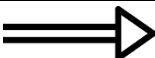
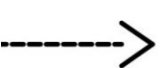
*Network planning* adalah satu model yang digunakan dalam suatu penyelenggaraan proyek yang produknya adalah informasi mengenai kegiatan – kegiatan yang ada dalam network diagram proyek yang bersangkutan. Informasi tersebut mengenai sumber daya yang digunakan oleh kegiatan yang bersangkutan dan informasi mengenai jadwal pelaksanaannya. Pada prinsipnya *network planning* adalah hubungan ketergantungan antara bagian – bagian pekerjaan (variabel) yang digambarkan atau divisualkan dalam diagram network. Dengan demikian diketahui bagian – bagian pekerjaan mana yang harus diketahui, bila perlu dilakukan lembur, pekerjaan mana yang harus menunggu selesainya pekerjaan yang lain, pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa – gesa sehingga alat dan orang dapat digeser ke tempat lain demi mencapai efisiensi. (Haeadar Ali, Tubagus, 1990).

Sebelum menggambar diagram *network planning* (NWP), perlu diingat beberapa hal berikut:

- a. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak memiliki arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya durasi dan *resources* yang dibutuhkan.
- b. Aktivitas-aktivitas apa yang mendahului dan aktivitas apa yang mengikutinya.
- c. Aktivitas-aktivitas apa yang dapat dikerjakan bersamaan.
- d. Aktivitas-aktivitas itu dibatasi saat mulai dan saat selesai.
- e. Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktivitas-aktivitas tersebut.
- f. Kepala anak panah menjadi pedoman arah dari setiap kegiatan.
- g. Besar kecilnya juga tidak memiliki arti, dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa. Anak panah selalu menghubungkan dua nodes, arah dari anak panah menunjukkan waktu.

Berikut ini beberapa symbol yang biasa digunakan dalam *Network planning* (NWP):

Tabel 2.8 Simbol-Simbol Network Planning

No	Simbol	Keterangan
1		<b>Arrow</b> , bentuknya merupakan anak panah yang artinya aktivitas/kegiatan merupakan suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan “ <i>duration</i> ” (jangka waktu tertentu) dan “ <i>resources</i> ” (tenaga, equipment, material dan biaya) tertentu.
2		<b>Node/event</b> , bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian : adalah permulaan atau akhir dari satu atau lebih kegiatan-kegiatan.
3		<b>Double arrow</b> , anak panah sejajar, merupakan kegiatan di lintasan kritis ( <i>critical path</i> ).
4		<b>Dummy</b> , bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktivitas semu merupakan bukan kegiatan/aktivitas tetapi dianggap kegiatan/ aktivitas, hanya saja tidak membutuhkan <i>duration</i> dan <i>resource</i> tertentu.



### 3. *Barchat*

*Barchat* merupakan sebuah visualisasi yang ditampilkan berupa grafik dengan bentuk diagram batang, oleh karena itu *Barchat* sering disebut sebagai diagram batang. Grafik atau diagram batang digunakan untuk menyajikan perbandingan data pada satu atau beberapa seri data. *Barchat* adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal dan kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. *Barchat* juga merupakan bentuk rencana yang paling sederhana yang digunakan dilapangan, kegiatan yang dilakukan digambarkan dalam bentuk balok pada skala waktu. Proses penyusunan *barchat* dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- a. Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan.
- b. Urutan pekerjaan, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.
- c. Waktu pelaksanaan pekerjaan adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan.

Adapun keuntungan dan kerugian dalam penggunaan *Barchat*, yaitu:

- i. Keuntungan :
  - a) Bentuknya sederhana
  - b) Mudah dibuat
  - c) Mudah dimengerti
  - d) Mudah dibaca
- ii. Kerugian :
  - a) Hubungan antara pekerjaan yang satu dengan yang lain kurang jelas
  - b) Sulit digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar.

- c) Sulit untuk mengadakan perbaikan atau pembaharuan (*updating*), karena umumnya harus dilakukan dengan membuat *barchat* baru.