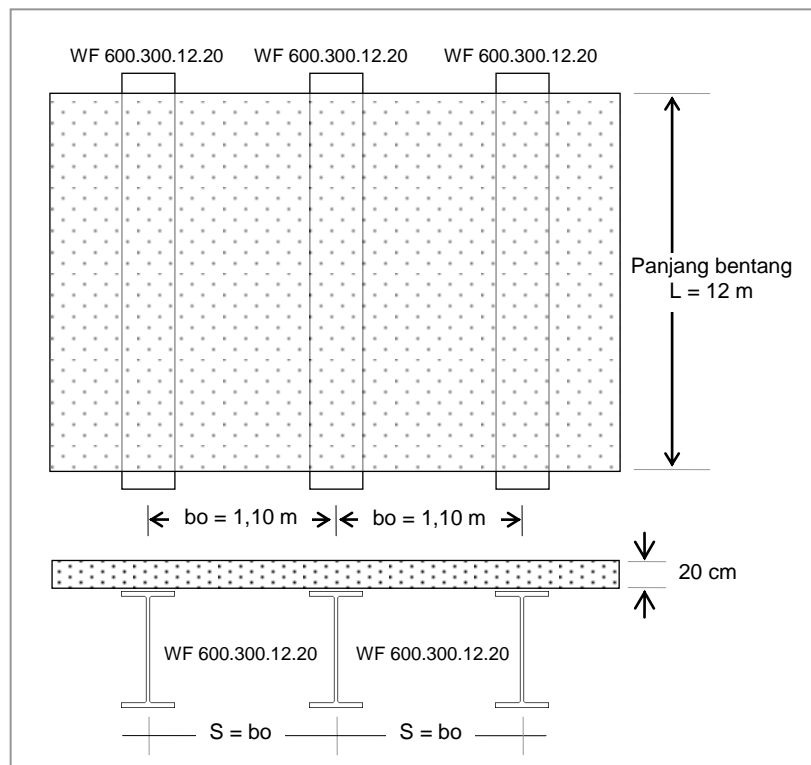


STRUKTUR JEMBATAN BAJA KOMPOSIT

WORKSHOP/PELATIHAN - 2015

Sebuah jembatan komposit dengan perletakan sederhana, mutu beton, K-300, panjang bentang, $L = 12$ meter. Tebal lantai beton $h_c = 20$ cm, jarak antara gelagar, $S = 1,10$ meter. Gelagar memakai WF 600.300.12.20, mutu baja BJ-41. Hitunglah kuat lentur nominal dan kekuatan lentur rencana penampang komposit, hitunglah penghubung geser yang diperlukan, pada keadaan ultimit pada daerah momen positif.



Gambar 1 : Jembatan komposit.

Penyelesaian :

A). DATA - DATA

1. DATA GEOMETRIS JEMBATAN

Tebal slab lantai jembatan $h_c = 20,0$ cm.

Jarak antara gelagar baja $S = bo = 110,0$ cm.

Panjang bentang jembatan $L = 12,0$ m.

2. DATA MATERIAL

a. BETON

Mutu beton, K-300 $= 300$ kg/cm²

Kuat tekan beton, $f_c' = 0,83 K/10 = 24,9$ MPa.

Modulus Elastis, $E_c = 4700 \sqrt{f_c'} = 23453$ MPa.

b. BAJA TULANGAN

Jarak antara tulangan bagi $= 15$ cm

Mutu baja tulangan U - 39

Tegangan leleh baja, $f_y = U \cdot 10 = 390$ MPa.

Diameter tulangan, $\phi = 16$ mm

c. BAJA PROFIL

Mutu baja, BJ - 41

Tegangan leleh baja, $f_y = 250$ MPa.

Modulus elastis, $E_s = 200.000$ Mpa.

Profil WF 600.300.12.20

$I_o = 118000$ cm⁴.

$h_s = 58,8$ cm.

$A_s = 192,5$ cm².

d. Konektor stud (*shear connector*)

Mutu baja, BJ - 41

$f_u = 410$ MPa.

B). LEBAR EFEKTIF PENAMPANG KOMPOSIT.

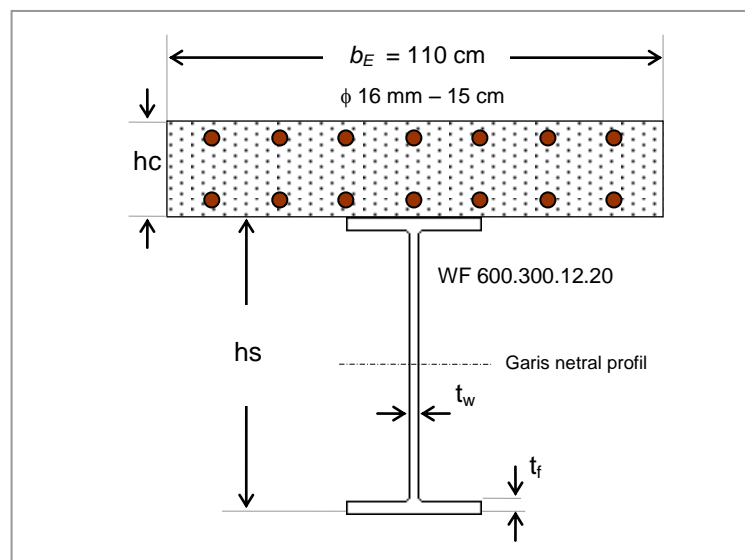
Lebar efektif (RSNI T-03-2005),

$$b_E = L / 5 = 12 \text{ m} / 5 = 2,4 \text{ m}$$

$$b_E = b_o = 1,10 \text{ m (menentukan).}$$

$$b_E = 12 h_c = 12 \cdot (0,20 \text{ m}) = 2,40 \text{ m.}$$

Jumlah tulangan selebar $b_E = 110$ cm/15 cm = 7 batang atas dan 7 batang bawah.



Gambar 2 : Jembatan komposit.

C). KEKUATAN PLASTIS DAN GARIS NETRAL PLASTIS

Anggap garis netral plastis berada pada gelagar.

c.1). Kekuatan tekanan pada pelat lantai, C,

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

Dimana,

$$(A \cdot fy)_c = (7 + 7) \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \cdot (390 \text{ MPa}) = 1097241,6 \text{ N}$$

$$0,85 \cdot f_c' \cdot b_E \cdot hc = 0,85 \cdot (24,9 \text{ MPa}) \cdot (1100 \text{ mm}) \cdot (200 \text{ mm}) = 4656300,0 \text{ N}$$

$$C = 4656300,0 \text{ N} + 1097241,9 \text{ N} = 5753541,9 \text{ N}$$

c.2). Kekuatan tarikan pada gelagar, T,

$$T = A_s \cdot fy = (192,5 \times 100 \text{ mm}^2) \cdot (250 \text{ MPa}) = 4812500 \text{ N} < C$$

c.3). Kedalaman daerah tekan pada lantai,

$$a = \frac{T - (A \cdot f_y)_c}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_E} = \frac{4812500 \text{ N} - 1097241,6 \text{ N}}{0,85 \cdot (24,9 \text{ MPa}) \cdot (1100 \text{ mm})}$$

$$= 159,6 \text{ mm} < h_c = 200 \text{ mm}.$$

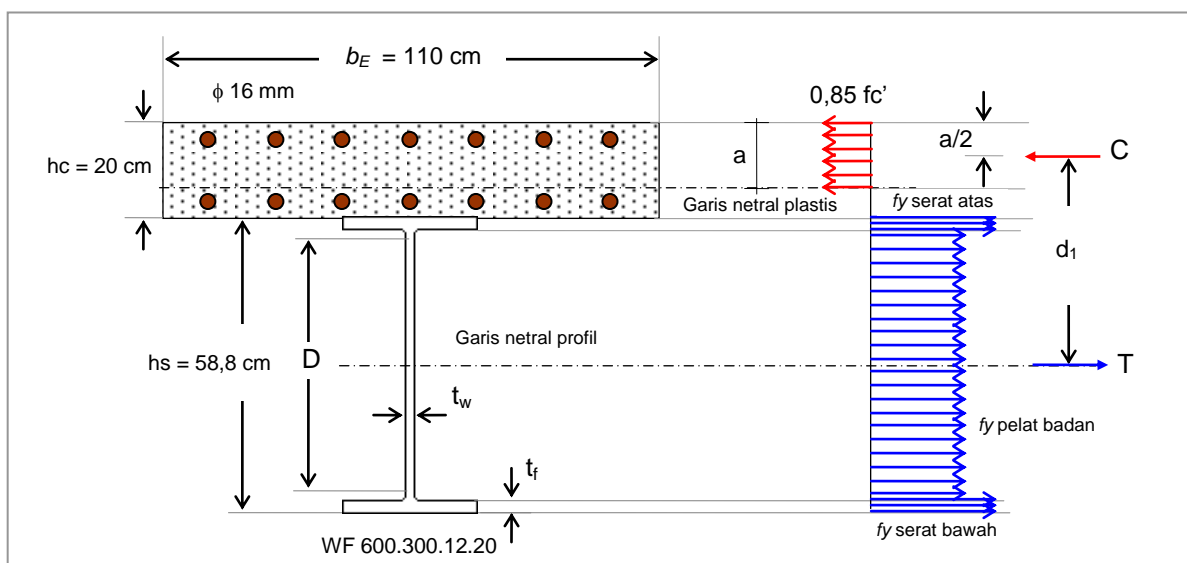
c.4). Garis netral plastis berada pada lantai beton, perhitungan diulangi, tulangan yang mengalami tekan hanya bagian atas sebanyak 7 tulangan .

$$(A \cdot f_y)_c = (7) \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (16 \text{ mm})^2 \cdot (390 \text{ MPa}) = 548620,8 \text{ N}$$

$$C = 4656300,0 \text{ N} + 548620,8 \text{ N} = 5204920,8 \text{ N} > T$$

$$a = \frac{T - (A \cdot f_y)_c}{0,85 \cdot f_c' \cdot b_E} = \frac{4812500 \text{ N} - 548620,8 \text{ N}}{0,85 \cdot (24,9 \text{ MPa}) \cdot (1100 \text{ mm})}$$

$$= 183,1 \text{ mm} < h_c = 200 \text{ mm}.$$



Gambar 8 : Diagram tegangan plastis.

$$d_1 = h_s/2 + h_c - a/2 = 588 \text{ mm}/2 + 200 \text{ mm} - 183,1 \text{ mm}/2 = 402,4 \text{ mm}$$

D). KEKUATAN LENTUR.

Kekuatan lentur nominal,

$$M_s = T \cdot d_1 = (4812500 \text{ N}) \cdot (402,4 \text{ mm}) = 1936550000,0 \text{ N.mm.}$$

Kekuatan lentur rencana,

$$M_u = \phi \cdot M_s = (0,90) \cdot (1937031250,0 \text{ N.mm}) = 1742895000,0 \text{ N.mm.}$$

$$M_u = 1742,9 \text{ kN.m.}$$

E). PENGHUBUNG GESER (*Shear connector*).

e.1). Berdasarkan RSNI T-03-2005.

Gaya geser longitudinal dalam keadaan batas (ultimit),

$$V_L^* = T = 4812500 \text{ N.}$$

Gaya geser rencana,

$$V_{LS} = V_L^* / \phi = 4812500 \text{ N} / 0,75 = 6416666,7 \text{ N}$$

Syarat-syarat.

Diameter maksimum, $1,5 t_f = 1,5 \times (20 \text{ mm}) = 30 \text{ mm} = 3 \text{ cm}$.

Jarak antara konektor stud,

1. $600 \text{ mm} = 60 \text{ cm}$, atau
 2. $2 \times h_c = 2 \times (200 \text{ mm}) = 400 \text{ mm} = 40 \text{ cm}$
 3. $4 \times L = 4 \times (120 \text{ mm}) = 480 \text{ mm} = 48 \text{ cm}$.
- (L = tinggi shear connector)

Dipakai konektor 19 x 120

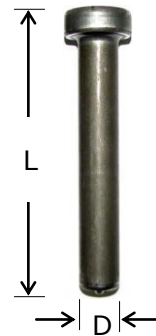
$D = 19 \text{ mm} < 30 \text{ mm}$ (syarat)

$L = 120 \text{ mm}$

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

Mutu beton, $f_c' = 24,9 \text{ MPa}$.

Modulus Elastis, $= 23453 \text{ MPa}$.



Gambar 9 : Konektor stud

Kekuatan geser satu konektor stud,

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

atau

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

$$Q_n = 0,5 \times \{0,25 \times 3,14 \times (19 \text{ mm})^2\} \times \sqrt{(24,9 \text{ MPa}) \cdot (23453 \text{ MPa})} = 108279,4 \text{ N}$$

(Menentukan)

atau,

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

Jumlah konektor stud,

$$n = \frac{V_{LS}}{0,55 \cdot Q_n} = \frac{6416666,7 \text{ N}}{0,55 \cdot (108279,4 \text{ N})} = 107,7 \text{ buah (untuk 2 baris)}.$$

Rencanakan 1 baris konektor stud 54 buah sepanjang bentang gelagar 1/2 x 12 meter.

Jarak terjauh antara konektor untuk 2 baris = $(600 \text{ cm}) / (54 \text{ buah}) = 11,1 \text{ cm} < 60 \text{ cm}$ (syarat).

DATA-DATA DAN KUNCI JAWABAN

DATA GEOMETRIS JEMBATAN			
No. Stb.	L m	hc cm	S = bo cm
-1	12	20,0	110
0	10	20,5	120
1	11	21,0	130
2	13	21,5	140
3	14	22,0	150
4	15	22,5	160
5	16	23,0	170
6	15	23,5	180
7	14	24,0	190
8	13	24,5	200
9	14	25,0	210

DATA MATERIAL

BETON				BESI TULANGAN		
No. Stb.	K kg/cm ²	fc' Mpa.	Ec Mpa.	Mutu U	φ mm	Jarak tul. cm
-1	300	24,9	23453	39	16	15
0	250	20,8	21435	39	16	16
1	260	21,6	21844	39	16	16
2	270	22,4	22244	39	16	16
3	280	23,2	22638	39	16	16
4	290	24,1	23073	39	16	17
5	300	24,9	23453	39	16	16
6	310	25,7	23827	39	16	17
7	320	26,6	24240	39	16	16
8	330	27,4	24602	39	16	17
9	340	28,2	24959	39	16	17

DATA MATERIAL

B A J A P R O F I L G E L A G A R							KONEKTOR STUD		
Mutu BJ	fy Mpa.	Es Mpa.	PROFIL	hs cm	As cm ²	Ios cm ⁴	Mutu BJ	fu Mpa.	φ mm
41	250	200000	WF600.300.12.20	58,8	192,50	118000	41	410	19
41	250	200000	WF300.300.10.15	30,0	119,80	20400	41	410	19
41	250	200000	WF300.300.10.15	30,0	119,80	20400	41	410	19
41	250	200000	WF350.350.12.19	35,0	173,90	40300	41	410	19
41	250	200000	WF350.350.12.19	35,0	173,90	40300	41	410	19
41	250	200000	WF500.200.10.16	50,0	114,20	47800	41	410	19
41	250	200000	WF500.200.10.16	50,0	114,20	47800	41	410	19
41	250	200000	WF500.200.10.16	50,0	114,20	47800	41	410	19
41	250	200000	WF600.200.11.17	60,0	134,40	77600	41	410	19
41	250	200000	WF600.200.11.17	60,0	134,40	77600	41	410	19
41	250	200000	WF600.300.12.20	58,8	192,50	118000	41	410	19

JAWABAN

No. Stb.	$b_E = L/5$ cm	$b_E = b_o$ cm	$b_E = 12.h_c$ cm	Jlh. Tul. btg.
-1	240	110	240	7
0	200	120	246	7
1	220	130	252	8
2	260	140	258	8
3	280	150	264	9
4	300	160	270	9
5	320	170	276	10
6	300	180	282	10
7	280	190	288	11
8	260	200	294	11
9	280	210	300	12

JAWABAN (LANJUT)

No. Stb.	C' N	$(A \cdot f_y)_c$ N	C N	T N	a mm
-1	4656300,0	1097241,6	5753541,6	4812500,0	159,6
0	4349280,0	1097241,6	5446521,6	2995000,0	89,4
1	4919460,0	1253990,4	6173450,4	2995000,0	74,3
2	5526360,0	1253990,4	6780350,4	4347500,0	120,4
3	6171000,0	1410739,2	7581739,2	4347500,0	104,7
4	6854400,0	1410739,2	8265139,2	2855000,0	47,4
5	7577580,0	1567488,0	9145068,0	2855000,0	39,1
6	8341560,0	1567488,0	9909048,0	2855000,0	36,3
7	9186120,0	1724236,8	10910356,8	3360000,0	42,7
8	10037650,0	1724236,8	11761886,8	3360000,0	39,9
9	10933125,0	1880985,6	12814110,6	4812500,0	67,0

JAWABAN (LANJUT)

No. Stb.	$(A \cdot f_y)_c$ N	C N	a mm		d_1 mm	M_s N.mm	M_u kN.m'
-1	548620,8	5204920,8	183,1	C > T	402,4	1936550000,0	1742,9
0	548620,8	4897900,8	115,3	C > T	297,3	890413500,0	801,4
1	626995,2	5546455,2	101,1	C > T	309,4	926653000,0	834,0
2	626995,2	6153355,2	144,7	C > T	317,6	1380766000,0	1242,7
3	705369,6	6876369,6	129,8	C > T	330,0	1434675000,0	1291,2
4	705369,6	7559769,6	70,6	C > T	439,7	1255343500,0	1129,8
5	783744,0	8361324,0	62,9	C > T	448,5	1280467500,0	1152,4
6	783744,0	9125304,0	58,4	C > T	455,8	1301309000,0	1171,2
7	862118,4	10048238,4	65,3	C > T	507,3	1704528000,0	1534,1
8	862118,4	10899768,4	61,0	C > T	514,5	1728720000,0	1555,8
9	940492,8	11873617,8	88,5	C > T	499,7	2404806250,0	2164,3

JAWABAN (LANJUT)

No. Stb.	$V_L^* = T$ N	V_{LS} N	$Qn1$ N	$Qn2$ N	n buah	n design 2 baris	Jarak cm
-1	4812500,0	6416666,7	108279,4	116187,9	107,7	108	11,1
0	2995000,0	3993333,3	94610,7	116187,9	76,7	78	12,8
1	2995000,0	3993333,3	97328,5	116187,9	74,6	76	14,5
2	4347500,0	5796666,7	100017,8	116187,9	105,4	106	12,3
3	4347500,0	5796666,7	102685,7	116187,9	102,6	104	13,5
4	2855000,0	3806666,7	105659,2	116187,9	65,5	66	22,7
5	2855000,0	3806666,7	108279,4	116187,9	63,9	64	25,0
6	2855000,0	3806666,7	110878,7	116187,9	62,4	64	23,4
7	3360000,0	4480000,0	113776,9	116187,9	71,6	72	19,4
8	3360000,0	4480000,0	116334,2	116187,9	70,1	72	18,1
9	4812500,0	6416666,7	118873,5	116187,9	100,4	102	13,7