

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Jembatan Secara Umum**

Jembatan merupakan suatu bangunan yang menghubungkan jalan yang putus akibat sungai/ saluran air atau menyilang jalan yang tidak sama tinggi permukaannya. Jembatan mempunyai peranan penting bagi setiap orang tetapi tingkat kepentingan tidak sama sehingga menjadikan suatu bahan studi yang menarik untuk dibahas (Bambang Supriyadi, 2017). Beton merupakan material yang kuat dalam tekan namun lemah dalam kondisi tarik, kuat tariknya bervariasi dari 8 sampai 14 persen dari kuat tekannya. Karena rendahnya kapasitas tarik tersebut maka retak lentur terjadi pada tawar pembebanan yang masih rendah (Edward G. Nawy, 2001).

#### **2.2 STRUKTUR BAWAH JEMBATAN**

Secara garis besar, struktur bangunan dibagi menjadi 2 bagian utama, yaitu struktur bangunan di dalam tanah dan struktur bangunan di atas tanah. Struktur bangunan di dalam tanah sering disebut struktur bawah. Struktur bawah dari suatu bangunan (Ali Asron, 2010)

- a. Fondasi dangkal, kedalaman tanah kuat untuk fondasi dangkal diperkirakan sampai mencapai 3,00m di bawah permukaan tanah yang termasuk golongan fondasi dangkal.
- b. Fondasi sedang. Kedalaman tanah kuat untuk fondasi sedang diperkirakan sampai mencapai 4,00 m di bawah permukaan tanah.
- c. Fondasi dalam, kedalaman tanah kuat untuk fondasi dalam minimum mencapai 4,50 m di bawah permukaan tanah.

## 2.3 PENGERTIAN PONDASI

Keamanan sebuah bangunan sangat ditentukan oleh kekuatan strukturnya, baik struktur atas (Upper structure) dan struktur bawah (base structure). Yang dimaksud dengan struktur bawah adalah bagian bangunan yang berada dibawah permukaan tanah dan perletakkannya disebut dengan fondasi. Banyak jenis pondasi yang dapat digunakan, akan tetapi dalam penentuan jenis pondasi yang akan digunakan tergantung dari kebutuhan, yaitu berdasarkan besar beban yang akan diterima dan jenis tanah yang digunakan sebagai tempat perletakan pondasi.

Fondasi tiang pancang saat ini sudah banyak digunakan untuk berbagai bangunan yaitu jembatan, gedung bertingkat, gedung-gedung industri dan lain lain yang semuanya merupakan konstruksi yang memiliki dan menerima beban yang relatif berat.

Dalam merencanakan fondasi tiang pancang, beberapa data yang perlu diketahui yaitu :

1. Data tanah dimana bangunan akan didirikan
2. Daya dukung dari tiang pancang itu sendiri
3. Analisa negative skin friction.

## 2.4 JENIS JENIS TIANG PANCANG

1. Jenis tiang pancang yang biasa digunakan di lapangan adalah : Tiang pancang baja dan beton (Pracetak dan pratekan). Umumnya tiang pancang tersebut memiliki penampang bulat, segitiga, oktagonal dan persegi empat. Jenis tiang baja umumnya lebih ringan, mampu menahan beban yang berat dan penyambungan tiang dapat dilakukan dengan mudah. Sedangkan tiang beton lebih berat daripada tiang baja. Untuk memperkecil kemungkinan kerusakan saat pengangkatan dan pemancangan kemudia memiliki kekuatan yang lebih baik/tinggi serta lebih ringan maka dapat menggunakan pratekan.
2. Rumus umum untuk menghitung daya dukung aksial fondasi dalam

3.  $Q_{ult} = Q_S + Q_P$
4.  $Q_S$  = tahanan geser selimut tiang
5.  $Q_P$  = Tahanan ujung tiang

## 2.5 Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang.

Ada tiga cara untuk menganalisa daya dukung tiang pancang, dari hasil ketiga cara itu maka diambil daya dukung tiang pancang yang paling kecil untuk digunakan selanjutnya, ketiga cara itu menggunakan rumus seperti berikut :

1. Daya dukung tiang pancang berdasarkan kekuatan bahan

$$P = (A_p \cdot f_c') + (A_s \cdot f_y)$$

2. Daya dukung tiang pancang berdasarkan data sondir CPT (*Cone Penetration Test*)

$$P = \frac{(q_c \cdot A_p)}{3} + \frac{(J_{hl} \cdot Kl)}{5}$$

3. Daya dukung tiang pancang berdasarkan hasil SPT (*Standar Penetration Test*)

$$Q_u = (40 \cdot N_b \cdot A_p)$$

## 2.6 Baja

Baja yang akan digunakan dalam struktur dapat diklasifikasikan menjadi baja karbon, baja paduan rendah mutu tinggi, dan baja paduan. Sifat sifat mekanik dari baja tersebut seperti tegangan leleh dan tegangan putusnya diatur dalam ASTM A6/A6M. Agar dapat memahami perilaku suatu struktur baja, maka seorang ahli struktur harus memahami pula sifat sifat mekanik dari baja. Model pengajuan yang paling tepat untuk mendapatkan sifat sifat mekanik dari material baja adalah dengan melakukan uji tarik terhadap suatu benda uji baja.

## 2.7 Pembebanan

Pada perencanaan ini beban beban yang bekerja yang akan dibahas yaitu beban mati tambahan (MA), beban lajur (TD), beban truk (TT), gaya rem (TB), beban angin (EW).

### 2.7.1 Beban Mati Tambahan (MA)

Beban mati terdiri dari beban sendiri balok, plat lantai kendaraan, beban aspal, dan rangka baja (bangunan atas)

### 2.7.2 Beban lajur (TD)

Sesuai yang tertulis dalam SNI 1725:2016 pasal 8.3.1 beban yang terbagi rata atau (BTR) mempunyai intensitas  $q$  kPa tergantung kepada panjang total yang dibebani  $L$  seperti berikut ini:

Jika  $L < 30$  m :  $q = 9.0$  kPa .....27

Jika  $L > 30$  m :  $q = 9.0 \left(0.5 + \frac{15}{L}\right)$  kPa.....28

### 2.7.3 Beban Truk (TT)

Berdasarkan SNI-1725-2016 beban Truk 'T' terdiri dari dari truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat gandar, dari setiap berat pada gandar disebarkan menjadi 2 beban merata yaitu bidang kontak roda dengan permukaan lantai dan jaraknya bisa diubah dari 4.0m sampai 9.0m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

### 2.7.4 Gaya Rem (TB)

Berdasarkan SNI-1725-2016 yang harus diambil dari gaya rem terbesar yaitu: 25% dari berat gandar truk atau 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata(BTR) .

### 2.7.5 Beban Angin (EW)

Beban angin ini tidak berlaku pada jembatan yang besar atau penting, seperti yang telah ditentukan oleh instansi yang berwenang. Jembatan jembatan yang demikian harus diselidiki secara khusus akibat pengaruh beban angin termasuk reaksi dinamis jembatan (BMS 2.3.6 hal 2-43)

Gaya minimal ultimate dan daya layan jembatan akibat angin tergantung dari kecepatan angin rencana berikut.

$$T_{ew} = 0.0006 c_w (V_w)^2 * A_b$$

Dimana :  $T_{ew}$  = daya layan jembatan

$V_w$  = Kecepatan angin rencana (m/dt)

$C_w$  = Koef. Seret (tabel 2.9 Bms hal 2-44)

$A_b$  = Luas koef. Bagian samping jembatan (m<sup>2</sup>)

### 2.7.6 Beban Pejalan Kaki

Komponen trotoar yang lebih dari 600 mm harus direncanakan memikul beban pejalan kaki dengan intensitas 5 Kpa, maka untuk beban hidup kendaraan harus diterapkan pada jarak 250 mm dari tepi dalam. Sedangkan sandaran untuk pejalan kaki direncanakan untuk dua pembebanan rencana daya layan yaitu  $w$  0.75 kN/m.

### 2.7.7 Beban Permanen

Besarnya kerapatan massa dan berat isi untuk berbagai macam bahan diberikan pada tabel 2.1

**Tabel 2.1      Beban Permanen**

NO	BAHAN	BERAT ISI (KN/m <sup>3</sup> )	KERAPATAN MASSA (KG/m <sup>3</sup> )
1	Lapisan permukaan beraspal (bituminous wearing surfaces)	22,0	2245
2	Besi tuang (cast iron)	71,0	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan (compacted sand, silt or clay)	17,2	1755
4	Kerikil dipadatkan (rolled gravel, macadam or ballast)	18,8-22,7	1920-2315
5	Beton aspal (asphalt concrete)	22,0	2242
6	Beton ringan (low density)	12,25-19,6	1250-2000
7	Beton $f_c' < 35$ Mpa	22,0-25,0	2320
	$35 < f_c' < 105$ Mpa	$22 + 0,022 f_c'$	$2240 + 2,29 f_c'$
8	Baja (Steel)	78,5	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	8000
10	Kayu keras (hard wood)	11,0	1125

(Sumber : SNI 1725-2016)

## 2.8 Perencanaan Jembatan

### 2.8.1 Perencanaan Bangunan Atas

Perencanaan pada jembatan untuk bangunan atas meliputi berbagai macam perencanaan sebagai berikut (secara umum) :

## 1. Pipa Sandaran, Tiang sandaran, kerb dan trotoar.

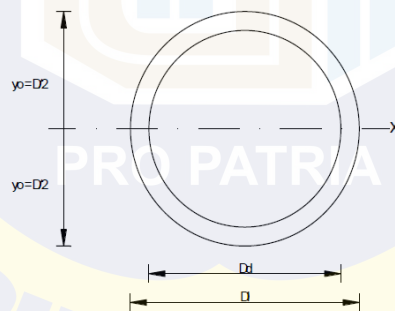
Perencanaan untuk menghitung sandaran, mengacu pada SNI dimana penampang penampang yang digunakan sebagai perbandingan maksimum lebar terhadap tebal untuk elemen tertekan tersebut kompak atau tidak kompak (SNI tabel 7.5-1 hal 31)

- Untuk elemen kompak  $(\lambda_p) = \frac{14800}{f_y}$
- Untuk elemen tidak kompak  $(\lambda_r) = \frac{22000}{f_y}$

Untuk penampang penampang yang memenuhi  $r < \lambda_p$ , kuat lentur nominal penampang adalah :  $M_n = M_p$ .

## 2. Perhitungan Pipa Sandaran

Untuk beban-beban yang bekerja pada pipa sandaran yaitu berat sendiri dan beban hidup sebesar 0,75 KN/m yang bekerja sebagai beban merata pada pelat lantai. Pipa sandaran ini dianggap sebagai balok menerus dengan perletakan sendi-sendi.



Penampang Pipa sandaran

- Luas penampang pipa

$$A = \frac{1}{4} * \pi(D_1^2 - D_2^2)$$

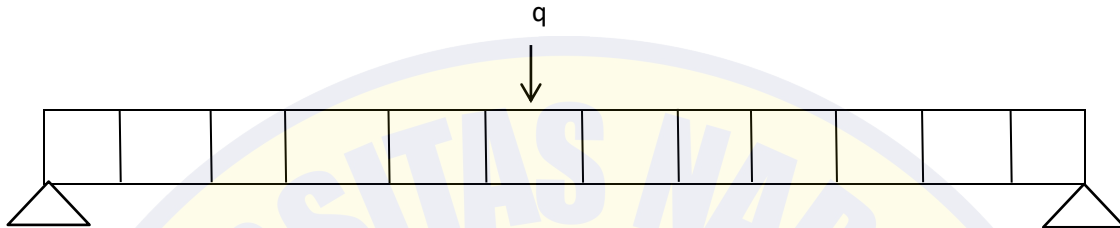
Dimana :

A = Luas penampang

$D_1$  = Diameter luar pipa sandaran (cm)

$D_d$  = Diameter dalam pipa sandaran (cm)

- Pembebanan pada Pipa Sandaran



Sandaran untuk pejalan kaki harus direncanakan untuk dua pembebanan rencana dayalayan yaitu  $q = w = 0,75$  KN/m. Tidak ada ketentuan beban ultimate untuk sandaran. (RSNI T-02-2016 hal 56).

$$M_x = \frac{1}{8} \cdot q_x \cdot L^2$$

$$M_y = \frac{1}{8} \cdot q_y \cdot L^2$$

- Modulus lentur plastis terhadap sumbu x ( $Z_x$ )

$$Z_x = \frac{1}{8} \cdot A \cdot \frac{D}{2}$$

- Momen nominal penampang ( $M_n$ ) untuk penampang kompak :

$$M_n = Z_x \cdot F_y$$

$$\phi M_n = 0,9 \times M_n$$

### 3. Perhitungan Tiang Sandaran

- a. Pembebanan :

Beban yang terjadi pada tiang sandaran berasal dari berat pipa sandaran ( $V$ ), berat tiang sandaran sendiri ( $S$ ) dan gaya horizontal.

- b. Perhitungan Momen

- Momen akibat beban mati ( $MD$ )

$MD$  = Besar beban mati x jarak (KNm)

- Momen akibat beban hidup ( $ML$ )



$ML$  = Beban hidup x jarak (KNm)

c. Penulangan :

Jarak tulangan tekan dengan serat terluar ( $d'$ )

$d = h - p - 0,5$  tulangan yang dipakai

Dimana :

$d'$  = jarak tulangan tekan (mm)

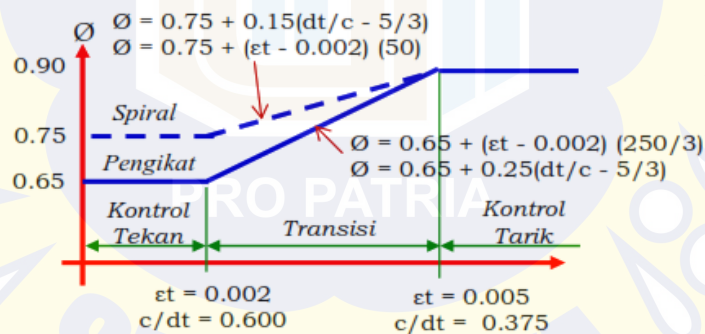
$h$  = lebar tiang sandaran (mm)

$p$  = selimut beton (mm)

d. Rasio tulangan ( $\rho$ )

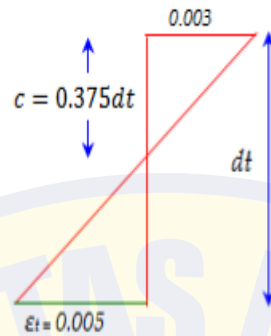
Agar dapat dijamin bahwa jenis keruntuhan balok betul betul pada keruntuhan tarik maka SNI membatasi rasio tulangan maksimum balok berdasarkan gambar S9.3.2 dari SNI 2847:2013 .

Untuk tulangan maksimum dapat diturunkan sebagai berikut :



Gambar 2.3 Grafik hubungan  $\phi$  vs  $\epsilon_t$  (regangan tarik)

Agar  $\phi = 0,9$  (gambar 2.3), harus berada pada daerah kontrol tarik, dengan  $\epsilon_t = 0,005$  atau  $c/dt = 0,375$



Regangan maksimum

Misal =  $X_{\max} = (X \cdot \rho b)$

$$a = \rho \frac{f_y}{(0,85 f_c')} d$$

$$a_{\max} = (X \times \rho b) \frac{f_y}{(0,85 f_c')} d$$

$$c_{\max} = (X \times \rho b) \frac{f_y}{(0,85 f_c')} \beta_1$$

$$c_{\max} = X \left( \frac{\beta_1 \times 0,85 \times f_c'}{f_y} \frac{600}{(600+f_y)} \right) \times \frac{f_y}{(0,85 f_c')} \frac{d}{\beta_1}$$

$$c_{\max} = X \left( \frac{600}{(600+f_y)} \right) d$$

$$\left( \frac{c_{\max}}{d} \right) = \frac{600}{(600+f_y)}$$

$$\left( \frac{c_{\max}}{d} \right) = 0,375$$

$$X = 0,375 \frac{600}{(600+f_y)}$$

$$\rho_{\max} = X \rho b$$

$$\rho_{\max} = 0,375 \times \left( \frac{600+f_y}{(600+f_y)} \right) \times \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{(600+f_y)}$$

$$\rho_{\max} = 0,375 \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y}$$

$$A_{\max} = 0,31875 \times \beta_1 \times \frac{f_c'}{f_y} \times b d \dots\dots\dots (3.6)$$

p = selimut beton (mm)

#### 4. Plat Lantai Kendaraan

Dalam perhitungan lantai kendaraan beban-beban yang terjadi adalah beban dari berat sendiri plat, berat aspal, berat air hujan, beban roda, beban hidup dan angin.

Ketetapan beban :

- Beban Aspal = 22 KN / m<sup>3</sup>
- Beban sendiri lantai Kendaraan = 24 KN / m<sup>3</sup>
- Berat air hujan = 9,8 KN / m<sup>3</sup>

##### a. Pembebanan dan Perhitungan Momen

###### 1. Beban mati

Terdiri dari berat sendiri, berat aspal, dan berat air hujan.

- Beban aspal = Luasan x Berat Jenis Aspal x faktor beban ( KN/ m )
- Beban sendiri plat = Luasan x Berat jenis beton x faktor beban ( KN/ m )
- Berat air hujan = Luasan x Berat Jenis air hujan x faktor beban (KN/ m )

Didapat  $q_u$  ( total beban ) = KN /m

Dihitung Momen yang terjadi pada arah x

$$M_{x\max} = \frac{1}{10} \times q_u \times L^2$$

$$M_{y\max} = \frac{1}{3} \times M_{x\max}$$

###### 2. Beban Hidup

Dalam menghitung beban lantai kendaraan digunakan beban T.

Beban-beban yang terjadi :

- Muatan beban truck ( T ) dengan beban roda 1000 KN
- Koefisien dinamis 0,3 ( DLA ) untuk beban T

Perencanaan tebal minimum plat lantai kendaraan menurut ketentuan BMS pasal 6.7.1.2, yaitu :  $t_s > 200\text{mm}$ ,  $t_s < 100 + (40.L)$ .

Dimana :

$T_s$  = tebal plat lantai kendaraan

$L$  = bentang dari plat lantai ke pusat tumpuan.

Momen akibat beban mati :

$$\text{Tumpuan (MT)} = \frac{1}{10}q.L^2$$

$$\text{Lapangan (ML)} = \frac{1}{12}q.L^2$$

Momen akibat beban hidup (BMS pasal 2.3.3) :

Tekanan gandar = 200kn = 20000 kg atau tekanan roda = 10000 kg (BMS ps 2.3.4.1)

Koefisien kejut (DLA) untuk truck 0,3 (BMS 2.3.6)

$$P = 10000 \times (1 + \text{DLA}) = 10000 \times (1 + 0,3) = 13000 \text{ kg}$$

➤ Tumpuan dan lapangan :

Dimana S = bentang bersih, bila plat lantai kendaraan bersatu dengan balok atau dinding (m)

Kontrol tebal plat lantai :

$$H = \frac{l}{2} \left[ 0,4 \frac{fy}{300} \right] \text{ (BMS pasal 6.7.12)}$$

➤ Akibat beban Truck "T"

T = 100 KN (berdasarkan BMS 2.3.4.1 hal 2-22 )

DLA = 30% ( berdasarkan BMS 2.3.6 hal 2-29 )

## 5. Perhitungan Gelagar Memanjang Dan Melintang

Balok komposit

Penampang profil baja kompak ( $\frac{h}{tw} \leq 1,10 \sqrt{\frac{kv}{fy}}$ ) Nilai  $\theta b = 0,85$  untuk distribusi tegangan plastis, dalam hal ini terdapat 3 kemungkinan kuat lentur yang terjadi tergantung dari letak garis netral. Momen maksimum terjadi pada saat beban terletak di tengah-tengah bentang

➤ Kontrol Penampang Profil

$$M_{\max(T)} = \frac{1}{4} \times Tr \times \lambda$$

Penampang kompak, maka :

$$M_n = m_p$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

Kontrol Kuat Rencana Geser

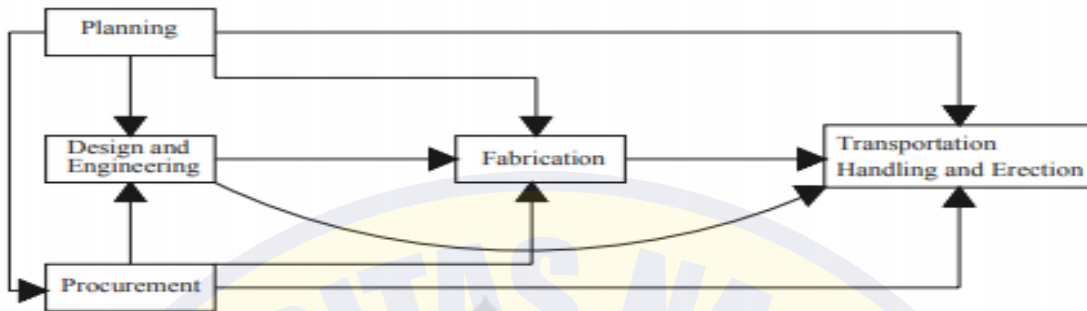
$$\phi v_u \geq v_u$$

## 2.9 Precast Concrete

### 2.9.1 Pengertian Dasar Precast Concrete Atau Beton Pracetak

Merupakan suatu hasil produksi dari beton yang fabrikasinya dilakukan di pabrik atau di lapangan sementara dengan penyelesaian akhir pemasangan (*erection*) dilapangan. Precast concrete dapat diartikan beton yang diproduksi dengan kualitas tinggi yang dibuat dalam jumlah besar di pabrik. Dengan kata lain yang membedakan teknologi ini hanyalah proses produksinya dimana lokasi pembuatannya berbeda dengan lokasi dimana elemen yang akan digunakan.

Berikut ini merupakan proses penerapan teknologi precast.



Gambar 2.1 Ketergantungan Antar Pihak Pada Penerapan Teknologi Precast  
(Sumber : Wulfram I. Ervianto. 2006)

## 2.9.2 Balok

Sebelum balok hancur balok mengalami 3 tahapan. Tahapan tersebut sebagai berikut :

1. Tahap balok beton belum retak (*Uncracked concrete stage*)
2. Tahap balok beton retak-tahap tegangan elastis (*concrete cracked - elastic stresses stage*)
3. Tahap kekuatan ultimate (*Ultimate strenght stage*)

### 2.9.2.1 Tahap Belum Retak

Balok pada tahap ini kondisi belum retak (*Uncracked concrete stage*). Adanya beban kecil dimana tegangan tarik lebih kecil dari  $f_r$  (*modulus of rupture*). Dimana menurut SNI 2847:2013 : 9.5.2.3

$$F_r = 0,62 \lambda \cdot \sqrt{f_c'} \text{ Mpa} \dots \dots \dots \text{ (pers. 2.1)}$$

Untuk beton normal  $\lambda = 1,0$ . (SNI 2847-13 : 8.61)

Batasan dari tahap ini adalah dimulai dari momen = 0, dan tahap maximum terjadinya Momen Retak (*cracking momen, M<sub>cr</sub>*), (SNI 2847-13 : pers 9-9)

$$M_{cr} = \frac{f_r I_g}{y_t} \dots \dots \dots \text{ (Pers. 2.2)}$$

Dimana :

$$F_r = (\text{modulus of rupture})$$

$I_g$  = Momen inersia dari balok

$Y_t$  = jarak dari garis netral ke serat terluar balok variasi tegangan dan regangan.

Balok Beton Retak-Tahap Tegangan Elastis(*Concrete Cracked - Elastic Stresses Stage*)

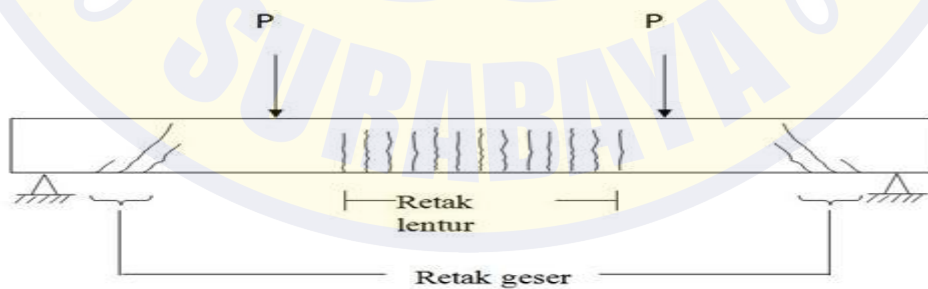
Ketika momen lentur menjadi lebih besar dan menyebabkan tegangan tarik pada serat terekstrim lebih besar dari  $f_r$  (*modulus of rupture*) hal ini dianggap bahwa terjadi retak pada beton dan tegangan tarik pada beton diabaikan, dan tegangan tarik di beton digantikan posisinya oleh tegangan tarik pada penulangan. Tegangan pada umumnya dianggap kurang dari  $0,5 f_c'$ .

### 2.9.2.2 Tahap Kekuatan Ultimate

Bila tegangan tekan melebihi  $0,5 f_c'$ , retak akibat tegangan tarik bergerak ke atas, dan tegangan tekan beton tidak lagi menjadi lurus, tagangan tarikpun menjadi tegangan leleh.

### 2.9.3 Kemampuan Geser Penampang ( $V_c$ )

Kekuatan geser balok adalah pemeriksaan tegangan tegangan akibat beban kerja, untuk mencegah retak retak pada tahap pembebanan. Pada balok perletakan retak dapat rupa retak miring akibat lentur atau retak badan akibat tegangan tarik utama. Pada beton pratekan ada 2 macam retak akibat gaya geser :



Gambar Retak pada Balok ILMUTEKNIKSIPIIL.COM

1. Retak geser badan (*Web shear cracking*)
2. Retak geser lentur (*Flexure Shear Cracking*)

#### 2.9.4 Geser Pada Balok

Tulangan geser mempunyai empat fungsi utama :

1. Menahan gaya geser berfaktor external ( $v_u$ )
2. Membatasi perkembangan retak retak diagonal
3. Memegang tulangan utama longitudinal
4. Menyediakan pengekangan beton dalam daerah tekan jika sengkang tersebut membentuk pengikat tertutup.

Beton mempunyai kekuatan sendiri untuk menahan gaya geser yakni  $V_c$ , dimana nilai sebagai berikut:

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f'c'} bw d$$

Sedang bila  $M_u$  diperhitungkan SNI 2847-2013 (persamaan 11-5)

$$V_c = (0,16 \lambda) \sqrt{f'c'} + 17 \rho \omega \left( \frac{v_u d}{M_u} \right) bwd \leq 0,3 \sqrt{f'c'} bwd$$

Dimana  $\rho \omega = A_s / (bwd)$  dan maximum  $f'c'$  untuk beton non prategang adalah 69 Mpa (SNI, 11.1.2).

- a. Kemampuan geser penampang untuk menahan retak miring akibat lentur :

$$V_{ci} = bw \times d \left( 0,05 \sqrt{f'c'} + \frac{M_{cr}}{M_{max}} \right) + V_d$$

- b. Kemampuan geser penampang untuk menahan retak badan akibat tegangan tarik utama :

$$V_{cw} = bw \times d \times (0,29 \sqrt{f'c'} + 0,3 \times f_{pc}) + V_p$$

✓ Kontrol Lendutan Balok

Momen Tiap Potongan dari Beban Layan ( Beban Tidak terfaktor )



Modulus elastic beton  $E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$   
 Modulus elastic baja,  $E_s = 2 \times 10^5$  Mpa  
 Nilai perbandingan modulus elastisitas,  $n = E_s / E_c$   
 Modulus keruntuhan lentur be ton,  $f_r = 0,7\sqrt{f_c'}$

$Y_t$  = Jarak dari serat teratas ke garis netral

$Y_b$  = Jarak dari garis netral ke serat paling bawah

Inersia bruto penampang balok,  $I_g = 1/12 \times A \times S$

$A$  = Luas Penampang

$S$  = Jarak dari titik berat ke garis netral

Jarak garis netral terhadap sisi atas beton,  $c_1 = \frac{n \times A_s}{b}$

$b$  = Lebar penampang balok

Inersia penampang retak yang ditransformasikan ke beton, dihitung sebagai berikut :  $I_{cr} = 1/3 \times b \times c_1^3 \times n \times A_s \times (d - c_1)^2$

$d$  = tinggi efektif

Momen retak ,  $M_{cr} = \frac{(f_r \times I_g)}{y_t}$

Inersia efektif untuk perhitungan lendutan ,

$$e = \left[ \frac{(f_r \times I_g)^3}{y_t^3} \right] \cdot I_g + \left( 1 - \left[ \frac{(M_{cr})^3}{M A} \right] \right) \cdot I_{cr}$$

Lendutan elastic seketika akibat beban mati dan beban hidup

$$\delta_e = \frac{5}{384} \times q \times \frac{I_x^4}{(E_c \times I_e)} + \frac{1}{48} \times p \times \frac{I_x^3}{(E_c \times I_e)}$$

$p$  = Beban terpusat

$q$  = Beban Merata

Lendutan total pada plat lantai jembatan

$$\delta_e = \frac{I_x}{250}$$

## 2.10 Diafragma

Diafragma merupakan balok yang berfungsi untuk mengikat balok induk supaya menahan gaya geser.

a) Pembebanan :

Balok diafragma hanya menahan berat sendiri balok  
Berat sendiri balok = Luasan balok  
x berat jenis beton ( 24 KN / m<sup>3</sup> )

$q_u = 1,3 \times$  berat sendiri balok

Perhitungan Momen :

$M_{\max}$  tumpuan =  $1/8 \times q_u \times L^2$

$M_{\max}$  lapangan =  $1/12 \times q_u \times L^2$

## 2.11 Kehilangan Gaya Prategang

Menurut Edwar G. Nawy dalam buku yang ditulis menyatakan bahwa kehilangan gaya prategang dikelompokkan menjadi dua kategori :

1. Kehilangan tergantung pada waktu, seperti rangkak, susut dan kehilangan yang diakibatkan oleh efek temperatur dan relaksasi baja.
2. Kehilangan karena penganker dan kehilangan gesekan.

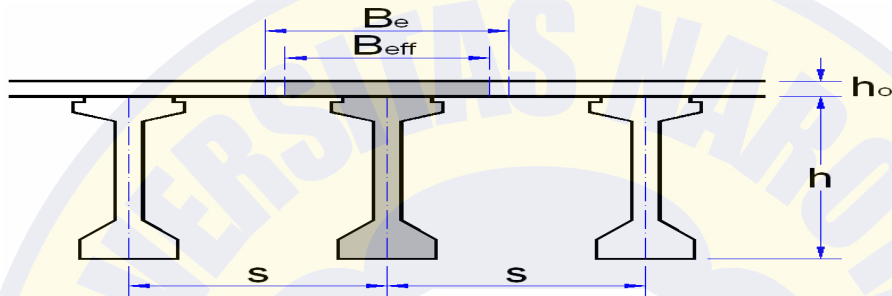
## 2.12 Balok Prategang

### 2.12.1 Beton

Mutu beton girder Prestress adalah	K-500 (klas A)
Kuat tekan beton	$f_c' = 0.83 \times K/0$
Modulus elastis beton	$E_c = 4700 \times \sqrt{f_c'}$
Angka poisson	$U = 0,15$
Modulus geser	$G = E_c / [2 * (1 + U)]$
Koefisien muai panjang untuk beton	$\alpha = 1.0E - 05 / ^\circ C$
Kuat tekan beton pada keadaan awal (saat transfer ), $F_{ci}'$	$F_{ci}' = 0.80 \times f_c'$
Tegangan ijin beton saat penarikan : tegangan ijin tekan	$= 0.60 \times f_{ci}'$

	Tegangan ijin tarik	$= 0.50 * f_{ci}'$
Tegangan ijin beton pada keadaan akhir	tegangan ijin tekan	$= 0.45 * \sqrt{f_{c'}}$
	tegangan ijin tekan	$= 0.50 * \sqrt{f_{c'}}$

### 2.12.2 Penentuan Lebar Efektif Plat Lantai



### 2.12.3 Lebar efektif Plat Lantai

Kuat tekan beton plat	$F_c' (plat)$	$= 0.80 * K (plat)$
kuat tekan beton balok	$F_c' (balok)$	$= 0.83 * K (balok)$
modulus elastik plat beton	$E_{plat}$	$= 4700 \sqrt{F_c' (plat)}$
modulus elastik balok beton prategang	$E_{balok}$	$= 0.043 * (Wc) 1.5 * \sqrt{f_{c'} (balok)}$

### 2.13 Perencanaan Biaya

Perencanaan biaya merupakan rangkaian langkah untuk perkiraan besarnya biaya dari sumber daya diperlukan oleh setiap proyek. Langkah langkah tersebut juga mempertimbangkan berbagai alternatif yang mungkin dalam mendapatkan biaya yang paling ekonomis bagi kinerja atau material. Hal ini menyebabkan perencanaan biaya baru dapat diselesaikan bila telah tersedia perencanaan keperluan sumber daya. Mulyadi (2001:488) menyatakan bahwa “Anggaran adalah suatu rencana kerja jangka pendek yang disusun berdasarkan rencana kerja jangka panjang yang ditetapkan dalam proses penyusunan program”.

### **2.13.1 Tahapan Menyusun Anggaran Biaya**

Tahap tahap yang harus dilakukan untuk menyusun anggaran biaya meliputi :

1. Melakukan pengumpulan data tentang jenis, harga serta kemampuan pasar menyediakan bahan/material konstruksi secara kontinu.
2. Melakukan pengumpulan data tentang upah pekerjaan yang berlaku di daerah lokasi dan upah pada umumnya jika pekerjaan didatangkan dari luar daerah lokasi proyek.
3. Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil analisa satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.

### **2.13.2 Estimasi Biaya**

Kegiatan estimasi adalah salah satu proses utama dalam proyek konstruksi karena penyapan dana dalam proyek konstruksi dibutuhkan dalam jumlah yang besar. Apabila terjadi ketidaktetapan dalam penyediaan dana, maka akan menimbulkan dampak pada pihak pihak yang terlibat. Kegiatan estimasi dilakukan dengan terlebih dahulu mempelajari gambar rencana dan spesifikasi, berdasarkan gambar rencana dapat diketahui kebutuhan material yang nantinya akan digunakan