

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Uraian Umum**

Perencanaan suatu gedung (bangunan) merupakan suatu usaha untuk menyusun dan mengorganisasikan suatu proyek konstruksi baik berupa perhitungan-perhitungan ataupun tulisan-tulisan, sehingga bangunan yang dihasilkan sesuai dengan keinginan dengan tetap memperhatikan standar ekonomi, aman, kuat dan nyaman.

Perencanaan dari suatu konstruksi bangunan harus memenuhi berbagai syarat konstruksi yang telah ditentukan yaitu kuat, kaku, bentuk yang serasi dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang ekonomis tetapi tidak mengurangi mutu konstruksi, sehingga dapat dipergunakan sesuai dengan fungsinya.

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

Ruang lingkup dari perencanaan bangunan gedung 3 (tiga) lantai SMA Negeri 11 Palembang ini meliputi beberapa tahapan yaitu persiapan, studi kelayakan, mendesain bangunan (perencanaan), dilanjutkan dengan perhitungan struktur, lalu perhitungan biaya, dan progres kerja yaitu NWP dan kurva S.

##### **2.2.1 Perencanaan Konstruksi**

Pada penyelesaian perhitungan untuk perencanaan bangunan gedung 3 (tiga) lantai SMA Negeri 11 Palembang ini, penulis mengambil acuan yang berpedoman pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia, diantaranya :

1. Peraturan Kontruksi Kayu Indonesia (PKKI 1961)

Dalam perencanaan ini terdapat persyaratan dan ketentuan mengenai pedoman perhitungan untuk struktur kayu, baik perencanaan struktur kayu dan sambungan-sambungan kayu.

2. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.  
(SNI – 2847 – 2013)

Tata cara ini meliputi persyaratan-persyaratan umum serta ketentuan teknis perencanaan dan pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung atau struktur bangunan lain yang mempunyai kesamaan karakter dengan struktur bangunan gedung.

3. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung  
(SNI-03 – 2847 – 2002)

Tata cara ini meliputi persyaratan-persyaratan umum serta ketentuan teknis perencanaan dan pelaksanaan struktur beton untuk bangunan gedung atau struktur bangunan lain yang mempunyai kesamaan karakter dengan struktur bangunan gedung.

4. Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung  
(SKBI – 1.3.53.1987)

Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung ini digunakan untuk menentukan beban yang diizinkan untuk merencanakan bangunan gedung dan rumah.

5. Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain.  
(SNI 1727 : 2013)

Standar ini memuat ketentuan beban minimum untuk merancang bangunan gedung dan struktur lain. Beban dan kombinasi pembebanan yang sesuai, telah dikembangkan dan

harus digunakan bersama, baik untuk perancangan dengan metode kekuatan ataupun perencanaan dengan metode tegangan izin.

### **2.2.2 Klasifikasi Pembebanan**

Suatu struktur bangunan gedung juga harus direncanakan kekuatannya terhadap suatu pembebanan. Adapun jenis pembebanannya antara lain :

#### **1. Beban Mati**

Beban Mati ialah berat dari semua bagian dari seluruh gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, mesin-mesin dan peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung.

#### **2. Beban hidup**

Beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama bangunan itu didirikan, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut.

#### **3. Beban Angin**

Beban angin ialah semua beban yang bekerja pada gedung yang disebabkan oleh selisih tekanan udara. Beban yang memperhitungkan adanya tekanan positif dan negatif yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau.

## 2.3 Metode Perhitungan

Berikut adalah metode perhitungan yang akan digunakan dalam perhitungan konstruksi. Metode-metode tersebut diambil berdasarkan acuan yang digunakan.

### 2.3.1 Rangka Atap

Atap adalah bagian dari suatu bangunan yang berfungsi sebagai penutup seluruh ruangan yang ada dibawahnya terhadap pengaruh panas, hujan, angin, debu atau untuk keperluan perlindungan.

#### 1. Pembebanan Rangka Atap

##### a. Beban mati

Berat dari seluruh bagian atap yang bersifat tetap, beban tersebut adalah :

- 1) Berat sendiri kuda-kuda
- 2) Berat penutup atap
- 3) Berat gording
- 4) Berat plafon

##### b. Beban hidup

Semua beban yang bekerja pada atap, beban tersebut adalah :

- 1) Beban Terbagi rata per m<sup>2</sup> bidang datar berasal dari beban air hujan sebesar  $(40-0,8\alpha)$  kg/m<sup>2</sup> di mana  $\alpha$  adalah sudut kemiringan atap.
- 2) Beban terpusat berasal dari seorang pekerja dengan peralatannya sebesar minimum 100 kg

##### c. Beban angin

Beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (hisap) yang tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau.

Untuk konstruksi gedung tertutup  $\alpha < 65^\circ$ , maka :

Koefisien angin tekan (+):  $(0,02 \alpha - 0,4)$

Koefisien angin hisap (-):  $-0,4$

## 2. Struktur kayu

### a. Syarat-syarat umum kayu

Pada umumnya kayu harus bersifat baik dan sehat dengan ketentuan bahwa segala sidat dan kekurangan-kekurangan yang berhubungan dengan pemakaiannya tidak akan merusak atau mengurangi nilai konstruksi (bangunan).

#### 1) Mutu kayu

Dibedakan dua macam mutu kayu, yaitu kayu mutu A dan kayu bermutu B.

#### 2) Tegangan yang diperkenankan

Daftar tabel dibawah ini adalah tabel modulus kenyal (E) sejajar serat pada tabel 2.1 dan tabel tegangan yang diperkenankan untuk kayu mutu A pada tabel 2.2 sesuai dengan PKKI 1961 pasal (5).

**Tabel 2.1** Modulus Kenyal (E) kayu sejajar serat

Kelas kuat kayu	E // (kg/cm <sup>2</sup> )
I	125000
II	100000
III	80000
IV	60000

**Tabel 2.2** Tegangan yang diperkenankan untuk kayu mutu A

	Kelas Kuat					Jati ( <i>Tectonagrandis</i> )
	KI	KI	KI	K1	KI	
	I	II	III	IV	V	
$\bar{\sigma}_{lt}$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	150	100	75	50	-	130
$\bar{\sigma}_{tk \parallel} = \bar{\sigma}_{tr //}$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	130	85	50	45	-	110
$\bar{\sigma}_{tk \perp}$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	40	25	5	10	-	30
$\bar{\tau}_{\parallel}$ ( kg/cm <sup>2</sup> )	20	12	8	5	-	15

**Catatan** : untuk kayu mutu B tegangan yang diperkenankan dari tabel 2.2 dikali dengan 0,75.

### 3. Faktor Reduksi Kayu

Pengaruh keadaan konstruksi dan sifat muatan terhadap tegangan yang diperkenankan :

a. Tegangan-tegangan yang diperkenankan dalam daftar tabel 2.2 harus dikalikan dengan :

1) Faktor 2/3

- Untuk konstruksi yang selalu terendam dalam air.
- Untuk bagian konstruksi yang tidak terlindung, dan kemungkinan besar kadar lengas kayu akan selalu tinggi.

2) Faktor 5/6

Untuk konstruksi yang tidak terlindung, tetapi kayu itu dapat mongering dengan cepat.

b. Tegangan yang diperkenankan dalam daftar tabel 2.2 boleh dikalikan dengan faktor 5/4

1) Untuk bagian konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh muatan tetap dan muatan angin

2) Untuk konstruksi bagian-bagian konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh muatan tetap dan muatan tidak tetap.

#### 4. Lendutan

Syarat lendutan ( $f_{\max}$ ) pada suatu konstruksi akibat berat sendiri dan muatan tetap menurut PKKI 1961 dibatasi sebagai berikut :

- Untuk balok yang dipergunakan pada konstruksi yang

terlindung :  $f_{\max} \leq \frac{1}{300} \times \ell$

- Untuk balok yang dipergunakan pada konstruksi yang tidak

terlindung :  $f_{\max} \leq \frac{1}{400} \times \ell$

- Untuk balok pada konstruksi kuda-kuda, seperti gording, kasau dsb :

$$f_{\max} \leq \frac{1}{200} \times \ell$$

- Untuk konstruksi rangka batang yang tidak terlindung :

$$f_{\max} < \frac{1}{700} \times \ell$$

$f$  = lendutan,  $\ell$  = jarak bentang

#### 5. Ketentuan alat sambung

Alat sambung yang digunakan adalah baut, di mana penentuan dimensi baut disesuaikan dengan ukuran kayu dan syarat-syarat.

### 2.3.2 Plat Beton

Pelat beton bertulang dalam suatu struktur dipakai pada lantai, pada pelat ruang ditumpu balok pada keempat sisinya terbagi dua berdasarkan geometrinya, yaitu :

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

Pelat satu arah yaitu suatu pelat yang memiliki panjang lebih besar atau lebih lebar yang bertumpu menerus melalui balok-balok. Maka hampir semua beban lantai dipikul oleh balok-balok yang sejajar.

Suatu pelat dikatakan pelat satu arah apabila  $\frac{L_y}{L_x} \geq 2$ , dimana  $L_y$  dan  $L_x$  adalah panjang dari sisi-sisinya. Dalam perencanaan struktur pelat satu arah, langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

a. Penentuan pelat

Penentuan tebal pelat terlentur satu arah tergantung beban atau momen lentur yang bekerja, defleksi yang terjadi dan kebutuhan kuat geser yang dituntut.

Menurut SNI – 2847 – 2013, tebal minimum yang ditentukan dalam tabel berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan.

**Tabel 2.3** Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Komponen struktur	Tebal minimum, $h$			
	Tertumpu 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 / 10
Balok atau pelat rusuk satu-arah	ℓ / 16	ℓ / 18,5	ℓ / 21	ℓ / 8

**CATATAN:**  
 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*),  $w_c$ , di antara 1440 sampai 1840 kg/m<sup>3</sup>, nilai tadi harus dikalikan dengan  $(1,65 - 0,0003w_c)$  tetapi tidak kurang dari 1,09.  
 (b) Untuk  $f_y$  selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_y/700)$ .

\*Sumber : SNI – 2847 – 2013 butir 9.5.2.2

b. Menghitung beban mati pelat termasuk beban berat sendiri pelat dan beban hidup dengan cara metode beban terfaktor.

$$QU = 1,2 QD + 1,6 QL$$

Keterangan :

QD = total beban mati pelat (KN/m)

QL = total beban hidup pelat (KN/m)

- c. Menghitung momen rencana ( $M_u$ ) baik dengan cara tabel atau analisa

Sebagai alternatif, metode pendekatan berikut ini dapat digunakan untuk menentukan momen lentur dan gaya geser dalam perencanaan balok menerus dan pelat satu arah, yaitu pelat beton bertulangan di mana tulangnya hanya direncanakan untuk memikul gaya-gaya dalam satu arah, selama :

- Jumlah minimum bentang yang ada haruslah minimum dua
- Memiliki panjang bentang yang tidak terlalu berbeda, dengan rasio panjang bentang terbesar terhadap panjang terpendek dari dua bentang yang bersebelahan tidak lebih dari 1,2.
- Beban yang bekerja merupakan beban terbagi rata,
- Beban hidup per satuan panjang tidak melebihi tiga kali beban mati per satuan panjang, dan
- Komponen struktur adalah prismatis.

- d. Perkiraan tinggi efektif ( $d_{eff}$ )

Untuk beton bertulang tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut sesuai tabel 2.4 berikut :

- e. Menghitung  $K_{perlu}$

$$k = \frac{M_u}{\phi \times b d \times d_{eff}^2}$$

Ket :

k = faktor panjang efektif komponen struktur tekan (Mpa)

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

- $b$  = lebar penampang (mm) diambil 1 m  
 $d_{eff}$  = tinggi efektif pelat (mm)  
 $\emptyset$  = faktor kuar rencana (SNI 2013)

**Tabel 2.4** Untuk beton bertulang, tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan beriku :

	Tebal selimut minimum (mm)
a) Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca: Batang D-19 hingga D-56 .....	50
Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau kawat ulir D16 dan yang lebih kecil .....	40
c) Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton tidak langsung berhubungan dengan tanah: <u>Pelat, dinding, pelat berusuk:</u> Batang D-44 dan D-56 .....	40
Batang D-36 dan yang lebih kecil .....	20
<u>Balok, kolom:</u> Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral .....	40
<u>Komponen struktur cangkang, pelat lipat:</u> Batang D-19 dan yang lebih besar .....	20
Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil	15

\*Sumber : SNI – 2847 – 2013 butir 7.7.1 .

f. Menentukan rasio penulangan ( $\rho$ ), dari tabel.

Jika ( $\rho > \rho_{max}$ )

g. Hitung As yang diperlukan

$$As = \rho \times b \times d$$

Ket :

As = Luas tulangan ( $mm^2$ )

$\rho$  = Rasio penulangan

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

- h. Memilih tulangan pokok yang akan dipasang beserta tulangan susut dan suhu dengan menggunakan tabel.
- 1) Tulangan susut dan suhu harus paling sedikit langan memiliki luas tulangan terhadap bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014 :
    - a. Pelat yang menggunakan betang tulangan ulir mutu 300.....0,0020
    - b. Pelat yang menggunakan batang tulangan ulir atau jaring kawat las (polos atau ulir) mutu 400.....0,0018
    - c. Pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 400 Mpa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35%.....0,0018 x 400/fy
  - 2) Tulangan susut dan suhu harus dipasang dengan jarak lebih dari lima kali tebal pelat atau 450 mm.

## 2. Pelat Dua Arah (Two way slab)

Pelat dua arah adalah pelat yang ditumpu oleh balok pada keempat sisinya dan beban-beban ditahan oleh pelat dalam arah yang tegak lurus terhadap balok-balok penunjang.

### a. Mendimensi balok

Tebal minimum tanpa balok interior yang menghubungkan tumpuan-tumpuannya, harus memenuhi ketentuan dari table 2.5.

**Tabel 2.5** Tebal minimum dari Pelat Tanpa Balok Interior

Tegangan leleh, $f_y$ MPa <sup>†</sup>	Tanpa penebalan <sup>‡</sup>			Dengan penebalan <sup>‡</sup>		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir <sup>§</sup>		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir <sup>§</sup>	
280	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 40$	$\ell_n / 40$
420	$\ell_n / 30$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$
520	$\ell_n / 28$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 34$	$\ell_n / 34$

<sup>†</sup>Untuk konstruksi dua arah,  $\ell_n$  adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.  
<sup>‡</sup>Untuk  $f_y$  antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.  
<sup>§</sup>Pelat dengan balok di antara kolom kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai  $\alpha_f$  untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

\*Sumber : SNI – 2847 – 2013 butir 9.5.3.2

#### b. Persyaratan tebal pelat dari balok

Tebal pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan :

$$h = \frac{Ln (0,8 + \frac{fy}{1500})}{36 + 5\beta (\alpha fm - 0,2)} \dots \text{SNI} - 2847 - 2013 \text{ 9.5.3 butir 3.(b)}$$

**catatan** :  $\alpha fm > 0,2$  tapi tidak  $> 2,0$  dan h tidak boleh kurang dari 125 mm.

$$h = \frac{Ln (0,8 + \frac{fy}{1500})}{36 + 9\beta} \dots \text{SNI} - 2847 - 2013 \text{ 9.5.3 butir 3.(c)}$$

**catatan** :  $\alpha fm > 2,0$  dan h tidak boleh kurang dari 90 mm.

#### c. mencari $\alpha m$ dari masing-masing panel

mencari  $\alpha m$  dari masing-masing panel untuk mengecek apakah pemakaian h dicoba-coba telah memenuhi persyaratan hmin.

Untuk  $\alpha m < 2,0$  tebal minimum adalah 120 mm

Untuk  $\alpha m \geq 2,0$  tebal minimum adalah 90 mm

$$a_1 = \frac{I_{balok}}{I_{pelat}}$$

$$a_m = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}{n}$$

d. pembebanan pelat

Perhitungan sama seperti pada perhitungan pembebanan pelat satu arah.

e. Mencari momen yang bekerja pada arah x dan y

$$M_x = 0,001 \text{ Qu } L_2 \times \text{ koefisien momen}$$

$$M_y = 0,001 \text{ Qu } L_2 \times \text{ koefisien momen}$$

$$M_{ty} = \frac{1}{2} m_l x$$

$$M_{tx} = \frac{1}{2} m_l y$$

Keterangan :

$M_x$  = momen sejauh X meter

$M_y$  = momen sejauh Y meter

f. Mencari tulangan dari momen yang didapat

Tentukan nilai  $k = \frac{M_u}{\phi \times b \times d \times \rho \times f_y}$  untuk mendapatkan

nilai  $\rho$  (rasio tulangan) yang didapat dari tabel.

$$\text{Syarat : } \rho_{min} \leq \rho \leq \rho_{max}$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \frac{0,85 \times f_c' \times \beta}{f_y} \times \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\text{Apabila } \rho_{min} < \rho \text{ maka dipakai tulangan } \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$$

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

Keterangan :

$K$  = faktor panjang efektif

$M_u$  = momen terfaktor pada penampang

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan (0,8)

$B$  = lebar daerah tekan komponen struktur

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

$\rho_{min}$  = rasio penulangan tarik non-prategang minimum

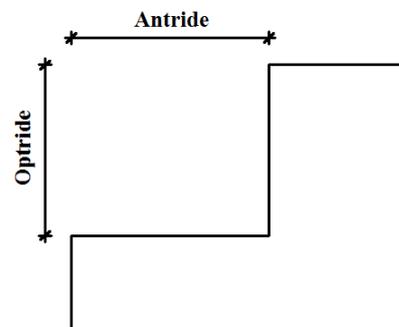
$A_s$  = luas tulangan tarik non-prategang

$f_y$  = mutu baja

$f_c'$  = mutu beton

### 2.3.3 Tangga

Tangga merupakan salah satu sarana penghubung dari dua tempat yang berbeda level/ketinggiannya.



**Gambar 2.1** Anak Tangga

Anak tangga (trede) adalah bagian dari tangga yang berfungsi untuk memijakan/melangkahkan kaki ke arah vertikal maupun horizontal (datar).

Bidang trede yang datar yang merupakan tempat berpijaknya telapak kaki dinamakan antrede (langkah datar), sedangkan bidang tegak yang merupakan selisih tinggi antara dua trede yang berurutan dinamakan optrede (langkah tegak/naik).

Bordes adalah bagian dari tangga yang merupakan bidang datar yang agak lurus dan berfungsi sebagai tempat istirahat bila terasa lelah. Bordes dibuat apabila jarak tempuh tangga sangat panjang yang mempunyai jumlah trede lebih dari 20 buah atau lebar tangga cukup akan tetapi ruangan yang tersedia untuk tangga biasa/tusuk lurus tidak mencukupi.

Ketentuan-ketentuan konstruksi antrede dan optrede, antara lain :

1. Untuk bangunan rumah tinggal
  - a. Antere = 25 cm (minimum)
  - b. Optrede = 20 cm (maksimum)
  - c. Lebar tangga = 80-100 cm
2. Untuk perkantoran dan lain-lain
  - a. Antrede = 25 cm ( minimum)
  - b. Optrede = 17 cm (maksimum)
  - c. Lebar tangga = 120-200 cm
3. Syarat langkah  
 $2 \text{ optrede} + 1 \text{ antrede} = 57 - 65 \text{ cm}$
4. Sudut kemiringan  
 Maksimum =  $45^\circ$   
 Minimum =  $25^\circ$

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

1. Tangga harus mudah dijalani atau dinaiki
2. Tangga harus cukup kuat dan kaku
3. Ukuran tangga harus sesuai dengan sifat dan fungsinya
4. Material yang digunakan untuk pembuatan tangga terutama pada gedung-gedung umum harus berkualitas baik, tahan dan bebas dari bahaya kebakaran.
5. Letak tangga harus strategis
6. Sudut kemiringan tidak lebih dari  $45^\circ$

Berikut ini adalah langkah – langkah dalam perencanaan konstruksi tangga :

1. Perencanaan tangga
  - a. Penentuan ukuran antrede dan optrede

- b. Penentuan jumlah antrede dan optrede
  - c. Panjang tangga= jumlah optrede x lebar antrede
  - d. Sudut kemiringan tangga=  $tg$  (tinggi tangga : panjang tangga)
  - e. Penentuan tebal pelat tangga
2. Penentuan pembebanan pada anak tangga
    - a. Beban mati
      - Berat sendiri bordes
      - Berat sendiri anak tangga
      - Berat 1 anak tangga (Q) per m'
 
$$Q = \text{antrede} \times \text{optrede} \times 1 \text{ m} \times \gamma_{\text{beton}} \times \text{jumlah anak tangga dalam 1 m}$$
      - Berat spesi dan ubin
    - b. Beban hidup
3. Perhitungan tangga dengan metode cross untuk mencari gaya-gaya yang bekerja.
  4. Perhitungan tulangan tangga
    - a. Perhitungan momen yang bekerja
    - b. Penentuan tulangan yang diperlukan
    - c. Menentukan jarak tulangan
    - d. Kontrol tulangan

#### 2.3.4 Portal

Portal merupakan kerangka utama dari struktur bangunan, khususnya bangunan gedung (disebut : balok) dan vertical (disebut: kolom) yang saling bertemu/berpotongan pada titik buhul (joint).

Biasanya perencanaan portal dengan bahan beton bertulang, ujung kolom bagian bawah dari portal tersebut bertumpu/tertahan kuat pada pondasi dan dapat dianggap/direncanakan sebagai perletakan jepit ataupun sendi.

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

1. Pendimensian balok

Tebal minimum balok ditentukan dalam SK SNI 2847 – 2013 hal. 70 adalah untuk balok dengan dua tumpuan sederhana memiliki tebal minimum  $\frac{\ell}{16}$ , untuk balok dengan satu ujung menerus memiliki tebal minimum  $\frac{\ell}{18,5}$ , sedangkan untuk kedua ujung menerus memiliki tebal minimum  $\frac{\ell}{21}$ , untuk balok kantilever memiliki tebal minimum  $\frac{\ell}{8}$ .

2. Pendimensian kolom

3. Analisa pembebanan

4. Menentukan gaya-gaya dalam

Dalam menghitung dan menentukan besarnya momen yang bekerja pada suatu struktur bangunan, kita mengenal perhitungan dengan metode *cross*, takabeya, ataupun metode dengan menggunakan bantuan komputer yaitu menggunakan program SAP.

1. Perencanaan portal dengan menggunakan takabeya

a. Perencanaan portal akibat beban mati

Langkah-langkah perencanaan adalah sebagai berikut :

- Menentukan pembebanan pada portal

- 1) Beban hidup
- 2) Beban pelat
- 3) Beban penutup lantai dan adukan
- 4) Berat balok
- 5) Berat pasangan dinding (jika ada)

- Menghitung momen inersia kolom dan balok

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

- Menghitung kekakuan kolom dan balok

$$k_y = \frac{I_y}{L_y}$$

- Menghitung koefisien distribusi ( $\rho$ )

$$\rho = 2 \times \sum k_y \rightarrow (k_y = k \text{ total pada titik yang ditinjau})$$

- Menghitung faktor distribusi ( $\gamma$ )

$$\gamma_y = \frac{K_y}{\rho_i}$$

- Menghitung momen primer (M)

- Menghitung jumlah momen primer pada tiap titik ( $\tau$ )

$$\tau = \bar{M}$$

- Menghitung momen goyangan ( $M^\circ$ )

$$M^\circ = \frac{\tau}{\rho}$$

- Perataan momen

$$M_i^n = \frac{\tau_i}{\rho_i} + \gamma_{ij} \times M_i$$

- Menghitung momen final

- Penggambaran freebody dan bidang gaya dalam

#### b. Perencanaan portal akibat beban hidup

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

1. Menentukan pembebanan pada portal
2. Perhitungan akibat beban hidup = perhitungan akibat beban mati

#### 2. Langkah – langkah perhitungan dengan menggunakan program

SAP yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

- a. buat model struktur portal akibat beban mati dan beban hidup
- b. input data perencanaan
  - Dimensi kolom
  - Dimensi balok induk

- Mutu beton ( $f_c'$ )
- Mutu baja ( $f_y$ )
- c. Input nilai beban mati dan beban hidup
  - Akibat beban merata
  - Akibat beban terpusat
- d. Input *load combination* (beban kombinasi), yaitu 1,2 x beban mati + 1,6 x beban hidup
- e. Input nilai reduksi kekuatan
  - Lentur = 0,8
  - Geser = 0,6
  - Lentur + aksial (sengkang) = 0,65
  - Lentur + aksial (spiral) = 0,70
- f. Analisa struktur
- g. *Run analysis*

### 2.3.5 Balok

Balok dapat didefinisikan sebagai salah satu dari elemen struktur portal dengan bentang yang arahnya horizontal. Beban yang bekerja pada balok biasanya berupa beban lentur, beban geser maupun torsi (momen punter), sehingga perlu baja tulangan untuk menahan beban-beban tersebut. Tulangan ini berupa tulangan memanjang atau tulangan longitudinal (yang menahan beban lentur) serta tulangan geser/begel (yang menahan beban geser dan torsi).

Adapun urutan-urutan dalam menganalisis balok :

#### 1. Gaya lintang design balok maksimum

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

Keterangan :

U = gaya geser terfaktot pada penampang

D = beban mati terfaktor per unit luas

L = beban hidup terfaktor per unit

## 2. Momen Design Balok maksimum

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

Keterangan :

$M_u$  = momen terfaktor pada penampang

$M_{DL}$  = momen akibat beban mati

$M_{LL}$  = momen akibat beban hidup

## 3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

### a. Penulangan lentur lapangan'

- Tentukan  $d_{eff} = h - \rho - \emptyset$  sengkang  $- \frac{1}{2} \emptyset$  tulangan
- $k = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \rightarrow$  didapat nilai  $\rho$  dari tabel (Istimawan)
- $A_s = \rho \times b \times d$
- $A_s$  = Luas tulangan tarik non-prategang
- Pilih tulangan dengan dasar  $A_s$  terpasang  $\geq A_s$  diperlukan

### b. Penulangan lentur tumpuan

- $k = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} \rightarrow$  didapat nilai  $\rho$  dari tabel (Istimawan).
- $A_s = \rho \times b \times d$
- $A_s$  = Luas tulangan tarik non-prategang
- Pilih tulangan dengan dasar  $A_s$  terpasang  $\geq A_s$  diperlukan

Keterangan :

$A_s$  = luas tulangan tarik non-prategang

$\rho$  = rasio penulangan tarik non-prategang

$b_{eff}$  = lebar efektif balok

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

## 4. Rencanakan tulangan geser

$$V_c = \phi \left( \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \right) \times b_w \times d$$

- $V_u \leq V_c$  (tidak diperlukan tulangan geser)
- $V_u \leq V_n$

- $V_{sperlu} = \frac{V_u}{\phi} - V_c$
- $V_n = V_c + V_s$
- $V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$
- $\frac{3 \times A_v \times f_y}{b_w}$

Keterangan :

$V_c$  = kuat geser nominal disumbangkan beton

$V_u$  = kuat geser terfaktor pada penampang

$V_n$  = kuat geser nominal

$V_s$  = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

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

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

$f_y$  = mutu baja

$b_w$  = lebar balok

### 2.3.6 Kolom

Pada suatu konstruksi bangunan gedung, kolom berfungsi sebagai pendukung beban-beban dari balok dan pelat, untuk diteruskan ke tanah dasar melalui fondasi. Beban dari balok dan pelat ini merupakan beban aksial tekan serta momen lentur (akibat kontinuitas konstruksi).

Oleh karena itu dapat didefinisikan, kolom ialah suatu struktur yang mendukung beban aksial dengan/tanpa momen lentur. (Ari Asroni, 2010 : 1)

Adapun urutan dalam menganalisa kolom :

1. Tulangan untuk kolom dibuat penulangan simetris berdasarkan kombinasi  $P_u$  dan  $M_u$
2. Beban design kolom maksimum

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

Keterangan :

U = beban terfaktor per unit panjang bentang balok

D = beban mati

L = beban hidup

3. momen design kolom maksimum untuk ujung atas dan ujung bawah.

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

Keterangan :

$M_u$  = momen terfaktor pada penampang

$M_{DL}$  = momen akibat beban mati

$M_{LL}$  = momen akibat beban hidup

4. Nilai kontribusi tetap terhadap deformasi

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

Keterangan :

$\beta$  = rasio bentang bersih arah memanjang

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

5. Modulus Elastisitas

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

$f_c'$  = kuat tekan beton

6. Nilai kekakuan kolom dan balok

$$- I_k = 1/12 \times b \times h^3$$

$$- I_b = 1/12 \times b \times h^3$$

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

$$- E I_k = \frac{E_c \times I_g}{5 (1 + \beta \times d)} \rightarrow \text{untuk balok}$$

7. Nilai eksentrisitas

$$e = \frac{M_u}{P_u}$$

keterangan :

$e$  = eksentrisitas

$M_u$  = momen terfaktor pada penampang

$P_u$  = beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan

#### 8. Menentukan $\Psi_a$ dan $\Psi_b$

$$\varphi = \frac{\frac{EIk}{Ilk}}{\frac{Eib}{Eib}}$$

#### 9. Angka kelangsingan kolom

Kolom langsing dengan ketentuan :

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

Keterangan :

$k$  = faktor panjang efektif komponen struktur tekan

$lu$  = panjang komponen struktur tekan yang tidak ditopang

$r$  = jari-jari putaran potongan lontang komponen struktur tekan

- Untuk semua komponen struktur tekan dengan  $\frac{Klu}{r} < 100$

harus digunakan analisa pada SNI – 2847 – 2012

- Apabila  $\frac{Klu}{r} < 34 - 12 \left( \frac{M_{1-b}}{M_{2-b}} \right)$  atau  $\frac{Klu}{r} < 22$ , maka

perencanaan harus menggunakan metode pembesaran momen

#### 10. Pembesaran momen

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

$$\delta_b = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi \times P_c}} \geq 1,0$$

$$\delta_s = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{\phi \times P_c}} \geq 1,0$$

$$C_m = 0,6 + 0,4 \times \frac{M_{1B}}{M_{2B}} \geq 0,4 \rightarrow \text{kolom dengan pengaku}$$

$C_m = 1,0 \rightarrow$  kolom tanpa pengaku

Keterangan :

$M_c$  = momen rencana yang diperbesar

$\delta$  = faktor pembesaran momen

$P_u$  = beban rencana aksial terfaktor

$P_c$  = beban tekuk Euler

#### 11. Desain Penulangan

Hitung tulangan kolom taksir dengan jumlah tulangan 2% luas kolom

$$\rho = \rho' = \frac{A_s}{bxd} \rightarrow A_s = A_s'$$

#### 12. Tentukan tulangan yang dipakai

$$\rho = \rho' = \frac{A_{spakai}}{bxd}$$

#### 13. Memeriksa $P_u$ terhadap beban seimbang

$$d = h - d'$$

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

$$a_b = \beta_1 \times C_b$$

$$f_s' = \left( \frac{C_b - d}{C_b} \right) \times 0,0003$$

$$f_s' = f_y$$

$$\phi P_n = 0,80 \phi (0,85 \times f_c' \times a_b \times b + A_s' \times f_s' - A_s \times f_y)$$

$$\phi P_n = P_u \rightarrow \text{Beton belum hancur pada daerah tarik}$$

$$\phi P_n < P_u \rightarrow \text{Beton hancur pada daerah tarik}$$

#### 14. Memeriksa Kekuatan penampang

##### a. Akibat keruntuhan tarik

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

##### b. Akibat Keruntuhan tekan

$$P_n = \frac{A_s' \times f_y}{\left( \frac{e}{d - d'} \right) + 0,5} + \frac{b \times h \times f_c'}{\left( \frac{3 \times h \times e}{d^2} \right) + 1,18}$$

Keterangan :

$\rho$  = rasio penulangan tarik non-prategang

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

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

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

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

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

$b$  = lebar daerah tekan komponen struktur

$h$  = diameter penampang

$f_c'$  = mutu beton

$f_y$  = mutu baja

$e$  = eksentrisitas

### 2.3.7 Sloof

Sloof adalah balok yang menghubungkan pondasi sebagai tempat menyalurkan beban dinding.

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada perneencanaan dan perhitungan sloof adalah :

1. Tentukan dimensi sloof
2. Tentukan pembebanan pada sloof
  - Berat sendiri sloof
  - Berat dinding
  - Berat plesteran

Selanjutnya semua beban dijumlahkan untuk mendapatkan beban total, dengan menggunakan metode beban terfaktor.

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

Keterangan :

$U$  = beban terfaktor per unit panjang bentang balok

$D$  = beban mati

$L$  = beban hidup

### 3. Penulangan lentur lapangan dan tumpuan

- Tentukan  $d_{eff} = h - \rho - \emptyset$  sengkang  $- \frac{1}{2} \emptyset$  tulangan
- $k = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} \rightarrow$  didapat nilai  $\rho$  dari tabel (Istimawan)

$$A_s = \rho \times b \times d$$

$A_s$  = Luas tulangan tarik non-prategang

- Pilih tulangan dengan dasar  $A_s$  terpasang  $\geq A_s$  diperlukan

Keterangan :

$A_s$  = luas tulangan tarik non-prategang

$\rho$  = rasio penulangan tarik non-prategang

$b_{eff}$  = lebar efektif

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

### 4. Cek tulangan geser diperlukan

$$V_c = \phi \left( \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \right) \times b_w \times d$$

- $V_u \leq V_c$  (tidak diperlukan tulangan geser)
- $V_u \leq V_n$
- $V_n = V_c + V_s$
- $V_u \leq \phi V_c + \phi V_s$
- $S_{perlu} = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s}$

Keterangan :

$V_c$  = kuat geser nominal disumbangkan beton

$V_u$  = kuat geser terfaktor pada penampang

$V_n$  = kuat geser nominal

$V_s$  = kuat geser nominal yang disumbangkan tulangan geser

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

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

$f_y$  = mutu baja

### 2.3.8 Pondasi

Pondasi adalah struktur bagian paling bawah dari suatu konstruksi (gedung, jembatan, jalan raya, terowongan, dinding penahan, menara, tanggul,dll) yang berfungsi untuk menyalurkan beban vertikal di atasnya (kolom) maupun beban horizontal ke tanah.

Secara umum terdapat dua macam pondasi, yaitu :

1. Pondasi dangkal : dipakai untuk bangunan bertanah keras atau bangunan-bangunan sederhana.

Yang termasuk pondasi dangkal antara lain :

- pondasi batu kali setempat
- pondasi lajur batu kali
- pondasi tapak atau pelat beton setempat
- pondasi beton lajur
- pondasi strauss

2. Pondasi dalam : dipakai untuk bangunan bertanah lembek, bangunan berbentang lebar (memiliki jarak kolom lebih dari 6 meter), dan bangunan bertingkat.

Yang termasuk pondasi dalam antara lain :

- pondasi tiang pancang (beton, besi, pipa baja)
- pondasi sumuran
- pondasi *borpile*

Berdasarkan data hasil sondir tanah pada lokasi pembangunan gedung SMA NEGERI 11 Palembang yang dijadikan sebagai materi dalam laporan akhir ini, maka jenis pondasi yang dipilih adalah pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang dengan material beton.

Adapun alangkah-langkah dalam menganalisis pondasi :

1. Menentukan beban-beban yang bekerja pada pondasi
2. Menentukan diameter yang yang digunakan

3. Menentukan jarak tiang yang digunakan

$$2B < S \leq 6B$$

4. Menentukan efisiensi kelompok tiang  
5. Persamaan dari Converse-Labarre

$$Eg = 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \left\{ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \times n} \right\}$$

Keterangan :

$Eg$  = efisiensi kelompok tiang

$\theta$  = arc tan B/S, (derajat)

$B$  = diameter tiang, (m)

$S$  = jarak antar tiang, (m)

$m$  = jumlah baris tiang dalam kelompok tiang, (buah)

$n$  = jumlah kolom tiang dalam kelompok tiang, (buah)

6. Menentukan Daya dukung ijin 1 tiang pancang

$$Q_{tiang} = \frac{A_{tiang} \times P}{3} + \frac{O \times c}{5}$$

Keterangan :

$Q_{tiang}$  = Daya dukung ijin tiang, (kg)

$A_{tiang}$  = Luas penampang tiang (cm<sup>2</sup>)

$P$  = Nilai konus dari hasil sondir (kg/cm<sup>2</sup>)

$O$  = Keliling penampang tiang pancang (cm)

$c$  = harga clef rata-rata (kg/cm<sup>2</sup>)

7. Menentukan kemampuan tiang terhadap sumbu X dan sumbu Y

$$P_{max} = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_x \times Y_i}{\sum Y^2} \pm \frac{M_y \times X_i}{\sum X^2}$$

Keterangan :

$Q_i$  = beban yang bekerja pada tiang nomor 1, (ton)

$Q$  = total beban vertikal yang bekerja, (ton)

$n$  = jumlah tiang, (buah)

$M_y$  = momen yang berusaha untuk memutar sb-y, (tm)

$M_x$  = momen yang berusaha untuk memutar sb-x, (tm)

$X_i$  = jarak tiang nomor 1 terhadap sb-y du = iukur sejajar sb-x,  
(tm)

$Y_i$  = jarak tiang nomor 1 terhadap sb-x du = iukur sejajar sb-y,  
(tm)

$\sum X^2$  = jumlah kuadrat jarak seluruh tiang terhadap sb-y, ( $m^2$ )

$\sum Y^2$  = jumlah kuadrat jarak seluruh tiang terhadap sb-x, ( $m^2$ )

## 2.4 Manajemen Proyek

### 2.4.1 Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS)

Rencana kerja dan syarat-syarat adalah segala ketentuan dan informasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh kontraktor pada saat akan mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan.

### 2.4.2 Menghitung Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah perhitungan volume pekerjaan yang berdasarkan perencanaan. Hasil dari perhitungan volume akan dimasukkan kedalam analisa harga satuan sehingga akan didapat harga perpekerjaan yang kemudian didapat rencana anggaran biaya .

### 2.4.3 Rencana anggaran biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perencanaan biaya untuk menentukan biaya yang diperlukan dalam pelaksanaan pekerjaan dan menyusun tata cara pelaksanaan teknik dan administrasi. RAB dapat memberikan gambaran mengenai besar biaya yang diperlukan dan pelaksanaannya.

#### 2.4.4 Rencana Pelaksanaan

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

*Network planning* adalah gambar yang memperlihatkan susunan urutan pekerjaan dan logika ketergantungan antara kegiatan yang satu dengan yang lainnya serta rencana waktu pelaksanaannya

##### 2. Barchart

*Bar chart* merupakan bentuk diagram batang yang bertujuan untuk mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan suatu kegiatan, yang terdiri dari waktu mulai, waktu selesai dan bobot pekerjaan yang perlu dicapai.

##### 3. Kurva “S”

Kurva S adalah hasil plot dari *Barchart*, bertujuan untuk mempermudah melihat kegiatan-kegiatan yang masuk dalam suatu jangka waktu pengamatan progres pelaksanaan proyek (Callahan, 1992). Definisi lain, kurva S adalah grafik yang dibuat dengan dumbu vertikal sebagai nilai kumulatif biaya atau penyelesaian (Progress) kegiatan dan sumbu horizontal sebagai waktu (Soeharto, 2011).

Kurva S dapat menunjukkan kemampuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu, dan bobot pekerjaan yang dipersentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek.