

## **BAB II**

### **STUDI PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Sudiro dan Imam Haryono mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto pada tahun 2016, dengan judul Perencanaan Gedung SMK Muhammadiyah 1 Purbalingga. Gedung SMK Muhammadiyah 1 Purbalingga direncanakan 5 lantai dengan tinggi 20 m. Perencanaan Gedung SMK Muhammadiyah 1 Purbalingga direncanakan dengan menggunakan sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM). Beban yang dimasukkan adalah beban hidup, beban mati dan beban angin yang merujuk pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, sedangkan untuk beban gempa merujuk pada Peraturan Perancangan Ketahanan Gempa untuk Rumah dan Gedung 1987 dan dalam perhitungan struktur menggunakan program SAP 2000.

Syamsul Anam dan Bayu Aji Rahmadan mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto pada tahun 2017, dengan judul Perencanaan Gedung SD-SMP-SMA Wijayakusuma Purwokerto. Gedung direncanakan 5 lantai dengan luas bangunan  $5460 m^2$ . Perencanaan meliputi rangka atap baja, plat lantai, tangga, balok serta kolom sebagai struktur atas dan pondasi sumuran sebagai struktur bawah. Bangunan ini direncanakan mampu menerima beban mati, beban hidup dan diperhitungkan tahan terhadap gempa sehingga aman bagi penghuni didalamnya dan didesain secara ekonomis. Metode yang digunakan dalam analisa mekanika struktur menggunakan program SAP 2000 v11, sedangkan dalam perencanaan struktur mengacu pada Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SK SNI-03-2847-2002) dan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung (SNI 1726-2002). Untuk pembebanan mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983.

Sukron mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal pada tahun 2021, dengan judul Perencanaan Struktur Gedung 5 Lantai Politeknik Trisila Dharma Tegal. Perencanaan Struktur Gedung 5 Lantai

Politeknik Trisila Dharma Tegal ini meliputi perencanaan struktur atas dan struktur bawah. Perencanaan struktur atas menggunakan SAP 2000 v14, sedangkan struktur bawah direncanakan secara manual. Perencanaan Struktur Gedung 5 Lantai Politeknik Trisila Dharma Tegal mengacu pada Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002), dan Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 031726-2002). Beban-beban yang ditinjau untuk perencanaan mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk gedung 1983.

Dalam tugas akhir ini yang berjudul Perencanaan Struktur Gedung Sekolah Islam Terpadu Yayasan Harapan Ummat Purbalingga, mengambil beberapa acuan perencanaan yang telah dilakukan sebelumnya guna untuk mendukung tugas akhir yang dibuat.

## **2.2 Landasan Teori**

Perencanaan adalah bagian yang terpenting dari pembangunan suatu gedung atau bangunan yang lainnya. Perencanaan dapat diartikan sebagai suatu usaha untuk menyusun, mengatur atau mengorganisasikan suatu hal atau topik demi tercapainya hasil yang dikehendaki.

Perencanaan suatu gedung atau bangunan dapat diartikan sebagai suatu usaha untuk menyusun dan mengorganisasikan suatu proyek konstruksi sehingga bangunan yang dihasilkan nantinya sesuai dengan yang dikehendaki dengan tetap memperhatikan standar keamanan, kekuatan dan ekonomis.

Struktur bangunan merupakan bagian bagian struktur yang menyusun suatu bangunan. Umumnya struktur bangunan terdiri dari struktur bawah (*Lower Structure*) dan struktur atas (*Upper Structure*). Struktur bawah yang dimaksud adalah struktur bangunan yang berada di bawah permukaan tanah, sedangkan yang dimaksud struktur atas adalah struktur bangunan yang berada di atas permukaan tanah. Dalam proses perencanaan struktur gedung Sekolah Islam Terpadu Yayasan Harapan Ummat Purbalingga, struktur bawah meliputi pondasi dan sloof. Sedangkan struktur atas meliputi balok, kolom, pelat, atap, portal dan tangga.

## 2.2.1 Struktur Bangunan Atas

### 2.2.1.1 Atap

Atap merupakan konstruksi bangunan yang berada dibagian paling atas dari suatu bangunan yang memiliki fungsi untuk melindungi bangunan beserta isinya dari pengaruh panas matahari, hujan, dan angin. Penggunaan atap beton pada saat ini banyak digunakan untuk bangunan bertingkat karena apabila suatu saat ingin menambahkan ruang secara vertical dan merubah fungsi atap menjadi lantai dapat dikerjakan dengan mudah. Kelebihan beton bertulang sebagai berikut :

- a. Struktur beton bertulang mempunyai ketahanan yang lebih baik terhadap berbagai macam kondisi lingkungan.
- b. Beton bertulang memiliki kekuatan yang tinggi.
- c. Biaya pemeliharaan cenderung tidak terlalu tinggi dan mudah dilakukan.
- d. Termasuk bahan yang umum dipakai, sehingga tidak sulit untuk mendapatkannya.

Pada perencanaan struktur Sekolah Islam Terpadu Yayasan Harapan Ummat Purbalingga direncanakan menggunakan atap beton bertulang dengan mutu beton  $f_c' = 25$  MPa dan mutu baja  $f_y = 400$  Mpa. Pemilihan atap beton bertulang dalam perencanaan ini karena pada lantai atap gedung Sekolah Islam Terpadu Yayasan Harapan Ummat Purbalingga akan dimanfaatkan sebagai area penghijauan yang akan diisi dengan tanaman-tanaman yang diletakkan pada polybag dengan media tanam yang ringan supaya tidak menambah beban yang harus ditanggung oleh bangunan. Selain itu pada lantai atap bangunan Sekolah Islam Terpadu terdapat ruang mesin lift yang berfungsi untuk mempermudah perbaikan instalasi lift jika terjadi kerusakan.

### 2.2.1.2 Plat lantai

Plat lantai (*floor plate*) adalah lantai yang tidak terletak di atas tanah secara langsung. Plat lantai didukung oleh balok-balok yang bertumpu pada kolom-kolom bangunan.

Adapun kegunaan plat lantai itu sendiri (Ir. Ign. Benny Puspantoro, Msc. Konstruksi Bangunan Gedung Bertingkat Rendah : 7) adalah :

- a. Memisahkan ruang atas dan bawah.
- b. Sebagai tempat berpijak penghuni di lantai atas.

- c. Untuk Memepatkan kabel listrik dan lampu pada ruang bawah.
- d. Meredam suara yang datang baik dari ruang atas maupun ruang bawah.
- e. Menambahkan kekakuan bangunan pada arah horisontal.

Struktur bangunan gedung umumnya tersusun atas komponen pelat lantai, balok anak, balok induk, dan kolom, yang umumnya merupakan satu kesatuan monolit atau terangkai seperti halnya pada sistem pracetak. Petak plat dibatasi oleh balok anak pada kedua sisi panjang dan oleh balok induk pada kedua sisi pendek. Apabila pelat didukung sepanjang keempat sisinya dinamakan sebagai pelat dua arah di mana lenturan akan timbul pada dua arah yang saling tegak lurus. Namun, apabila perbandingan sisi panjang terhadap sisi pendek yang saling tegak lurus lebih besar dari 2, pelat dapat dianggap hanya bekerja sebagai pelat satu arah dengan lenturan utama pada arah sisi yang lebih pendek. Sehingga struktur pelat satu arah dapat didefinisikan sebagai pelat yang didukung pada dua tepi yang berhadapan sedemikian sehingga lenturan timbul hanya dalam satu arah saja, yaitu pada arah yang tegak lurus terhadap arah dukungan tepi (Dipohusodo, 1994).

a. Plat satu arah

Desain plat satu arah hampir sama dengan desain balok. Hanya saja, ada beberapa hal yang berbeda seperti menentukan tebal plat. Untuk perhitungan sederhananya, tebal plat bisa ditentukan berdasarkan SNI 2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung pada Tabel 9.5(a) Tebal minimum balok non-prategang atau plat satu arah bila lendutan tidak dihitung. Dengan SNI ini, tidak perlu lagi memperhitungkan lendutan yang terjadi pada plat. Bisa saja tidak mengikuti aturan SNI dan menghitung sendiri tebal optimum yang dibutuhkan plat, namun lendutan akibat beban pada plat harus tetap diperhitungkan. Untuk tahap perhitungannya dapat dilihat pada diagram alir gambar 2.1.

b. Plat dua arah

Sistem plat lantai dua arah dapat juga terjadi pada plat bentang tunggal maupun bentang menerus asal persyaratannya terpenuhi. Persyaratan jenis plat lantai dua arah jika perbandingan dari bentang panjang (L) terhadap bentang pendek (S) kurang dari pada dua. Untuk langkah perhitungannya dapat di lihat pada diagram alir gambar 2.2.

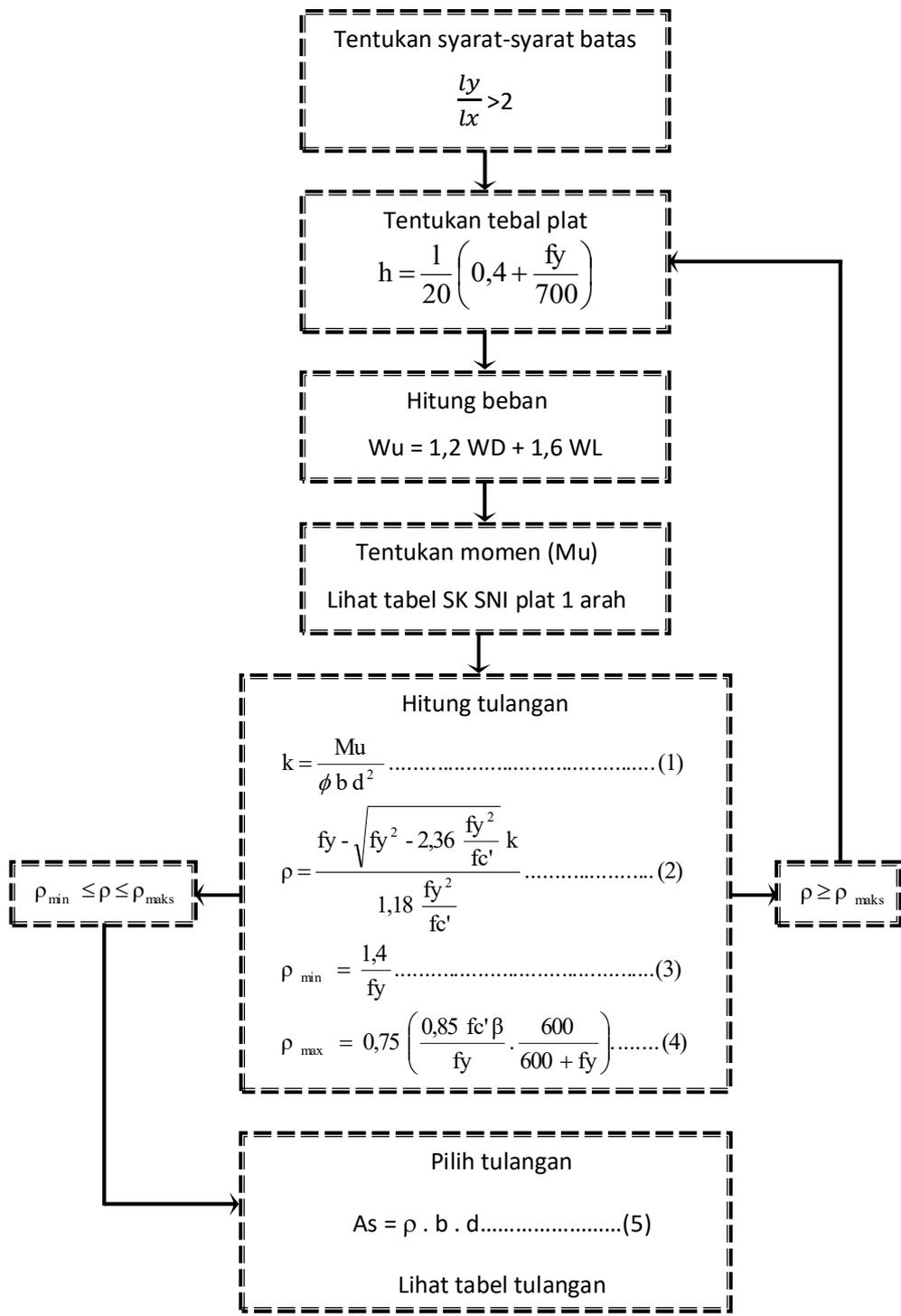
Pembebanan plat lantai pada jenis plat ini disalurkan ke empat sisi plat atau ke empat balok pendukung, akibatnya tulangan utama plat diperlukan pada kedua arah sisi plat. Permukaan arah lendutan plat mempunyai kelengkungan ganda. (Sudarmoko, 1996).

Penentuan momen baik lapangan maupun tumpuan diambil dari tabel 14 (Buku Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang, Ir. Gideon H. Kusuma M. Eng dan Ir. W.C. Vis).

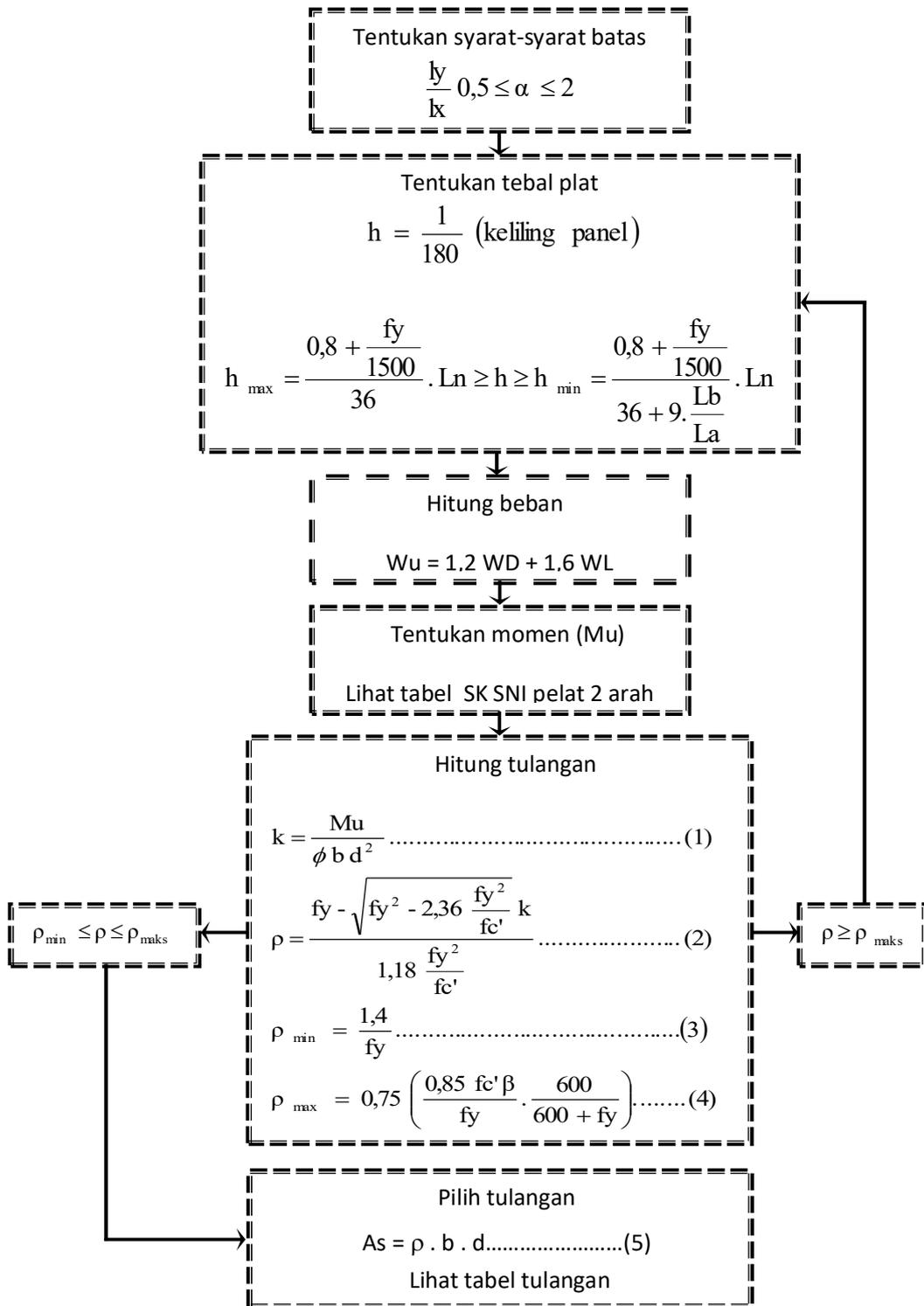
Tabel 2.1 Tebal minimum plat satu arah bila lendutan tidak dihitung

	Tebal minimum, h			
	Tetumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar.			
Pelat masif satu arah	$l / 20$	$l / 24$	$l / 28$	$l / 18$
Balok atau pelat rusuk satu arah	$l / 16$	$l / 18,5$	$l / 21$	$l / 8$
<p><b>CATATAN:</b>            panjang bentang dalam mm.            Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:            a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), <math>w_c</math>, diantara 1440 sampai 1840 <math>kg/m^3</math>, nilai tadi harus dikalikan dengan <math>(1,65 - 0,0003 w_c)</math> tetapi tidak kurang dari 1,09.            b) Untuk <math>f_y</math> selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan <math>(0,4 + f_y / 700)</math>.</p>				

Sumber : SNI 2847-2019, Tabel 9.5(a)



Gambar 2.1 Diagram alir plat satu arah



Gambar 2.2 Diagram alir plat dua arah

Dalam merencanakan pelat lantai, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

- 1) Mencari nilai rata-rata dari  $\alpha$  untuk semua balok pada tepi suatu panel  $\alpha_m$  (nilai rata-rata  $\alpha$  untuk semua balok pada tepi suatu panel ( $\alpha_m$ )).

$$I_b = \frac{b \cdot h^3}{12} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$I_s = \frac{b \cdot h^3}{12} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$E_{\text{beton}} = 4700 \sqrt{f'_c}$$

Karena beton yang digunakan untuk balok dan plat sama

Maka nilai  $E_{cb} = E_{cs}$

$$\alpha = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\alpha_m = \frac{1}{n} (\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n) \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan :

$I_b$  = momen inersia terhadap sumbu titik pusat penampang bruto balok.

$I_s$  = momen inersia terhadap sumbu pusat bruto plat.

$E_c$  = modulus elastisitas beton.

$E_{cb}$  = modulus elastisitas balok beton.

$E_{cs}$  = modulus elastisitas plat beton.

$\alpha_m$  = nilai rata-rata  $\alpha$  untuk semua balok pada tepi suatu panel.

- 2) Menentukan tebal plat lantai.

$$\beta = \frac{L_y + 2 \cdot L_x}{2(L_y + L)} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan :

$L_y$  = panjang plat (m)

$L_x$  = lebar plat (m)

Menentukan tebal pelat lantai berdasarkan peraturan SNI 03-2847-2019.

Berdasarkan SNI 03-2847-2019 pasal 11.5.3.(3).(c) mengatur tebal pelat lantai minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya tidak boleh kurang dari  $h_{min}$ .

Tebal plat lantai minimum :

$$h = \frac{\ln \left( 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 5\beta \left[ \alpha_m - 0,12 \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]} \dots\dots\dots (2.6)$$

Tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln \left( 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36 + 9\beta} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dan tidak boleh lebih dari :

$$h = \frac{\ln \left( 0,8 + \frac{f_y}{1500} \right)}{36} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan :

$h$  = tebal atau tinggi total komponen struktur (mm)

$L_n$  = panjang bentang bersih dalam arah momen yang dihitung =  $L_y - (2 \cdot (\frac{1}{2} b$  balok))

- 3) Menentukan mutu bahan dan beban yang bekerja pada pelat lantai.
- 4) Mengecek tebal plat lantai terhadap geser.
- 5) Menghitung besar momen plat lantai.
- 6) Perencanaan dan perhitungan tulangan pelat lantai.

Data-data yang diperlukan :

- Tebal pelat ( $h$ )
- Momen ( $M_u$ )
- Tebal selimut beton ( $d$ )
- Diameter tulangan

Proses yang harus dikerjakan dalam menghitung tulangan adalah :

Tinggi efektif :

$$d = h - p - \frac{1}{2} \emptyset \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \frac{0,85 \cdot f' \cdot \beta}{f_y} \cdot \frac{600}{600} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$k = \frac{Mu}{\phi b d^2} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\rho = \frac{f_y - \sqrt{f_y^2 - 2,36 \frac{f_y^2}{f_c} k}}{1,18 \frac{f_y^2}{f_c}} \dots\dots\dots (2.13)$$

kontrol :

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

Jika,  $\rho_{\min} < \rho$  digunakan rumus  $A_s = \rho \cdot b \cdot d$

Dengan :

$k$  = faktor panjang efektif

$M_u$  = momen terfaktor pada penampang

$\rho_{\min}$  = rasio tulangan minimum

$\rho_{\max}$  = rasio tulangan maksimal

### 2.2.1.3 Balok

Balok adalah bagian dari struktural bangunan yang bersifat kaku dan dirancang untuk mampu menanggung dan mentransfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang. Selain itu balok berfungsi sebagai pengikat kolom agar ketika terjadi pergerakan kolom tetap bersatu mempertahankan bentuk dan posisinya. Balok dan kolom dibuat dengan bahan yang sama, sehingga bersifat kaku dan tidak mudah berubah bentuk. Pola gaya yang tidak seragam dapat mengakibatkan balok mengalami pelengkungan atau defleksi yang harus ditahan oleh kekuatan internal materialnya.

Apabila suatu gelagar balok bentang sederhana menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur, akan terjadi deformasi (regangan) lentur didalam balok tersebut. Pada kejadian momen lentur positif, regangan tekan terjadi dibagian atas dan regangan tarik dibagian bawah dari penampang. Regangan-regangan tersebut mengakibatkan timbulnya tegangan-tegangan yang harus ditahan oleh balok,

tegangan tekan disebelah atas dan tegangan tarik dibagian bawah. Agar stabilitasnya terjamin, batang balok sebagai bagian dari sistem yang menahan lentur harus kuat untuk menahan tegangan tekan dan tarik tersebut. Untuk memperhitungkan kemampuan dan kapasitas dukung komponen struktur beton terlentur (balok, pelat, dinding, dan sebagainya), sifat utama bahwa bahan beton kurang mampu menahan tegangan tarik akan menjadi dasar pertimbangan. Dengan cara memperkuat dengan batang tulangan baja pada daerah dimana tegangan tarik bekerja akan didapat apa yang dinamakan struktur beton bertulang. Apabila dirancang dan dilaksanakan dengan cara yang saksama, struktur beton bertulang dengan susunan bahan seperti tersebut diatas akan memberikan kemampuan yang dapat diandalkan untuk melawan lenturan. (Dipohusodo, 1994).

Perencanaan balok berdasarkan penampangnya berserta tulangannya:

a. Balok persegi

Balok persegi di dimensikan dengan persyaratan tinggi minimum akan menghasilkan persentase penulangan yang sangat tinggi, maka secara umum ukuran balok diperkirakan dengan :

$$h = \frac{1}{10} L_s / d \frac{1}{15} L \dots\dots\dots (2.14)$$

$$b = \frac{1}{2} h_s / d \frac{2}{3} h \dots\dots\dots (2.15)$$

dengan :

h = Tinggi balok (cm)

b = Lebar balok (cm)

L = Panjang bentang (cm)

d = Tinggi efektif

$$d = h - p - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul utama} \dots\dots\dots (2.16)$$

dengan :

h = Tinggi balok (mm)

p = Penutup beton (mm)

$\emptyset$  sengkang = Diameter sengkang (mm)

$\emptyset$  tul. penutup = Diameter tulangan utama (mm)

b. Balok T dan L terbalik

Menurut (SNI T-03-2847-2019) dijelaskan ketentuan tersebut di bawah ini:

1) Untuk balok T berlaku

Lebar flens efektif yang diperhitungkan tidak lebih dari seperempat panjang bentang balok. Sedangkan lebar efektif bagian pelat yang menonjol pada kedua sisi dari balok tidak lebih dari delapan kali tebal pelat, dan juga tidak lebih besar dari separuh jarak bersih dengan balok di sebelahnya. Atau dengan kata lain lebar flens efektif yang diperhitungkan tidak lebih besar dan diambil nilai terkecil dari nilai-nilai berikut :

- a) seperempat panjang bentang balok
- b)  $b_w + 16.h_f$
- c) jarak dari pusat ke pusat antar balok

2) Untuk balok L berlaku

Untuk balok yang mempunyai flens pada satu sisi, lebar efektif bagian pelat yang menonjol yang diperhitungkan tidak lebih besar dari nilai-nilai berikut :

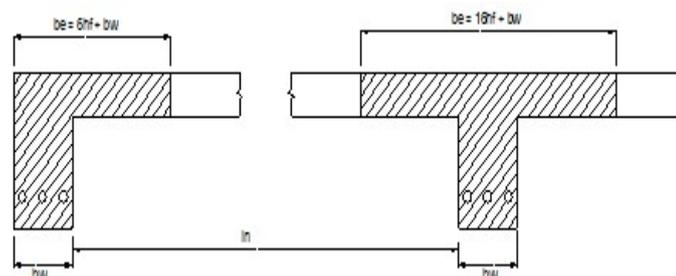
- a)  $1/12.l_n + b_w$
- b)  $6.h_f$
- c)  $1/2.l_n$

Dengan :

$l_n$  = jarak bersih antar balok

$b_w$  = lebar balok

$h_f$  = tebal pelat lantai



Gambar 2.3 Lebar efektif dari balok T dan L

- 3) Untuk balok yang khusus dibentuk sebagai balok T dengan maksud untuk mendapatkan tambahan luas daerah tekan, ketebalan flens tidak boleh lebih besar dari searah lebar balok dan lebar flens total tidak boleh lebih besar dari empat kali lebar balok

Dari uraian diatas dapat diringkas langkah-langkah atau ikhtisar perencanaan balok T menurut buku “*struktur beton bertulang*” istimewa sebagai berikut :

- 1) Menghitung rencana  $M_u$ .
- 2) Menetapkan tinggi efektif,  $d = h - 70$  mm.
- 3) Menetapkan lebar flens efektif menggunakan ketentuan SK SNI T-03-2847-2019 menghitung momen tahanan

$$M_R = N \times (0,85 \times f'_c) \times b \times hf \times (d - 0,4 \times hf)$$

- 4) Apabila  $M_R > M_u$  balok akan berperilaku sebagai balok T persegi dengan lebar  $b$  dan apabila  $M_R < M_u$  balok berperilaku sebagai balok T murni.

Apabila dihitung sebagai balok T persegi langkah selanjutnya adalah sebagai berikut:

- 1) Merencanakan sebagai balok T persegi dengan nilai  $b$  dan  $d$  yang sudah diketahui, selanjutnya menghitung  $k$  perlu.
- 2) Dari tabel apendiks A menentukan  $\rho$  berdasarkan nilai  $k$  perlu yang didapat.
- 3) Menghitung  $A_s$  perlu.
- 4) Memilih batang tulangan baja tarik dan periksa lebar balok. Periksalah  $d$  aktual dibandingkan dengan  $d$  yang ditetapkan, bila  $d$  aktual melebihi  $d$  yang dihitung (teoritis) berarti rancangan agar konserfatif (pada posisi aman). Apabila  $d$  aktual kurang dari  $d$  teoritis, rancangan tidak aman dan harus diulang.

- 5) Pemeriksaan nilai  $\rho_{min}$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ dan } \rho_{aktual} = \frac{A_s}{bwd}$$

$\rho_{aktual}$  harus lebih besar dari  $\rho_{min}$ . Apabila tidak dirancang ulang.

- 6) Pemeriksaan persyaratan daktilitas menggunakan anggapan  $A_s$  maks,  $A_s$  harus lebih besar dari  $A_s$  aktual.

## 7) Membuat sketsa rancangan

Apabila dihitung sebagai balok T murni, langkah penyelesaiannya sebagai berikut :

- a) menentukan  $Z = d - \frac{1}{2} \cdot hf$
- b) menghitung  $A_s$  yang diperlukan berdasarkan hasil langkah  $A_s = \frac{Mu}{\phi f_{yz}}$
- c) memilih bentang tulangan tarik dan perisai lebar balok.
- d) menentukan tinggi efektif aktual ( $d$  aktual) dan melakukan analisis balok.
- e) menentukan sketsa rancangan.

## c. Tulangan geser

Pendekatan yang aman untuk mencegah peningkatan tulangan supaya situasi “*interlocking*” (gaya geser pada letak miring) lebih menurun karena tegangan yang membesar, adalah berdasarkan rumus berikut :

$$V_c = \frac{\sqrt{f_c'}}{6} b_w \cdot d \dots\dots\dots (2.17)$$

dengan :

$V_c$  = Kekuatan geser nominal sumbangan beton (KN)

$f_c'$  = Kuat tarik beton (Mpa)

$b_w$  = Lebar badan balok persegi

$d$  = Tinggi efektif balok (mm)

Dalam SK SNI T-03-2847-2019 pasal 3.4.5.6, bahwa tulangan geser yang tegak lurus terhadap sumbu aksial komponen struktur adalah sebagai berikut :

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y}{s} \dots\dots\dots (2.18)$$

dengan :

$V_s$  = Kekuatan geser nominal sumbangan tulang geser (kN)

$A_v$  = Luas tulangan geser dalam jarak ( $\text{mm}^2$ )

$f_y$  = Mutu baja (Mpa)

$d$  = Tinggi efektif balok (mm)

$S$  = Jarak sengkang (mm)

Untuk batas spasi tulangan geser dapat dilihat pada SK SNI-T-03-2847-2019 yang dibubuhkan dalam poin 13.5(4) hal 92.

d. Tulangan torsi

Ketentuan tulangan torsi di berikan SK SNI T-03-2847-2019 dimana untuk komponen struktur beton bertulang penampang persegi atau dengan flens yang menerima beban kombinasi geser dan torsi pengaruh torsi harus di perhitungkan bersama geser dan lentur apabila momen torsi terfaktor  $T_u$  pada komponen tersebut melampaui.

$$N\left[\left(\frac{1}{20}\sqrt{f_y'}\right)\Sigma x^2y\right] \dots\dots\dots (2.19)$$

Sedangkan untuk struktur statis tak tentu dimana terjadi pengurangan momen torsi pada komponennya akibat terjadinya redistribusi gaya-gaya dalam,  $T_u$  dapat di kurangi menjadi.

$$N\left[\left(\frac{1}{3}\sqrt{f_y'}\right)\frac{1}{3}\Sigma x^2y\right] \dots\dots\dots (2.20)$$

Adapun ringkasan ikhtisar langkah-langkah perencanaan penulangan torsi menurut buku "*struktur beton bertulang*" Dipohusodo pada umumnya di lakukan dengan urutan seperti tersebut di bawah ini :

- 1) Menentukan apakah momen torsi keseimbangan atau keserasian.
- 2) Menentukan penampang kritis, umumnya berjarak  $d$  dari muka tumpuan.

Menghitung momen torsi rencana  $T_u$  apabila,

$$T_u < N\left[\left(\frac{1}{24}\sqrt{f_y'}\right)\Sigma x^2y\right] \dots\dots\dots (2.21)$$

efek torsi boleh diabaikan.

- 3) Menghitung kuat torsi  $T_c$  badan beton sederhana sebagai berikut,

$$T_c = \frac{\left(\frac{1}{15}\sqrt{f_c}\right)\Sigma x^2y}{\sqrt{1+\left(\frac{0,4\nu u}{C_t.T_u}\right)^2}} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dengan,

$$C_t = \frac{bw.d}{\Sigma x^2.y} \dots\dots\dots (2.23)$$

Apabila komponen struktur mengalami gaya tarik aksial besar tulangan torsi harus direncanakan untuk memikul momen torsi total, dan nilai dikalikan dengan,

$$\left(1 + 0,3 \frac{N_u}{A_g}\right) \dots\dots\dots (2.24)$$

$N_u$  bernilai negatif untuk tarik.

4) Memeriksa apakah  $T_u < N \cdot T_c$  apabila tidak, efek torsi boleh diabaikan apabila  $T_u > N \cdot T_c$ , hitunglah  $T_s$  yaitu momen torsi yang harus ditahan oleh tulangan dengan batasan sebagai berikut :

a) untuk torsi keseimbangan :

$$T_s = T_n - T_c \dots\dots\dots (2.25)$$

b) untuk torsi keserasian :

$$T_s = \left[ \left( \frac{1}{3} \sqrt{f_y'} \right) \frac{1}{3} \sum x^2 y - T_c \right] \dots\dots\dots (2.26)$$

dipakai yang terkecil.

Sesuai dengan SK SNI T-03-2847-2002 pasal 3.4.6 ditentukan bahwa untuk suatu komponen struktur yang menerima beban kombinasi geser dan torsi, pengaruh torsi harus diperhitungkan bersama geser dan lentur apabila,

$$T_u / N \left[ \left( \frac{1}{20} \sqrt{f_y'} \right) \sum x^2 y \right] \dots\dots\dots (2.27)$$

5) Nilai  $T_n$  tidak kurang dari  $T_u / N$  dan apabila  $T_s > 4 \cdot T_c$  penampang harus diperbesar.

6) Memilih tulangan sengkang tertutup sebagai tulangan melintang dan menggunakan diameter minimum D10. Apabila jarak spasi sengkang  $S$ , hitunglah luas sengkang untuk torsi setiap satuan jarak lengan dengan menggunakan persamaan,

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_s}{\alpha_1 x_1 y_1 f_1} \dots\dots\dots (2.28)$$

7) Menghitung penulangan geser yang diperlukan untuk  $A_v$  tiap satuan jarak di dalam penampang melintang dengan  $V_u$  adalah gaya geser luar rencana pada penampang kritis, sedangkan  $V_c$  adalah gaya geser yang harus dipikul oleh sengkang,

$$\frac{A_t}{s} = \frac{V}{f_y d} \dots\dots\dots (2.29)$$

$$V_c = \frac{\left( \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \right) b w d}{\sqrt{1 + \left( 2,5 C_t \frac{T_u}{V_u} \right)^2}} \dots\dots\dots (2.30)$$

Nilai  $V_n$  tidak boleh kurang dari  $V_u / N$ .

8) Menghitung luas tulangan memanjang  $A_l$  yang diperlukan untuk torsi dimana :

$$A_l = 2At \frac{x_1+y_1}{s} \dots\dots\dots (2.31)$$

$$A_l = \left\{ \frac{2,8xs}{f_y} \left[ \frac{Tu}{Tu+\frac{Vu}{3Ct}} \right] - 2At \frac{x_1+y_1}{s} \right\} \dots\dots\dots (2.32)$$

digunakan mana yang lebih besar, dan apabila dihitung dengan menggunakan, persamaan yang kedua tidak boleh melebihi,

$$A_l = \left\{ \frac{2,8xs}{f_y} \left[ \frac{Tu}{Tu+\frac{Vu}{3Ct}} \right] - \frac{2}{3} \left( \frac{bws}{f_y} \right) \right\} \frac{x_1+y_1}{s} \dots\dots\dots (2.33)$$

9) Merencanakan tulangan dengan menggunakan petunjuk yang telah diberikan.

#### 2.2.1.4 Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur (Sudarmoko, 1996).

Dalam SK SNI T-15-1991-03 mendefinisikan kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

Kolom berfungsi sebagai penerima seluruh beban dari struktur di atasnya lalu meneruskan bebas tersebut pada pondasi. Struktur dalam kolom dibuat dari besi dan beton. Keduanya merupakan gabungan antara material yang memiliki sifat kuat tarik dan kuat tekan. Gabungan kedua material ini dalam struktur beton memungkinkan kolom atau bagian struktural lain seperti sloof dan balok bisa menahan gaya tekan dan gaya tarik pada bangunan.

Dalam buku struktur beton bertulang (Istimawan Dipohusodo, 1986) ada tiga jenis kolom beton bertulang yaitu :

- a. Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral. Kolom ini merupakan kolom beton yang ditulangi dengan batang tulangan pokok memanjang, yang pada jarak spasi

tertentu diikat dengan pengikat sengkang ke arah lateral. Tulangan ini berfungsi untuk memegang tulangan pokok memanjang agar tetap kokoh pada tempatnya.

- b. Kolom menggunakan pengikat spiral. Bentuknya sama dengan yang pertama hanya saja sebagai pengikat tulangan pokok memanjang adalah tulangan spiral yang dililitkan keliling membentuk heliks menerus di sepanjang kolom. Fungsi dari tulangan spiral adalah memberi kemampuan kolom untuk menyerap deformasi cukup besar sebelum runtuh, sehingga mampu mencegah terjadinya kehancuran seluruh struktur sebelum proses redistribusi momen dan tegangan terwujud.
- c. Struktur kolom komposit merupakan komponen struktur tekan yang diperkuat pada arah memanjang dengan gelagar baja profil atau pipa, dengan atau tanpa diberi batang tulangan pokok memanjang.

Dalam perencanaan bangunan bertingkat ada dua macam cara perencanaan kolom, yaitu :

- a. Struktur kolom dengan penahan pengaku

Kolom pada struktur dengan pengaku harus direncanakan terhadap beban aksial ( $P_u$ ) yang diperhitungkan secara elastis linear dengan suatu pembesaran momen. Bentuk dari faktor pembesar (Istimawan Dipohusodo, 1993) ini didapatkan sebagai berikut :

1. Pada komponen struktur tekan (kolom) harus diperhitungkan terhadap beban  $P_u$  dan momen yang dibesarkan dengan momen :

$$M_c = \delta_b \cdot M_{2b} \dots\dots\dots (2.34)$$

dengan :

$M_c$  = momen terbesar

$\delta_b$  = faktor pembesaran momen pada struktur rangka

$M_{2b}$  = momen kolom terbesar

- a) Untuk rangka dengan pengaku,  $\delta_b$  ditetapkan sebagai berikut :

$$\delta_b = \frac{C_m}{\left(1 + \frac{P_u}{\phi p_c}\right)} \geq 1,0 \quad \text{dengan} \quad p_c = \frac{\pi^2 EI}{(klu)^2} \dots\dots\dots (2.35)$$

b) Untuk  $EI_k$  (kekakuan kolom) ditetapkan sebagai berikut :

$$EI_k = \frac{\left[ \frac{Ec \cdot Iq}{2,5} \right]}{1 + \beta d} \quad \text{dan} \quad EI_b = \frac{\left[ \frac{Ec \cdot Iq}{5} \right]}{1 + \beta d} \dots\dots\dots (2.36)$$

dengan :

$E_c$  = modulus elastisitas beton (  $4700 \sqrt{f_c'}$  MPa)

$I_q$  = momen inersia penampang beton ( $\text{mm}^4$ )

$\beta d$  = faktor yang menunjukkan hubungan antara beban mati dan beban keseluruhan

$$\beta d = \frac{1,2 D}{1,2 D + 1,6 L} \dots\dots\dots (2.37)$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 \left( \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \right) \geq 0,4 \dots\dots\dots (2.38)$$

dengan :

$C_m$  = faktor yang menghubungkan diagram momen aktual dengan suatu diagram momen merata ekuivalen

$M_{1b}$  = momen minimum  $M_u$  (kNm)

$M_{2b}$  = momen maksimum  $M_u$  pada kolom (kNm)

Sebagai perhitungan dapat digunakan grafik atau tabel Gideon Kusuma dan W.C. Vis, 1993 untuk menentukan  $\psi$  dalam diagram monogram harus menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\psi = \frac{\sum \left( \frac{EI_k}{I_k} \right)}{\sum \left( \frac{EI_k}{I_b} \right)} \dots\dots\dots (2.39)$$

dengan :

$\psi$  = kekakuan relatif

Catatan :

- 1) Apabila syarat  $Kl_u < 34 - 12 \left( \frac{M_{1b}}{M_{2b}} \right)$  memadai, maka perhitungan orde dua tidak perlu dilaksanakan.
- 2) Untuk kolom persegi,  $r = 0,3 \times h$
- 3) Apabila nilai  $\left( \frac{M_2}{Pu} \right)$  yang didapatkan, kurang dari  $(15 + 0,3 \times h)$ , maka  $M_2$  paling sedikit harus diperhitungkan dengan eksentrisitas  $e_{\min} = (15 + 0,3 \times h)$  mm.

## 2. Struktur ambang keruntuhan

Perencanaan kolom diperhitungkan terhadap struktur ambang keruntuhan akibat momen lentur (M) dan gaya normal (N) atau gaya aksial (P). Keruntuhan terjadi akibat runtuh karena tarik dan tekan (Istimawan Dipohusodo, 1993).

Nilai eksentrisitas adalah :

$$e = \frac{M}{N} \quad \text{dan} \quad e_{\min} = 0,1 \cdot b \quad \dots\dots\dots (2.40)$$

$$c_b = \frac{600}{600 + f_y} \cdot d \quad \text{dan} \quad ab = \beta_1 \cdot c_b \quad \dots\dots\dots (2.41)$$

$$P_n \text{ perlu} = \frac{Pu}{\phi} \quad \text{dan} \quad \phi = 0,8 - \frac{1,5 Pu}{f_c' \cdot A_g} \quad \dots\dots\dots (2.42)$$

Runtuh karena tarik terjadi apabila :

$$Pu > 0,1 f_c' \cdot A_g \quad \dots\dots\dots (2.43)$$

$$A_s = \frac{P_n \text{ perlu} \left( e - \frac{h}{2} + \frac{ab}{2} \right)}{f_y (d - d')} \quad \dots\dots\dots (2.44)$$

Runtuh karena tekan terjadi apabila :

$$P_u < 0,1 f'c \cdot A_g \dots\dots\dots (2.45)$$

$$A_s' = \frac{1}{f_y} \cdot \left( P_n \text{ perlu} \cdot k_1 - \frac{k_1}{k_2} \cdot y \right) \dots\dots\dots (2.46)$$

dengan :

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

$$K_1 = \frac{e}{(d - d')} + 0,50$$

$$K_2 = 3b \cdot e$$

$$y = b \cdot h \cdot f'c$$

$$A_s' \text{ min} = 1\% \cdot b \cdot h \dots\dots\dots (2.47)$$

Catatan :

- 1) Faktor reduksi kekuatan ( $\phi$ ) yang dipakai menurut SK SNI T-15-1991-03 Pasal 3.2.3 menetapkan  $\phi = 0,65$  untuk kolom yang diberi beban lentur dan beban aksial
- 2) Tapi bila harga beban aksial yang didapat lebih kecil dari  $\phi P = 0,1 f'c \cdot A_g$ , maka nilai  $\phi = 0,80$

### 2.2.1.5 Tangga

Tangga merupakan bagian dari bangunan bertingkat yang menghubungkan satu lantai dengan lantai di atasnya dan memiliki fungsi sebagai jalan naik dan turun antara lantai tingkat. Penempatan atau letak ruang tangga tersendiri harus mudah dilihat dan dicari orang, tidak berdekatan dengan ruang lain agar tidak mengganggu aktivitas penghuni lain.

Menurut Puspantoro (1987) bagian-bagian dari tangga seperti di bawah ini :

#### 1. Pondasi tangga

Sebagai dasar tumpuan (landasan) agar tangga tidak mengalami penurunan, pergeseran, maka di bagian pangkal tangga bawah harus diberi pondasi.

## 2. Ibu tangga

Merupakan bagian konstruksi pokok yang berfungsi mendukung anak tangga. Ibu tangga dapat merupakan konstruksi yang menjadi satu dengan rangka bangunannya, tapi boleh juga dibuat terpisah, tergantung cara mana yang dianggap paling menguntungkan.

## 3. Anak tangga

Anak tangga adalah bagian dari tangga yang berfungsi untuk bertumpunya telapak kaki. Anak-tangga dipasang secara teratur, agar enak dan nyaman untuk dilalui, bentuk dan lebar serta selisih tinggi masing-masing anak-tangga harus dibuat sama.

## 4. Pagar tangga

Pagar tangga adalah pelindung di samping sisi tangga untuk melindungi agar orang tidak terpelosok jatuh. Pada sisi tangga yang berbatasan langsung dengan tembok, tidak perlu dipasang pagar tangga, tapi di sisi lain yang bebas harus diberi pagar tangga.

## 5. Pegangan tangga

Pegangan tangga adalah batang yang dipasang sepanjang anak tangga untuk bertumpunya tangan, agar orang yang naik turun tangga merasa lebih aman.

Pegangan tangga dipasang bertumpu pada tiang-tiang pagar tangga. Untuk menahan dorongan orang pada pegangan tangga, maka tiang-tiang ini harus ditanam kuat pada anak tangga atau ibu tangga, agar tidak mudah roboh ke samping. Pada sisi yang berbatasan dengan dinding, pegangan tangga dapat bertumpu pada begel yang ditanam pada dinding. Sela bebas antara pegangan tangga dengan dinding minimum 4 cm, agar tangan tidak sampai bergesekan dengan dinding. Tinggi pegangan tangga dibuat 80 cm diukur dari permukaan anak tangga.

## 6. Bordes

Bordes adalah pelat datar di antara anak-anak tangga, berguna sebagai tempat untuk memberi kesempatan orang yang naik tangga beristirahat sejenak. Bordes dipasang pada tangga lurus yang terlalu panjang atau pada sudut sebagai tempat peralihan arah tangga yang berbelok. Bordes dapat dibuat lebih dari satu apabila

arah beloknya tangga lebih dari dua kali. Lebar bordes untuk bangunan rumah tinggal cukup dibuat 80-100 cm, untuk bangunan umum dibuat lebar 120-200 cm.

Dalam SNI-1727-2013 Peraturan Pembebanan Indonesia untuk gedung dan bangunan lainnya beban hidup untuk anak tangga diambil lebih besar dari pada lantai tingkat, hal ini dimaksudkan karena orang akan lebih berdesak-desakan pada saat naik turun tangga. Dalam hubungannya menghitung konstruksi tangga yang kuat dan stabil, maka perlu memperhatikan syarat batas perhitungan tangga.

#### 1. Lebar untuk anak tangga

- a. untuk bangunan rumah tinggal : 80 ~ 90 cm
- b. untuk bangunan umum : 120 ~ 200 cm
- c. yang jarang dilalui orang : 60 ~ 70 cm

Ukuran lebar ini adalah ukuran bersih, jadi lebar ruang tangga yang dibutuhkan masih harus ditambah tebal pagar tangganya. Pada sisi yang berbatasan dengan dinding ditambah dengan tempat untuk pengaman tangga,

#### 2. Lebar dan tinggi anak tangga

Untuk memberikan kenyamanan dan membuat bentuk yang serasi, semua anak tangga harus dibuat dengan bentuk dan ukuran yang seragam,

$$2.t + L = 60 \text{ s/d } 65$$

dengan :

$$t = \text{Tinggi anak tangga (Optrede)} = 16 - 20 \text{ cm}$$

$$L = \text{Lebar anak tangga (Antrede)} = 26 - 30$$

#### 3. Ukuran ruang tangga

Ukuran ruang tangga ditentukan oleh jumlah anak tangga dan bentuk tangganya. langkah-langkah perhitungan perencanaan tangga seperti tersebut dibawah ini:

- a) Menentukan lebar *antrede*, ntuk menghitung jumlah *antrede*,
- b) Menghitung tinggi *optrede*,
- c) Menentukan jumlah *optrede*.
- d) Menghitung pembebanan anak tangga,
- e) Menghitung pembebanan *bordes*,

- f) Menghitung besar momen yang terjadi dengan bantuan program komputer,
- g) Menghitung kebutuhan tulangan.
- (1). Menghitung (k) perlu,
- $$k = \frac{Mu}{\phi bd} \dots\dots\dots (2.48)$$
- (2). Menentukan  $\rho$  min,  $\rho$  aktual,  $\rho$  maks,
- (3). Menghitung luas tulangan ( $A_s$ ) yang dibutuhkan dengan menggunakan persamaan  $A_s = \rho \cdot b \cdot d$

#### 2.2.1.6 Elevator (*lift*)

Elevator adalah alat transportasi pada bangunan yang bergerak secara vertical yang membawa penumpang, peralatan dan muatan dari satu tingkat ke tingkat yang lain. Elevator ada beberapa jenis, yaitu :

##### 1. Berdasarkan System Geraknya

Sesuai dengan system penggerakannya, lift memiliki dua macam yaitu tipe elektrik dan hidrolik. Lift elektrik terdiri dari sebuah tabung yang dipasang pada rel pemandu, didukung oleh kabel penggerak, dan dikendalikan oleh mesin penggerak elektis pada mesin lift. Kemudian untuk lift hidrolik terdiri dari sebuah tabung yang didukung oleh piston yang bergerak searah atau berlawanan dengan cairan yang diberi tekanan. Tidak memerlukan rumah lift tapi memiliki kecepatan rendah dan Panjang piston membatasi penggunaannya hanya pada bangunan enam lantai.

##### 2. Berdasarkan Fungsinya

Pemilihan kapasitas-kapasitas lift akan menentukan jumlah lift yang mempengaruhi pula kualitas pelayanan gedung, terutama proyek-proyek komersil. Lift juga memiliki bermacam-macam jenis sesuai dengan fungsinya, yaitu:

##### a. Lift Penumpang

Passenger elevator atau lift penumpang biasanya dipasang pada rumah tinggal, ruko, gedung rendah, medium, bahkan high rise. Jenis ini merupakan lift yang paling banyak digunakan di seluruh dunia dan Indonesia khususnya.

### b. Lift Barang

Setiap gedung bertingkat banyak baik dalam bentuk perkantoran, flat, atau penggunaan campuran dengan gedung komersial pasti memerlukan sarana sirkulasi vertikal untuk barang di samping untuk orang. Kriteria untuk lift barang yang penting ialah ukuran dan berat barang yang harus diangkut.

Penentuan jumlah car (*lift*) untuk memastikan kapasitas transportasi dan waktu tunggu terjadi masih dalam service level yang dipersyaratkan pada saat jam sibuk. Berikut adalah langkah-langkah menghitung kebutuhan lift :

1. Menghitung jumlah kepadatan orang dalam setiap bangunan, dibandingkan dengan luas bangunan

$$\text{Kepadatan} = \frac{\text{Jumlah pemakai bangunan}}{\text{Luas bangunan}} \dots\dots\dots (2.49)$$

Dari rumusan tersebut didapatkan standar kepadatan orang dibanding luas bangunan adalah sebagai berikut :

- a) Untuk bangunan kantor, rata-rata 1 orang =  $11 \text{ m}^2$  x luas bangunan.
- b) Untuk bangunan hotel, rata-rata 1 orang =  $15 \text{ m}^2$  x luas bangunan.
- c) Untuk bangunan apartemen, rata-rata 1 orang =  $15 \text{ m}^2$  x luas bangunan.
- d) Untuk bangunan pusat perbelanjaan, rata-rata 1 orang =  $11 \text{ m}^2$  x luas bangunan.

2. Standar rata-rata jumlah orang yang bisa diangkut dalam 1 menit adalah 13% dari jumlah pemakai bangunan maka,

$$\text{Jumlah angkut} = 13\% \times \text{Jumlah pemakai bangunan} \dots\dots\dots (2.50)$$

3. Kapasitas lift

$$H = \frac{300 \cdot P}{2V} \dots\dots\dots (2.51)$$

dengan :

H = Kapasitas lift

P = Jumlah orang yang diangkut 1 kali perjalanan

V = Kecepatan lift

4. Jumlah lift yang dibutuhkan

$$\text{Jumlah lift} = \frac{\text{Jumlah angkut}}{\text{Kapasitas lift}} \dots\dots\dots (2.51)$$

## 2.2.2 Struktur Bangunan Bawah

### 2.2.2.1 Pondasi

Pondasi adalah komponen struktur bangunan yang berada paling bawah, pondasi berfungsi sebagai penyalur seluruh beban (hidup dan mati) yang berada di atasnya erta gaya-gaya dari luar ke tanah. Pondasi adalah salah satu faktor terpenting dari sebuah struktur bangunan. Apabila pondasi tidak kokoh, maka kemungkinan bangunan roboh sangatlah besar. Perencanaan pondasi harus memenuhi persyaratan untuk mampu dengan aman menebar beban yang diteruskan sedemikian rupa, sehingga kapasitas atau daya dukung tanah tidak dilampaui. Dalam perencanaan pondasi pondasi harus memperhitungkan keadaan yang berhubungan dengan sifat-sifat dan mekanika tanah. Dasar pondasi harus diletakan diatas tanah kuat pada kedalaman cukup tertentu, bebas dari lumpur, humus, dan pengaruh perubahan cuaca.

Pondasi bangunan berdasarkan kondisi tanahnya dibedakan menjadi dua jenis yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep faoundation*). Pondasi dangkal kedalamannya kurang atau sama dengan lebar pondasi ( $D \leq B$ ) dan dapat digunakan jika lapisan tanah keras terletak dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah kerasnya berada jauh dari permukaan tanah.

#### 1. Perhitungan pondasi sumuran

##### a) Perhitungan tebal dinding pondasi sumuran (cincin sumuran)

$$\text{Tegangan ijin beton, } \sigma_{\text{beton}} = 0,85 \cdot f_c' \dots\dots\dots (2.52)$$

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma_{\text{tanah}} \cdot h^2 \cdot \lambda_a \dots\dots\dots (2.53)$$

$$\lambda_a = \tan^2 \cdot (45 - \phi/2) \dots\dots\dots (2.54)$$

$\phi$  diasumsikan 2% dari  $q_c$

$$t = \frac{P_a \cdot D}{2 \cdot H \cdot \bar{\sigma}_{\text{beton}}} \dots\dots\dots (2.55)$$

##### b) Perhitungan tulangan dinding sumuran

$$M_{\text{max}} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2 \dots\dots\dots (2.56)$$

$$\rho_b = 0,85 \beta_1 \left( \frac{f_c}{f_y} \right) \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots (2.57)$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_b \dots\dots\dots (2.58)$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \dots\dots\dots (2.59)$$

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2} \dots\dots\dots (2.60)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{f_y - \sqrt{f_y^2 - 2,36 \frac{f_y^2}{f_c} k}}{1,18 \frac{f_y^2}{f_c}} \dots\dots\dots (2.61)$$

Jika  $\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min} < \rho_{\max}$ , maka digunakan  $\rho_{\min}$

Jika  $\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$ , maka digunakan  $\rho_{\text{perlu}}$

Jika  $\rho_{\min} < \rho_{\max} < \rho_{\text{perlu}}$ , maka digunakan  $\rho_{\max}$

Dengan :

$\rho_{\min}$  = rasio tulangan minimum

$\rho_{\text{perlu}}$  = rasio tulangan yang diperlukan

$\rho_{\max}$  = rasio tulangan maksimal

### 2.2.3 Bangunan Sekolah

Bangunan sekolah adalah bangunan atau lembaga untuk belajar dan mengajar serta tempat menerima dan memberi pelajaran. Ukuran dan jenis sekolah bervariasi tergantung dari sumber daya dan tujuan penyelenggara pendidikan. Sebuah sekolah mungkin sangat sederhana di mana sebuah lokasi tempat bertemu seorang pengajar dan beberapa peserta didik, atau mungkin sebuah kompleks bangunan besar dengan ratusan ruang dengan puluhan ribu tenaga kependidikan dan peserta didiknya. Di Indonesia, sekolah menurut statusnya dibagi menjadi 2 macam yaitu :

#### 1. Sekolah negeri

Sekolah yang diselenggarakan oleh pemerintah, mulai dari sekolah dasar, sekolah menengah pertama, sekolah menengah atas, dan perguruan tinggi.

#### 2. Sekolah swasta

Sekolah yang diselenggarakan oleh non-pemerintah atau swasta, penyelenggara berupa badan berupa sebuah yayasan pendidikan.

Sarana pendidikan adalah semua fasilitas yang diperlukan dalam proses belajar mengajar baik yang bergerak maupun yang tidak bergerak agar pencapaian tujuan pendidikan dapat berjalan dengan lancar, teratur, efektif dan efisien.

Prasarana pendidikan adalah fasilitas yang secara tidak langsung menunjang jalannya proses pendidikan, seperti : kebun atau taman sekolah, jalan menuju ke sekolah, tata tertib sekolah, dan sebagainya.

Dalam Peraturan Pemerintah No. 19 tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan yang menyangkut standar sarana dan prasarana pendidikan secara nasional pada Bab VII Pasal 42 disebutkan bahwa :

1. Setiap satuan pendidikan wajib memiliki sarana yang meliputi perabot, peralatan pendidikan, media pendidikan, buku dan sumber belajar lainnya, bahan habis pakai, serta perlengkapan lain yang diperlukan untuk menunjang proses pembelajaran yang teratur dan berkelanjutan.
2. Setiap satuan pendidikan wajib memiliki prasarana yang meliputi :
  - a) Lahan
  - b) Ruang kelas
  - c) Ruang pimpinan satuan pendidikan
  - d) Ruang guru
  - e) Ruang tata usaha
  - f) Ruang perpustakaan
  - g) Ruang laboratorium
  - h) Ruang UKS
  - i) Ruang konseling
  - j) Ruang organisasi kesiswaan
  - k) Ruang olahraga
  - l) Tempat ibadah
  - m) Koperasi
  - n) Kantin
  - o) Toilet
  - p) Gudang