

## BAB III

### METODE PERENCANAAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu

Waktu : Perencanaan Jembatan akan dilakukan bulan Mei 2014

Tempat : Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

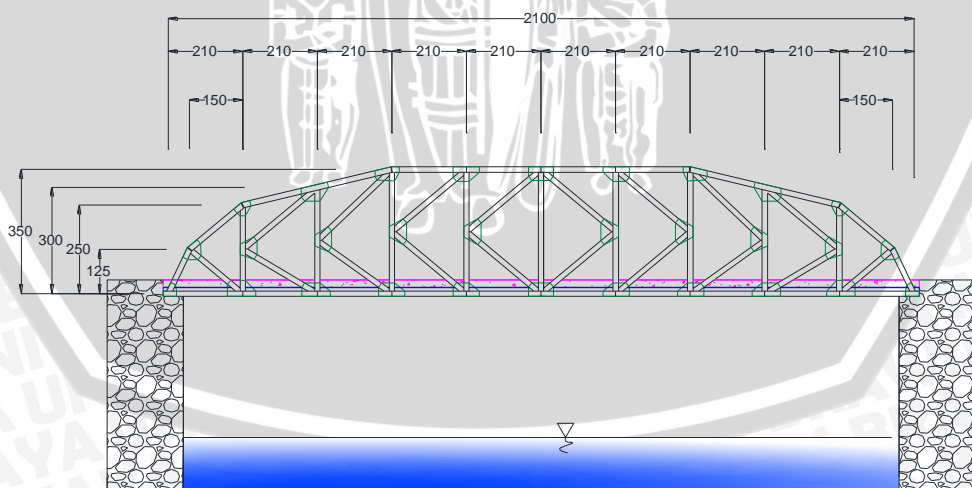
#### 3.2 Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan untuk perencanaan jembatan ini adalah:

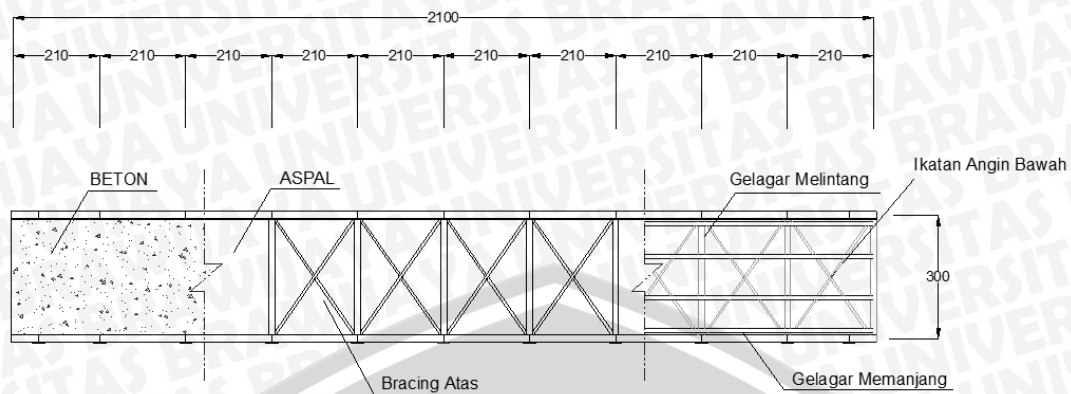
1. Program AutoCAD 2013;
2. Program STAAD.Pro V8i;
3. Alat uji tarik Baja.
4. Alat survey lapangan
5. Pustaka dan referensi yang mendukung.

#### 3.3 Perencanaan Awal Jembatan

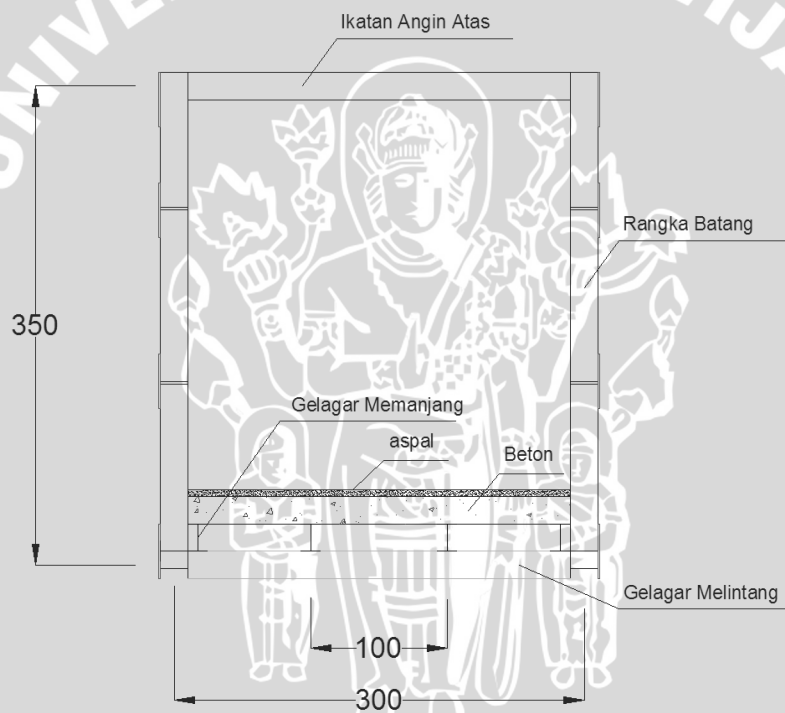
Model Jembatan yang akan digunakan untuk dasar perencanaan jembatan Betek ini merupakan penerapan dari jembatan “Boomerang Bridge” yang telah digunakan pada Kompetisi Jembatan Indonesia ke-09 yang telah dilaksanakan pada Desember 2013. Berikut merupakan pradesain dari jembatan Betek:



Gambar 3.1 Tampak Samping Jembatan



Gambar 3.2 Tampak Atas Jembatan



Gambar 3.3 Tampak Depan Jembatan

Secara umum perencanaan desain awal Jembatan Betek memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Bentang Jembatan : 21 m
2. Lebar Jembatan : 3 m
3. Pipa Sandaran : Pipa baja diameter 3,5” BJ 37
4. Pelat lantai : Beton bertulang dengan tebal 20 cm mutu Beton  $f'c = 20.75\text{Mpa}$  dan Baja tulangan polos dengan mutu BjTP24  $\varnothing 12$  dan dek baja sebagai tulangan bawah pelat lantai.
5. Rangka baja : Profil baja BJ41, WF 250 x 250 x 9 x 14
6. Gelagar memanjang : Profil baja BJ41, WF 200 x 100 x 4.5 x 7
7. Gelagar melintang : Profil baja BJ41, WF 350.175.7.11
8. Ikatan angin : Profil baja BJ50, L 50.50.5

### 3.4 Dasar Perencanaan

Dalam tugas akhir ini, yang akan dibahas adalah perencanaan struktur atas Jembatan rangka baja, yang meliputi pelat lantai kendaraan, gelagar memanjang, gelagar melintang, ikatan angin, sandaran, rangka induk dan juga tumpuan / perletakan. Adapun langkah-langkah rancangan penelitian sebagai berikut:

#### 1. Survei Lapangan

Studi awal mengenai perencanaan jembatan. Pada tahap ini dilakukan penyelidikan dan survey awal mengenai kondisi lingkungan dan kondisi jembatan Betek baik dari segi transportasi maupun kondisi komponen jembatan yang ada.

#### 2. Perencanaan awal (pradesain gambar dan ukuran)

Perencanaan desain awal merupakan asumsi–asumsi yang mungkin digunakan antara lain pemilihan type struktur, dimensi struktur, bahan struktur, dll. Namun apabila di dalam perhitungan terdapat ketidaksesuaian atau tidak memenuhi dengan persyaratan, maka pradesain ini harus diubah.

#### 3. Pengujian Bahan

Dalam hal ini, uji bahan yang dilakukan yaitu uji tarik baja. Uji tarik ini meliputi uji tarik baja tulangan dan juga uji tarik baja profil yang akan digunakan dalam perencanaan jembatan. Pengujian tarik baja akan disesuaikan dengan SNI 07-0371-1998.

#### 4. Perencanaan Struktur Atas

a. Perhitungan pelat lantai kendaraan,

Dimulai dari perhitungan muatan–muatan yang mempengaruhi pembebanan jembatan. Untuk merencanakan muatan-muatan pada jembatan menggunakan acuan PPPJRR (1987) dan RSNI T-02-2005. Namun dalam pembebanan beban T, beban yang digunakan hanya sebesar 1,5 Ton, hal ini dikarenakan jembatan hanya direncanakan untuk pejalan kaki dan pengendara roda dua. Sedangkan luas bidang kontak roda hanya digunakan 50% beban “T” pada PPPJRR. Selanjutnya dilakukan perhitungan penulangan pelat lantai kendaraan dan juga pengecekan lendutan yang terjadi.

b. Perhitungan Gelagar Memanjang dan gelagar Melintang.

Perhitungan gelagar yang menopang pelat lantai kendaraan. Untuk merencanakan gelagar memanjang dan gelagar melintang, menggunakan acuan RSNI T-03-2005 dan juga SNI 03-1729-2002. Antara lain kontrol terhadap penampang gelagar yang meliputi Kontrol kelangsingan penampang, Kontrol momen terhadap tekuk lateral dan lokal dan juga kontrol terhadap pengaruh geser. Selain perhitungan perhitungan tersebut, gelagar-gelagar ini juga disesuaikan dengan persyaratan lendutan balok yang ada pada RSNI T-03-2005.

Khusus untuk gelagar memanjang, karena pada pelaksanaan gelagar memanjang berhubungan langsung dengan pelat lantai kendaraan yang terbuat dari beton, maka ditambahkan kontrol perhitungan komposit, dan perhitungan shear connector.

c. Perhitungan Ikatan Angin

Untuk merencanakan muatan-muatan pada ikatan angin jembatan menggunakan acuan Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya (1987) yang dikombinasikan dengan RSNI T-02-2005 untuk rencana pembebanan. Karena ikatan angin merupakan struktur rangka baja, maka kontrol yang dilakukan yaitu kontrol terhadap batang tekan dan batang Tarik pada batang dengan gaya aksial maksimum.

d. Perhitungan Sandaran

Sandaran merupakan salah satu komponen keamanan pada jembatan. sandaran ini didesain agar kuat terhadap gaya akibat tumbukan kendaraan. karena jembatan tidak dilengkapi dengan trotoar dan kerb, sehingga untuk keamanan, beban tumbukan pada kerb dilimpahkan ke sandaran.

e. Perhitungan Struktur Rangka Jembatan.

Rangka jembatan merupakan rangka utama yang digunakan untuk menahan beban-beban yang terjadi dan menyalurkan segala muatan ke tumpuan jembatan.

Untuk kontrol penampang batang, dilakukan kontrol komponen struktur tekan dan Tarik sesuai dengan RSNI T-03-2005. Selain itu, juga dilakukan pengecekan terhadap lendutan rangka baja agar memenuhi syarat lendutan maksimum yang telah ditentukan.

f. Perhitungan sambungan – sambungan.

Sambungan pada jembatan baja menggunakan baut mutu tinggi (high strength) dengan tipe baut A-325. Acuan untuk perhitungan sambungan diambil dari buku “Tata Cara Perencanaan Struktur Baja” SNI 03-1729-2002.

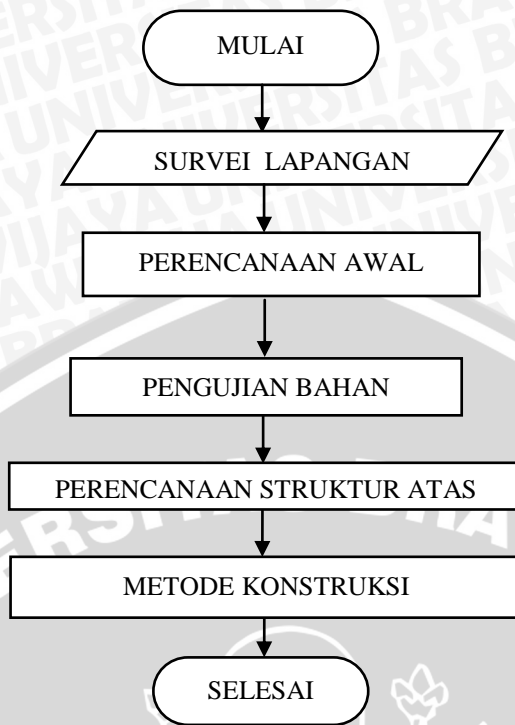
g. Perencanaan Perletakkan (Tumpuan)

Perletakan atau tumpuan berfungsi sebagai penopang dari konstruksi struktur atas (rangka jembatan) dengan menyalurkan gaya gaya dari konstruksi di atasnya ke struktur bagian bawah jembatan. Perencanaan tumpuan ini bertujuan untuk menentukan dimensi tumpuan agar mampu menahan beban yang ada pada jembatan.

## 5. Metode Konstruksi

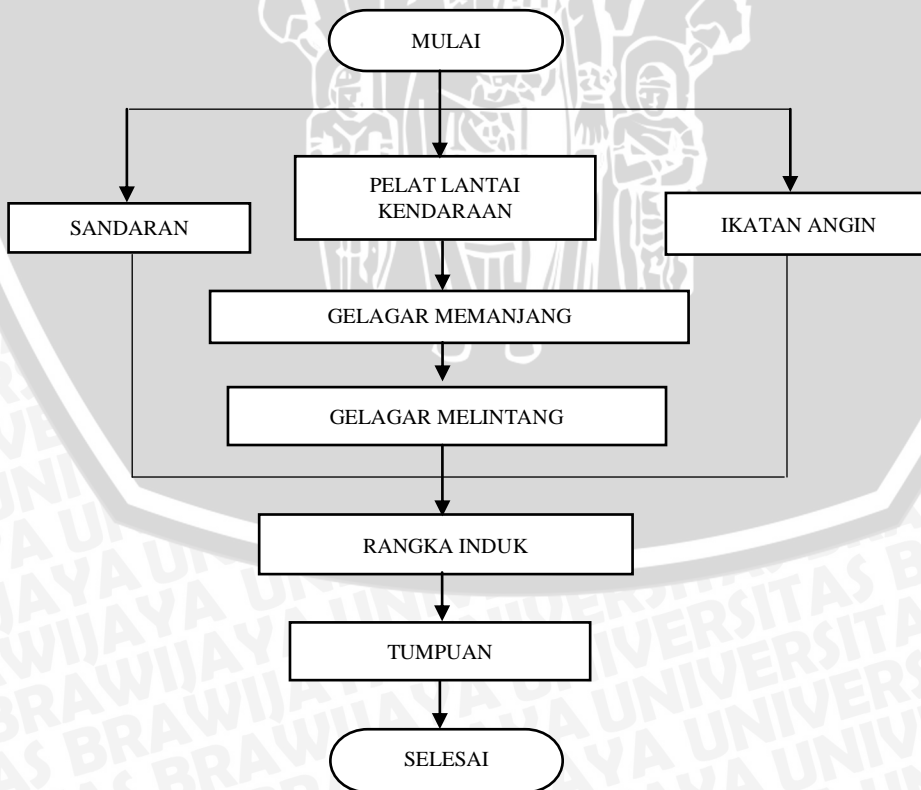
Merencanakan metode pelaksanaan yang akan digunakan pada saat pelaksanaan di lapangan. Hal ini penting dilakukan karena lokasi jembatan berada pada pemukiman padat penduduk dan lahan yang tersedia cukup sempit. Selain itu, akses menuju jembatan juga sangat sulit, karena lebar jalan hanya sekitar 3m. oleh karena itu diperlukan perencanaan pelaksanaan yang matang dalam melakukan pembangunan jembatan ini..

**DIAGRAM ALIR PERENCANAAN**



**Gambar 3.4** Diagram Alir Perencanaan Jembatan Betek

**DIAGRAM ALIR PERENCANAAN STRUKTUR ATAS**



**Gambar 3.5** Diagram Alir untuk Perencanaan Struktur Atas

### 3.5 Rumus Perhitungan Struktur Atas

#### 3.5.1 Pelat Lantai Kendaraan

##### 1. Pembebanan Pelat Lantai Kendaraan

Pedoman awal dalam perhitungan pelat lantai kendaraan disesuaikan dengan Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya (1987) dan RSNI T-02-2005.

Namun dalam pembebanan beban T, beban yang digunakan hanya sebesar 1,5 Ton, hal ini dikarenakan jembatan hanya direncanakan untuk pejalan kaki dan pengendara roda dua. Sedangkan luas bidang kontak roda hanya digunakan 50% beban T pada PPPJJR.

##### 2. Momen Ultimit

Sesuai factor beban yang terdapat pada RSNI T-02-2005

##### 3. Hitung penulangan ( arah-x dan arah-y)

Data-data yang diperlukan : h, tebal selimut beton (p), Mu, diameter tulangan dan tinggi efektif.

##### a. Mencari tinggi efektif dalam arah x dan arah y.

$$d = h - d'$$

dengan:

$$d = \text{tinggi efektif (mm)}$$

$$d' = \text{tebal selimut (mm)}$$

$$h = \text{tinggi penampang (mm)}$$

##### b. Memeriksa syarat rasio penulangan ( $\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$ )

$$\rho_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{M_u}{\phi_x b \times d^2} \quad (3-1)$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \quad (3-2)$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \frac{0,85 f_c}{f_y} \beta \frac{600}{600 + f_y} \quad (3-3)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} \quad (3-4)$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) \quad (3-5)$$

Dimana :

$M_u$  : momen yang terjadi

$B$  : lebar per meter

$d$  : tinggi efektif pelat

$\rho_{\min}$  : rasio penulangan minimum

$\rho_{\max}$  : rasio penulangan maksimum

$f'_c$  : kuat tekan beton

$\beta_1$  : untuk  $f'_c \leq 30$  Mpa ,  $\beta_1 = 0.85$

untuk  $f'_c > 30$  Mpa ,  $\beta_1 = 0.85 - 0.008(f'_c - 30) \geq 0.65$

c. Menghitung luas tulangan ( $A_s$ ) untuk masing - masing arah x dan y

- Tulangan pokok,  $A_s = \rho b d$
- Tulangan bagi,  $A_s' = 0,5 * A_s$

d. Memilih tulangan yang akan dipasang

4. Periksa syarat lendutan maksimum.

### 3.5.2 Gelagar Memanjang dan Gelagar Melintang

1. Menentukan Spesifikasi dan dimensi berdasar bentang dan ketersediaan di pasaran.

2. Menghitung pembebanan

Pada pembebanan Gelagar, beban D yang digunakan yaitu 50% beban D pada PPPJJR. Hal ini disesuaikan dengan kebutuhan di lapangan, dimana jembatan Betek hanya direncanakan untuk Pejalan Kaki dan Kendaraan roda dua.

3. Menghitung Momen Ultimit dan Reaksi

4. Menghitung Momen Nominal

Syarat desain:  $\phi M_n > M_u$



Tabel 3.1 Kontrol Penampang Berdasarkan RSNI T-03-2005

Tekuk Lokal Sayap ( <i>flange</i> )	Tekuk Lokal Badan ( <i>web</i> )
$\lambda = \frac{bf}{2 \cdot tf}$	$\lambda = \frac{h}{tw}$
$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}}$	$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$
$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}}$	$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}}$

- Penampang kompak ( $\lambda < \lambda_p$ )

$$M_p = f_y \times Z_x \quad (3-6)$$

$$M_p = M_n$$

- Penampang tidak kompak ( $\lambda_p < \lambda < \lambda_r$ )

$$M_p = f_y \times Z_x \quad (3-7)$$

$$M_r = (f_y - f_r) \times S_x \quad (3-8)$$

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \quad (3-9)$$

Dimana:

- $M_p$  adalah momen lentur yang menyebabkan seluruh penampang mengalami tegangan leleh disebut juga momen lentur plastis penampang (Nmm)
- $M_r$  adalah momen batas tekuk,  $M_{cr}$ , jika  $\lambda = \lambda_r$  (Nmm)
- $\lambda$  adalah parameter kelangsingan;
- $\lambda_r$  adalah batas maksimum parameter kelangsingan untuk penampang tidak kompak;
- $\lambda_p$  adalah batas maksimum parameter kelangsingan untuk penampang kompak

##### 5. Menghitung Kuat Nominal Lentur Penampang dengan pengaruh tekuk lateral

- Bentang Pendek ( $L \leq L_p$ )

$$M_n = M_p$$

- Bentang Menengah ( $L_p \leq L \leq L_r$ )

$$M_n = C_b \left[ M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_r - L_p} \right] \leq M_p \quad (3-10)$$

Dengan factor pengali ( $C_b$ ) sebesar:

$$C_b = \frac{12,5 M_{\max}}{2,5 M_{\max} + 3M_a + 4M_b + 3M_c} \leq 2,3 \quad (3-11)$$

- Bentang Panjang ( $L > L_r$ )

$$M_n = M_{cr} \leq M_p$$

Tabel 3.2 Panjang Bentang untuk Pengekang Lateral

Profil	$L_p$	$L_r$
Profil – I dan kanal ganda	$1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{f_y}}$ dengan $r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$	$r_y \left[ \frac{X_1}{f_L} \right] \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 f_L^2}}$ dengan $f_L = f_y - f_r$ $X_1 = \frac{\pi}{S} \sqrt{\frac{EGJA}{2}}$ $X_2 = 4 \left( \frac{S}{GJ} \right)^2 \frac{I_w}{I_y}$

Sumber: RSNI T-03-2005

#### 6. Menghitung Kuat Geser Nominal

Selain memikul momen lentur, suatu balok umumnya juga memikul geser. Syarat terhadap pengaruh geser:  $\phi V_n > V_u$

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \quad (3-12)$$

dengan:

$$f_y = \text{kuat leleh badan}$$

$$A_w = \text{luas kotor penampang badan}$$

$$= h \times t_w$$

#### 7. Periksa syarat lendutan maksimum.

Lendutan yang terjadi dihitung berdasarkan rumus:

$$\Delta = \frac{5}{384} \frac{q_L L^4}{EI_x} + \frac{1}{48} \frac{P_L L^3}{EI_x} + \dots \leq \frac{L}{800} \quad (3-13)$$

### 3.5.3 Ikatan Angin

Besarnya beban angin yang membebani ikatan angina yaitu sebesar:

- Beban angin pada sisi Rangka:

$$T_{EW} = 0,0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b \quad (3-14)$$

- Beban angin pada sisi kendaraan :

$$T_{EW} = 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b \quad (3-15)$$

Dimana:

$V_w$  : kecepatan angin rencana (m/s)

$C_w$  : koefisien seret

$A_b$  : Luas koefisien bagian samping jembatan ( $m^2$ )

(Untuk jembatan rangka diambil 30 % luas bagian sisi jembatan yang langsung terkena angin, ditambah 15 % luas bidang sisi lainnya.)

### 3.5.4 Rangka Baja

Dalam perencanaan rangka, dapat dibedakan menjadi dua, yaitu batang tekan dan batang Tarik.

#### 1. Komponen Struktur Tarik

Pada batang Tarik, ada dua keruntuhan yang mungkin terjadi, dan Syarat desain komponen struktur tarik:  $N_u \leq \phi N_n$ .

$$1) \text{ Leleh} : \phi N_n = 0,90 \times A_g \times f_y \quad (3-16)$$

$$2) \text{ Fraktur} : \phi N_n = \phi A_n U f_u \quad (3-17)$$

dengan:

$T_n$  = tahanan nominal

$A_g$  = luas penampang kotor ( $mm^2$ )

$A_n$  = luas netto penampang ( $mm^2$ )

$f_u$  = tegangan putus (Mpa)

$f_y$  = tegangan leleh (MPa)

## 2. Komponen Struktur Tekan

$$\text{Syarat desain komponen struktur tekan: } \frac{N_u}{\phi_c N_n} < 1 \quad (3-18)$$

dengan :

$$\phi_c = 0,85$$

$$N_U = \text{beban terfaktor}$$

$$N_n = \text{kuat tekan nominal komponen struktur}$$

Daya dukung nominal  $N_n$ :

$$N_n = \left(\frac{0,88}{\lambda_c^2}\right) A_g \cdot f_y \quad \text{untuk } \lambda_c > 1,5 \quad (3-19)$$

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) A_g \cdot f_y \quad \text{untuk } \lambda_c < 1,5 \quad (3-20)$$

**(RSNI T-03-2005 halaman 18 (6.2-1))**

Sedangkan  $\lambda_c$  = parameter kelangsingan batang tekan yang dihitung berdasarkan rumus:

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (3-21)$$

$$\text{dengan nilai: } \lambda = \frac{k \cdot L}{r} \quad (3-22)$$

Selain itu, untuk mengetahui kekompakan penampang, digunakan sebagai berikut, yang harus memenuhi syarat  $\lambda < \lambda_p < \lambda_r$ .

Tekuk Lokal Sayap

Tekuk Lokal Badan

(flange)

(web)

$$\lambda = \frac{b_f}{2 \cdot t_f}$$

$$\lambda = \frac{h}{t_w}$$

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\lambda_r = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}}$$

$$\lambda_r = \frac{2550}{\sqrt{f_y}}$$

### 3.5.5 Sambungan Baut

Untuk sambungan antar gelagar, digunakan sambungan baut. Tahanan pada baut dapat dihitung dengan rumus berikut:

- Tahanan geser baut :

$$R_n = m \times r_1 \times f_u^b \times A_b \quad (3-23)$$

- Tahanan tumpu baut :

$$R_n = 2.4 \times d \times t_p \times f_u^p \quad (3-24)$$

- Jumlah total baut ,  $n = \frac{P_u}{\phi R_n}$

- Jarak antar baut :

$$3d_b < S < 15 t_p \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

- Jarak baut ke tepi sambungan :

$$1,5d_b < S_1 < (4t_p + 100 \text{ mm}) \text{ atau } 200 \text{ mm}$$

dengan:

- $\phi$  = faktor reduksi = 0,75
- $R_n$  = kuat nominal baut (kg)
- $f_b^u$  = kuat tarik baut
- $m$  = jumlah bidang geser,
- $A_b$  = luas bruto penampang baut pada daerah tak berulir (mm<sup>2</sup>),
- $P$  = gaya yang bekerja pada profil (N),
- $n$  = jumlah baut.
- $r_1$  = 0,50 untuk baut tanpa ulir pada bidang geser  
= 0,40 untuk baut dengan ulir pada bidang geser
- $d_b$  = diameter baut pada daerah tak berulir
- $t_p$  = tebal pelat