

## **BAB III**

### **METODE PERENCANAAN**

Secara garis besar konstruksi jembatan terdiri dari dua komponen utamayaitu bangunan atas (*super structure/upper structure*) dan bangunan bawah (*substructure*). Bangunan atas merupakan bagian jembatan yang menerima langsung beban dari orang dan kendaraan yang melewatinya. Bangunan atas terdiri dari komponen utama yaitu lantai jembatan, rangka utama, gelagar melintang, gelagar memanjang, diafragma, pertambatan, dan perletakan/andas. Selain itu jugaterdapat komponen penunjang pada bangunan atas yaitu perlengkapansambungan, *ralling*, pagar jembatan, drainase, dan penerangan. Bangunan bawah merupakan bagian jembatan yang menerima beban dari bangunan atas ditambahtekanan tanah dan gaya tumbukan dari perlintasan di bawah jembatan. Bangunanbawah meliputi pilar jembatan (*pier*), pangkal jembatan (*abutment*), dan pondasi.

#### **3.1 Data Proyek :**

1. Pemilik Proyek: Dinas PU Bina Marga Kabupaten Cirebon, Jawa Barat
2. Nama Proyek :Peningkatan Jembatan Japura kec. Astanajapura
3. Lokasi Proyek : Terletak di desa Japura kec.Astanajapura.
4. Bangunan Atas : Struktur baja IWF dan beton bertulang.
5. Bangunan Bawah : Pondasi Tiang Pancang

#### **3.2 Lokasi Proyek**

Didaerah Japura Kecamatan Astana Japura, Kabupaten Cirebon.





3.1 Lokasi Proyek

### 3.3 Beban lalu lintas

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur "D" dan beban truk "T". Beban lajur "D" bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur "D" yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri. Beban truk "T" adalah satu kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap as terdiri dari dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk "T" diterapkan per lajur lalu lintas rencana. Secara umum, beban "D" akan menjadi beban penentu dalam perhitungan jembatan yang mempunyai bentang sedang sampai panjang, sedangkan beban "T" digunakan untuk bentang pendek dan lantai kendaraan.

#### 3.3.1 Lajur lalu lintas rencana

Lajur lalu lintas Rencana harus mempunyai lebar 7 m. Jumlah maksimum lajur lalu lintas yang digunakan untuk berbagai lebar jembatan bisa dilihat dalam Tabel 11.

Lajur lalu lintas rencana harus disusun sejajar dengan sumbu memanjang jembatan.

Tabel 3.1 Jumlah lajur lalu lintas rencana

Tipe Jembatan (1)	Lebar Jalur Kendaraan (m) (2)	Jumlah Lajur Lalu lintas Rencana ( $n_l$ )
Satu lajur	4,0 - 5,0	1
Dua arah, tanpa median	5,5 - 8,25 11,3 - 15,0	2 (3) 4
Banyak arah	8,25 - 11,25	3
	11,3 - 15,0	4
	15,1 - 18,75	5
	18,8 - 22,5	6
CATATAN (1) Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh Instansi yang berwenang.		
CATATAN (2) Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dengan median untuk banyak arah.		
CATATAN (3) Lebar minimum yang aman untuk dua-lajur kendaraan adalah 6,0 m. Lebar jembatan antara 5,0 m sampai 6,0 m harus dihindari oleh karena hal ini akan memberikan kesan kepada pengemudi seolah-olah memungkinkan untuk menyiap.		

### 3.4 Pembebanan Jembatan

Perhitungan pembebanan yang bekerja pada jembatan menggunakan Pedoman RSNI T 02 2005, merupakan dasar dalam menentukan beban-beban dan gaya-gaya untuk perhitungan tegangan – tegangan yang terjadi pada setiap bagian – bagian jembatan jalan raya. Penggunaan pedoman dimaksudkan untuk mencapai perencanaan ekonomis sesuai dengan kondisi setempat, tingkat keperluan, kemampuan pelaksanaan dan syarat teknis lainnya, sehingga proses perencanaan menjadi efektif.

Beban – beban yang bekerja pada suatu jembatan berdasarkan Standar Pembebanan untuk Jembatan (RSNI-T-02-2005) antara lain :

#### 3.4.1 Beban Primer

Beban primer adalah beban yang merupakan beban utama dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan.

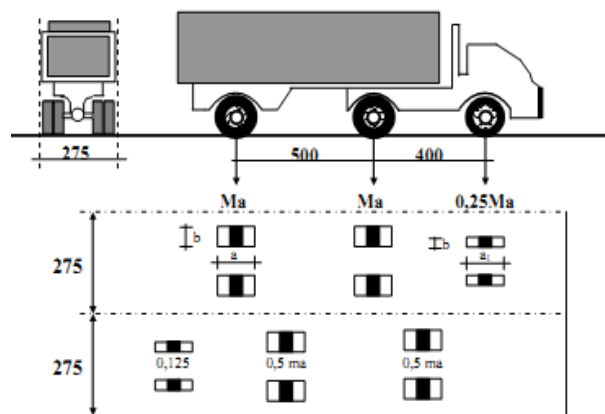
##### A. Beban Mati

Beban mati adalah semua beban yang berasal dari berat sendiri jembatan atau bagian jembatan yang ditinjau, termasuk segala unsur tambahan yang dianggap merupakan satu kesatuan tetap dengannya.

##### B. Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang berasal dari berat kendaraan – kendaraan bergerak / lalu lintas / atau pejalan kaki yang dianggap bekerja

pada jembatan. Beban hidup pada jembatan yang harus ditinjau dinyatakan dalam dua macam, yaitu beban “ T “ yang merupakan beban terpusat untuk lantai kendaraan dan beban “ D “ yang merupakan beban jalur untuk gelagar.



Gambar 3.2 Distribusi Beban

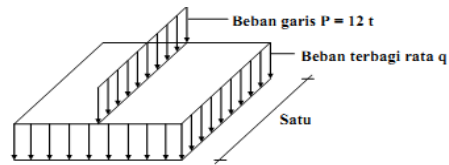
✓ Beban “ T “

Beban “ T “ adalah beban yang merupakan kendaraan truck yang mempunyai beban roda ganda ( *dual wheel load* ) sebesar 10 ton

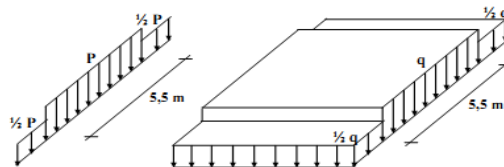
✓ Beban “ D “

Untuk perhitungan kekuatan gelagar harus digunakan beban “ D “. Beban “ D “ atau beban lajur adalah susunan beban pada setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban terbagi rata sebesar “ q “ ton per meter panjang perjalur, dan beban garis “ P “ ton per jalur lalu lintas tersebut. Beban “ D “ adalah seperti tertera pada gambar 2.1 berikut :

Beban Terbagi Rata q ( t/m )



Gambar 2.2 Distribusi beban "D" yang bekerja pada Jembatan



Gambar 3.3 Beban " D "

Besar  $q$  ditentukan sebagai berikut :

$$q = 2,2 \text{ t/m}' \dots\dots\dots \text{untuk } L < 30 \text{ m}$$

$$q = 2,2 \text{ t/m}' - 1,1/60 \times (L - 30) \text{ t/m}' \dots\dots\dots \text{untuk } 30\text{m} < L < 60 \text{ m}$$

$$q = 1.1 (1 + 30/L) \text{ t/m}' \dots\dots\dots \text{untuk } L > 60 \text{ m}$$

dimana :

$L$  = panjang dalam meter

Ketentuan penggunaan beban "D" dalam arah melintang jembatan adalah sebagai berikut :

- ✓ Untuk jembatan dengan lebar lantai kendaraan sama atau lebih kecil dari 5,5 meter, beban "D" sepenuhnya (100%) harus dibebankan pada seluruh lebar jembatan.
- ✓ Untuk jembatan dengan lebar lantai kendaraan lebih besar dari 5,50 meter, beban "D" sepenuhnya (100%) dibebankan ada lebar jalur 5,50 meter sedang lebar selebihnya dibebani hanya separuh beban "D" (50%).
- ✓ Beban pada Trotoar, Kerb dan Sandaran, konstruksi trotoar harus diperhitungkan terhadap beban hidup sebesar 500 kg/m<sup>2</sup> . Dalam perhitungan kekuatan gelagar karena pengaruh beban hidup pada trotoar, diperhitungkan beban sebesar 60% beban hidup pada trotoar. Kerb yang terdapat pada tepi-tepi lantai kendaraan harus

diperhitungkan untuk menahan satu beban horizontal ke arah melintang jembatan sebesar 500 kg/m' yang bekerja pada puncak kerb yang bersangkutan atau pada tinggi 25 cm di atas permukaan lantai kendaraan apabila kerb yang bersangkutan lebih tinggi dari 25 cm.

- ✓ Tiang-tiang sandaran pada setiap tepi trotoar harus diperhitungkan untuk dapat menahan beban horizontal sebesar 100 kg/m', yang bekerja pada tinggi 90 cm di atas lantai trotoar.

### C. Beban Kejut

Untuk memperhitungkan pengaruh-pengaruh getaran-getaran dan pengaruh -pengaruh dinamis lainnya, tegangan-tegangan akibat beban garis "P" harus dikalikan dengan koefisien kejut yang akan memberikan hasil maksimum, sedangkan beban merata "q" dan beban "T" tidak dikalikan dengan koefisien kejut. Koefisien kejut ditentukan dengan rumus :

$$K = 1 + 20 / (50 + L)$$

Dimana

K = koefisien kejut

L = panjang bentang dalam meter

Koefisien kejut tidak diperhitungkan terhadap bangunan bawah apabila bangunan bawah dan bangunan atas tidak merupakan satu kesatuan.

### 3.4.2 Beban Sekunder

Beban sekunder adalah beban yang merupakan beban sementara yang selalu diperhitungkan dalam perhitungan tegangan pada setiap perencanaan jembatan.

### A. Beban Angin

Pengaruh beban angin sebesar 150 kg/m<sup>2</sup> pada jembatan ditinjau berdasarkan bekerjanya beban angin horizontal terbagi rata pada bidang vertikal jembatan, dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Jumlah luas bidang vertikal bangunan atas jembatan yang dianggap terkena oleh angin ditetapkan sebesar suatu prosentase tertentu

terhadap luas bagian-bagian sisi jembatan dan luas bidang vertikal beban hidup. Bidang vertikal beban hidup ditetapkan sebagai suatu permukaan bidang vertikal yang mempunyai tinggi menerus sebesar 2 (dua) meter diatas lantai kendaraan.

Dalam menghitung jumlah luas bagian-bagian sisi jembatan yang terkena angin dapat digunakan ketentuan sebagai berikut :

- ✓ Untuk jembatan gelagar penuh diambil sebesar 100% luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin, ditambah 50% luas bidang sisi lainnya.
- ✓ Untuk jembatan rangka diambil sebesar 30% luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin, ditambah 15% luas bidang sisi-sisi lainnya.

#### **B. Gaya akibat Perbedaan Suhu.**

Peninjauan diadakan terhadap timbulnya tegangan-tegangan struktural karena adanya perubahan bentuk akibat perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan baik yang menggunakan bahan yang sama maupun bahan yang berbeda. Perbedaan suhu ditetapkan sesuai dengan data perkembangan suhu setempat. Untuk bangunan baja perbedaan suhu maksimum sampai minimum adalah  $30^{\circ}\text{C}$  sedangkan perbedaan suhu antara bagian-bagian jembatan adalah  $15^{\circ}\text{C}$ .

#### **C. Gaya Rem**

Pengaruh gaya-gaya dalam arah memanjang jembatan akibat gaya rem harus ditinjau. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem sebesar 5% dari beban "D" tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada, dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horisontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,80 meter diatas permukaan lantai kendaraan.

#### **D. Gaya akibat Gempa Bumi**

Jembatan yang akan dibangun pada daerah-daerah dimana diperkirakan terjadi pengaruh-pengaruh gempa bumi, harus direncanakan dengan menghitung pengaruh-pengaruh gempa bumi tersebut sesuai dengan

"Buku Petunjuk Perencanaan Tahan Gempa Untuk Jembatan Jalan Raya 1986".

#### **E. Gaya akibat Gesekan pada Tumpuan-Tumpuan Bergerak**

Jembatan harus pula ditinjau terhadap gaya yang timbul akibat gesekan pada tumpuan bergerak, karena adanya pemuaian dan penyusutan dari jembatan akibat perbedaan suhu atau akibat-akibat lain. Gaya gesek yang timbul hanya ditinjau akibat beban mati saja, sedang besarnya ditentukan berdasarkan koefisien gesek pada tumpuan yang bersangkutan.

### **3.4.3 Beban Khusus**

Beban khusus adalah beban yang merupakan beban-beban khusus untuk perhitungan tegangan pada perencanaan jembatan.

#### **A. Beban dan Gaya selama Pelaksanaan**

Gaya-gaya khusus yang mungkin timbul dalam masa pelaksanaan pembangunan jembatan, harus ditinjau dan besarnya dihitung sesuai dengan cara pelaksanaan pekerjaan yang digunakan.

#### **B. Gaya akibat Aliran Air dan Tumbukan Benda-Benda Hanyutan.**

Sernua pilar dan bagian-bagian lain dari bangunan jembatan yang mengalami gaya-gaya aliran air, harus diperhitungkan dapat menahan tegangan-tegangan maksimum akibat gaya-gaya tersebut. Gaya tekanan aliran air adalah hasil perkalian tekanan air dengan luas bidang pengaruh pada suatu pilar, yang dihitung dengan rumus :

$$A_h = k \times V_a^2$$

Dimana :

$A_h$  = tekanan aliran air (ton/m<sup>2</sup>)

$V_a$  = kecepatan aliran air yang dihitung berdasarkan analisa hidrologi (m/dt), bila tidak ditentukan lain maka :  $V_a = 3$  m/dt.

$K$  = koefisien aliran yang tergantung bentuk pilar yang dapat diambil menurut tabel berikut:



Tabel 3.2 Koefisien Aliran (k)

Bentuk depan pilar	k
Persegi (tidak disarankan)	0,075
Bersudut 5 30 derajat	0,025
bundar	0,035

Sumber : RSNI T 02 2005

### C. Gaya Angkat

Bagian-bagian dasar bangunan bawah pada rencana pondasi langsung atau pondasi terapan harus diperhitungkan terhadap gaya angkat yang mungkin terjadi.

#### 3.4.4 Kombinasi Pembebanan

Konstruksi jembatan beserta bagian-bagiannya harus ditinjau terhadap kombinasi pembebanan dan gaya yang mungkin bekerja.

Tabel 3.3 Kombinasi Pembebanan dan Gaya

Kombinasi Pembebanan dan Gaya	Tegangan Yang Digunakan Dalam Prosen Terhadap Tegangan Izin Keadaan Elastis
I. $M + (H + K) + T_a + T_u$	100%
II. $M + T_a + A_h + G_g + A + SR + T_m$	125%
III. Komb. (I) + $R_m + G_g + A + SR + T_m + S$	140%
IV. $M + G_h + T_{ag} + G_g + A_{hg} + T_u$	150%
V. $M + PI$	130%
VI. $M + (H + K) + T_a + ST_b$	150%

Sumber : RSNI T 02 2005

dimana

$A$  = beban angin

$A_h$  = gaya akibat aliran dan hanyutan

$A_{hg}$  = gaya akibat aliran dan hanyutan pada waktu gempa

$Gg$  = gaya gesek pada tumpuan bergerak  
 $Gh$  = gaya horisontal ekivalen akibat gempa bumi  
 $(H+K)$  = beban hidup dengan kejutan  
 $M$  = beban mati  
 $P_i$  = gaya-gaya pada waktu pelaksanaan  
 $R_m$  = gaya rem  
 $S$  = gaya sentrifugal  
 $SR$  = gaya akibat susut dan rangkakan  
 $T_m$  = gaya akibat perubahan suhu  
 $T_a$  = gaya tekanan tanah  
 $T_{ag}$  = gaya tekanan tanah akibat gempa bumi  
 $T_b$  = gaya tumbuk  
 $T_u$  = gaya angkat

Struktur atas merupakan bagian atas dari suatu jembatan yang berfungsi untuk menampung beban-beban yang ditimbulkan oleh lalu lintas, orang atau kendaraan atau lainnya, yang kemudian menyalurkannya ke bangunan bawah. Perhitungan struktur atas menggunakan RSNI T 02 2005 Pembebanan untuk Jembatan.

Dalam perencanaan bangunan atas suatu jembatan, untuk mengurangi kerumitan analisisnya, peraturan mengizinkan penggunaan cara yang disederhanakan jika pembatasan peraturan tersebut memenuhi. Cara sederhana ini meliputi :

- ✓ Respon terhadap beban mati, seluruh atau sebagian bangunan atas jembatan dianggap sebagai balok untuk perhitungan momen dan geser memanjang.
- ✓ Respon terhadap beban lalu lintas, mempertimbangkan beban lajur "D" tersebar pada seluruh lebar balok dengan intensitas 100% dan penyebaran beban truk tunggal "T" pada balok memanjang sesuai dengan faktor yang berlaku.

### 3.4.5 Spesifikasi Konstruksi.

Pada perencanaan proyek jembatan composite dipakai mutu beton K 350 dan mutu baja U 37 (PBI '71 tabel 10.42)

Daftar berat isi bahan–bahan bangunan (RSNI T 02 2005 “Pembebanan untuk Jembatan hal. 10) :

Tabel 3.4 Berat isi untuk beban mati [ kN/m<sup>3</sup> ]

No.	Bahan	Berat/Satuan Isi (kN/m <sup>3</sup> )	Kerapatan Masa (kg/m <sup>3</sup> )
1	Campuran aluminium	26.7	2720
2	Lapisan permukaan beraspal	22.0	2240
3	Besi tuang	71.0	7200
4	Timbunan tanah dipadatkan	17.2	1760
5	Kerikil dipadatkan	18.8-22.7	1920-2320
6	Aspal beton	22.0	2240
7	Beton ringan	12.25-19.6	1250-2000
8	Beton	22.0-25.0	2240-2560
9	Beton prategang	25.0-26.0	2560-2640
10	Beton bertulang	23.5-25.5	2400-2600
11	Timbal	111	11 400
12	Lempung lepas	12.5	1280
13	Batu pasangan	23.5	2400
14	Neoprin	11.3	1150
15	Pasir kering	15.7-17.2	1600-1760
16	Pasir basah	18.0-18.8	1840-1920
17	Lumpur lunak	17.2	1760
18	Baja	77.0	7850
19	Kayu (ringan)	7.8	800
20	Kayu (keras)	11.0	1120
21	Air murni	9.8	1000
22	Air garam	10.0	1025
23	Besi tempa	75.5	7680

Tabel 3.5 Mutu Beton K-350 dan Tegangan yang diijinkan

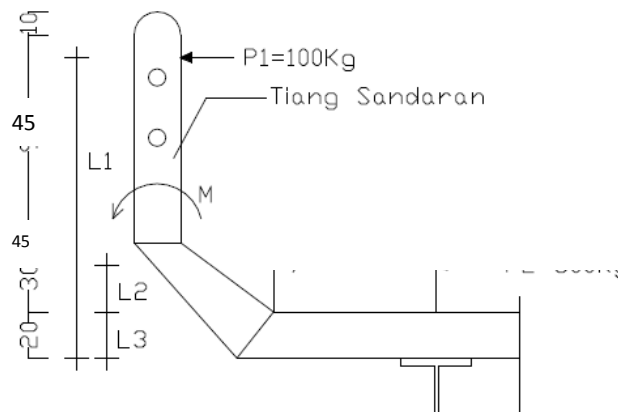
Mutu Beton K-350	Notasi	Tegangan Yang Diijinkan (kg/cm <sup>2</sup> )	
		Pembebanan Tetap	Pembebanan Sementara
Lentur tanpa dan atau degan gaya normal :			
- Tekan	$\sigma^t_b$	99	168
- Tarik	$\sigma_b$	8	11
Gaya aksial :			
- Tekan	$\sigma^t_{bs}$	99	168
- Tarik	$\sigma_{bs}$	6	9
Geser oleh lentur dengan puntir :			
- Tanpa tul. Geser	$\tau_b$	7.5	12
- Dengan tul. Geser	$\tau_{bm}$	19	29.5
Geser oleh lentur/puntir :			
- Tanpa tul. Geser	$\tau_b$	9	15
- Dengan tul. Geser	$\tau_{bm}$	23	37
<b>Geser poros pada penampang kritis :</b>			
- Tanpa tul. Geser	$\tau_{bp}$	11	18
- Dengan tul. Geser	$\tau_{bpm}$	23	35

Tabel 3.6 Tegangan –tegangan baja beton yang diijinkan ( PBI 71 hal.

103 )

Mutu	Tegangan tarik/tekan yang diijinkan	
	Pada pembebanan tetap	Pada pembebanan sementara
U <sub>22</sub>	1250	1800
U <sub>24</sub>	1400	2000
<i>U<sub>32</sub></i>	<i>1850</i>	<i>2650</i>
U <sub>39</sub>	2250	3200
U <sub>48</sub>	2750	4000
Umum	0.58 $\sigma_{au}$	0.83 $\sigma_{au}$
	0.58 $\sigma_{0.2}$	0.83 $\sigma_{0.2}$

### 3.5 Sandaran



Gambar 3.4 Sandaran pada Jembatan Rangka Baja

Sandaran berfungsi sebagai pagar pengaman bagi para penggunaan jasa jalan. Selain itu sandaran juga berfungsi untuk menambah nilai estetika.

Konstruksi sandaran terdiri dari :

- ✓ Tiang sandaran (*Rail Post*), biasanya dibuat dari beton bertulang untuk jembatan girder beton, sedangkan untuk jembatan rangka tiang sandaran menyatu dengan struktur rangka tersebut.
- ✓ Sandaran (*Hand Rail*), biasanya dari pipa besi, kayu dan beton bertulang.

Sandaran pada jembatan rangka baja terbuat dari baja profil bulat.

Menurut Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan dan Jalan Raya 1987 :

*”Tiang – tiang sandaran pada tiap tepi trotoar harus diperhitungkan untuk dapat menahan beban horizontal sebesar 100 kg/m’ yang bekerja pada tinggi 90 cm diatas lantai trotoar”.*

### 3.6 Pelat Lantai

Pelat lantai kendaraan berfungsi sebagai penahan lapisan perkerasan, pelat lantai kendaraan diasumsikan sebagai pelat yang ditumpu pada keempat sisinya (oleh gelagar memanjang dan gelagar melintang).

Pembebanan pada pelat lantai meliputi :

- 1). Beban mati, meliputi berat sendiri pelat, berat perkerasan, dan berat air hujan.
- 2). Beban hidup, yang dinyatakan dalam beban “ T “

Berdasar *Manual Assembly And Erection Of Permanent Standart Truss Span Volume 2/A Bridges*, Direktorat Jenderal Bina Marga, tebal pelat lantai kendaraan 20 cm, dengan tebal perkerasan = 5 cm.

### 3.7 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan pada perencanaan jembatan yaitu pada oprit jembatan sebagai jalan pendekat yang merupakan bagian penting pada proses perencanaan jalan, yang berfungsi :

- ✓ Menyebarkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar.
- ✓ Melindungi tanah dasar dari rembesan air hujan.
- ✓ Mendapatkan kenyamanan dalam perjalanan.

Salah satu jenis perkerasan jalan adalah perkerasan lentur (*flexible pavement*). Perkerasan lentur adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapis bawahnya.

### 3.8 Gelagar Memanjang

Gelagar jembatan berfungsi untuk menerima beban-beban yang bekerja di atasnya dan menyalurkannya ke bangunan dibawahnya. Pembebanan pada gelagar memanjang meliputi :

- ✓ Beban mati

Beban mati terdiri dari berat sendiri gelagar dan beban-beban yang bekerja di atasnya (pelat lantai jembatan, perkerasan, dan air hujan)

- ✓ Beban hidup

Beban hidup pada gelagar jembatan dinyatakan dengan beban “D” atau beban jalur, yang terdiri dari beban terbagi rata “q” ton per meter panjang per jalur, dan beban garis “P” ton per jalur lalu lintas tersebut.

Berdasar *Manual For Assembly And Erection Of Permanent Standard Truss Span Volume 2/A Bridges*, Direktorat Jenderal bina Marga, tebal pelat lantai kendaraan = 20 cm, dengan tebal perkerasan = 5 cm, sesuai dari desain Kontruksi Baja Indonesia ( KBI ).

### 3.9 Gelagar Melintang

Pembebanan pada gelagar melintang meliputi :

✓ **Beban Mati**

Terdiri dari berat sendiri gelagar dan beban yang bekerja di atasnya (gelagar memanjang, pelat lantai jembatan, perkerasan, dan air hujan).

✓ **Beban Hidup**

Beban hidup pada gelagar jembatan dinyatakan dengan beban “D” atau beban jalur, yang terdiri dari beban terbagi rata “q” ton per meter panjang per jalur lalu lintas tersebut.

Pada jembatan rangka baja, elemen struktur komposit terbentuk melalui kerjasama antara gelagar melintang dengan pelat beton. Factor penting dalam struktur komposit adalah lekatan antara gelagar melintang dengan pelat beton harus tetap ada. Untuk menjaga agar lekatan ini tetap ada, perlu adanya penghubung geser (*shear connector*) yang berfungsi untuk menahan gaya geser yang terjadi pada bidang pertemuan antara pelat beton dengan gelagar melintang. Pemakaian dek baja dibawah pelat beton berfungsi sebagai cetakan tetap dan untuk menahan momen positif yang terjadi pada pelat beton. Pemasangan dek baja sejajar dengan gelagar melintang.

### **3.9.1 Kondisi Pre Komposit**

Kondisi pre komposit adalah kondisi dimana pelat beton belum mengeras dan beban hidup belum bekerja

### **3.9.2 Kondisi Post Komposit**

Kondisi pre komposit adalah kondisi dimana pelat beton telah mengeras dan beban hidup telah bekerja. Baik gelagar memanjang maupun melintang harus ditinjau terhadap control kekuatan dan kontrol kekakuan.

Kontrol Kekuatan :

$$\sigma = \frac{W}{M}$$

dimana : M = momen

W = momen Tahanan

Kontrol Kekakuan :

$$\delta = \frac{500}{L} < \delta \quad \text{dimana : } L = \text{panjang bentang}$$

$$\delta = \frac{5ML}{48EI}$$

dimana : E = modulus elastisitas bahan  
I = momen inersia

Selain itu penampang komposit jembatan juga harus dikontrol terhadap kekuatan dan kekakuan.

Kontrol Kekuatan :

$$\sigma = \frac{MxYc}{I_x xn}$$

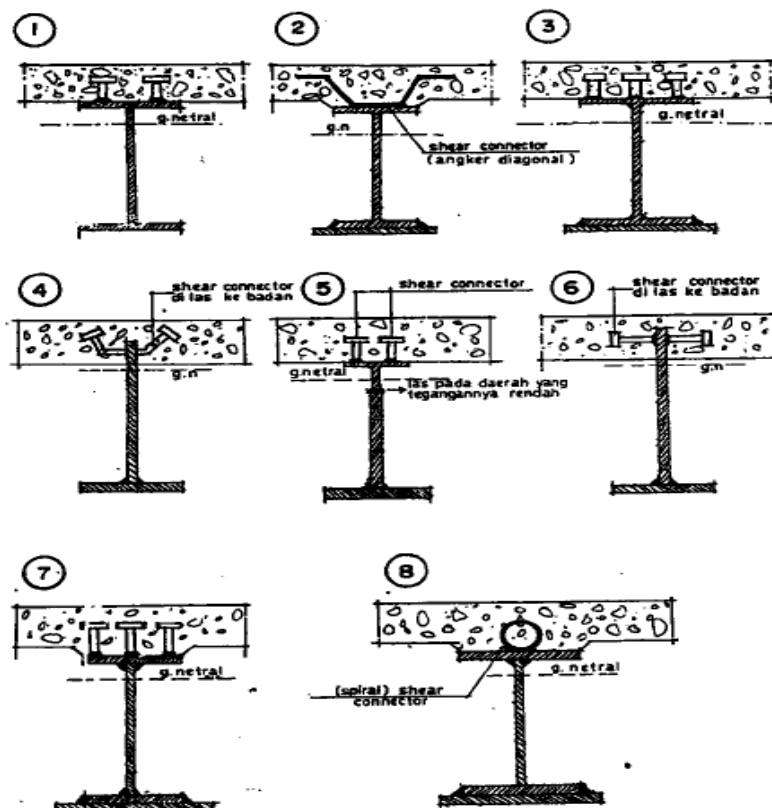
dimana : Yc = Yserat atas + tebal plat

n = modulus ratio

Kontrol Kekakuan :

$$\delta = \frac{L}{500} < \delta$$

$$\delta = \frac{5}{384} \times \frac{MxL^2}{EI} + \frac{1}{48} \times \frac{PxL^3}{EI}$$



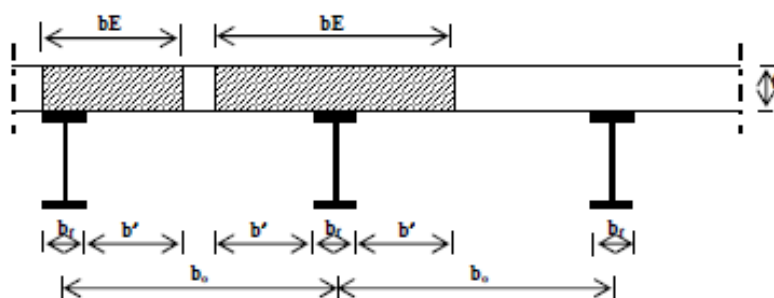
Gambar 3.5 Model-model Penampang Balok Komposit



### 3.10 Sifat-Sifat Penampang Balok Komposit

#### 3.10.1 Lebar efektif

Lebar efektif merupakan lebar penampang pelat di atas balok baja, dimana pelat beton dianggap masih efektif memikul tegangan tekan. Dimensi lebar efektif dari suatu penampang balok komposit dapat dilihat pada gambar ini.



Gambar 3.6 Dimensi Lebar Efektif Penampang Balok Komposit

Secara umum, lebar efektif sayap (*flens*) untuk balok komposit dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$b_E = b_f + 2 b'$$

Sedangkan lebar efektif maksimum yang disyaratkan oleh AISC ialah sebagai berikut :

1. Untuk gelagar tengah dengan pelat di kedua sisi gelagar :
  - a.  $b_E = \square L/4$
  - b.  $b_E = \square b_o$  (untuk jarak balok yang sama)
  - c.  $b_E = 16 t_s$
2. Untuk gelagar tepi dengan pelat hanya di salah satu sisi gelagar :
  - a.  $b_E = \square L/4 + b_f$
  - b.  $b_E = \square \frac{1}{2} (b_o + b_f)$
  - c.  $b_E = \square b_f + 6 t_s$

Harga terkecil dari syarat-syarat tersebut di atas yang dipergunakan untuk perhitungan.

### 3.10.2 Sifat – Sifat Penampang

Sifat – sifat penampang (*section properties*) suatu penampang komposit dapat dihitung dengan menggunakan metode luas pengganti (*transformed areamethod*). Prinsip perhitungannya adalah luasan beton pada daerah tegangan tekan diganti dengan luasan ekuivalen baja.

Dalam analisa penampang komposit, luas beton direduksi dengan memakai lebar pelat yang sama dengan :  $bE / n$  dimana :

$bE$  = Lebar efektif

$n$  = Ratio modulus elastisitas baja dengan beton ( $E_s/E_e$ )

#### A. Ratio Modulus $n$

Modulus elastisitas beton secara umum dapat dituliskan sebagai berikut :

$E_c = W 1,533 \sqrt{f'_c}$  (3.2-4) dimana :

$W$  = berat beton dalam lb/ft<sup>3</sup> (pcf)

$f'_c$  = mutu beton dalam lb/in<sup>2</sup> (psi)

Untuk beton dengan berat normal = 145 pcf, maka :

$E_c = 57000 \sqrt{f'_c} \rightarrow f'_c$  dalam psi

$E_c = 4730 \sqrt{f'_c} \rightarrow f'_c$  dan  $E_c$  dalam MPa

$E_c = W 1,5 (0,043) \sqrt{f'_c} \rightarrow W$  dalam kg/m,  $f'_c$  dan  $E_c$  dalam MPa

$E_c = 15110 \sqrt{f'_c} \rightarrow f'_c$  dan  $E_c$  dalam kg/cm<sup>2</sup>

Secara umum modulus elastisitas baja dapat diambil  $E_s = 29.000$  ksi (  $2,1 \cdot 10^6$  kg/cm<sup>2</sup>). Untuk perencanaan praktis nilai rasio modulus  $n$  dapat diambil pada tabel berikut :

Tabel 3.7 Nilai Ratio Modulus  $n$  Untuk Perencanaan Praktis

Cube Strength (kg/cm <sup>2</sup> )	n
140 – 170	15
175 – 200	12
205 – 275	10
280 – 345	8
350 – up	6

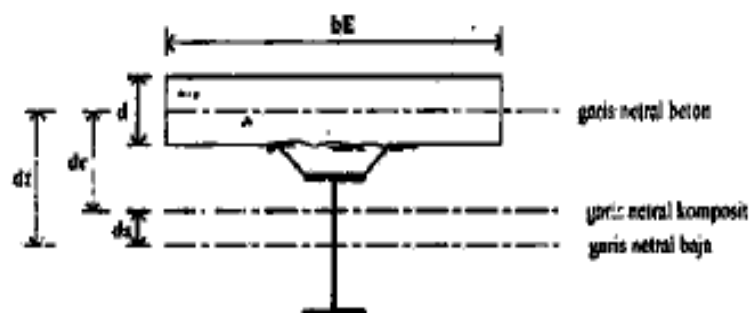
Sumber :RSNI-T-02-2005

Keterangan : Nilai **n** minimum yang diijinkan oleh ACI Code dan Spesifikasi ASSHTO adalah = 6 (enam)

### B. Letak garis netral (g.n.) penampang komposit

Letak garis netral penampang komposit, sebaiknya direncanakan terletak di daerah gelagar baja. Hal ini dimaksudkan untuk menghindarkan adanya bagian slab beton yang tertarik. Jika sekiranya garis netral penampang komposit memotong bagian beton, maka dalam perhitungan tegangan – tegangan bagian beton yang tertarik harus diabaikan.

#### 1). Garis netral di daerah profil baja



Gambar 3.7 Garis Netral Komposit di Daerah Profil Baja

Dari gambar penampang tersebut di atas, akan diperoleh momen statis terhadap garis netral beton sebagai berikut :

$A_s \cdot d_1 = A_t \cdot d_c$  , sehingga diperoleh  $d_c$  sama dengan :

$$d_c = \frac{A_s}{A_t} \cdot d_t$$

dimana :

$$A_c = bE.d \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$A_e = \frac{A_c}{n} \text{ (cm}^2\text{)}$$

$A_s$  = luas baja, dari tabel baja profil (cm<sup>2</sup>)

$$A_t = A_s + A_c \text{ (cm}^2\text{)}$$

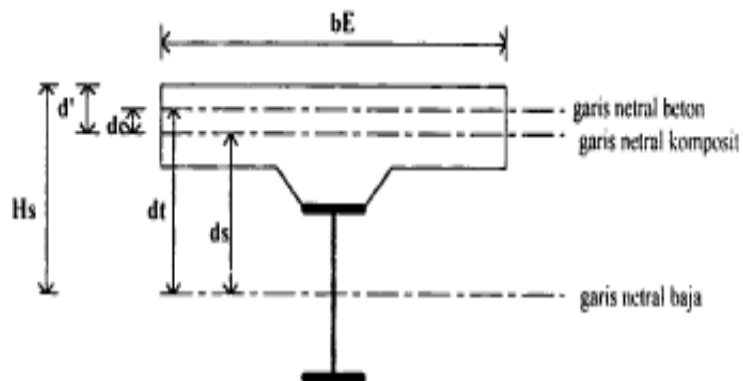
$d_t$  = jarak titik netral baja dan beton (cm)

Batasan apakah garis netral penampang komposit terletak pada bagian beton atau baja ditentukan oleh nilai  $d_c$ , yaitu :

$d_c > \frac{1}{2} d$ , maka garis netral terletak dibagian baja.

$d_c < \frac{1}{2} d$ , maka garis netral terletak dibagian beton.

## 2). Garis netral di daerah beton



Gambar 3.8 Garis Netral Komposit di Daerah Slab Beton

Dalam kondisi letak garis netral di bagian beton sebagian pelat beton tertarik, sehingga tebal slab yang diperhitungkan hanya bagian beton yang tertekan setebal  $d'$ . Luas beton yang diperhitungkan adalah :

$$A_{E2} = \frac{d'. b}{n} \text{ (cm}^2\text{)}$$

dimana :

$$d' = 2. d_c \text{ (cm)}$$

$$A_t = A_s + A_c \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$d_t = H_s - d_c \text{ (cm)}$$

Jarak garis netral baja dan beton ( $d_c$ ) dihitung dengan syarat statis momen terhadap garis netral slab beton, yaitu :

$$A_s \cdot d_t = A_t \cdot d_c$$

$$A_s (H_s - d_c) = A_t \cdot d_c \cdot \frac{b}{n}$$

Sehingga diperoleh persamaan kuadrat dengan bilangan ( $d_c$ ) sebagai berikut :

$$\frac{2 \cdot b \cdot E_c}{n} d_c^2 + 2 \cdot A_t \cdot d_c - A_s \cdot H_s = 0, \text{ diperoleh } d_c$$

dari persamaan tersebut, maka tebal slab beton yang diperhitungkan sebesar

$$d' = 2 \cdot d_c$$

### C. Momen inersia penampang komposit

Momen inersia penampang komposit dapat dihitung sebagai berikut :

$$I_c = I_s + \frac{I_c}{n} + \frac{A_c \cdot d_c^2 \cdot b \cdot E_c}{n} + A_s \cdot d_s^2 \quad (3.2-8)$$

Dimana :

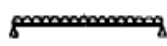

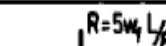


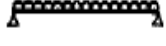
$$I_c = 1/12 bE_c \cdot d^3$$

$I_s$  = momen profil baja (dari tabel prof baja)

### 3.10.3 Analisa Tegangan Penampang Komposit

Tegangan aktual akibat pembebanan tertentu pada balok komposit tergantung pada cara pelaksanaan konstruksinya. Oleh karena itu, pada konstruksi komposit diusahakan sebesar mungkin beban dipikul oleh balok komposit, atau sekecil mungkin beban dipikul oleh balok bajanya saja. Untuk mencapai maksud hal tersebut, maka pertimbangan cara pelaksanaan (*construction method*) perlu diperhatikan.

Tabel 3.8 Tahapan Pembebanan Konstruksi Komposit

Scheme	Casting concrete slab	Prop Removal	Superimposed Load
<i>No propping</i> moments at span CL — steel section composite section	 $+ 0.125 w_p L^2$ —	— —	— $+ 0.125 w_s L^2$
<i>Centre prop</i> moments at span CL — steel section composite section	 $- 0.032 w_p L^2$ —	 — $+ 0.156 w_p L^2$	— $+ 0.125 w_s L^2$
<i>Two Lines Props</i> moments at span CL — steel section composite section	 $+ 0.0028 w_p L^2$ —	 $(R = 0.367 w_p L)$ $+ 0.122 w_p L^2$	— $+ 0.125 w_s L^2$
<i>Continuous Propping</i> moments at span CL — steel section composite section	— —	 — $+ 0.125 w_p L^2$	— $+ 0.125 w_s L^2$

Notation:

$w_s$  = load per unit length of superimposed dead formwork;

$w_p$  = load per unit length of concrete plus load and live load;

$L$  = span.

Sumber : T.J. Hogan. (1976). Composite Construction Guide. Australia : AISC

Besarnya tegangan dan deformasi yang terjadi pada gelagar komposit tergantung pada metode sistem konstruksi yang digunakan.

### A. Metode tanpa penopang sementara (*unshored*)

a. Akibat beban mati (dipikul oleh gelagar baja) :

$$\sigma_a = \frac{MD}{Wa} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \rightarrow \text{Teg. flens atas}$$

$$\sigma_b = \frac{MD}{Wb} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \rightarrow \text{Teg. flens bawah}$$

$$\Delta_{DL} = \frac{5}{384} \cdot \frac{WD.L^4}{E.I_s} \text{ (cm)}$$

b. Akibat beban hidup (dipikul oleh gelagar komposit)

$$\sigma_a = \frac{ML}{Wa.c.n} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \rightarrow \text{Teg. Tekan beton}$$

$$\sigma_b = \frac{ML}{Wb.c.n} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \rightarrow \text{Teg. flens bawah}$$

$$\Delta_{DL} = \frac{5}{384} \cdot \frac{WLL^4}{E.I_c} \text{ (cm) } \text{ atau,}$$

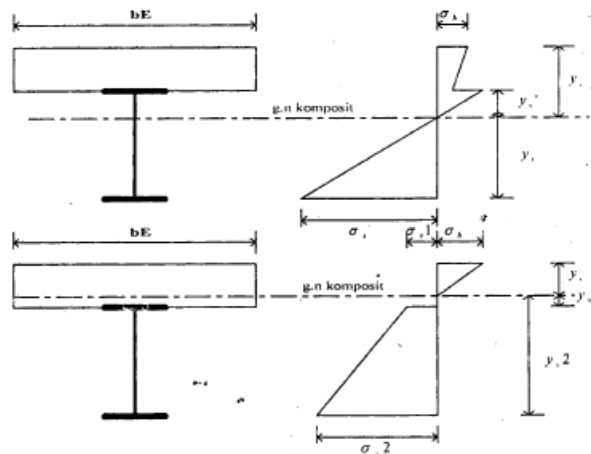
### B. Metode dengan penopang sementara (*shored*)

Beban mati dan beban hidup dipikul oleh gelagar komposit

$$\sigma_s = \frac{M_D + M_L}{W_s \cdot c.n} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \rightarrow \text{Teg. tekan beton}$$

$$\sigma_b = \frac{M_D + M_L}{W_b \cdot c.n} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \rightarrow \text{Teg. flens bawah}$$

$$\Delta_{TOT} = \frac{5}{384} \cdot \frac{(w_D + w_L) \cdot L^4}{E.I_c} \text{ (cm)}$$



Gambar 3. 9. Diagram Tegangan Lentur Gelagar Komposit Kondisi Elastis

Analisis tegangan dengan cara elastis, disyaratkan bahwa tegangan maksimum yang terjadi disetiap bagian penampang gelagar baja dan slab beton tidak boleh melebihi dari tegangan yang diizinkan. Nilai tegangan izin pada gelagar baja dan slab beton tergantung pada mutu baja dan mutu betonnya.

Untuk harga defleksi maksimum akibat beban hidup tidak melebihi harga defleksi yang diizinkan. Beberapa peraturan menetapkan harga defleksi maksimum sebagai berikut :

- ✓ PPBBI-1987 : L/360
- ✓ AISC (ASD) : L/360
- ✓ AASHTO : L/800

Tabel 3.9 Tegangan-Tegangan Beton yang Diizinkan

Tegangan-tegangan beton yang diijinkan untuk  $\phi = 1$

Mutu	Notasi	Tegangan yang diijinkan (kg/cm <sup>2</sup> )												
		Pada pembebanan tetap					Pada pembebanan sementara							
		B <sub>1</sub> 100	K 125 125	K 175 175	K 225 225	Umum $\sigma'_{bk}$	B <sub>1</sub> 100	K 125 125	K 175 175	K 225 225	Umum $\sigma'_{bk}$			
Kekuatan tekan beton karakteristik	$\sigma'_{bk}$													
Lentur tanpa dan/atau dengan gaya normal:	tekan	35	40	60	75	$0,33 \sigma'_{bk}$	55	70	100	125	$0,56 \sigma'_{bk}$			
	tarik	5	5,5	6,5	7	$0,48 \sqrt{\sigma'_{bk}}$	7	7,5	9	10	$0,63 \sqrt{\sigma'_{bk}}$			
Gaya aksial :	tekan	35	40	60	75	$0,33 \sigma'_{bk}$	55	70	100	125	$0,56 \sigma'_{bk}$			
	tarik	4	4	5	5,5	$0,36 \sqrt{\sigma'_{bk}}$	5	5,5	6,5	7,5	$0,51 \sqrt{\sigma'_{bk}}$			
Geser oleh lentur atau puntir:	tanpa tulangan geser	$\bar{f}_b$	4,5	5	5,5	6,5	$0,43 \sigma'_{bk}$	7	7,5	9	10	$0,68 \sigma'_{bk}$		
	dengan tulangan geser	$\bar{f}_{bm}$	11	12	14	16	$1,08 \sqrt{\sigma'_{bk}}$	17	19	22	25	$1,70 \sqrt{\sigma'_{bk}}$		
Geser oleh lentur dengan puntir:	tanpa tulangan geser	$\bar{f}_b$	5,5	6	7	8	$0,54 \sigma'_{bk}$	8,5	9,5	11	13	$0,85 \sigma'_{bk}$		
	dengan tulangan geser	$\bar{f}_{bm}$	14	15	18	20	$1,35 \sqrt{\sigma'_{bk}}$	21	24	28	32	$2,12 \sqrt{\sigma'_{bk}}$		
Geser pons pada penampang kritis :	tanpa tulangan geser	$\bar{f}_{bp}$	6,5	7,5	8,5	10	$0,65 \sqrt{\sigma'_{bk}}$	10	11	13	15	$1,02 \sqrt{\sigma'_{bk}}$		
	dengan tulangan geser	$\bar{f}_{bpm}$	13	15	17	20	$1,30 \sqrt{\sigma'_{bk}}$	20	22	26	30	$2,04 \sqrt{\sigma'_{bk}}$		

Untuk  $\phi \neq 1$  nilai-nilai tegangan yang diijinkan menurut tabel di atas harus dikalikan dengan  $\phi$  yang sesuai.

Sumber : Peraturan Beton Indonesia 1971

### 3.10.4 Penghubung Geser (*Shear Connector*)

Kekuatan balok komposit tergantung terhadap kekuatan perlawanan gaya geser yang mungkin terjadi diantara kedua sisi balok yang saling bersentuhan. Untuk mencapai hal tersebut diperlukan alat penyambung/penghubung sebagai pemersatu dalam menahan gaya geser.

Penghubung ini berfungsi memindahkan gaya geser dari beton ke baja, karena itu disebut juga penghubung geser (*shear connector*). Selain itu, *shearconnector* tersebut berfungsi pula untuk menahan agar tidak terjadi perpindahan vertikal (*vertical separation*) antara baja dan beton.

Pada umumnya, tahanan geser horisontal (*horizontal shear resistance*) merupakan kriteria yang menentukan dari suatu *shear connector*. Sedangkan gayageser horisontal pada penampang balok komposit sebanding atau sama dengangaya lintang yang terjadi pada penampang garis berat balok tersebut.



Dalam hal ini gaya geser horisontal (*horizontal shear*) akan maksimum di tumpuan dan minimum di tengah balok. *Shear connector* yang banyak digunakan adalah *flexible shear connector*. Jenis-jenisnya antara lain; baja kanal (*channel*) dan paku (*stud*). Sedangkan jenis *shear connector* yang sering atau banyak dipakai adalah *stud*, karena mudah dalam pemasangannya.

#### A. Kekuatan *Shear Connector*

Kekuatan dari sebuah *shear connector* (tahanan geser horisontal) dapat ditentukan dari tabel harga *ultimate capacity* (biasanya dari pabrikan). Jika data tersebut tidak tersedia, maka kekuatan *shear connector* dapat dihitung dengan persamaan :

##### 1. Baja-Kanal :

$$Q = 20 \cdot (t + \frac{s}{2}) \cdot L \cdot \sqrt{\sigma_c} \quad (3.2-17)$$

dimana :

Q = kekuatan *shear connector* (kg)

t = tebal rata-rata sayap (flange) baja-kanal (cm)

s = tebal badan (web) baja-kanal (cm)

L = panjang baja-kanal (cm)

$\sigma_c$  = tegangan tekan beton yang diijinkan (kg/cm<sup>2</sup>)

##### 2. Paku (Stud) :

$$Q = 10 \cdot H \cdot d \cdot \sqrt{\sigma_c} \quad \rightarrow \text{jika : } \frac{H}{d} < 5,5$$

$$Q = 55 \cdot d^2 \cdot \sqrt{\sigma_c} \quad \rightarrow \text{jika : } \frac{H}{d} \geq 5,5 \quad (3.2-18a) \text{ dan } (3.2-18b)$$

dimana :

Q = kekuatan *shear connector* (kg)

H = tinggi stud (cm)

d = diameter stud (cm)

$\sigma_c$  = tegangan tekan beton yang diijinkan (kg/cm<sup>2</sup>)

## B. Gaya Geser Horisontal (*Longitudinal Shear*)

Besarnya gaya geser horisontal (*longitudinal shear*) per satuan panjang pada penampang komposit dihitung dengan persamaan :

$$q = \frac{S_t}{I_t} \cdot D \quad (\text{kg/cm}) \quad (3.2-19)$$

dimana :

q = gaya geser longitudinal

S<sub>t</sub> = momen statis beton terhadap g.n komposit (cm<sup>3</sup>)  
= 1/n . A<sub>c</sub> . d<sub>c</sub>

I<sub>t</sub> = momen inersia balok komposit (cm<sup>4</sup>)

D = gaya lintang pada penampang tersebut (setelah komposit)

Untuk menentukan jarak dari *shear connector* (S) dapat dihitung dengan rumus :

$$s = \frac{Q}{q} \quad (\text{cm}) \quad (3.2-20)$$

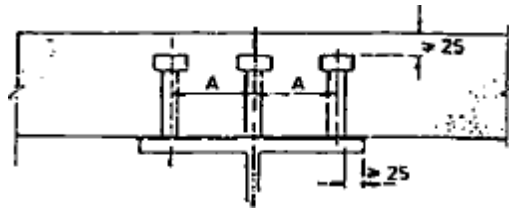
Untuk jumlah *shear connector* (*stud*) pada penampang melintang (dalam satu baris) dapat ditentukan sebagai berikut :

$$n = \frac{q \cdot S}{Q} \quad (3.2-21)$$

Jarak *shear connector* dapat diperbesar sampai harga maksimum yang diperkenankan. Penempatan jarak *shear connector* ini disesuaikan dengan diagram gaya lintang, yakni maksimum (di tepi bentang) dan minimum (di tengah bentang). Jarak *shear connector* (*stud*) yang dipersyaratkan adalah :

- ✓ jarak maksimum = 500 mm atau 3 kali tebal beton (3d)
- ✓ jarak minimum = 50 mm

Jarak stud yang dianjurkan dalam satu baris (A) adalah antara 40 mm -50 mm, sedangkan jarak stud dari tepi gelagar  $\geq 25$  mm.



Gambar 3.10 Jarak Penempatan Shear Connector

### 3.10.5 Bantalan Elastomer

Bantalan elastomer yang dibuat berdasarkan spesifikasi ini harus memiliki kemampuan yang cukup terhadap pemuaian dan kontraksi akibat temperatur, rotasi, perubahan kemiringan (*chamber changes*), serta rangkai dan susut yang terjadi pada elemen struktur.

#### A. Istilah dan definisi

##### 1). Bantalan berlapis (*laminasi*)

Bantalan elastomer yang terdiri dari karet dan menggunakan lapisan pelat baja atau lapisan anyaman (*fabric*).

##### 2). Bantalan elastomer

Suatu elemen jembatan yang terbuat dari karet alam atau karet sintetis (*neoprene*) yang berfungsi untuk meneruskan beban dari bangunan atas ke bangunan bawah.

##### 3). Bantalan polos

Bantalan elastomer yang hanya terdiri dari karet saja

##### 4). Duro

Kelompok nilai kekerasan karet yang diuji dengan alat durometer

##### 5). Kompon

Bahan mentah yang diperoleh dari campuran bahan baku karet ditambah bahan-bahanlainnya untuk meningkatkan kekuatan dan keawetan dari karet

##### 6). Lot

Kumpulan dari 100 buah bantalan karet atau kurang yang diproduksi dengan cara terus menerus dari campuran karet

yang sama, dirawat di bawah kondisi yang sama, dan semuanya terdiri dari ukuran dan tipe yang sama

### 7). Penuaan (*aging*)

Proses mempercepat kerusakan untuk mengetahui ketahanan bahan terhadap pengaruh lingkungan

### B. Bahan

- 1). Bahan-bahan campuran karet yang digunakan dalam pembuatan bantalan ini harus berupa *polycholoprene* asli (*neoprene*) tahan kristalisasi atau *polyisoprene* asli (karet alam) saja sebagai polimer mentah. Bantalan elastomer yang terbuat dari gabungan *polycholoprene* dan *polyisoprene* atau bahan lain, yang digabung dalam bentuk kompon, bentuk lapisan penyusun atau bentuk lainnya tidak diperkenankan. Seluruh bahan harus baru dan bukan daur ulang yang diambil dari bantalan yang telah jadi.
- 2). Karet yang telah jadi harus memenuhi persyaratan minimum pada Tabel 1. Sifat kompon karet yang tercantum pada Tabel 1 harus ditentukan berdasarkan pengambilan contoh dari bantalan yang akan digunakan.

Tabel 3.10 Sifat-sifat karet (Revisi SNI 03-3967-2002)

Pengujian		Standar ASTM	Karet alam			Karet sintesis ( <i>Neoprene</i> )			Satuan
			50 duro	60 duro	70 duro	50 duro	60 duro	70 duro	
Sifat fisik	Modulus geser minimum	D. 412	0,80	0,80	0,80	0,55	0,55	0,55	MPa
	Kekerasan shore "A"	D.2240	50 ± 5	60 ± 5	70 ± 5	50 ± 5	60 ± 5	70 ± 5	Point
	Kuat tarik minimum	D. 412	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	MPa
	Perpanjangan ultimit minimum		400	400	300	400	350	300	%
Ketahanan terhadap panas ( <i>heat resistance</i> )	Temperatur spesifik pengujian	D. 573	70	70	70	100	100	100	°C
	Lama pengusangan ( <i>aging</i> )		168	168	168	70	70	70	Jam
	Perubahan mak. kekerasan "shore A"		+ 10	+ 10	+ 10	+ 15	+ 15	+ 15	Point
	Perubahan maksimum pada kuat tarik		-25	-25	-25	-15	-15	-15	%
Perubahan akibat tekanan ( <i>compression set</i> )	Temperatur spesifik pengujian	D. 395	70	70	70	100	100	100	°C
	Perubahan mak. yang diizinkan setelah 22 jam	Metoda B	-25	-25	-25	-35	-35	-35	%
Kuat lekat ( <i>adhesion strength</i> )	Kuat lekat minimum yang diijinkan	D. 429 Metoda E	40	40	40	40	40	40	lb/in
Ketahanan ozon	Konsentrasi ozon	D.1149	25	25	25	100	100	100	MPa
	Lama pengujian		48	48	48	100	100	100	Jam
	Dengan regangan 20% pada temperatur ± 37,7°C prosedur penempatan D. 518, prosedur A		Tanpa retak	Tanpa retak	Tanpa retak	Tanpa retak	Tanpa retak	Tanpa retak	

- 3). Seluruh pengujian bahan harus dilakukan pada temperatur  $23 \pm 2$ °C, jika temperature lain tidak ditetapkan.
- 4). Untuk keperluan penentuan kesesuaian dengan spesifikasi ini, nilai yang diamati atau dihitung, harus dibulatkan ke 100 kPa terdekat untuk kuat tarik, ke 10% terdekat untuk perpanjangan.
- 5). Minimum satu buah bantalan contoh dari setiap lot, harus diuji terhadap kesesuaian dengan Tabel 1.
- 6). Lapisan baja yang digunakan untuk penguat harus dibuat dari baja lembut gulungan sesuai dengan ASTM A 36/A. A 36M, ASTM A 1011 M, atau yang setara, kecuali disyaratkan lain oleh pengguna jasa. Lapisan baja harus memiliki ketebalan yang ditetapkan oleh pengguna jasa atau, apabila tidak ditentukan, harus memiliki ketebalan nominal minimum 1,52 mm. Lubang atau celah pada pelat akibat proses pembuatan tidak diperbolehkan, kecuali dipertimbangkan dalam perancangannya.
- 7). Pelat beban bantalan yang berada di luar harus sesuai dengan persyaratan ASTM A36/A A 36M, ASTM A 1011M, atau yang setara, kecuali disyaratkan lain dalam dokumen kontrak. Selain dari yang telah tertulis, seluruh lapisan permukaan pelat beban pada bantalan harus diratakan dengan mesin sampai 0,25 mm. Permukaan bagian bawah (pelat pasangan) yang dirancang untuk dudukan pada perletakan tidak boleh melewati kerataan yang lebih dari 1,59 mm. Pelat beban bantalan yang berada di luar harus terlindung dari karat sampai seluruh permukaan yang terlihat dilapis cat di lapangan. Semua penyebab dan gejala karat harus dibuang dari permukaan bagian yang akan di las sebelum mulai di las.

- 8). Lapisan anyaman (*fabric*) - Lapisan anyaman harus dijalin dari 100% serat kaca (*fibre glass*) tipe E dengan anyaman menerus. Banyaknya alur minimum pada masing-masing arah adalah 10 alur per cm. Anyaman tersebut harus memiliki kerisut atau suatu jalinansatin 8 ikatan (*harness*). Setiap lapisan anyaman harus memiliki kuat putus minimum 140 kN/m lebar untuk setiap arah.

### C. Toleransi

Bantalan tipe polos dan bantalan tipe berlapis harus dibuat berdasarkan ukuran rancangan dan toleransi yang tercantum pada Tabel 2, kecuali toleransi lain tercantum pada gambar rancangan. Gunakan rumus berikut untuk menghitung batas toleransi kelurusan lapisan baja bila toleransi #3. ( $\pm 0,3$  mm) terlampaui:

$$7,50 + v/hr \leq 0,35 \text{ dengan syarat } \theta \leq 0,02$$

dengan pengertian:

hr adalah ketebalan lapisan karet pelapis yang disyaratkan;

$\theta$  adalah nilai mutlak perputaran sudut lapisan baja, dinyatakan dalam radian;

v adalah perpindahan tegak lurus, dinyatakan dalam mm.

$$v = [ hr - 0,5 (H1 + H2) ]$$

untuk lapisan dalam

$$\theta = [ (H1 - H2) / 2L ]$$

untuk lapisan atas dan bawah selama ketebalan lapisan karet minimum  $H2 \geq 5$  mm;

$$\theta = [ (H1 - H2) / L ]$$

dengan pengertian:

L adalah panjang bantalan;

H1 adalah ketebalan maksimum yang terukur pada tepi lapisan;

H2 adalah ketebalan minimum yang terukur pada tepi lapisan.

Bantalan yang memenuhi batas toleransi berdasarkan rumus tadi juga harus memenuhi uji regangan tekan atau uji tekan inklinasi.

Tabel 3.11 Toleransi dimensi bantalan

Uraian	Dimensi (mm)
Dimensi vertikal keseluruhan:	
Tebal 32 mm atau kurang	-0, +3
Tebal lebih dari 32 mm	-0, +6
Dimensi horizontal keseluruhan:	
Untuk pengukuran 914 mm atau kurang	-0, +6
Untuk pengukuran lebih dari 914 mm	-0, +12
Tebal lapisan karet seluruh bagian (bantalan berlapis)	+3
Variasi terhadap permukaan teoritis:	
Atas	Kemiringan relatif terhadap dasar tidak lebih dari 0,005 radian
Samping	-0, +6
Posisi elemen penyambung yang terekpos	+ 3
Penutup ujung elemen penyambung	- 0, +3
Ukuran lubang, celah dan sisipan	+ 3
Posisi lubang, celah dan sisipan	+ 3

#### D. Penandaan

Masing-masing bantalan elastomer harus ditandai dengan tinta yang tidak dapat dihapus atau dengan cat lentur. Penandaan harus terdiri dari nomor urut, nomor kelompok, nomor tanda bantalan, dan tingkat serta jenis kompon karet. Jika tidak disyaratkan lain dalam dokumen kontrak, penandaan harus pada bagian muka yang terlihat setelah perakitan jembatan.

### 3.11 Spesifikasi bahan

#### 3.11.1 Batu

- 1) Batu yang dipilih harus bersih, keras tanpa lapisan yang lemah atau retak, dan harus memiliki satu daya tahan.
- 2) Batu-batu tersebut berbentuk rata, bentuk bajiatapun oval dan harus dapat dilapisi seperlunya untuk menjamin saling mengunci yang rapat bila dipasang bersama-sama dan memberikan satu profil permukaan di dalam batas-batas ukuran yang ditetapkan.

#### 3.11.2 Adonan

Adonan yang digunakan untuk pasangan batu harus campuran perbandingan satu bagian semen dua bagian agregat halus dengan

kualitas campuran sebagaimana ditetapkan pada adonan semen. Bahan-bahan berbutir yang disediakan untuk membentuk drainase porus dalam selimut filter, lapisan dasar dan lain-lain harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan pada spesifikasi.

### **3.11.3 Beton**

Beton yang diperlukan sebagai pondasi atau lantai penutu[ sampai struktur pasangan batu harus disediakan yang sesuai dengan spesifikasi.

#### **A. Pekerjaan beton**

- 1) Beton terdiri dari suatu campuran yang sebanding (proposional) antara semen, air, dan agregat bergradasi. Campuran beton akan mengendap dan mengeras menurut bentuk yang diminta/diisyaratkan dan membentuk satu bahan yang padat, keras dan tahan lama(awet), yang memiliki karakteristik tertentu.
- 2) Agregat meliputi baik yang bergradasi kasar, tetapi jumlah agregat halus akan mempertahankan sampai jumlah minimum yang diperlukan, yang apabila dicampur dengan semen akan cukup untuk mengisi rongga-rongga antara agregat kasar serta memberikan suatu permukaan akhir yang halus.
- 3) Untuk mencapai beton yang kuat dengan keawetan yang optimum, volume air yang dimasukkan kedalam campuran harus dipertahankan sampai jumlah minimum yang diperlukan untuk memudahkan pengerjaan Selma pencampuran.
- 4) Bahan tambahan kepada campuran beton seperti memasukkan udara (air entraining ) atau bahan kimia untuk memperlambat atau mempercepat waktu pengerasan, tidak diperbolehkan kecuali diminta demikian di dalam persyaratan kontrak khusus.



## B. Peraturan (code) beton

Persyaratan Peraturan Beton bertulang Indonesia PBI tahun 1971 dan RSNI T-12-2004 atau perbaikan yang terakhir harus sepenuhnya diterapkan kepada semua pekerjaan beton, kecuali dinyatakan secara lain atau mengacu kepada pemeriksaan AASHTO dan spesifikasi khusus yang tidak disebut dalam PBI 1971.

## C. Kelas-Kelas Beton

Klasifikasi dan rujukan mutu beton seperti yang diberikan pada table berikut :

Kelas	Rujukan Mutu	Jenis	Uraian
I	BO	Non Struktural	Untuk alat pondasi dan peralatan pondasi
II	K 125	Struktural	UNTuk pondasi dasar tanpa tulangan, penutup pipa-pipa.
	K 175	Struktural	Beton dengan penulangan ringan digunakan untuk pondasi pelat, dinding kaison, kreb, dan jalan setapak.
	K 225	Struktural	Untuk pondasi beton bertulang termasuk gelagar-gelagar, kolom, plat lantai, dinding penahan, gorong-gorong pipa dan persegi.
		Struktural	Beton bertulang mutu tinggi untuk lantai

III	K 275 – K 350		jembatan dan bagi-bagian konstruksi utama lainnya.
	K 400	Struktural	Untuk bagian konstruksi beton pratekan dan tiang-tiang beton pracetak.
Catatan : Khusus K225 digunakan untuk beton dalam air berbeda.			

Tabel 3.12 Klasifikasi Beton

#### D. Toleransi

- 1) Toleransi dimensi
  - ✓ Struktural dengan panjang keseluruhan s/d 6 m + 5 mm
  - ✓ Struktural dengan panjang lebih dari 6 meter + 15 mm
  - ✓ Panjang balok, slab lantai, kolom dan dinding + 0 mm
  - ✓ Antara kepala jembatan (abutment) + 10 mm
- 2) Toleransi posisi (dari titik acuan) + 10 mm
- 3) Alinyemen vertical untuk kolom dan dinding + 10 mm
- 4) Toleransi ketinggian permukaan + 10 mm
- 5) Toleransi untuk selimut beton di atas baja tulangan + 10 mm
  - ✓ Sampai 5 cm atau lebih 0 dan ± 5 mm
  - ✓ Selimut dari 5 cm – 10 cm ± 10 mm

### 3.12 Perencanaan campuran beton

#### 3.12.1 Persyaratan perencanaan campuran beton (berdasarkan berat)

Untuk semua pekerjaan beton konstruksi dan pekerjaan beton utama, perbandingan bahan untuk perencanaan campuran harus ditentukan dengan menggunakan cara yang ditetapkan dalam PBI terakhir, dan harus sesuai dengan batasan yang diberikan pada table gradasi dan ukuran maksimum agregat harus sesuai dengan pilihan agregat kasar. Tabel 3.13 Perbandingan (proporsi) Desain campuran Beton (Berdasarkan Berat)

Kelas Beton	Berat Semen Total Kg/m <sup>3</sup>	Ukuran Agregat Maks. Yang Disarankan (mm)		Perbandingan Air / Semen Optimum	
		Kelas A	Kelas B	Perbandingan (Rasio)	Dgn Berat Kg/m <sup>2</sup>
K 400	> 425	25,0	19,0	0,35	150
K 350	425	25,0	19,0	0,42	180
K 275	400	25,0	19,0	0,42	170
K225	350	37,5	25,0	0,46	160
K175	300	37,5	25,0	0,50	150
K 125	250	50,0	25,0	0,52	130
B I/0	225	50,0	37,5	0,60	135
K 225 (di dalam air)	400	37,5	25,0 or 19,0	0,53	210
Catatan : Berat semen total yang diperlukan untuk K 400 harus ditentukan oleh persyaratan kekuatan yang ditetapkan					

### 3.13 Baja Tulangan Untuk Beton

#### 3.13.1 Baja tulangan

Setiap baja jenis tulangan yang dihasilkan oleh pabrik-pabrik baja yang terkenal dapat dipakai. Biasanya setiap pabrik baja mempunyai standar mutu dan jenis baja, sesuai dengan yang berlaku di Negara yang bersangkutan.

Umumnya tulangan yang digunakan pada konstruksi beton bertulang adalah besi yang berbentuk bulat dengan :

- ✓ modulus elastisitas                     $2,1 \times 10^6$  kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ modulus geser                            :  $8,1 \times 10^5$  kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ koefisien muai                            : 0,000012
- ✓ berat jenis                                 : 7,85 kb/cm<sup>3</sup>

**A. Tulangan yang terdapat dipasaran Indonesia dapat dibagi dalam mutu-mutu yang tercantum pada tabel berikut :**

Tabel 3.14 Tegangan leleh baja

Mutu	Sebutan	Tegangan leleh karakteristik ( $\sigma_{ax}$ ) atau tegangan karakteristik yang memberikan regangan tetap $0,2@(\sigma_{02})(\text{kg/cm}^2)$
U – 22	Baja Lunak	2200
U – 24	Baja Lunak	2400
U – 32	Baja Sedang	3200
U – 39	Baja Keras	3900
U – 48	Baja Keras	4800

Sumber : Peraturan Beton Indonesia 1971, hal 29

Pekerjaan ini terdiri dari pengadaan, pemotongan, pembengkokan, dan penempatan batang baja tulangan serta penjelasan anyaman untuk penulangan beton, sesuai dengan spesifikasi dan gambar atau yang diperintahkan Direksi Teknik.

- 1) Batang baja penulangan polos atau batang ulir sesuai dengan persyaratan PBI 1971 (NI-2). Kecuali dinyatakan lain mutu baja digunakan untuk beton bertulang biasa harus mutu 24 dengan tegangan leleh  $2400 \text{ kg/cm}^2$
- 2) Baja tulangan harus didapat dari pabrik pembuat yang disetujui dan harus disertakan dengan sertifikat pengujian yang menegaskan mutu.
- 3) Baja tulangan harus disediakan bersih dan bebas dari debu, lumpur, minyak, gemuk atau karat.

### 3.14 Persyaratan Teknis Material Jembatan Bangunan Atas

Tabel 3.15 Perhitungan Tegangan berdasarkan keadaan plastis

Macam Baja	Tegangan Leleh		Tegangan Dasar			Macam Baja	Tegangan Leleh		Tegangan Dasar	
	$\sigma$		$\sigma$				$\sigma$		$\sigma$	
	Kg/cm <sup>2</sup>	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	MPa		Kg/cm <sup>2</sup>	MPa	Kg/cm <sup>2</sup>	MPa
Bj 33	2000	200	1333	133,3	Bj 44	2800	280	1867	186,7	
Bj 34	2100	210	1400	140	Bj 50	2900	290	1933	193,3	
Bj 37	2400	240	1600	160	Bj 52	3600	360	2400	240	
Bj 41	2500	250	1666	166,6						

Sumber : (SNI 03-1729-1989) TATA CARA PERENCANAAN BANGUNAN BAJA UNTUK GEDUNG

#### A. Profil baja gelagar induk / Utama

Profil baja gelagar induk yang digunakan adalah IWF merupakan baja /konstruksi yang memenuhi AASHTO M-183. Dimensi profil sesuai dengan gambar. Mutu profil baja adalah BJ 37. Tegangan yang diizinkan  $\sigma_{BJ} = 1600 \text{ kg/cm}^2$

#### B. Profil baja Diafragma

Dimensi profil diafragma adalah profil baja IWF sesuai dengan gambar, dimana mutu profil baja  $\sigma_{BJ} = 1600 \text{ kg/cm}^2$

#### C. Baja tulangan

Baja tulangan yang digunakan dengan mutu baja tulangan minimum BJ 24. Tegangan yang diizinkan minimum  $\sigma_{BJ} = 1400 \text{ kg/cm}^2$

#### D. Plat sandaran

Mutu baja yang digunakan BJ 37. Tebal plat baja sandaran 25 mm dengan bentuk/dimensi seperti tercantum pada gambar. Plat sandaran ini harus telah digalvanis di pabrik.

#### E. Pipa sandaran dan Pipa air hujan

Mutu baja yang digunakan BJ 37 diameter pipa sandaran adalah  $\phi 3''$  dan diameter pipa air hujan adalah  $\phi 4''$ . Bagian luar pipa sandaran harus

sudah digalvanis beserta tutup ujungnya, sedangkan pipa air hujan harus digalvanis bagian luar dan dalam.

### **3.15 Persyaratan Teknis Beton plat lantai Kendaraan**

Mutu beton yang digunakan untuk plat lantai kendaraan minimum K 225. Tegangan tekan yang diizinkan minimum  $\sigma_b = 7 \text{ kg/cm}^2$ . Bahan-bahan seperti semen, agregat halus, agregat kasar, air dan bahan pembantu harus sesuai dengan NI-2 (PBI bagian 2, Bab 3).

### **3.16 Persyaratan teknis alat penyambung**

#### **3.16.1 Alat penyambung plat baja**

Digunakan untuk plat penyambung dan cover plate.

- 1) Plat penyambung
  - ✓ Mutu baja yang digunakan BJ 37.
  - ✓ Tebal dan ukuran plat beragam sesuai dengan ukuran pada gambar.
  - ✓ Pelubangan / pengeboran dengan mata bor 20 mm harus benar-benar tegak lurus bidang pada posisi yang akurat sesuai gambar.
- 2) Cover Plate
  - ✓ Mutu baja yang digunakan BJ 37
  - ✓ Tebal plat baja sesuai dengan ukuran pada gambar.
  - ✓ Cover plate dipasang dengan cara dilas dengan jenis las AWS A.5 17AO-EH au A.5 17F7A4-EH14 bila pengelasan dilaksanakan dipabrik dan jenis las AWS A.5 IE7016 bila pengelasan dilaksanakan di lapangan.

#### **3.16.2 Alat penyambung baut**

- 1) Seluruh baut yang digunakan untuk sambungan konstruksi baja adalah baut. Tegangan (kekuatan) tinggi dan direncanakan dengan kekuatan geser menurut "*Specification for Structural Joint Using ASTM A325*".
- 2) Baut yang digunakan adalah jenis A325 Type 1.

- 3) Diameter yang digunakan  $\frac{3}{4}$  “ dengan diameter lubang 19.05 mm. Toleransi besarnya diameter lubang baut maksimum = 1 mm lebih besar dari diameter baut.
- 4) Tegangan tarik baja yang diizinkan untuk jenis baut A325 =  $\sigma_s$  = 2100 kg/cm<sup>2</sup>.
- 5) Kekuatan lelehnya diukur pada tegangan tetap 2% adalah 6350 kg/cm<sup>2</sup>
- 6) Baut, mur, ring, disuplai dalam keadaan telah digalvanis dan harus disimpan di lokasi yang tertutup dan tidak langsung di atas permukaan.
- 7) Pengencangan baut harus menggunakan kunci khusus yang di lengkapi alat *Torque Momen*, dimana *Torque Momen* yang dicapai 37,57 kgm.
- 8) Pengencangan akhir baut tidak boleh dilakukan sebelum sambungan terpasang dengan baik dan sesuai yang ditentukan.

### 3.16.3 Alat penyambung las

Penjelasan untuk *Cover Plate* yang dilakukan di pabrik harus menggunakan jenis pengelasan *Gas Metal Welding* dengan bahan las AWS A<sub>18</sub> ER70S-G dan sejenis atau *Shield Metal ARC Welding* dengan bahan *Stickweld AWS A5.1 Metal ARC Welding* sebagaimana telah dijelaskan di atas.

### 3.17 Persyaratan Teknis *Shear Connector*

- 1) Jenis Shear Connector : *Stud*
- 2) Diameter stud yang digunakan  $\varnothing 12$  mm dan tinggi *stud* 17,50 cm.
- 3) Mutu baja untuk bahan *Stud Medium Carbon Steel* dengan B 1173 atau sederajat.
- 4) *Stud* dipasang dengan cara dilas.
- 5) Pengelasan yang digunakan adalah sistem *Stud Welding Gun* dengan IIS-223,6 dengan spesifikasi : diameter Stud = 12 mm dan arus listrik = DC 200 A.
- 6) Standar kondisi pengelasan untuk diameter stud  $\varnothing 12$  mm.

- ✓ Arus listrik : 1500-1750 A
- ✓ Tegangan listrik : 2000 volt
- ✓ Lamanya pengelasan : 1,2 - 1,4 detik
- ✓ Tebal pengelasan : 3,5 mm

### **3.18 Persyaratan Teknis Perletakan**

Perencanaan teknis harus memenuhi syarat AASHTO, *Interim Specification Bridge-1990, Section 25*.

- ✓ Jenis perletakan : *Elastomerie Bearings*
- ✓ Balian : Plat baja yang dieliminasi diletakkan dalam mold kemudian dicor dengan karet sehingga bersatu dalam kondisi dipanaskan dan diberi tekanan.