

STRUKTUR BAJA II

MODUL 6

S e s i 5

Struktur Jembatan Komposit

Materi Pembelajaran :

10. Penghubung Geser (*Shear Connector*).
Contoh Soal.

Tujuan Pembelajaran :

- Mahasiswa mengetahui, memahami dan dapat melakukan perencanaan penghubung geser pada gelagar komposit pada daerah momen positif pada keadaan ultimit.

DAFTAR PUSTAKA

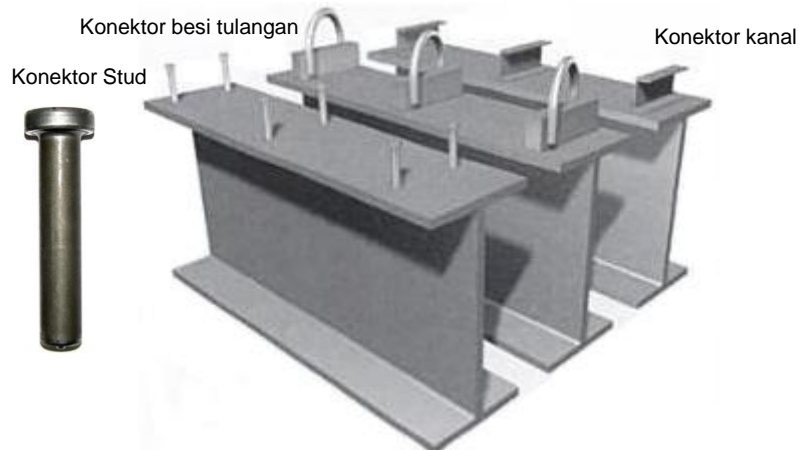
- Agus Setiawan, "Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)", Penerbit AIRLANGGA, Jakarta, 2008.
- Brosur Shear Connector "ANTEC", www.anteccom.au
- Charles G. Salmon, Jhon E. Johnson, "STRUKTUR BAJA, Design dan Perilaku", Jilid 2, Penerbit AIRLANGGA, Jakarta, 1996, atau,
- Charles G. Salmon, Jhon E. Johnson, *Steel Structures Design and Behavior*, 5th Edition, Pearson Education Inc., 2009.
- "Design of Composite Steel Beams for Bridges", J. A. Yura, E.R. Methvin, and M. D. Engelhardt, Report No. FHWA/TX-08/0-4811-1, Report Date January 2008, Center for Transportation Research The University of Texas at Austin 3208 Red River, Suite 200 Austin, TX 78705-2650.
- RSNI T-03-2005, *Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan*.
- SNI 03-1729-2002, *Perencanaan Struktur Baja Untuk Gedung*.
- STEEL – CONCRETE, Composite Bridge, David Collings, Published by Thomas Telford Publishing, Thomas Telford Ltd., 2005.
- Tabel Baja PT. GUNUNG GARUDA.

STRUKTUR JEMBATAN BAJA KOMPOSIT

10. Penghubung Geser (*shear connector*).

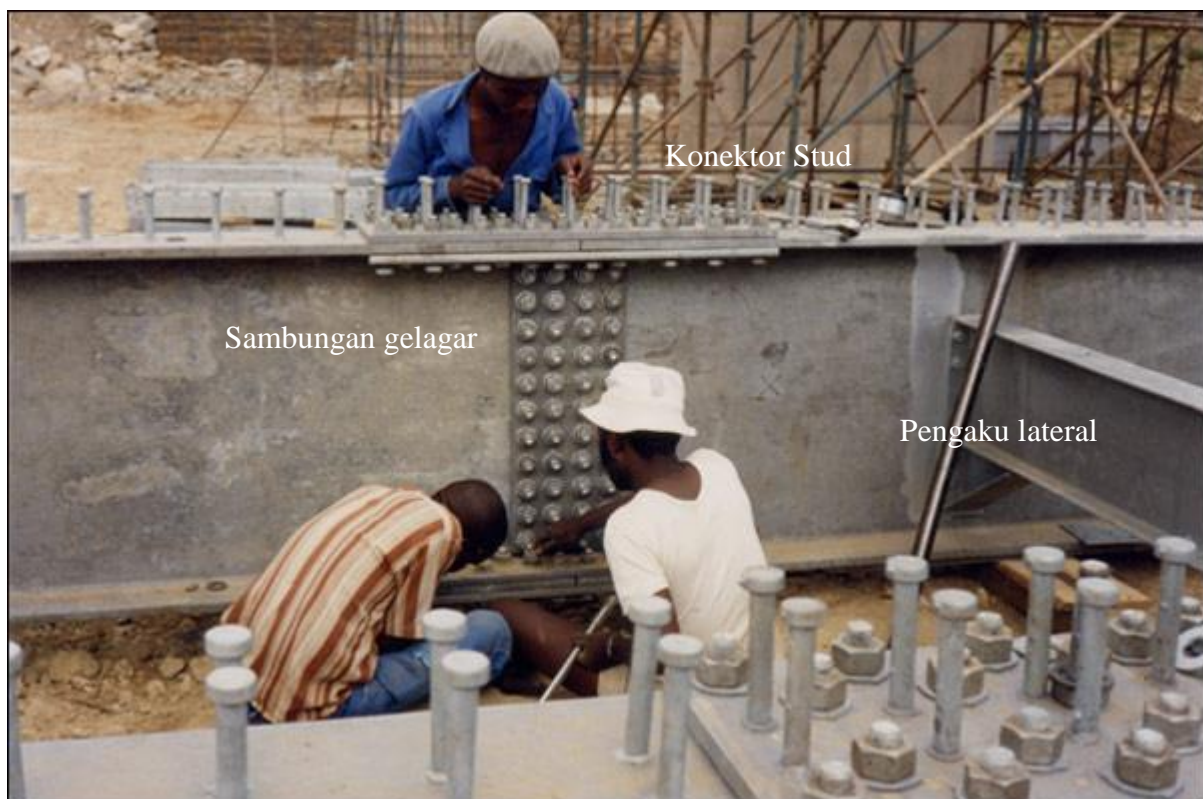
1). Jenis-jenis penghubung geser.

Jenis-jenis penghubung geser seperti pada gambar berikut, terdiri dari jenis paku atau konektor stud, konektor kanal dari profil kanal yang dilas pada sayap gelagar dan konektor besi tulangan.



Gambar 10.1 : Bentuk-bentuk penghubung geser.

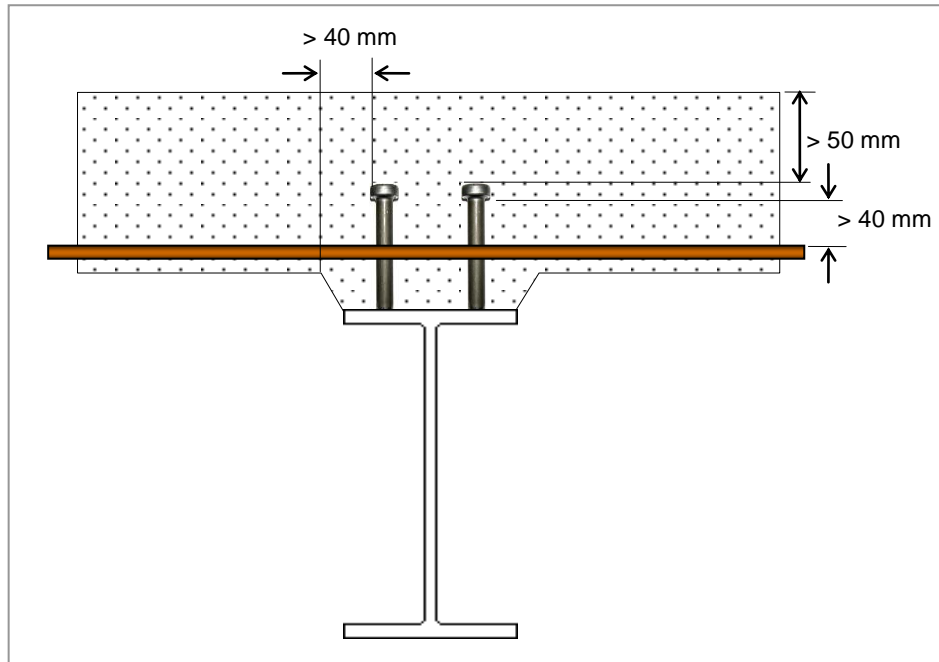
Sumber : STEEL – CONCRETE, Composite Bridge, David Collings, Published by Thomas Telford Publishing, Thomas Telford Ltd., 2005.



Gambar 10.2 : Gelagar jembatan dengan konektor stud, sambungan dan pengaku lateral.

2). Detail Hubungan Geser (RSNI T-03-2005).

a. Permukaan hubungan yang menahan gaya pemisah (yaitu tepi bawah kepala paku penghubung atau sayap atas dari kanal) harus diteruskan tidak kurang dari 40 mm bersih di atas tulangan melintang bawah, dan tidak kurang dari 40 mm ke dalam daerah tekan sayap dalam daerah momen positif memanjang. Sebagai alternatif, apabila digunakan peninggian beton antara gelagar baja dan dasar lantai, permukaan dari hubungan yang menahan gaya pemisah dapat ditempatkan tidak kurang dari 40 mm di atas tulangan dalam peninggian.



Gambar 10.3 : Letak penghubung geser.

b. Tebal bebas selimut beton di atas tepi atas penghubung geser tidak boleh kurang dari 50 mm. Selimut beton bebas horisontal pada tiap penghubung geser juga tidak boleh kurang dari 60 mm.

c. Jarak memanjang antara penghubung tidak boleh lebih besar dari setiap nilai berikut ini :

- c.1. 600 mm; atau
- c.2. dua kali tebal lantai, atau
- c.3. empat kali tinggi penghubung.

d. Diameter paku penghubung yang dilas pada pelat sayap tidak boleh melebihi :

- d.1. 1,5 kali tebal pelat sayap bila pelat sayap memikul tegangan tarik, atau
- d.2. 2,0 kali tebal pelat sayap bila tidak terdapat tegangan tarik.

e. Persyaratan mengenai jarak antara penghubung geser diatur dalam SNI 03-1729-2002 pasal 12.6.6 antara lain :

- 1. Selimut lateral minimum = 25 mm, kecuali ada dek baja.
- 2. Diameter maksimum = 2,5 x tebal flens profil baja.
- 3. Jarak longitudinal minimum = 6 x diameter penghubung geser.
- 4. Jarak longitudinal maksimum = 8 x tebal pelat beton.
- 5. Jarak minimum dalam arah tegak lurus sumbu longitudinal = 4 x diameter.
- 6. Jika digunakan dek baja gelombang, jarak minimum penghubung geser dapat diperkecil menjadi = 4 x diameter.



Gambar 10.4 : Susunan penghubung geser.

Menurut laporan teknis, "*Design of Composite Steel Beams for Bridges*", J. A. Yura, E.R. Methvin, and M. D. Engelhardt, Report No. FHWA/TX-08/0-4811-1, Report Date January 2008, Center for Transportation Research The University of Texas at Austin 3208 Red River, Suite 200 Austin, TX 78705-2650, bahwa jarak maksimum dan minimum konektor stud, sebagai berikut :

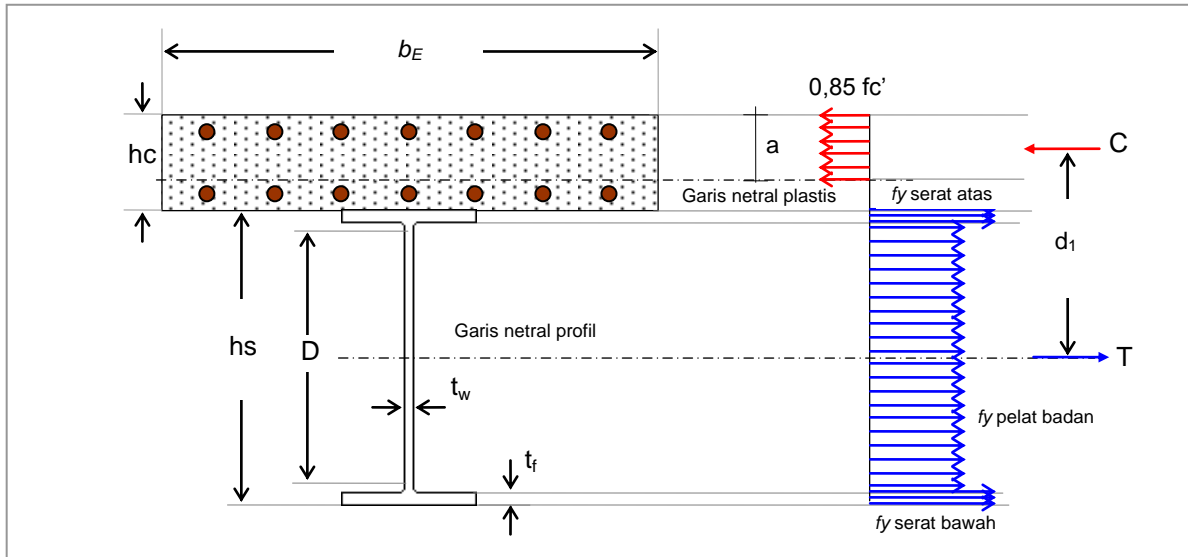
1. Dalam AASHTO (1998), jarak maksimum yang diijinkan dari pusat-kepusat konektor stud (konektor geser) dalam arah longitudinal adalah 24 inchi. Persyaratan jarak minimum dalam arah longitudinal $\geq 6d$, dimana d adalah diameter konektor. Jarak minimum pada arah melintang, atau tegak lurus terhadap sumbu memanjang (longitudinal) $\geq 4d$.
2. Berdasarkan "*The AISC steel building specification* (AISC 2005)", jarak maksimum konektor stud pada arah longitudinal adalah 36 inchi, Jarak minimum pada arah tegak lurus sumbu longitudinal (melintang) sama dengan standard AASHTO 1998, yaitu $\geq 4d$.
3. Dalam EUROCODE 4, jarak minimum pada arah longitudinal adalah $5d$, dan pada arah melintang $2,5d$. Jarak maksimum pada arah longitudinal adalah $6 \times$ tebal lantai beton tetapi tidak boleh lebih besar dari 32 inchi.

3). Perencanaan Penghubung Geser.

Perencanaan penghubung dapat dilakukan seperti berikut :

a. Berdasarkan Kekuatan lentur nominal balok komposit keadaan ultimit.

Gaya geser horisontal (C,T) terjadi antara gelagar dan pelat lantai beton oleh karena adanya momen lentur, seperti terlihat dalam gambar berikut. Agar supaya tidak terjadi gelincir, dengan kata lain agar struktur menjadi komposit, gaya geser ini harus ditahan dengan penghubung geser, dari tengah-tengah bentang (momen maksimum) sampai titik dimana momen sama dengan nol, $L/2$. Kekuatan lentur nominal yang diperhitungkan adalah gaya yang terkecil diantara C atau T dikali dengan lengan gaya (d_1). Oleh karena itu gaya geser yang dipikul penghubung geser adalah gaya yang terkecil diantara kedua gaya tersebut.



Gambar 10.5 : Gaya geser antara pelat lantai beton dengan gelagar.

Besar gaya geser nominal yang bekerja pada penampang balok komposit dalam keadaan ultimit, adalah,

$$C = 0,85 f_c' \cdot b_E \cdot a \quad \dots 10.1$$

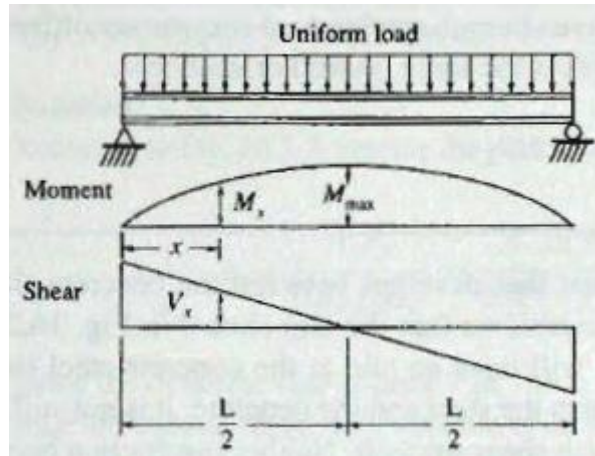
bekerja pada lantai beton, sedang pada gelagar baja, gaya maksimum adalah,

$$T = A_s \cdot f_y \quad \dots 10.2$$

Bila kekuatan nominal setiap penghubung geser adalah, Q_n , maka jumlah penghubung geser yang diperlukan diantara titik momen maksimum sampai dengan titik dimana momen sama dengan nol adalah,

$$n = \frac{C}{Q_n} \text{ atau } n = \frac{T}{Q_n} \quad \dots 10.3$$

diambil yang terkecil. Jumlah penghubung geser ini disebarakan secara merata dari tengah bentang dimana momen maksimum terjadi, sampai ke titik dimana momen sama dengan nol. Penempatan penghubung geser secara seragam akan menjadi prosedur yang sederhana, karena jumlah penghubung geser lebih mempengaruhi kekuatan dari pada jaraknya. ^(Charles G. Salmon, page 821)



Gambar 10.6 : Bidang momen lentur dan gaya lintang.

b). Berdasarkan beban yang bekerja.

RSNI T-03-2005, *Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan*, menetapkan geser memanjang per satuan panjang gelagar komposit V_L^* harus ditentukan dengan cara sebagai berikut,

b1. Perencanaan dalam keadaan batas (ultimit).

$$V_L^* = \frac{V^* \cdot A_c \cdot Y_c}{I_{comp}} \quad \dots 10.4$$

Dimana,

V_L^* = gaya geser longitudinal rencana persatuan panjang pada salah satu keadaan batas ultimit atau keadaan batas kelayakan, dinyatakan dalam Newton, (N).

V^* = gaya geser rencana (gaya lintang) untuk keadaan batas sesuai akibat lentur pada potongan yang ditinjau, dinyatakan dalam Newton, (N).

b2. Perencanaan dalam keadaan tegangan kerja.

$$V_L = \frac{V \cdot A_c \cdot Y_c}{I_{comp}} \quad \dots 10.5$$

Dimana,

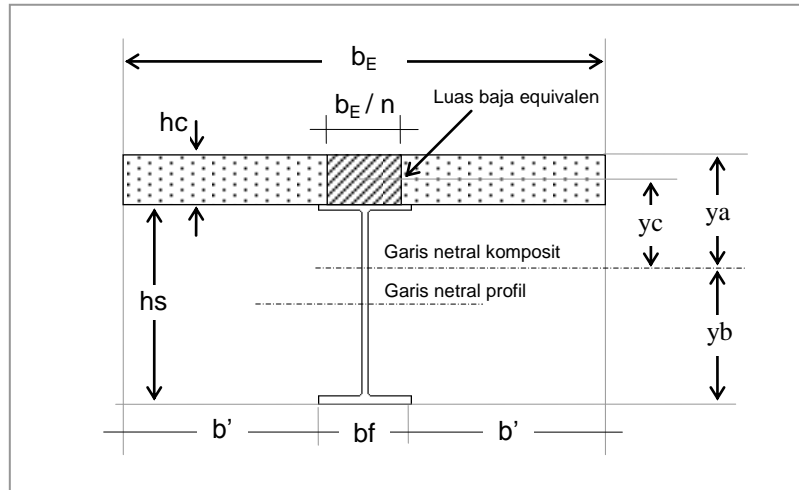
V_L = gaya geser longitudinal rencana persatuan panjang pada rencana beban tegangan kerja, dinyatakan dalam Newton, (N).

V = gaya geser rencana (vertikal/gaya lintang) pada beban tegangan kerja pada potongan yang ditinjau, dinyatakan dalam Newton, (N).

A_c = Luas transformasi dari lantai beton (penampang baja ekuivalen), diperhitungkan untuk lebar efektif, dinyatakan dalam milimeter persegi, (mm^2).

Y_c = jarak garis netral penampang komposit terhadap titik berat luas A_c , dinyatakan dalam milimeter, (mm).

I_{comp} = momen inertia dari luas penampang komposit, menganggap beton tanpa retak dan memperhitungkan lebar efektif lantai, (mm^4).



Gambar 10.7 :Penampang komposit.

4). Kekuatan Nominal Penghubung Geser.

SNI 03-1729-2002 dan AISC 2010 menetapkan, kekuatan nominal penghubung geser jenis *konektor stud* dengan panjang 4x diameter ($L_c > 4D$) yang ditanam dalam beton masif,

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{S\text{Con}} \cdot \sqrt{f_c' \cdot E_c} \leq A_{S\text{Con}} \cdot f_u \quad \dots 10.6$$

Dimana,

- $A_{S\text{Con}}$ = luas penampang penghubung geser jenis paku (konektor stud), (mm^2).
- f_c' = kuat tekan beton, (MPa).
- E_c = modulus elastis beton, (MPa).
- f_u = tegangan putus penghubung geser jenis paku, (MPa)
- Q_n = kuat nominal geser untuk penghubung geser, (N)

Kuat nominal satu penghubung geser *kanal* yang ditanam di dalam pelat beton masif,

$$Q_n = 0,3 \cdot (t_f + 0,5t_w) \cdot L_c \cdot \sqrt{f_c' \cdot E_c} \quad \dots 10.7$$

Dimana,

- L_c = panjang penghubung geser kanal, (mm).
- t_f = tebal pelat sayap, (mm).
- t_w = tebal pelat badan, (mm).

Gaya geser memanjang rencana per satuan panjang (RSNI T-03-2005) , V_L^* , harus memenuhi:

$$V_L^* \leq \phi V_{Ls} \quad \dots 10.8$$

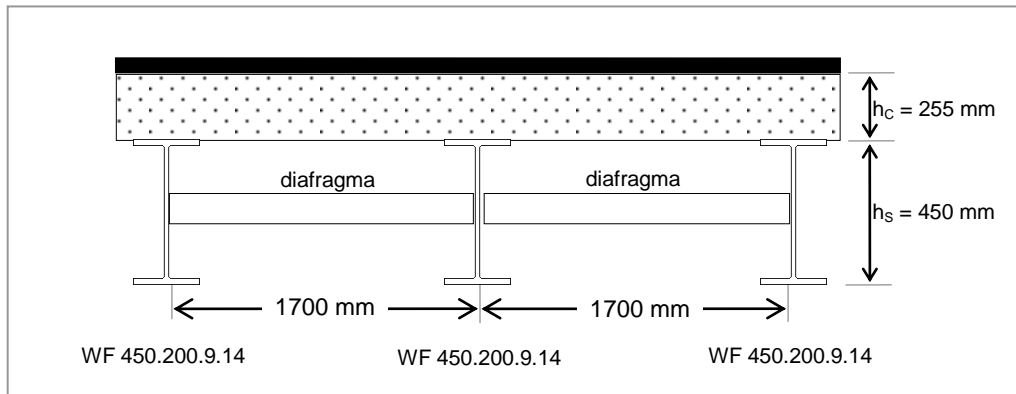
$$V_{Ls} = 0,55 n Q_n \quad \dots 10.9$$

Dimana,

- ϕ = Faktor reduksi kekuatan = 0,85 (SNI 03-1729-2002, AISC 2010).
= 0,75 (RSNI T-03-2005)
- n = jumlah penghubung geser.

Contoh Soal.

Diketahui gelagar memanjang dari jembatan struktur rangka dengan ukuran-ukuran tertera seperti berikut. Memikul beban mati dan beban hidup, momen lentur, $M_u = 503,65002$ kN.m dan gaya lintang $D_u = 276,475$ kN. Rencanakanlah penghubung geser berdasarkan beban yang bekerja dan keadaan ultimit. Periksa Kekuatan lentur ultimit.



Gambar 10.8 : Penampang melintang jembatan.

Penyelesaian :

A). DATA – DATA

1. DATA GEOMETRIS JEMBATAN

Tebal slab lantai jembatan,	h_c	=	25,5 cm
Jarak antara gelagar baja,	S	=	170,0 cm
Panjang medan jembatan	L_0	=	500,0 cm.

2. DATA MATERIAL

a. BETON

Kuat tekan beton,	f_c'	=	30 MPa.
Modulus Elastis $E_c = 4700 \sqrt{f_c'}$		=	26000 MPa.
Baja tulangan BJTD 40	f_y	=	400 MPa.

b. BAJA

Gelagar memanjang ,	f_y	=	345 Mpa.
Modulus Elastisitas,	E	=	200000 MPa.
Profil WF 450.200.9.14			
$I_x = I_o = 33500 \text{ cm}^4$			
h_s	=	450 mm.	
b	=	200 mm.	
t_w	=	9 mm.	
t_f	=	14 mm.	
A_s	=	96,76 cm^2 .	

c. PENGHUBUNG GESER.

Ukuran diameter lihat tabel ANTEC

F_y	=	345 Mpa.
F_u	=	410 Mpa.

B). Perencanaan Penghubung Geser Berdasarkan Beban Kerja.

Panjang gelagar memanjang, $L = 5,00$ meter.

1. Lebar efektif,

Lebar efektif (RSNI T-03-2005),

$$b_E = L/5 = 5 \text{ m}/5 = 1,00 \text{ m} = 1000 \text{ mm} \text{ (menentukan)}$$

$$b_E = b_o = 1,70 \text{ m.}$$

$$b_E = 12 h_c = 12 \cdot (0,255 \text{ m}) = 3,06 \text{ m.}$$

2. Modulus ratio,

$$n = E_s / E_c = (200.000 \text{ MPa}) / (26.000 \text{ MPa}) = 7,7$$

3. Lebar equivalen baja,

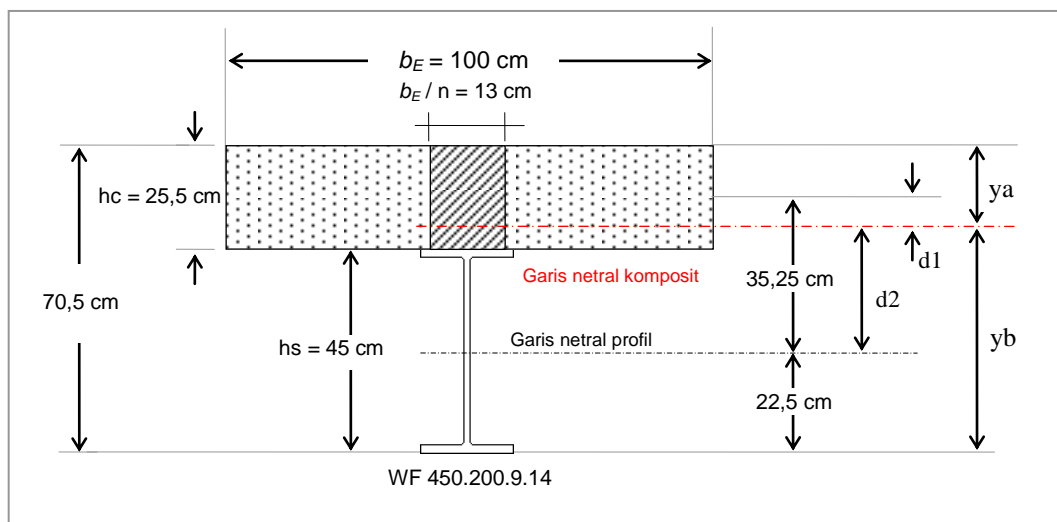
$$b_E / n = 1,00 \text{ m} / 7,7 = 0,12987 \text{ m} = 13 \text{ cm.}$$

4. Letak garis netral komposit.

$$\text{Luas penampang baja equivalen, } A_c = (13 \text{ cm}) \cdot (25,5 \text{ cm}) = 331,5 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Luas profil WF 450.200.9.14, } A_s = 96,76 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Luas total, } A_{\text{total}} = 428,26 \text{ cm}^2.$$



Gambar 10.9 : Geometri penampang komposit.

- Statis momen ke sisi atas pelat beton,

$$A_{\text{total}} \cdot y_a = A_c \cdot (h_c/2) + A_s \cdot (h_s/2 + h_c)$$

$$(428,26 \text{ cm}^2) \cdot y_a = (331,5 \text{ cm}^2) \cdot (25,5 \text{ cm}/2) + (96,76 \text{ cm}^2) \cdot (45 \text{ cm}/2 + 25,5 \text{ cm})$$

$$(428,26 \text{ cm}^2) \cdot y_a = 4226,625 \text{ cm}^3 + 4644,480 \text{ cm}^3 = 8871,105 \text{ cm}^3$$

$$y_a = (8871,105 \text{ cm}^3) / (428,26 \text{ cm}^2) = 20,7 \text{ cm.}$$

- Statis momen ke sisi bawah flens bawah profil,

$$A_{\text{total}} \cdot y_b = A_c \cdot (h_s + h_c/2) + A_s \cdot (h_s/2)$$

$$(428,26 \text{ cm}^2) \cdot y_b = (331,5 \text{ cm}^2) \cdot (45 \text{ cm} + 25,5 \text{ cm}/2) + (96,76 \text{ cm}^2) \cdot (45 \text{ cm}/2)$$

$$(428,26 \text{ cm}^2) \cdot y_b = 19144,125 \text{ cm}^3 + 2177,100 \text{ cm}^3 = 21321,225 \text{ cm}^3.$$

$$Y_b = (21321,225 \text{ cm}^3) / (428,26 \text{ cm}^2) = 49,8 \text{ cm.}$$

- Kontrol,

$$Y_a + y_b = h_s + h_c$$

$$20,7 \text{ cm} + 49,8 \text{ cm} = 45 \text{ cm} + 25,5 \text{ cm}$$

$$70,5 \text{ cm} = 70,5 \text{ cm} \text{ (memenuhi).}$$

5. Momen inerti penampang komposit.

Penampang baja equivalen.

Luas penampang baja equivalen,

$$A_c = 331,5 \text{ cm}^2.$$

Momen inerti terhadap diri sendiri,

$$I_{oc} = 1/12 \cdot (13 \text{ cm}) \cdot (25,5 \text{ cm})^3 = 17963,2 \text{ cm}^4.$$

Letak pusat berat penampang baja equivalen terhadap garis netral komposit,

$$d_1 = y_a - (h_c/2) = (20,7 \text{ cm}) - (25,5 \text{ cm}/2) = 7,95 \text{ cm}.$$

Momen inerti penampang baja equivalen terhadap garis netral komposit ,

$$I_c = I_{oc} + A_c \cdot d_1^2 = 17963,2 \text{ cm}^4 + (331,5 \text{ cm}^2) \cdot (7,95 \text{ cm})^2 = 38914,8 \text{ cm}^4.$$

Profil WF 450.200.9.14.

Luas profil WF,

$$A_s = 96,76 \text{ cm}^2.$$

Momen inerti terhadap diri sendiri,

$$I_{os} = 33500 \text{ cm}^4.$$

Letak pusat berat profil WF terhadap garis netral komposit,

$$d_2 = y_b - (h_s/2) = (49,8 \text{ cm}) - (45 \text{ cm}/2) = 27,3 \text{ cm}.$$

Momen inerti profil WF terhadap garis netral komposit ,

$$I_s = I_{os} + A_s \cdot d_2^2 = 33500 \text{ cm}^4 + (96,76 \text{ cm}^2) \cdot (27,3 \text{ cm})^2 = 105614,3 \text{ cm}^4.$$

Momen inerti penampang komposit.

$$I_{comp.} = I_c + I_s = 38914,8 \text{ cm}^4 + 105614,3 \text{ cm}^4 = 144529,1 \text{ cm}^4.$$

6. Gaya Geser Memanjang.

Gaya geser memanjang per satuan panjang gelagar komposit dalam keadaan beban batas (ultimit), ditentukan seperti berikut,

$$V_L^* = \frac{V^* \cdot A_c \cdot Y_c}{I_{comp}} \text{ (N/mm)} \quad \text{(RSNI T-03-2005, hal.56)}$$

Dimana,

$$V^* = \text{gaya lintang keadaan beban ultimit.} \\ = Du = 276,053 \text{ kN} = 276053 \text{ N.}$$

$$A_c = \text{luas penampang transformasi} \\ = A_c = 331,5 \times 10^2 \text{ mm}^2$$

$$Y_c = d_1 \text{ (gambar 10.9)} \\ = \text{jarak pusat penampang baja ekivalen (transformasi) ke pusat berat penampang komposit.}$$

$$Y_C = y_a - 1/2hc = 20,7 \text{ cm} - 1/2 \times (25,5 \text{ cm}) = 7,95 \text{ cm} = 79,5 \text{ mm}.$$

$$I_t = I_{comp} = 144529,1 \times 10^4 \text{ mm}^4.$$

Maka, besar gaya geser persatuan panjang gelagar,

$$V_L^* = \frac{(276053 \text{ N}) \times (331,5 \times 10^2 \text{ mm}^2) \times (79,5 \text{ mm})}{(144529,1 \times 10^4 \text{ mm}^4)} = 503,4 \text{ N/mm}.$$

7. Kekuatan Geser Nominal Penghubung Geser.

Dalam hal digunakan jenis penghubung geser bentuk paku (connector stud), SNI 03-1729-2002 dan AISC 2010 menetapkan, kekuatan nominal penghubung geser jenis *konektor stud* dengan panjang 4x diameter ($L_c > 4D$) yang ditanam dalam beton masif, adalah salah satu dari persamaan berikut,

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{S \text{ Con}} \cdot \sqrt{f_c' \cdot E_c},$$

atau

$$Q_n = A_{S \text{ Con}} \cdot f_u$$

Dipakai konektor stud produk ANTEC, ukuran 19 x 150, lihat lampiran,

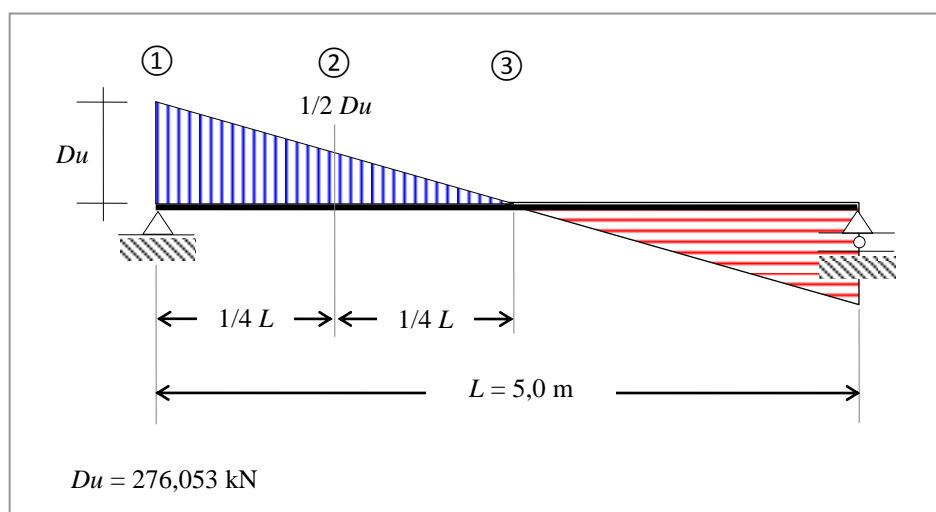
diameter,	d	=	19 mm
panjang,	Lc	=	150 mm
mutu baja,	f _u	=	410 MPa, f _y = 345 MPa.
mutu beton,	f _c '	=	30 MPa.
modulus elastis,	E _c	=	26000 MPa.

Maka,

$$Q_n = 0,5 \times \{0,25 \times 3,14 \times (19 \text{ mm})^2\} \times \sqrt{(30 \text{ MPa}) \cdot (26000 \text{ MPa})} = 125139,4 \text{ N}$$

Atau,

$$Q_n = \{0,25 \times 3,14 \times (19 \text{ mm})^2\} \times (410 \text{ MPa}) = 116187,9 \text{ N (Menentukan)}$$



Gambar 10.10 : Letak tinjauan gaya lintang.

Syarat-syarat konektor stud.

Diameter maksimum, $1,5 t_f = 1,5 \times (19 \text{ mm}) = 28,5 \text{ mm}$.

Jarak maksimum antara konektor stud,

1. $600 \text{ mm} = 60 \text{ cm}$, atau
2. $2 \times h_c = 2 \times (255 \text{ mm}) = 510 \text{ mm}$
3. $4 \times L_c = 4 \times (150 \text{ mm}) = 600 \text{ mm}$.

8. Jumlah Penghubung Geser.

Gaya geser rencana,

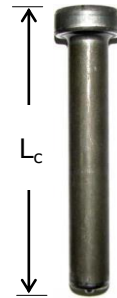
$$V_{LS} = \frac{V_L^* \cdot L^*}{\phi}$$

Dimana,

L^* = panjang bentang yang ditinjau.

$V_L^* = 503,4 \text{ N/mm}$

ϕ = faktor reduksi kekuatan penghubung geser = 0,75 (RSNI T-03-2005, hal.10).



Gambar 10.11 : Konektor Stud

Untuk daerah dari titik ① s/d ②, $L^* = 1/4 L$

$$V_{LS} = \frac{(503,4 \text{ N/mm}) \times 1/4 \cdot (5000 \text{ mm})}{0,75} = 839000 \text{ N}$$

Jumlah konektor stud dihitung dengan persamaan berikut,

$$n = \frac{V_{LS}}{0,55 \cdot Q_n} \quad (\text{RSNI T-03-2005, hal.58})$$

$$n = \frac{(839000 \text{ N})}{0,55 \times (116187,9 \text{ N})} = 13,1 \text{ buah (untuk 2 baris)}$$

Rencanakan 1 baris konektor stud 7 buah sepanjang bentang $1/4 \times 5$ meter, jarak antara konektor stud = $125 \text{ cm} / 7 = 17 \text{ cm} = 170 \text{ mm} < \text{syarat jarak (memenuhi)}$.

Untuk daerah dari titik ② s/d ③, $L^* = 1/4 L$

$$V_{LS} = \frac{1/2 \cdot (503,4 \text{ N/mm}) \times 1/4 \cdot (5000 \text{ mm})}{0,75} = 419500 \text{ N}$$

Jumlah konektor stud dihitung dengan persamaan berikut,

$$n = \frac{V_{LS}}{0,55 \cdot Q_n}$$

$$n = \frac{(419500 \text{ N})}{0,55 \times (116187,9 \text{ N})} = 6,6 \text{ buah (untuk 2 baris)}$$

Rencanakan 1 baris konektor stud 4 buah sepanjang bentang $1/4 \times 5$ meter, jarak antara konektor stud = $125 \text{ cm} / 4 = 31 \text{ cm} = 310 \text{ mm} < \text{syarat jarak (memenuhi)}$.

Jumlah konektor stud seluruh bentang = $2 \times (14 + 8) \text{ buah} = 44 \text{ buah}$.

C). Perencanaan Berdasarkan Kekuatan Lentur Ultimit.

Anggap garis netral plastis berada pada tepi atas gelagar. Pada lebar efektif 100 cm terdapat 5 buah tulangan ϕ 16 mm atas dan 5 buah tulangan ϕ 16 mm pada bagian bawah.

1. Kekuatan tekanan pada pelat lantai, C,

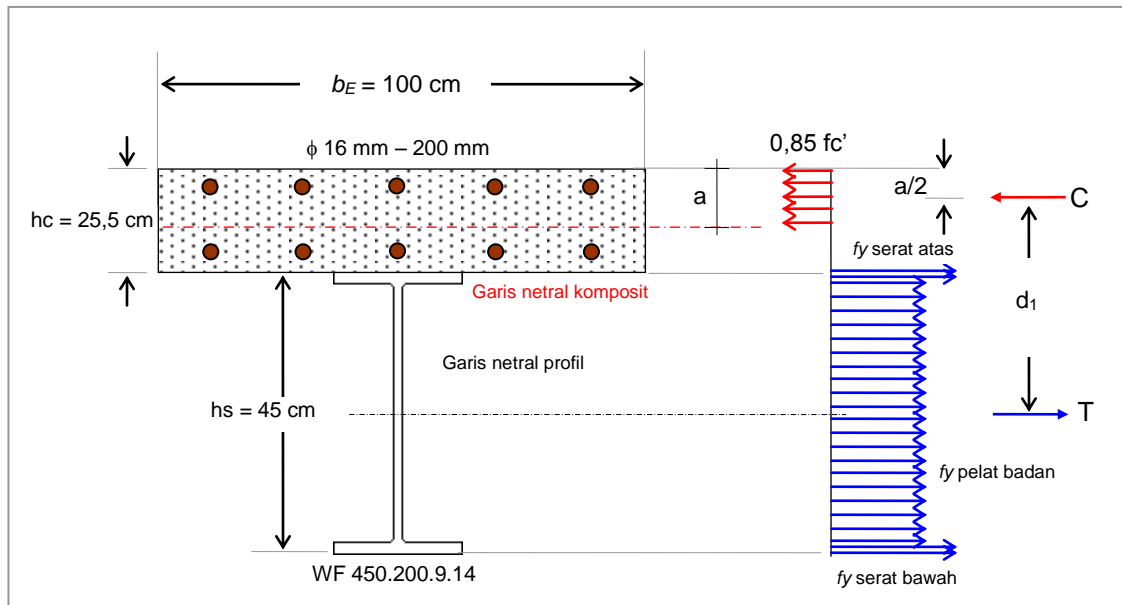
$$C = 0,85 \cdot f_c' \cdot b_E \cdot h_c + (A \cdot f_y)_c$$

Dimana,

$$(A \cdot f_y)_c = (5 + 5) \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \cdot (400 \text{ MPa}) = 803840 \text{ N}$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot b_E \cdot h_c = 0,85 \cdot (30 \text{ MPa}) \cdot (1000 \text{ mm}) \cdot (255 \text{ mm}) = 6502500 \text{ N}$$

$$C = 803840 \text{ N} + 6502500 \text{ N} = 7306340 \text{ N}$$



Gambar 10.12 : Diagram tegangan keadaan ultimit.

2. Kekuatan tarikan pada gelagar, T,

$$T = A_s \cdot f_y = (96,76 \times 100 \text{ mm}^2) \cdot (345 \text{ MPa}) = 3338220 \text{ N} < C$$

Oleh karena $C > T$, maka garis netral komposit berada pada lantai beton.

3. Kedalaman daerah tekan pada lantai,

$$a = \frac{T - (A \cdot f_y)_c}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_E} = \frac{3338220 \text{ N} - 803840 \text{ N}}{0,85 \cdot (30 \text{ MPa}) \cdot (1000 \text{ mm})} = 99,4 \text{ mm} < h_c = 255 \text{ mm}.$$

Karena garis netral berada sejauh 99,4 mm dari tepi atas lantai, berarti tulangan bawah tidak ikut memikul tekan.

4. Perhitungan diulangi, tulangan yang mengalami tekan hanya bagian atas sebanyak 5 tulangan .

$$(A \cdot f_y)_c = (5) \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \cdot (400 \text{ MPa}) = 401920 \text{ N}.$$

$$C = 401920 \text{ N} + 6502500 \text{ N} = 6904420 \text{ N} > T$$

Garis netral plastis masih berada pada lantai.
Kedalaman daerah tekan,

$$a = \frac{T - (A \cdot f_y)_c}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_E} = \frac{3338220 \text{ N} - 401920 \text{ N}}{0,85 \cdot (30 \text{ MPa}) \cdot (1000 \text{ mm})}$$

$$= 115,1 \text{ mm} < h_c = 255 \text{ mm}.$$

5. Lengan Gaya.

$$d_1 = h_s/2 + h_c - a/2 = 450 \text{ mm}/2 + 255 \text{ mm} - 115,1 \text{ mm}/2 = 647,45 \text{ mm}$$

6. Kekuatan Lentur Ultimit Penampang Komposit.

Dari kedua gaya C dan T diambil yang terkecil.

Kekuatan lentur nominal,

$$M_s = T \cdot d_1 = (3338220 \text{ N}) \cdot (647,45 \text{ mm}) = 2161330539 \text{ N.mm}.$$

Kekuatan lentur rencana,

$$M_u = \phi \cdot M_s = (0,90) \cdot (2161330539 \text{ N.mm}) = 1945197485 \text{ N.mm}.$$

$$M_u = 1945,2 \text{ kN.m.} > M_u = 503,65002 \text{ kN.m. (beban kerja) (Memenuhi)}.$$

D). Perencanaan penghubung geser dalam kondisi ultimit.

Perencanaan penghubung geser dalam kondisi ultimit, digunakan sebagai gaya geser adalah gaya yang terkecil antara C dan T, yaitu $T = 3338220 \text{ N}$.

1. Gaya Geser Rencana.

Gaya geser longitudinal dalam keadaan batas (ultimit),

$$V_L^* = T = 3338220 \text{ N}.$$

Gaya geser rencana,

$$V_{LS} = V_L^* / \phi = 3338220 \text{ N} / 0,75 = 4450960 \text{ N}$$

2. Kekuatan nominal konektor stud.

Dipakai konektor stud produk ANTEC, ukuran 19 x 150, lihat lampiran,

diameter, $d = 19 \text{ mm}$

panjang, $L_c = 150 \text{ mm}$

mutu baja, $f_u = 410 \text{ MPa}, f_y = 345 \text{ MPa}.$

mutu beton, $f_c' = 30 \text{ MPa}.$

modulus elastis, $E_c = 26000 \text{ MPa}.$

Maka,

$$Q_n = 0,5 \times \{0,25 \times 3,14 \times (19 \text{ mm})^2\} \times \sqrt{(30 \text{ MPa}) \cdot (26000 \text{ MPa})} = 125139,4 \text{ N}$$

Atau,

$$Q_n = \{0,25 \times 3,14 \times (19 \text{ mm})^2\} \times (410 \text{ MPa}) = 116187,9 \text{ N (Menentukan)}$$

3. Jumlah konektor stud,

$$n = \frac{V_{LS}}{0,55 \cdot Q_n} = \frac{4450960 N}{0,55 \cdot (116187,9 N)} = 69,7 \cong 70 \text{ buah (untuk 2 baris).}$$

Rencanakan 1 baris konektor stud 35 buah sepanjang bentang gelagar L = 5 meter.

4. Susunan Konektor Stud.

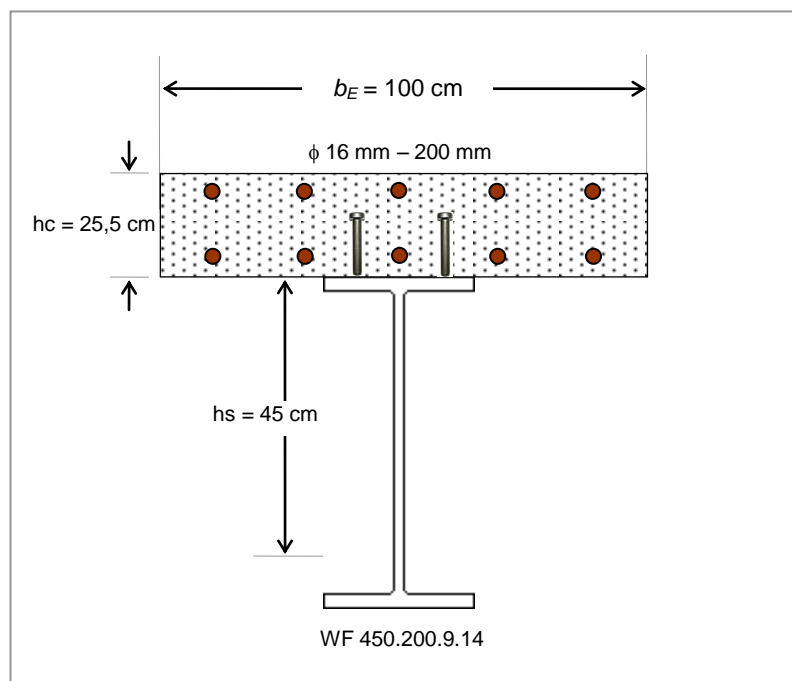
Jarak terjauh antara konektor = $(500 \text{ cm}) / (35 \text{ buah}) = 14,3 \text{ cm} \cong 14 \text{ cm} < 60 \text{ cm}$ (syarat).

Apabila menaikkan ukuran diameter konektor stud dari 19 mm menjadi 22 mm, dengan demikian jumlah konektor akan berkurang, seperti berikut,

Tabel 1 : Desain Alternatif

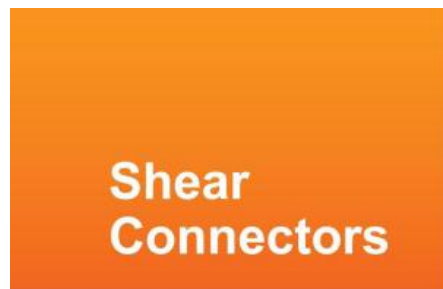
Konektor Stud	D mm	f_u MPa.	Q_n N	V_{LS} N	n buah	n Desain buah / baris	L M	Jarak cm
19x150	19	410	116187.9	4450960	70	35	5,0	14
22x150	22	410	155775.4	4450960	52	26	5,0	19

Apabila susunan konektor stud terdiri dari 3 baris, maka konektor untuk ϕ 19 mm, dengan jumlah sebanyak 72 buah, sehingga perbaris menjadi $72/3 = 24$ buah. Jarak antara konektor menjadi = $500 \text{ cm} / 24 = 20 \text{ cm}$.



Gambar 10.13

LAMPIRAN



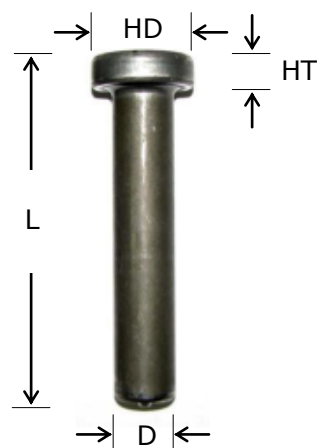
Shear Connectors

Headed Shear Connectors are used as an essential component in composite beam design and construction.

Shank Diameter (d)	Length (L) tolerance	Head Diameter tolerance	Minimum head height HT
19.0 +0.00 -0.38	±1.6	31.7 ± 0.4	9.5
22.2 +0.00 -0.38	±1.6	34.9 ± 0.4	9.5

Material	LOW CARBON STEEL AS1445 S1010 to S1020 Or K1010 to K1020		
Mechanical Properties	Tensile Yield Elongation Reduction of area	→	410MPa (min) 345MPa (min) 12% 50% (min)

Shear Connectors		
Size	Part Number	Pack Size
13 X 50	ESC11-13-050	250
13 X 75	ESC11-13-075	150
13 X 100	ESC11-13-100	125
16 X 75	ESC11-16-075	125
16 X 100	ESC11-16-100	100
16 X 150	ESC11-16-150	75
19 X 75	ESC11-19-075	100
19 X 95	ESC11-19-095	75
19 X 100	ESC11-19-100	75
19 X 105	ESC11-19-105	75
19 X 115	ESC11-19-115	60
19 X 120	ESC11-19-120	60
19 X 127	ESC11-19-127	60
19 X 150	ESC11-19-150	50
19 X 178	ESC11-19-178	45
19 X 198	ESC11-19-198	40
22 X 100	ESC11-22-100	50
22 X 125	ESC11-22-125	50
22 X 150	ESC11-22-150	40
22 X 178	ESC11-22-178	40
22 X 198	ESC11-22-198	35



contoh →



Solutions for the Mining, Minerals Processing
& Infrastructure Industries

Distributed by: ANTEC ENGINEERING PTY LTD
9 Chicago Avenue, Blacktown, NSW, 2148, Australia
Ph : +61 (02) 9622-9622 | Fax: +61 (02) 9622-9199
www.antec.com.au