

STRUKTUR BAJA II

MODUL 6

S e s i 1

Struktur Jembatan Komposit

Materi Pembelajaran :

1. Pengertian Konstruksi Komposit.
2. Aksi Komposit.
3. Manfaat dan Keuntungan Struktur Komposit.
4. Lebar Efektif.
5. Tegangan Elastis Pada Penampang Komposit.
6. CONTOH SOAL :
 - 6.1). Perhitungan Modulus Penampang Elastis.
 - 6.2). Perhitungan Tegangan Elastis Pada Penampang Komposit.

Tujuan Pembelajaran :

- *Mahasiswa mengetahui dan memahami struktur jembatan komposit.*

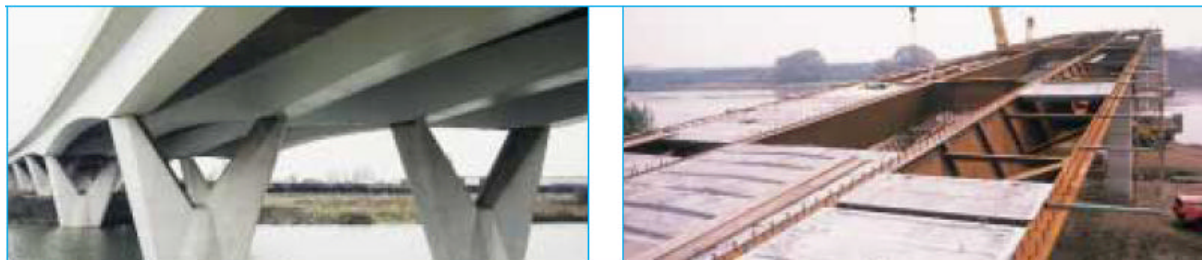
DAFTAR PUSTAKA

- a) Agus Setiawan, "Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)", Penerbit AIRLANGGA, Jakarta, 2008.
- b) Charles G. Salmon, Jhon E. Johnson, "STRUKTUR BAJA, Design dan Perilaku", Jilid 2, Penerbit AIRLANGGA, Jakarta, 1996, atau,
- c) Charles G. Salmon, Jhon E. Johnson, *Steel Structures Design and Behavior*, 5th Edition, Pearson Education Inc., 2009
- d) RSNI T-03-2005, *Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan*.
- e) Tabel Baja PT. GUNUNG GARUDA.

STRUKTUR JEMBATAN BAJA KOMPOSIT

1. Pengertian Konstruksi Komposit.

Konstruksi komposit adalah sebuah konstruksi yang bahan-bahannya merupakan perpaduan dari dua jenis material yang berbeda sifat, yang disatukan sedemikian rupa, sehingga bekerja sama dalam memikul beban. Konstruksi seperti ini ditemukan pada struktur jembatan, yaitu gandingan antara pelat lantai dari bahan beton dan gelagar dari bahan baja. Gabungan kedua elemen struktur ini dapat memikul beban lentur (momen) secara bersama-sama. Dalam bentuk lain adalah struktur tiang/kolom dimana lapis luar tiang/kolom digunakan besi hollow dari baja, dan didalamnya diisi dengan material beton.



Gambar 1 : Jembatan komposit, gelagar kotak.

Sumber : Composite steel highway bridges, A.C.G. Hayward, Corus Construction & Industrial, www.corusconstruction.com



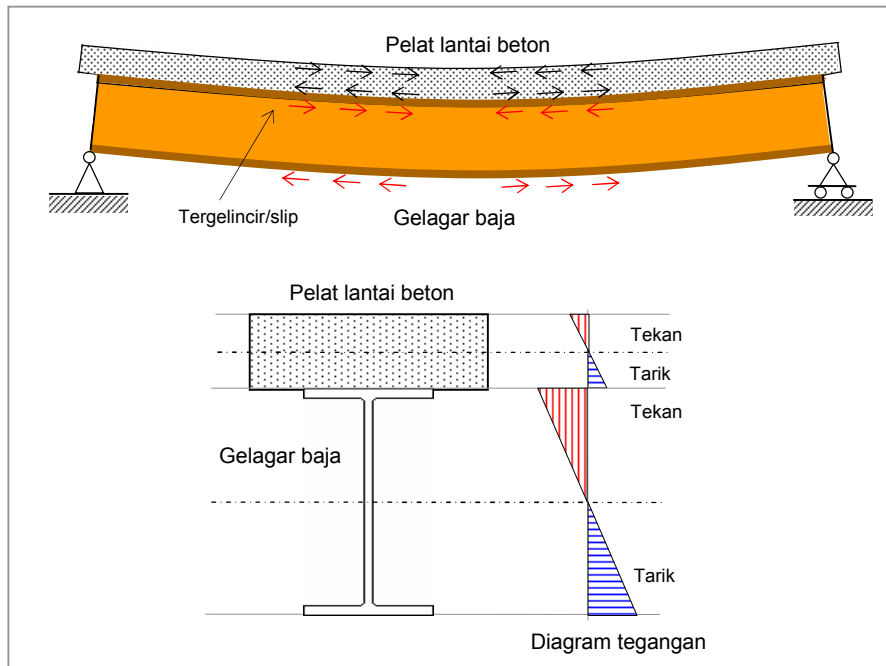
Gambar 2 : Jembatan komposit, gelagar kotak.

Sumber : Composite steel highway bridges, A.C.G. Hayward, Corus Construction & Industrial, www.corusconstruction.com

Konstruksi komposit bisa merupakan perpaduan antara baja dengan beton, kayu dengan beton, dan lain-lain. Konstruksi komposit dibuat sedemikian rupa dengan memanfaatkan keunggulan dari masing-masing bahan, dari kedua jenis bahan yang berbeda tadi, terutama dalam kemampuannya memikul gaya tarik dan gaya tekan. Hal ini pada umumnya dijumpai pada baja dan beton.

Material baja adalah bahan yang kuat terhadap gaya tarik dan kuat juga terhadap gaya tekan, tetapi gaya tekan yang dapat dipikul sangat erat kaitannya dengan kelangsingan profil. Sebaliknya, beton sangat kuat memikul gaya tekan dan sangat lemah terhadap gaya tarik.

Pada mulanya balok baja hanya dipakai sebagai penopang pelat lantai, sehingga pada balok baja terjadi lendutan yang besar yang diakibatkan oleh beban yang besar yang harus dipikul balok baja tersebut. Pelat beton dan gelagar baja mengalami deformasi sendiri-sendiri, dengan besar deformasi tergantung dari kekuatan masing-masing bahan (baja dan beton). Pada pertemuan kedua bahan akan terjadi gelincir karena tidak ada penahan. Penampang yang seperti ini termasuk kategori non komposit, lihat Gambar 3 berikut.



Gambar 3 : Penampang baja – beton non komposit

Pada awal tahun 1930 kanstruksi komposit dibuat pada jembatan, dan untuk gedung pada tahun 1960. Semenjak tahun 1979 yang lalu, aksi komposit selalu dimanfaatkan pada bangunan gedung terutama pada jembatan, dimana baja dan beton saling melekat dengan bantuan penghubung geser (*Shear connector*).



Sumber : <http://www.directindustry.com>

Gambar 4 : Jembatan komposite dengan penghubung geser.

Sumber : <http://www.doka.com>



Gambar 5 : Bangunan komposit, lantai menggunakan deck

Sumber : <http://www.antec.com.au>

2. Aksi Komposit ("Composite Action").

Aksi komposit terjadi apabila dua batang/bagian struktur pemikul beban, misalnya konstruksi lantai beton dan balok profil baja, dihubungkan secara komposit menjadi satu, sehingga dapat melentur secara bersamaan dan menyatu, dengan kata lain tidak terjadi gelincir diantara permukaan beton dan baja. Aksi komposit hanya dapat terjadi apabila anggapan-anggapan berikut ini dapat dipenuhi atau mendekati keadaan sebenarnya antara lain :

- a. Lantai beton dengan balok profil baja dihubungkan dengan penghubung geser secara tepat pada seluruh bentangnya.
- b. Gaya geser pada penghubung geser adalah sebanding secara proportional dengan beban pada penghubung geser.
- c. Distribusi tegangan adalah linier disetiap penampang.
- d. Lantai beton dan balok baja tidak akan terpisah secara vertikal dibagian manapun sepanjang bentangan.

3. Manfaat dan Keuntungan Struktur Komposit.

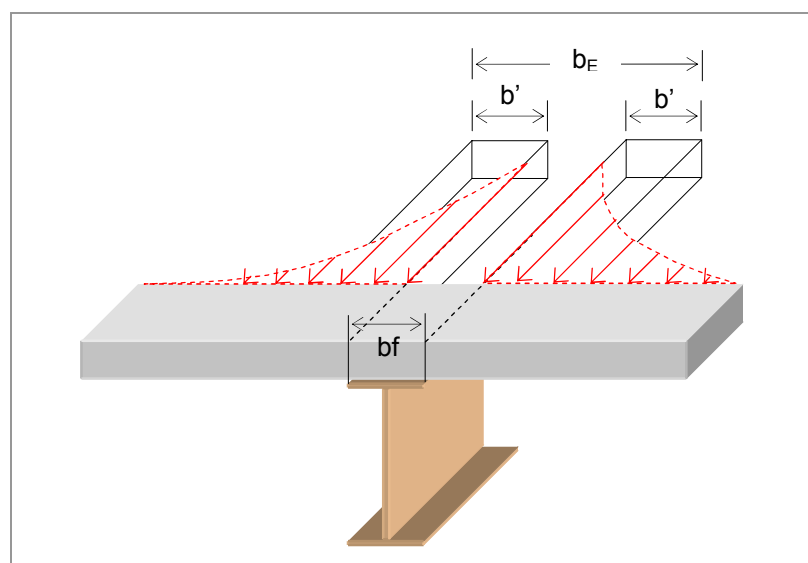
Bila dibandingkan dengan konstruksi non komposit, konstruksi komposit memberikan beberapa keuntungan, antara lain :

- a. Profil baja dapat dihemat dibandingkan dengan balok non komposit.
- b. Penampang atau tinggi profil baja lebih rendah, sehingga dapat mengurangi atau menghemat tinggi lantai (*storey height*) pada bangunan gedung dan tinggi ruang bebas pada bangunan jembatan.

- c. Kekakuan lantai pelat beton bertulang semakin tinggi karena pengaruh komposit (menyatu dengan gelagar baja), sehingga pelendutan pelat lantai (komposit) semakin kecil.
- d. Panjang bentang untuk batang tertentu dapat lebih besar, artinya dengan sistem komposit baja dan beton, untuk penampang yang sama, mempunyai momen pikul yang lebih besar.
- e. Kapasitas daya pikul beban bertambah dibandingkan dengan pelat beton yang bebas di atas gelagar baja.

4. Lebar Efektif.

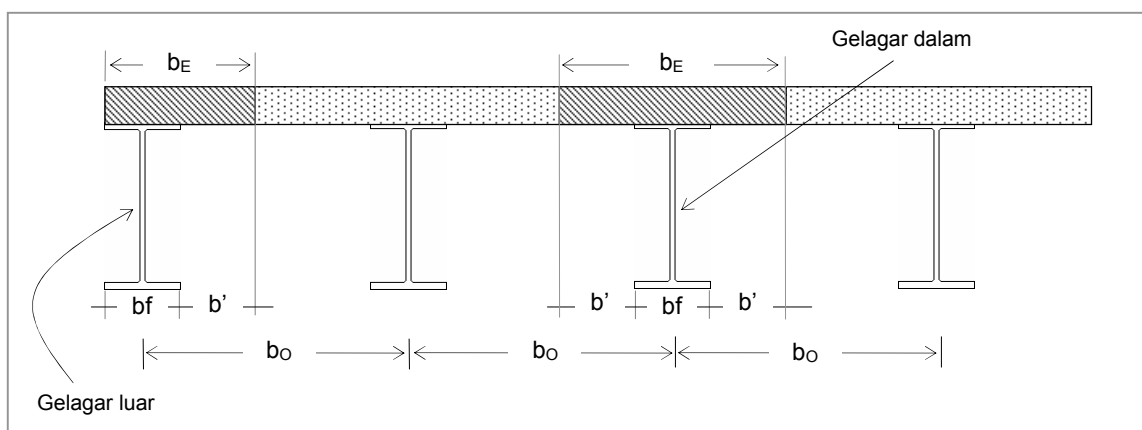
Konsep lebar efektif bermanfaat dalam disain bila kekuatan harus ditentukan untuk suatu elemen yang terkena distribusi tegangan tidak seragam.



Gambar 6 : Bentuk distribusi tegangan pada pelat beton akibat momen lentur.

Dari gambar diatas terlihat bahwa tegangan paling ektrim terdapat pada daerah diatas sayap gelagar, dan terus menurun secara non-liner sebanding dengan letaknya yang semakin jauh dari sayap gelagar. Lebar efektif balok komposit dapat dinyatakan dengan persamaan berikut,

$$b_E = b_f + 2 b' \quad \dots\dots 1$$



Gambar 7 : Ukuran-ukuran dalam penetapan lebar efektif gelagar baja-beton komposit.

Penyederhanaan penetapan lebar efektif untuk keperluan perencanaan diberikan oleh AISC – LRFD untuk beban layan maupun perhitungan kekuatan nominal, adalah sebagai berikut,

a. Gelagar interior (dalam),

$$b_E \leq \frac{L}{4} \quad \dots 1.a.$$

$$b_E \leq b_o \text{ (jarak gelagar sama)} \quad \dots 1.b.$$

Dimana,

L = panjang bentang jembatan

b_o = jarak antara gelagar memanjang, (lihat gambar 7).

b. Gelagar eksterior (luar),

$$b_E \leq \frac{L}{8} + \text{jarak dari pusat gelagar ke tepi slab.} \quad \dots 1.c.$$

$$b_E \leq 1/2 b_o + \text{jarak dari pusat gelagar ke tepi slab (lihat gambar 7).} \quad \dots 1.d.$$

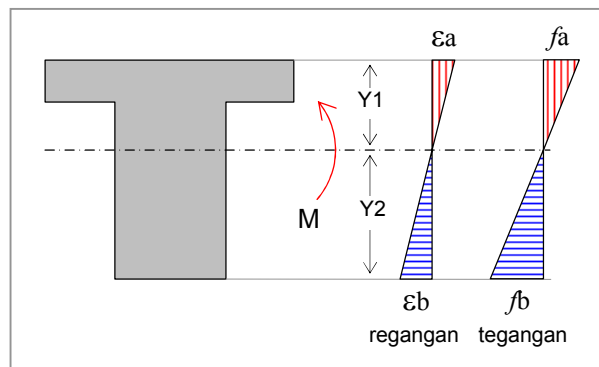
RSNI T-03-2005, *Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan*, menetapkan lebar efektif sebagai berikut :

Bila lantai beton meliputi kedua sisi badan gelagar, lebar efektif lantai harus diambil sebagai nilai terkecil dari :

- $1/5$ x panjang bentang gelagar untuk bentang sederhana atau $1/7$ x panjang bentang gelagar untuk bentang menerus, atau
- Jarak pusat-pusat antara badan gelagar, $b_E \leq b_o$, atau
- 12 x tebal minimum lantai.

5. Tegangan Elastis Pada Penampang Komposit.

Pada balok T yang homogen, bentuk diagram tegangan-regangan dalam kondisi layan terlihat seperti gambar berikut,



Gambar 8 : Diagram tegangan – regangan balok homogen.

Besar tegangan lentur adalah,

$$f_a = \frac{M \cdot Y_1}{I} ; f_b = \frac{M \cdot Y_2}{I} \quad \dots 2.$$

Dimana,

I = momen inertia penampang balok T.
 M = momen lentur.

Pada balok komposit, dengan jenis bahan yang berbeda (beton – baja) dimana mempunyai modulus elastis yang berbeda pula, maka diagram tegangannya menjadi tidak sama dengan balok yang homogen, sekalipun hubungan baja – beton sangat kaku, dengan kata lain baja – beton mengalami deformasi serentak. Hubungan tegangan dan regangan baja – beton dapat dilihat pada persamaan berikut ini,

$$\varepsilon_s = \varepsilon_c \quad \dots 3.a.$$

(besar deformasi yang terjadi antara baja dan beton adalah sama)

Atau,

$$\frac{f_s}{E_s} = \frac{f_c}{E_c} \quad \dots 3.b.$$

Sehingga,

$$f_s = \frac{E_s}{E_c} \cdot f_c = n \cdot f_c \quad \dots 3.c.$$

Dimana,

$$n = \frac{E_s}{E_c} = \text{ratio modulus.}$$

E_s = modulus elastisitas baja = 200.000 MPa.

E_c = modulus elastisitas beton, diberikan oleh persamaan berikut,

$$E_c = W_c^{1,5} (0,043) \sqrt{f_c'} \quad \dots 3.d.$$

Dimana,

W_c = berat jenis beton.

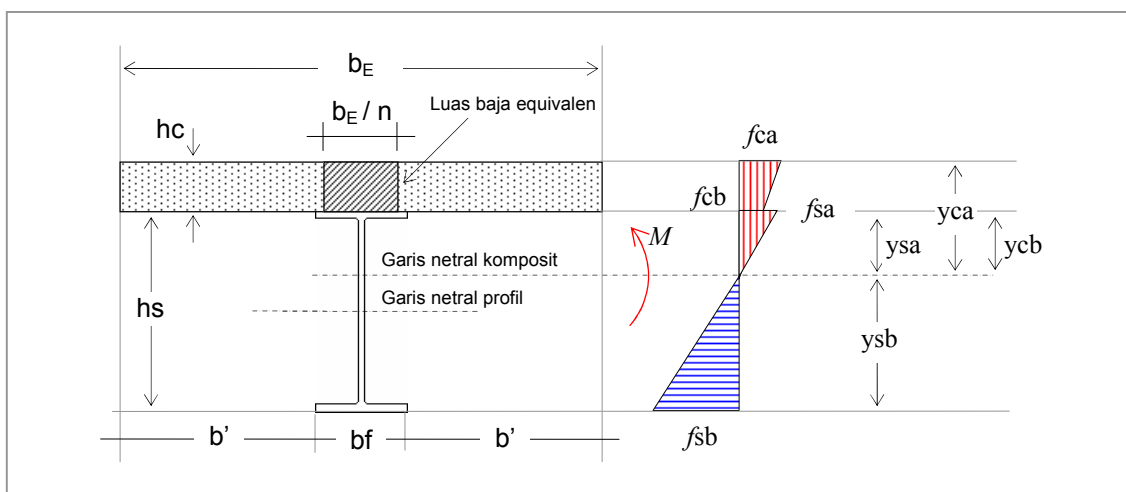
Lihat Modul 2, 2400 - 2600 kg/m³, ambil $W_c = 2500 \text{ kg/m}^3$.

f_c' = kekuatan tekan beton umur 28 hari.

Untuk beton normal dapat diambil,

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} \quad \dots 3.e.$$

Bentuk tegangan lentur pada penampang komposit seperti gambar berikut, dimana slab beton penampang komposit di transformasikan menjadi baja equivalen, kalau pada beton bertulang adalah kebalikannya, yaitu luas tulangan di transformasikan menjadi luas beton equivalen.



Gambar 9 : Tegangan pada penampang komposit.

Tegangan lentur yang terjadi pada profil baja,

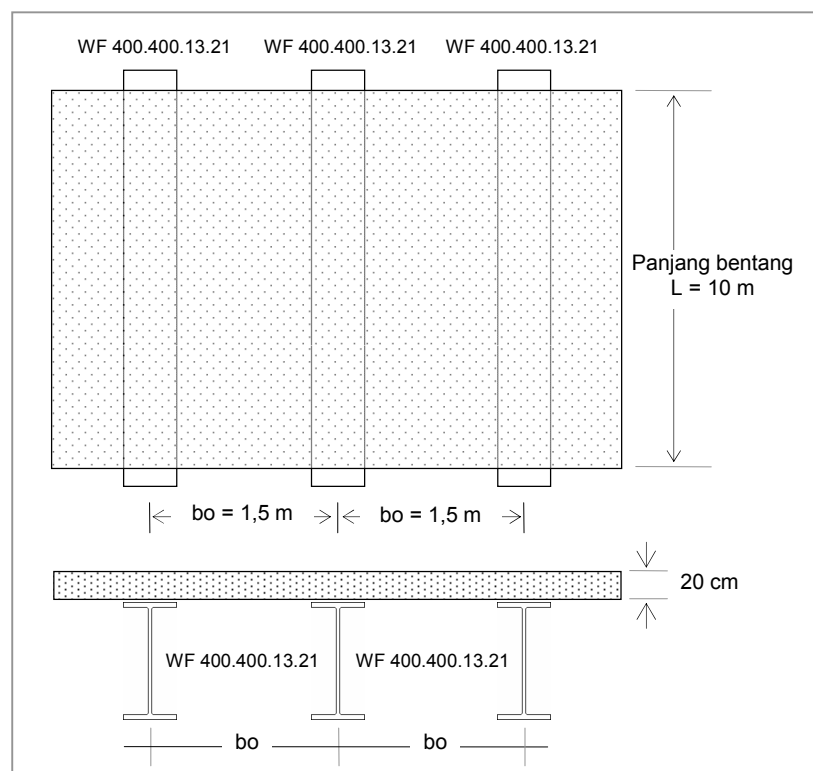
$$f_{sa} = \frac{M \cdot y_{sa}}{I_{gn}} ; f_{sb} = \frac{M \cdot y_{sb}}{I_{gn}} \quad \dots 4.a.$$

Tegangan lentur tekan yang terjadi pada serat atas/bawah slab beton,

$$f_{ca} = \frac{M \cdot y_{ca}}{n \cdot I_{gn}} ; f_{cb} = \frac{M \cdot y_{cb}}{n \cdot I_{gn}} \quad \dots 4.b.$$

6. Contoh Soal.

6.1. Hitunglah modulus penampang elastis dari penampang komposit , dengan mutu beton, $f_c' = 21$ Mpa, memakai baja mutu BJ-41, $f_y = 250$ MPa. Panjang bentang, $L = 10$ meter. Gunakan lebar penampang efektif.



Gambar 10 : Jembatan komposit

Penyelesaian :

Lebar efektif (RSNI T-03-2005),

$$b_E = L / 5 = 10 \text{ m} / 5 = 2,0 \text{ m.}$$

$$b_E = b_o = 1,5 \text{ m (menentukan).}$$

$$b_E = 12 \times h_c = 12 \times 0,20 \text{ m} = 2,40 \text{ m}$$

Modulus elastis,

$$\text{Baja, } E_s = 200.000 \text{ MPa.}$$

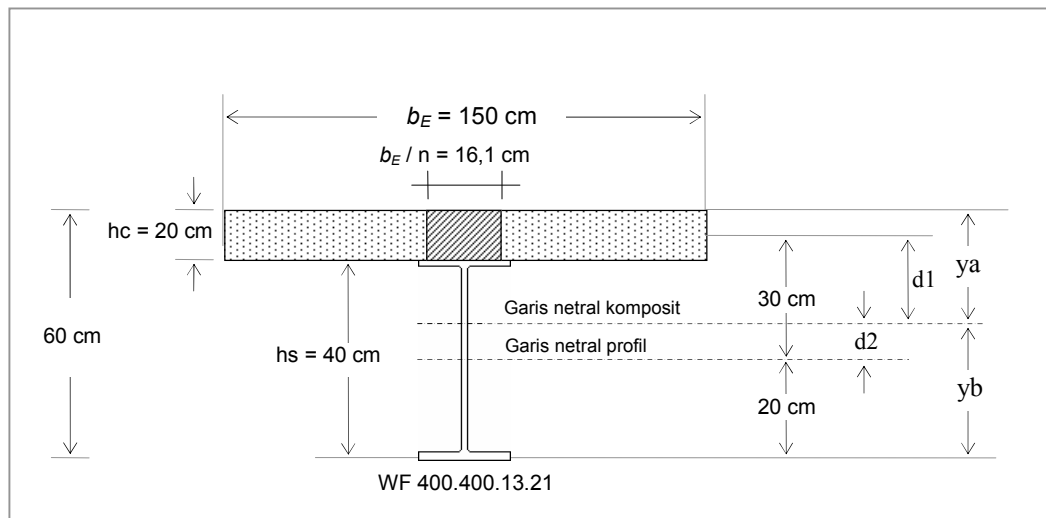
$$\text{Beton, } E_c = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \cdot \sqrt{21} = 21538 \text{ MPa.}$$

Modulus ratio,

$$n = E_s / E_c = (200.000 \text{ MPa}) / (21538 \text{ MPa}) = 9,3$$

Lebar equivalen baja,

$$b_E / n = 1,5 \text{ m} / 9,3 = 0,161 \text{ m} = 16,1 \text{ cm}.$$



Gambar 11 : Letak garis netral penampang komposit

Letak garis netral komposit.

Luas penampang baja equivalen,	$A_c = (16,1 \text{ cm}) \cdot (20 \text{ cm})$	$= 322 \text{ cm}^2$
Luas profil WF 400.400.13.21	A_s	$= 218,7 \text{ cm}^2$
Luas total,	A_{total}	$= 540,7 \text{ cm}^2$

- Statis momen ke sisi atas pelat beton,

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

$$(540,7 \text{ cm}^2) \cdot y_a = (322 \text{ cm}^2) \cdot (20 \text{ cm}/2) + (218,7 \text{ cm}^2) \cdot (40 \text{ cm}/2 + 20 \text{ cm})$$

$$(540,7 \text{ cm}^2) \cdot y_a = 3220,0 \text{ cm}^3 + 8748,0 \text{ cm}^3 = 11968,0 \text{ cm}^3$$

$$y_a = (11968,0 \text{ cm}^3)/(540,7 \text{ cm}^2) = 22,1 \text{ cm}.$$

- Statis momen ke sisi bawah flens bawah profil,

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

$$(540,7 \text{ cm}^2) \cdot y_b = (322 \text{ cm}^2) \cdot (40 \text{ cm} + 20 \text{ cm}/2) + (218,7 \text{ cm}^2) \cdot (40 \text{ cm}/2)$$

$$(540,7 \text{ cm}^2) \cdot y_b = 16100,0 \text{ cm}^3 + 4374,0 \text{ cm}^3$$

$$y_b = (20474,0 \text{ cm}^3)/(540,7 \text{ cm}^2) = 37,8 \text{ cm}$$

- Kontrol,

$$Y_a + y_b = h_s + h_c$$

$$22,1 \text{ cm} + 37,8 \text{ cm} = 40 \text{ cm} + 20 \text{ cm}$$

$$60 \text{ cm} = 60 \text{ cm} \text{ (memenuhi).}$$

Perhitungan momen inertiya komposit (I), terhadap garis netral komposit adalah sebagai berikut,

a. Penampang baja equivalen.

Luas penampang baja equivalen,

$$A_c = 322,0 \text{ cm}^2.$$

Momen inertiya terhadap diri sendiri,

$$I_o = 1/12 \cdot (16,1 \text{ cm}) \cdot (20 \text{ cm})^3 = 10733,3 \text{ cm}^4.$$

Letak pusat berat penampang baja equivalen terhadap garis netral komposit,
 $d_1 = y_a - (h_c/2) = (22,1 \text{ cm}) - (20 \text{ cm}/2) = 12,1 \text{ cm}.$

Momen inerti penampang baja equivalen terhadap garis netral komposit ,
 $I_c = I_o + A \cdot d_1^2 = 10733,3 \text{ cm}^4 + (322,0 \text{ cm}^2) \cdot (12,1 \text{ cm})^2 = 57877,3 \text{ cm}^4.$

b. Profil WF 400.400.13.21.

Luas profil WF,
 $A_s = 218,7 \text{ cm}^2.$

Momen inerti terhadap diri sendiri,
 $I_o = 66600 \text{ cm}^4.$

Letak pusat berat profil WF terhadap garis netral komposit,
 $d_2 = y_b - (h_s/2) = (37,8 \text{ cm}) - (40 \text{ cm}/2) = 17,8 \text{ cm}.$

Momen inerti profil WF terhadap garis netral komposit ,
 $I_s = I_o + A \cdot d_2^2 = 66600 \text{ cm}^4 + (218,7 \text{ cm}^2) \cdot (17,8 \text{ cm})^2 = 135982,9 \text{ cm}^4.$

c. Momen inerti penampang komposit.

$$I = I_c + I_s = 57877,3 \text{ cm}^4 + 135982,9 \text{ cm}^4 = 193860,2 \text{ cm}^4.$$

Modulus penampang elastis.

- Pada tepi atas pelat beton,

$$S_c = I / y_a = (193860,2 \text{ cm}^4) / (22,1 \text{ cm})$$
$$S_c = 8772,0 \text{ cm}^3.$$

- Pada tepi atas sayap baja,

$$S_{sa} = I / (y_a - 20 \text{ cm}) = (193860,2 \text{ cm}^4) / (22,1 \text{ cm} - 20 \text{ cm})$$
$$S_{sa} = 92314,4 \text{ cm}^3.$$

- Pada tepi bawah sayap baja,

$$S_{sb} = I / y_b = (193860,2 \text{ cm}^4) / (37,8 \text{ cm})$$
$$S_{sb} = 5128,6 \text{ cm}^3.$$

6.2. 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 tegangan yang terjadi pada penampang komposit akibat berat sendiri.

Penyelesaian :

A). **DATA - DATA**

1. DATA GEOMETRIS JEMBATAN

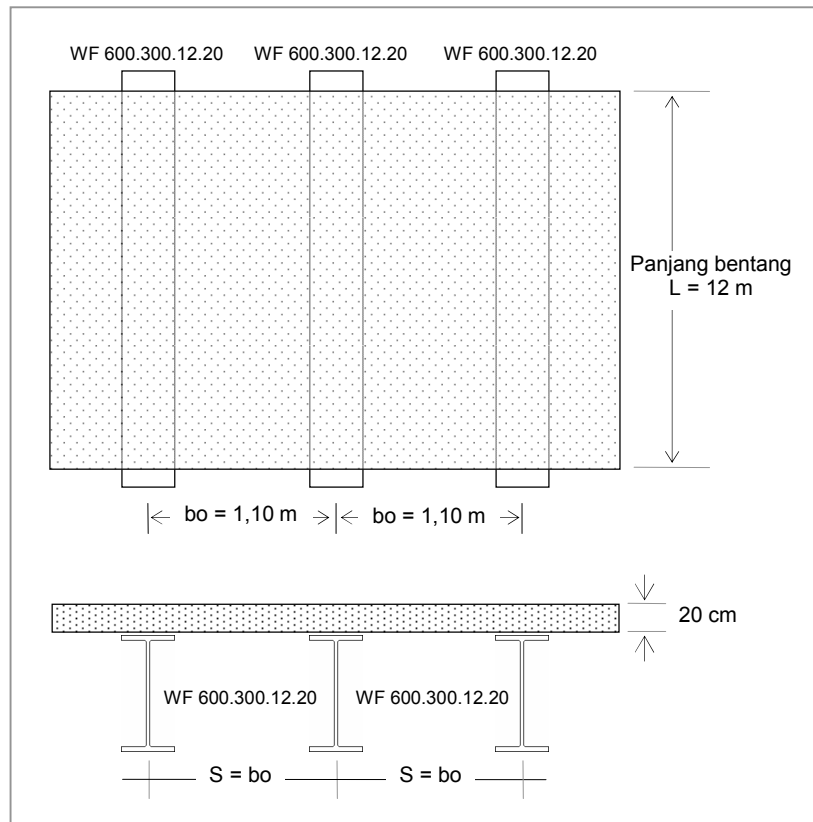
Tebal slab lantai jembatan	h_c	$= 20,0 \text{ cm}.$
Jarak antara gelagar baja	$S = b_o$	$= 110,0 \text{ cm}.$
Panjang bentang jembatan	L	$= 12,0 \text{ m}.$

2. DATA MATERIAL

a. BETON

Mutu beton, K-300	$= 300 \text{ kg/cm}^2$
-------------------	-------------------------

Kuat tekan beton, $f_c' = 0,83 \text{ K}/10 = 24,9 \text{ MPa}$.
 Modulus Elastis, $E_c = 4700 \sqrt{f_c'} = 23453 \text{ MPa}$.
 Berat beton bertulang, $W_c = 25 \text{ kN/m}^3$



Gambar 12 : gambar soal 6.2.

b. BAJA

Mutu baja, BJ - 41
 Tegangan leleh baja, $f_y = 250 \text{ MPa}$.
 Modulus elastis, $E_s = 200.000 \text{ Mpa}$.
 Profil WF 600.300.12.20
 $I_o = 118000 \text{ cm}^4$.
 $h_s = 58,8 \text{ cm}$.
 $A_s = 192,5 \text{ cm}^2$.
 $q_s = 151 \text{ kg/m} = 1,51 \text{ kN/m}$.

B). ANALISA STRUKTUR.

a. Berat Sendiri.

- Pelat beton, $q_c = (1,10 \text{ m}) \cdot (0,20 \text{ m}) \cdot (25 \text{ kN/m}^3) = 5,500 \text{ kN/m}'$.
 - Profil WF 600.300.12.20, $q_s = 1,510 \text{ kN/m}'$.
 $q = 7,010 \text{ kN/m}'$.

b. Momen lentur.

Momen maksimum terjadi di tengah bentang sebesar,
 $M_{maks} = 1/8 q L^2 = 1/8 \cdot (7,010 \text{ kN/m}') \cdot (12 \text{ m})^2$
 $M_{maks} = 126,180 \text{ kN.m}'$.

C). GARIS NETRAL PENAMPANG KOMPOSIT.

Lebar efektif (RSNI T-03-2005),

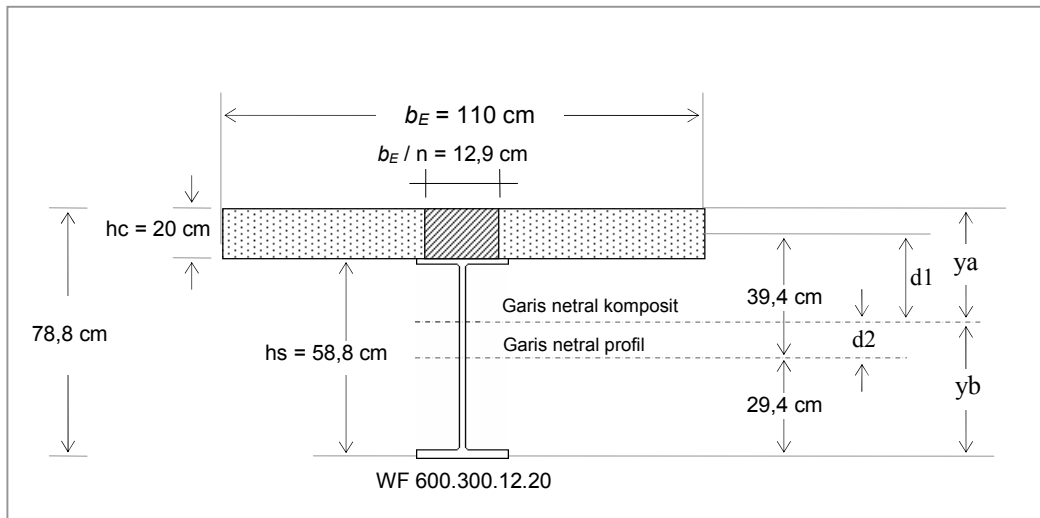
$$\begin{aligned} b_E &= L / 5 = 12 \text{ m} / 5 = 2,4 \text{ m} \\ b_E &= b_o = 1,10 \text{ m (menentukan).} \\ b_E &= 12 h_c = 12 \cdot (0,20 \text{ m}) = 2,40 \text{ m.} \end{aligned}$$

Modulus ratio,

$$n = E_s / E_c = (200.000 \text{ MPa}) / (23500 \text{ MPa}) = 8,5$$

Lebar ekuivalen baja,

$$b_E / n = 1,10 \text{ m} / 8,5 = 0,129 \text{ m} = 12,9 \text{ cm.}$$



Gambar 13 : Letak garis netral penampang komposit

Letak garis netral komposit.

Luas penampang baja ekuivalen,	$A_c = (12,9 \text{ cm}) \cdot (20 \text{ cm})$	$= 258 \text{ cm}^2$
Luas profil WF 600.300.12.20	A_s	$= 192,5 \text{ cm}^2$
Luas total,	A_{total}	$= 450,5 \text{ cm}^2$

- Statis momen ke sisi atas pelat beton,

$$\begin{aligned} A_{total} \cdot y_a &= A_c \cdot (h_c/2) + A_s \cdot (h_s/2 + h_c) \\ (450,5 \text{ cm}^2) \cdot y_a &= (258 \text{ cm}^2) \cdot (20 \text{ cm}/2) + (192,5 \text{ cm}^2) \cdot (58,8 \text{ cm}/2 + 20 \text{ cm}) \\ (450,5 \text{ cm}^2) \cdot y_a &= 2580,0 \text{ cm}^3 + 9509,5 \text{ cm}^3 = 12089,5 \text{ cm}^3 \\ y_a &= (12089,5 \text{ cm}^3) / (450,5 \text{ cm}^2) = 26,84 \text{ cm.} \end{aligned}$$

- Statis momen ke sisi bawah flens bawah profil,

$$\begin{aligned} A_{total} \cdot y_b &= A_c \cdot (h_s + h_c/2) + A_s \cdot (h_s/2) \\ (450,5 \text{ cm}^2) \cdot y_b &= (258 \text{ cm}^2) \cdot (58,8 \text{ cm} + 20 \text{ cm}/2) + (192,5 \text{ cm}^2) \cdot (58,8 \text{ cm}/2) \\ (450,5 \text{ cm}^2) \cdot y_b &= 17750,4 \text{ cm}^3 + 5659,5 \text{ cm}^3 = 23409,9 \text{ cm}^3 \\ y_b &= (23409,9 \text{ cm}^3) / (450,5 \text{ cm}^2) = 51,96 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Kontrol,

$$\begin{aligned} y_a + y_b &= h_s + h_c \\ 26,84 \text{ cm} + 51,96 \text{ cm} &= 58,8 \text{ cm} + 20 \text{ cm} \\ 78,8 \text{ cm} &= 78,8 \text{ cm (memenuhi).} \end{aligned}$$

D). MOMEN INERTIA PENAMPANG KOMPOSIT.

Perhitungan momen inertia komposit (I), terhadap garis netral komposit adalah sebagai berikut,

a. Penampang baja equivalen.

Luas penampang baja equivalen,

$$A_c = 258,0 \text{ cm}^2.$$

Momen inertia terhadap diri sendiri,

$$I_{oc} = 1/12 \cdot (12,9 \text{ cm}) \cdot (20 \text{ cm})^3 = 8600,0 \text{ cm}^4.$$

Letak pusat berat penampang baja equivalen terhadap garis netral komposit,

$$d_1 = y_a - (h_c/2) = (26,84 \text{ cm}) - (20 \text{ cm}/2) = 16,84 \text{ cm}.$$

Momen inertia penampang baja equivalen terhadap garis netral komposit ,

$$I_c = I_{oc} + A_c \cdot d_1^2 = 8600,0 \text{ cm}^4 + (258,0 \text{ cm}^2) \cdot (16,84 \text{ cm})^2 = 81765,1 \text{ cm}^4.$$

b. Profil WF 600.300.12.20.

Luas profil WF,

$$A_s = 192,5 \text{ cm}^2.$$

Momen inertia terhadap diri sendiri,

$$I_{os} = 118000 \text{ cm}^4.$$

Letak pusat berat profil WF terhadap garis netral komposit,

$$d_2 = y_b - (h_s/2) = (51,96 \text{ cm}) - (58,8 \text{ cm}/2) = 22,56 \text{ cm}.$$

Momen inertia profil WF terhadap garis netral komposit ,

$$I_s = I_{os} + A \cdot d_2^2 = 118000 \text{ cm}^4 + (192,5 \text{ cm}^2) \cdot (22,56 \text{ cm})^2 = 215973,6 \text{ cm}^4.$$

c. Momen inertia penampang komposit.

$$I = I_c + I_s = 81765,1 \text{ cm}^4 + 215973,6 \text{ cm}^4 = 297738,7 \text{ cm}^4.$$

E). TEGANGAN LENTUR PADA PENAMPANG KOMPOSIT.

Pada tepi atas pelat beton,

$$f_{ca} = \frac{M \cdot y_a}{n \cdot I} = \frac{(126,180 \times 10^6 \text{ N.mm}) \times (268,4 \text{ mm})}{(8,5) \cdot (297738,7 \times 10^4 \text{ mm}^4)} = 1,3 \text{ MPa (tekan)}.$$

Pada tepi bawah pelat beton,

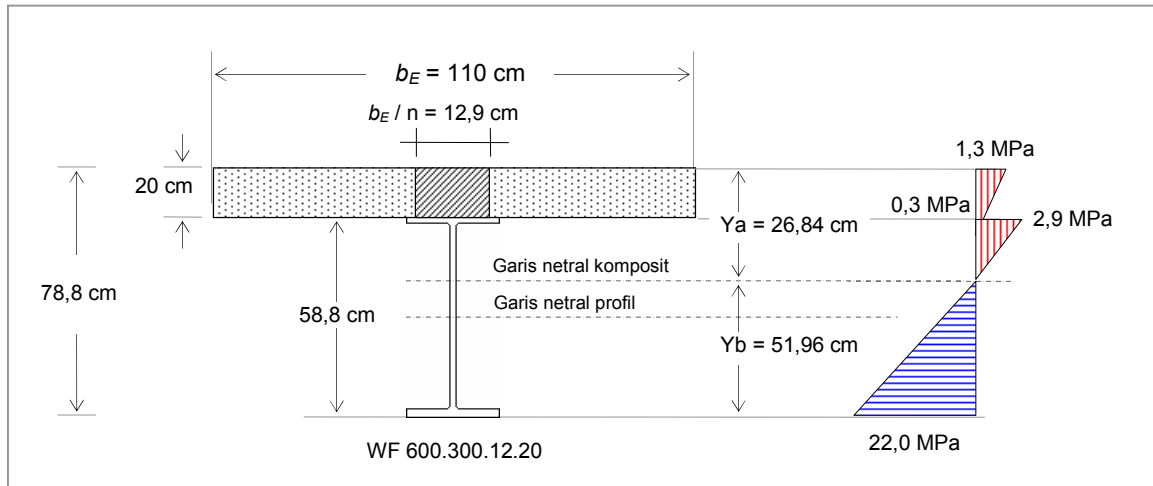
$$\begin{aligned} f_{cb} &= \frac{M \cdot (y_a - 200 \text{ mm})}{n \cdot I} = \frac{(126,180 \times 10^6 \text{ N.mm}) \times (268,4 \text{ mm} - 200 \text{ mm})}{(8,5) \cdot (297738,7 \times 10^4 \text{ mm}^4)} \\ &= 0,3 \text{ MPa (tekan)}. \end{aligned}$$

Pada tepi atas flens atas profil WF,

$$\begin{aligned} f_{sa} &= \frac{M \cdot (y_a - 200 \text{ mm})}{I} = \frac{(126,180 \times 10^6 \text{ N.mm}) \times (268,4 \text{ mm} - 200 \text{ mm})}{(297738,7 \times 10^4 \text{ mm}^4)} \\ &= 2,9 \text{ Mpa (tekan)}. \end{aligned}$$

Pada tepi bawah flens bawah profil WF,

$$f_{sa} = \frac{M \cdot (y_b)}{I} = \frac{(126,180 \times 10^6 \text{ N.mm}) \times (519,6 \text{ mm})}{(297738,7 \times 10^4 \text{ mm}^4)} = 22,0 \text{ Mpa (tarik).}$$



Gambar 14 : Diagram tegangan penampang komposit akibat berat sendiri.

Keterangan :

Dari diagram tegangan terlihat, bagian beton sepenuhnya mengalami tegangan tekan.