

ANALISIS PENGHUBUNG GESER (*SHEAR CONNECTOR*) PADA BALOK BAJA DAN PELAT BETON

Monika Eirine Tumimomor

Servie O. Dapas, Mielke R. I. A. J. Mondoringin

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

monicaeirine@gmail.com

ABSTRAK

Struktur baja dalam suatu bangunan masih memerlukan komponen beton dalam pembangunan gedung bertingkat contohnya pelat lantai. Pelat lantai yang dihubungkan dengan balok baja menggunakan penghubung geser (*shear connector*) menghasilkan struktur komposit. Pada struktur komposit terdapat gaya geser horisontal yang timbul selama pembebanan. Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan balok baja akan dipikul oleh sejumlah penghubung geser (*shear connector*) sehingga tidak terjadi slip pada saat masa layan. Untuk mendapatkan penampang yang sepenuhnya komposit penghubung geser harus cukup kaku sehingga dapat menahan gaya geser yang terjadi. Adanya penghubung geser menyebabkan balok baja dan beton di atasnya bekerja secara integral. Fungsi utama dari elemen-elemen penghubung untuk membantu meneruskan gaya-gaya yang ada di titik hubung dari suatu elemen struktur ke elemen struktur lainnya sehingga timbul gaya geser pada baut.

Analisis yang digunakan didasarkan pada Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung menurut SNI 03-1729-2002, Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD. Tahapan analisis data yaitu berupa perencanaan dimensi baja pada balok struktur baja menggunakan perangkat lunak Structure Analysis Program (SAP).

Penghubung geser (*shear connector*) memberikan pengaruh terhadap elemen balok baja, dalam menahan gaya geser yang terjadi antara balok baja dan pelat beton. Balok baja dan pelat beton yang tidak dihubungkan dengan penghubung geser memiliki tegangan yang lebih besar karena elemen profil dan plat belum menyatu sehingga tegangan yang dihasilkan masih bersifat sendiri-sendiri. Dari setiap variasi diambil nilai tengah dari hasil output tegangan sehingga didapat diameter 19x100 sebagai stud yang ekonomis untuk variasi diameter dengan jarak 125 mm dan untuk variasi panjang stud dengan diameter 16x75 sebagai stud yang ekonomis.

Kata kunci : Balok Komposit, Penghubung Geser (*shear connector*), Stud, Baja.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Struktur dalam suatu bangunan merupakan tiang pusat kekuatan bangunan. Bangunan sebagai suatu benda hasil karya seorang umumnya besar dan mempunyai bobot yang tinggi. Dalam mendesain bangunan seorang konstruksi bangunan harus mendirikan bangunan yang memenuhi syarat kuat, awet, indah, fungsional dan ekonomis. Perkembangan konstruksi bangunan yang semakin maju menciptakan material yang lebih baik dan memiliki kekuatan yang tinggi.

Penggunaan baja sangat diminati karena memiliki beberapa keuntungan diantaranya yaitu mempunyai kekuatan, homogenitas, dan keawetan yang tinggi, bersifat elastis, daktilitas baja yang cukup tinggi, dan mudah dalam melaksanakan pemasangan dan pengerjaan.

Adapun kekurangan dari baja itu sendiri yaitu baja membutuhkan pemeliharaan khusus agar mutunya tidak berkurang.

Struktur baja dalam suatu bangunan masih memerlukan komponen beton dalam pembangunan gedung bertingkat contohnya pelat lantai. Pelat lantai yang dihubungkan dengan balok baja menggunakan penghubung geser (*shear connector*) menghasilkan struktur komposit. Pada struktur komposit terdapat gaya geser horisontal yang timbul selama pembebanan. Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan balok baja akan dipikul oleh sejumlah penghubung geser (*shear connector*), sehingga tidak terjadi slip pada saat masa layan. Untuk mendapatkan penampang yang sepenuhnya komposit penghubung geser harus cukup kaku sehingga dapat menahan gaya geser yang terjadi. Adanya penghubung geser menyebabkan balok baja dan beton di atasnya

bekerja secara integral. Dengan demikian terbentuk penampang T dengan baja sebagai bagian yang mengalami tarik dan beton yang mengalami tekan.

Penghubung geser (*shear connector*) yang digunakan dalam perencanaan ini adalah penghubung geser stud. Kelamahan dari penghubung geser stud adalah dapat mengalami deformasi lentur pada saat pembebanan sehingga tidak cukup untuk menahan geser. Untuk mengantisipasi hal tersebut biasanya dalam pelaksanaan dilapangan dipasang penghubung geser stud dalam jumlah banyak. Penghubung geser stud yang dipasang terlalu banyak tentunya tidak akan ekonomis dalam perencanaan suatu bangunan

Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang diatas mengenai penghubung geser (*shear connector*) guna menahan gaya horizontal antara plat beton dan balok baja yang timbul selama pembebanan maka akan diteliti jumlah penghubung geser (*shear connector*) yang baik dalam perencanaan suatu bangunan

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menganalisa pentingnya menggunakan penghubung geser (*shear connector*) untuk mendapatkan penampang yang sepenuhnya komposit sehingga dapat menahan gaya geser yang terjadi antara plat beton dan balok baja yang ditinjau

Manfaat Penelitian

- Dapat memberikan informasi tentang penghubung geser (*shear connector*) yang cukup kaku agar mampu memikul beban atau gaya geser yang terjadi antara balok baja dan plat beton
- Menambah informasi mengenai analisis penghubung geser pada balok baja dan pelat beton dengan menggunakan program SAP2000

LANDASAN TEORI.

Sifat Mekanik Material Baja

Sifat Mekanik Material Baja Secara Umum Adanya beban pada elemen struktur selalu menyebabkan terjadinya perubahan dimensional pada elemen struktur tersebut. Struktur tersebut mengalami perubahan ukuran atau bentuk atau kedua-duanya. Pada sebagian besar jenis material baja, perubahan dimensional yang terjadi dapat

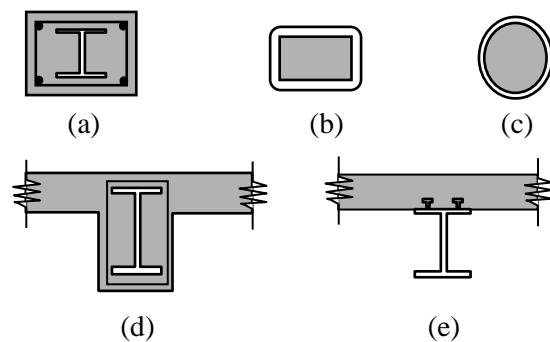
secara kasar dikelompokkan kedalam dua jenis, yaitu:

- Deformasi Elastis
- Deformasi Plastis

Sistem Struktur Komposit

Struktur komposit (*Composite*) merupakan struktur yang terdiri dari dua material atau lebih dengan sifat bahan yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik. Umumnya struktur komposit berupa :

1. Kolom baja terbungkus beton / balok baja terbungkus beton (Gambar 1.a/d).
2. Kolom baja berisi beton/tiang pancang (Gambar 1.b/c).
3. Balok baja yang menahan slab beton (Gambar 1.e)



Gambar 1. Macam-macam Struktur Komposit

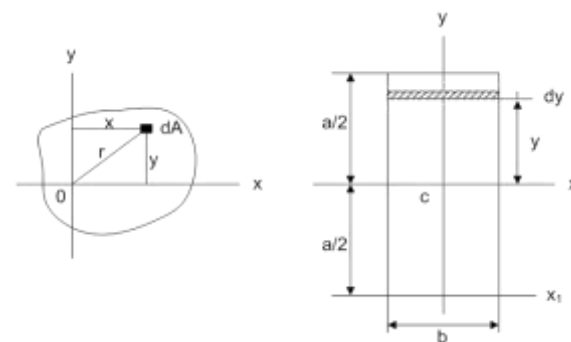
Momen Inersia Area Bidang

Momen inersia suatu area bidang terhadap sumbu x dan y didefinisikan dengan integral sebagai berikut :

$$I_x = \int y^2 dA$$

$$I_y = \int x^2 dA$$

dimana x dan y adalah koordinat elemen luas diferensial d A. karena elemen d A dikalikan dengan kuadrat jarak dari sumbu referensi, maka momen inersia disebut juga momen kedua dari suatu area.



Gambar 2. Momen Inersia Persegi Panjang

Karena semua bagian strip mempunyai jarak sama dari sumbu x, maka kita dapat menyatakan momen inersia I_x terhadap sumbu x

$$I_x = \int y^2 dA \quad (1)$$

$$I_x = \int_{-0.5h}^{0.5h} y^2 b dy \quad (2)$$

$$I_x = b \left[\frac{y^3}{3} \right]_{-0.5h}^{0.5h} \quad (3)$$

$$I_x = \frac{b}{3} \cdot \left[\left(\frac{h^3}{8} \right) - \left(-\frac{h^3}{8} \right) \right] \quad (4)$$

$$I_x = \frac{b}{3} \cdot \left[\frac{h^3}{4} \right] \rightarrow \frac{bh^3}{12} \quad (5)$$

Momen Inersia suatu area komposit terhadap sumbu manapun merupakan jumlah dari momen inersia bagian-bagiannya terhadap sumbu yang sama.

Tegangan Lentur

Balok adalah batang yang dominan memikul beban-beban yang bekerja arah transversal. Akibat beban ini, balok akan mengalami deformasi yang berupa lengkungan atau kenturan yang menimbulkan tegangan.

Apabila ukuran balok bertambah, maka tegangan pada suatu titik pada balok akan berkurang untuk suatu harga momen. Besaran ini disebut dengan momen inersia (I). Tegangan lentur sangat berpengaruh dari faktor-faktor diatas. Persamaan tegangan lentur adalah :

$$\sigma_x = \frac{M \cdot y}{I}$$

Jika momen lentur disuatu balok adalah positif, maka tegangan lentur akan positif (tarik) dibagian penampang dimana y adalah negatif, artinya dibagian bawah balok. Tegangan dibagian atas balok akan negatif (tekan), jika momen lentur adalah negatif juga.

Tegangan Geser

Persamaan tegangan geser adalah :

$$\tau = \frac{V \cdot Q}{I \cdot b}$$

Rumus Kapasitas Balok Jepit-Jepit

- Persamaan Momen

$$M = -\frac{w \cdot L^2}{2} \left(\frac{1}{6} - \frac{x}{L} + \frac{x^2}{L^2} \right) \quad (6)$$

$$M_{\max} = \frac{w \cdot L^2}{24} \text{ (Tengah Bentang)} \quad (7)$$

$$M_A = M_B = -\frac{w \cdot L^2}{12} \text{ (Daerah Perletakan)} \quad (8)$$

- Persamaan Gaya Geser

$$Q = \frac{w \cdot L^2}{12} - wx \quad (9)$$

- Persamaan Lendutan

$$f = -\frac{w \cdot L^4}{24 EI} \left(\frac{x^2}{L^2} - 2 \frac{x^3}{L^3} + \frac{x^4}{L^4} \right) \quad (10)$$

$$f_{\max} = \frac{w \cdot L^4}{384 EI} \text{ (Tengah Bentang)} \quad (11)$$

Sistem Pelaksanaan Komponen Struktur Komposit

Metode pelaksanaan suatu komponen struktur komposit (khususnya untuk komponen struktur lentur), secara umum dapat dibedakan berdasarkan ada atau tidaknya tumpuan sementara (perancah)

Jika tumpuan tidak digunakan (*unshored*) maka profil baja akan berperilaku sebagai penumpu dari bekisting pelat beton, selama belum mengeras. Dalam tahap ini, balok baja harus mampu memikul beban-beban yang meliputi berat sendiri, berat bekisting pelat serta berat beton yang masih belum mengeras. Setelah pelat beton mengeras maka aksi komposit akan mulai bekerja, sehingga semua beban layan yang ada (meliputi beban mati dan hidup) akan dipikul oleh komponen struktur komposit.

Sistem pelaksanaan yang lain adalah dengan menggunakan tumpuan sementara (*shored*) selama pelat beton belum mengeras. Tumpuan sementara ini akan memikul berat dari profil baja, bekisting pelat serta beton yang belum mengeras. Dengan digunakannya tumpuan sementara akan dapat mengurangi tegangan yang timbul pada profil baja selama proses konstruksi. Setelah beton mengeras, perancah dilepas dan beban-beban layan dipikul melalui aksi komposit baja dan pelat beton.

Lebar Efektif.

Konsep lebar efektif sangat berguna dalam proses desain suatu komponen struktur (komposit) terutama ketika proses desain harus dilakukan terhadap suatu elemen yang mengalami distribusi tegangan yang tidak seragam. Besarnya lebar efektif dari suatu komponen struktur komposit dapat ditentukan sebagai berikut :

1. Untuk balok-balok interior.

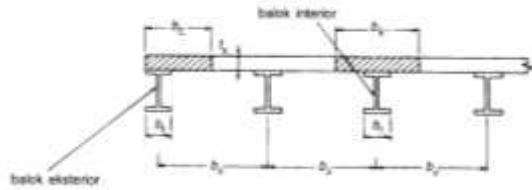
$$b_E \leq \frac{L}{4}$$

$$b_E \leq b_o$$

2. Untuk balok-balok eksterior .

$$b_E \leq \frac{L}{8}$$

$$b_E \leq \frac{1}{2} b_0$$



Gambar 1. Lebar efektif balok komposit

Kuat Lentur Nominal

Kuat lentur nominal dari suatu komponen struktur komposit (untuk momen positif menurut SNI 03-1729-2002 pasal 12.4.2.1 ditentukan sebagai berikut :

a. Untuk $\frac{h}{t_w} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$

M_n kuat momen nominal yang dihitung berdasarkan distribusi tegangan plastis pada penampang komposit

$$\phi_b = 0,85$$

b. Untuk $\frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b_E}$

M_n kuat momen nominal yang dihitung berdasarkan superposisi tegangan-tegangan elastis yang memperhitungkan pengaruh tumpuan sementara (perancah)

$$\phi_b = 0,90$$

Kuat lentur nominal yang dihitung berdasarkan distribusi tegangan plastis, dapat dikategorikan menjadi dua kasus sebagai berikut:

1. Sumbu netral plastis jatuh pada pelat beton

Dengan mengacu pada gambar kuat lentur nominal, maka gaya tekan C adalah :

$$C = 0,85 \cdot f'c \cdot a \cdot b_E$$

Gaya tarik T pada profil baja adalah sebesar:

$$T = As \cdot fy$$

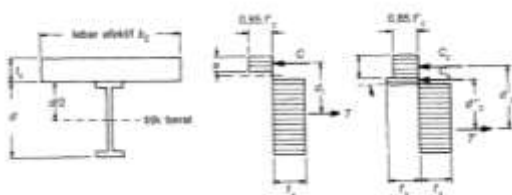
Dari keseimbangan gaya C = T, maka diperoleh :

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b_E}$$

Kuat lentur nominal dapat dihitung

$$Mn = C \cdot d_1$$

Atau $= T \cdot d_1 = As \cdot fy \cdot (\frac{d}{2} + t_f - \frac{a}{2})$



Gambar 2. Kuat lentur nominal distribusi tegangan plastis

Jika dari hasil perhitungan $a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b_E}$ ternyata $a > t_s$, maka asumsi harus diubah. Hasil ini menyatakan bahwa pelat beton tidak cukup kuat untuk mengimbangi gaya tarik yang timbul pada profil baja.

2. Sumbu netral plastis jatuh pada profil baja
Apabila kedalam balok tegangan, a, ternyata melebihi tebal pelat beton, maka distribusi tegangan dapat ditunjukkan seperti pada gambar. Gaya tekan, C_c , yang bekerja pada beton sebesar :

$$C_c = 0,85 \cdot f'c \cdot b_E \cdot t_s$$

Dari keseimbangan gaya, diperoleh hubungan :

$$T' = C_c + C_s$$

Besarnya T' sekarang lebih kecil daripada $A_s \cdot f_y$, yaitu :

$$T' = A_s \cdot f_y - C_s$$

Dengan menyamakan persamaan 2.6 dan 2.7 diperoleh

$$C_s = \frac{As \cdot fy - Cc}{2}$$

Atau dengan mensubstitusikan persamaan 2.8, diperoleh bentuk :

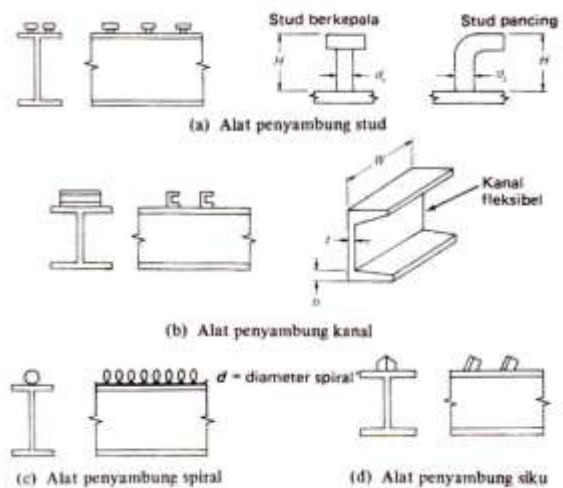
$$C_s = \frac{As \cdot fy - 0,85 \cdot f'c \cdot b_E \cdot t_s}{2}$$

Kuat lentur nominal diperoleh dengan memperhatikan Gambar diatas

$$M_n = C_c \cdot d_2' + C_s \cdot d_2''$$

Penghubung Geser (Shear Connector)

Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan profil baja harus dipikul oleh sejumlah penghubung geser, sehingga tidak terjadi slip pada masa layan. Adapun jenis-jenis alat penghubung geser yang biasa digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Jenis-jenis alat penghubung geser

Jika besarnya V_h ditentukan oleh $A_s f_y$ atau $0,85 f'_c A_c$ maka yang terjadi adalah perilaku aksi komposit penuh, dan jumlah penghubung geser yang diperlukan antara tiap momen nol dan momen maksimum adalah :

$$N_1 = \frac{V_h}{Q_n}$$

Kuat nominal penghubung geser jenis paku yang ditanam dalam pelat beton masih ditentukan sesuai pasal 12.6.3, yaitu :

$$Q_n = 0,5 \cdot A_{sc} \sqrt{f'_c E_c} \leq A_{sc} f_u$$

Perhitungan Penghubung Geser

Kekuatan penghubung geser dipengaruhi oleh beberapa hal seperti:

1. Jumlah Penghubung geser,
2. Tegangan longitudinal rata-rata dalam pelat beton disekeliling penghubung
3. Ukuran, penataan dan kekuatan tulangan pelat disekitar penghubung
4. Ketebalan beton disekeliling penghubung
5. Derajat kebebasan dari setiap dasar pelat untuk bergerak secara lateral dan kemungkinan terjadinya gaya tarik ke atas (*up lift force*) pada penghubung
6. Daya lekat pada antar muka beton-baja
7. Kekuatan pelat beton
8. Tingkat kepadatan pada beton disekeliling pada setiap dasar penghubung

Kuat geser rencana penghubung geser diambil dari nilai terendah yang didapat dari hubungan berikut :

$$P_{Rd} = \frac{\phi_v 0,8 f_u \pi d^2}{4}$$

dan

$$P_{Rd} = \phi_v 0,29 d^2 \sqrt{f'_c E_{cm}}$$

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penyelesaian proposal ini adalah dengan cara analitis yang difokuskan untuk perhitungan jumlah penghubung geser yang cukup kaku agar mendapatkan penampang yang sepenuhnya komposit sehingga mampu menahan gaya geser yang terjadi.

Analisis yang digunakan didasarkan pada Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung menurut SNI 03-1729-2002, Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD.

Penelitian ini dibagi didalam 3 tahapan yaitu:

- Tahapan Input data berupa penyediaan data gaya aksial akibat beban berfaktor, gaya

momen akibat beban berfaktor, dan juga gaya geser akibat beban berfaktor.

- Tahapan analisis data yaitu berupa perencanaan dimensi baja pada balok struktur baja menggunakan perangkat lunak Structure Analysis Program (SAP).
- Tahapan Output yang didalamnya membahas tentang hasil perencanaan penghubung geser (*shear connector*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Balok Baja dengan Plat Beton yang di hubungkan dengan penghubung geser (*shear connector*) dengan variasi penghubung geser (*shear connector*) yang berbeda-beda dan menggunakan Profil WF yang sama, sehingga mendapatkan balok yang sepenuhnya komposit dan lebih efisien. Digunakan Profil WF 400*200 dengan data dibawah ini :

Profil 400.200.8.13

Diketahui :

d	= 400	mm
bf	= 200	mm
tw	= 8	mm
tf	= 13	mm
r	= 16	mm
Berat	= 66.03	kg/m
A	= 8410	mm ²
Ix	= 2.37E+08	mm ⁴
Iy	= 1.74E+07	mm ⁴

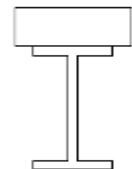
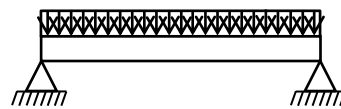
- 1) Cek Kriteria Penampang

$$\frac{h}{tw} = 42.75$$

$$\frac{1680}{\sqrt{f_y}} = \frac{1680}{\sqrt{240}} = 108.443$$

$$42.75 \leq 108.443 \dots \text{KOMPAK}$$

- 2) Kuat Lentur Nominal



Perhitungan Beban :

Beban Mati : 123.63 kg/m²

- Pelat Beton = 0.12(2400) 0.2
= 57.6 kg/m = 5.7 N/mm

- Berat Sendiri Profil
= 66.03 kg/m = 0.66 N/mm

Beban Hidup : 15000 kg/m²

$$Q_u = 1.2 (123.63) + 1.6(500)$$

$$= 24148.356 \text{ kg/m}$$

$$M_u = \frac{1}{12} \cdot q_u \cdot L^2$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 24148.356 \cdot 5^2$$

$$= 50309.075 \text{ kgm}$$

$$= 493363490.3 \text{ Nmm}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'c \cdot b_E}$$

$$= \frac{8410 \cdot 240}{0.85 \cdot 25 \cdot 1250}$$

$$= 75.98682353 \text{ mm}$$

$$< t_p (=120 \text{ mm})$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \left(\frac{d}{2} + t - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 483821783 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 0.85 (483821783)$$

$$= 411248515.6 \text{ Nmm} < M_u$$

$$(493363490.3 \text{ Nmm})$$

$$\frac{M_n}{\phi M_n} = 1.199672392 > 1 \dots \text{NOT OK}$$

Lebar efektif

$$B_e = \frac{1}{4} \cdot L = \frac{1}{4} (5) = 1.250 \text{ m}$$

$$B_e = b_o = 5000 \text{ mm}$$

Menentukan nilai n

	Luas Transformasi $A \text{ (cm}^2\text{)}$	Lengan Momen $y \text{ (cm)}$	$A \cdot y \text{ (cm}^3\text{)}$
Pelat Beton	187.44	6	1124.64
Profil WF	84.10	32	2691.2
	271.54		3815.84

$$E_{beton} = 4700 \sqrt{f'c}$$

$$= 4700 \sqrt{25}$$

$$= 23500$$

$$E_{baja} = 200000 \text{ Mpa}$$

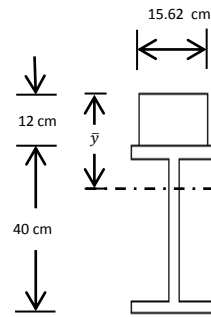
$$n = \frac{E_{baja}}{E_{beton}}$$

$$= 8.510638298 \approx 8$$

$$\text{sehingga } b_e \text{ diambil} = 0.15625 \text{ m}$$

$$= 15.62 \text{ cm}$$

Menentukan letak garis netral



$$\bar{y} = \frac{\sum A \cdot y}{\sum A} = \frac{3815.84}{271.54} = 14.052 \text{ cm}$$

$$I_{rr} = 23700 + 84.10(32-14.052)^2 + \frac{1}{12} (15.62) \times (12)^3 + 187.44 (14.052-6)^2$$

$$= 65193.088 \text{ cm}^4$$

Balok diperiksa terhadap geser :

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot q_u \cdot L^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 948.356 \cdot 5^2$$

$$= 301854.45 \text{ kg} = 2960180.942 \text{ N}$$

$$\phi V_n = \phi \cdot 0.6 f_y \cdot h \cdot t_w$$

$$= 0.9 \cdot 0.6 \cdot 240 \cdot 342 \cdot 8$$

$$= 354585.6 \text{ N} > V_u \text{ OK}$$

Kontrol Lendutan

$$\text{Batasan Lendutan} = L/360 = 5000/360$$

$$= 13.88 \text{ mm}$$

Lendutan akibat beban mati

$$\Delta_1 = \frac{q \cdot L^4}{384 EI} = \frac{(5.7+0.66) \times 5000^4}{384 \cdot 20000 \cdot (65193.088 \times 10^4)}$$

$$= 0.079 \text{ mm}$$

Lendutan akibat beban hidup

$$\Delta_2 = \frac{q \cdot L^4}{384 EI} = \frac{(150) \times 5000^4}{384 \cdot 20000 \cdot (65193.088 \times 10^4)}$$

$$= 0.187 \text{ mm}$$

$$\text{Total lendutan} = \Delta_1 + \Delta_2$$

$$= 0.079 + 0.187$$

$$= 0.266 \text{ mm}$$

3) Menghitung Jumlah Stud

Digunakan 3 variasi bentuk Penghubung Geser (*shear connector*).

a) Diameter 13x100

Karena balok diasumsikan berperilaku sebagai komposit penuh, maka nilai diambil dari nilai terkecil antara $A_s \cdot F_y$ dan $0.85 \cdot f'c \cdot A'c$:

$$\begin{aligned} A_s \cdot F_y &= 2018400 \text{ N} \\ 0.85 \cdot f_c \cdot A_c &= 127500000 \end{aligned}$$

sehingga gaya geser horizontal V_h akibat aksi komposit penuh adalah

$$V_h = C = 2018400 \text{ N}$$

Gunakan stud connector 13 mm x 100 mm.

Diameter maksimum stud yang diizinkan :

$$2.5 \times t_f = 32.5 \text{ mm} > 13 \text{ mm}$$

Luas penampang melintang satu buah stud connector

$$A_{sc} = \frac{\pi \times 13^2}{4} = 132.665 \text{ mm}^2$$

Modulus elastisitas beton :

$$\begin{aligned} E_c &= 0.041 \cdot w^{1.5} \cdot \sqrt{f'_c} \\ &= 0.041(2400)^{1.5} \cdot \sqrt{25} \\ &= 24102.97907 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Kuat geser satu buah stud connector

$$\begin{aligned} Q_n &= 0.5 \cdot A_{sc} \cdot \sqrt{f'_c \cdot E_c} \\ &= 0.5 (132.665) \sqrt{25 \times 24102.97907} \\ &= 51491.04808 \text{ N} \end{aligned}$$

$$A_{sc} \cdot F_u = 49086.05 \text{ N} \leq 51491.04808$$

Jumlah stud yang diperlukan

$$N = \frac{V_h}{Q_n} = 41.11962564 \approx 42 \text{ buah}$$

Gunakan minimum 42 stud untuk 1/2 bentang balok, atau 84 buah untuk keseluruhan bentang

Jika satu buah stud dipasang tiap penampang melintang, jarak antar stud adalah :

$$\begin{aligned} s &= 2000/42 \\ &= 47.61904762 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel 1. Jarak antar stud variasi diameter

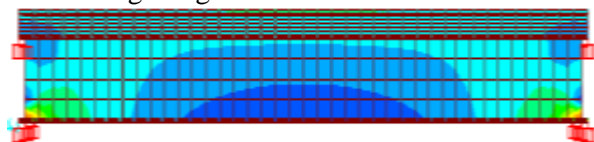
No	Variasi Diameter	Jarak antar Stud (mm)
1	13 x 100	47.61904762
2	16 x 100	71.42857143
3	19 x 100	100
4	22 x 100	125

Tanpa Shear Connector

Tegangan Normal Variasi Diameter (S_{11})

$$\text{Bentang Tengah Atas} : -1722.69 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Bentang Tengah Bawah} : 8330.716 \text{ kN/m}^2$$

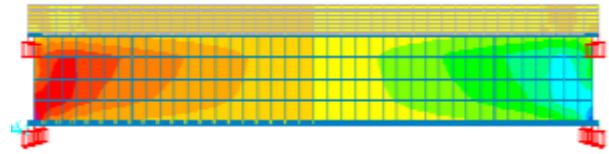


Gambar 6. Show Stress S_{11} tanpa shear connector

Tegangan Geser Variasi (S_{13})

$$\text{Bentang Tengah Atas} : -310.533 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Bentang Tengah Bawah} : -216.587 \text{ kN/m}^2$$



Gambar 7. Show Stress S_{13} tanpa shear connector

Dengan Shear Connector

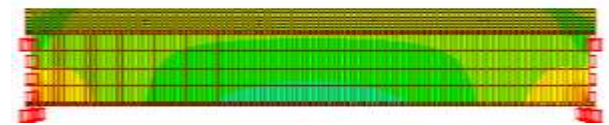
Variasi Diameter

Variasi pertama ini adalah variasi jarak dengan diameter yang berbeda. Variasi akan dilakukan terhadap diameter yang diambil berdasarkan tabel 2. berikut:

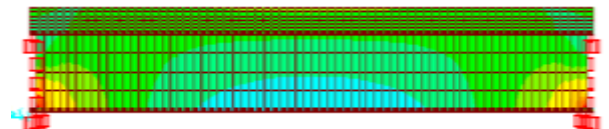
Tabel 2. Diameter dan tinggi stud yang digunakan

Variasi Diameter		Tegangan Geser (S_{13})	
Diameter	Tinggi	Diameter	Tinggi
mm	mm	mm	mm
13	100	13	100
16	100	16	100
19	100	19	100
22	100	22	100

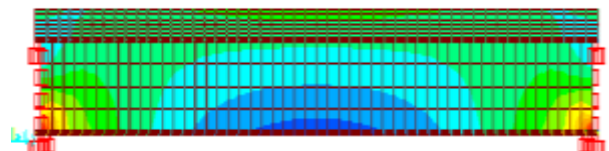
Tegangan Normal Variasi Diameter (S_{11})



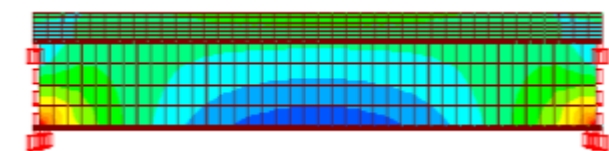
Gambar 8. Show Stress S_{11} untuk Diameter (13x100)



Gambar 9. Show Stress S_{11} untuk Diameter (16x100)



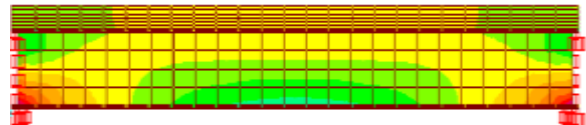
Gambar 10. Show Stress S_{11} untuk Diameter (19x100)



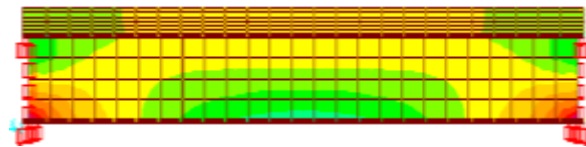
Gambar 11. Show Stress S_{11} untuk Diameter (22x100)

Tabel 2. Hasil Tegangan Normal (S_{11}) di daerah tengah bentang

Variasi Diameter		Tegangan Normal	
Diameter	Tinggi	Atas	Bawah
mm	mm	KN/m ²	KN/m ²
13	100	-1971.74	11152.301
16	100	-1878.057	15027.54
19	100	-1902.535	10719.25
22	100	-1962.614	15517.736



Gambar 15. Show Stress S_{11} untuk Diameter (19x100) Jarak 200 mm



Gambar 16. Show Stress S_{11} untuk Diameter (19x100) Jarak 250 mm

Tabel 3. Hasil Tegangan Geser (S_{13}) di daerah tengah bentang

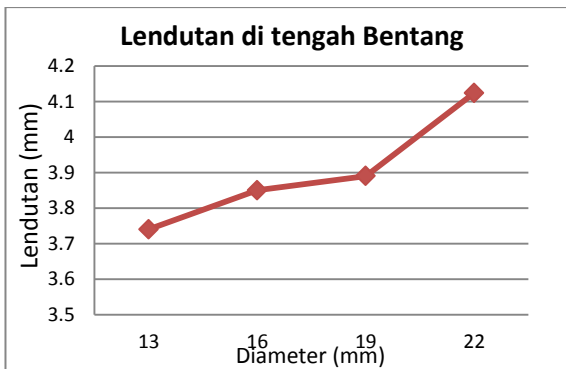
Variasi Diameter		Tegangan Geser (S_{13})	
Diameter	Tinggi	Atas	Bawah
mm	mm	KN/m ²	KN/m ²
13	100	-336.266	-235.689
16	100	-242.832	-170.347
19	100	-346.018	-230.587
22	100	-425.465	-322.988

Tabel 4. Hasil Tegangan Normal (S_{11}) di daerah tengah bentang

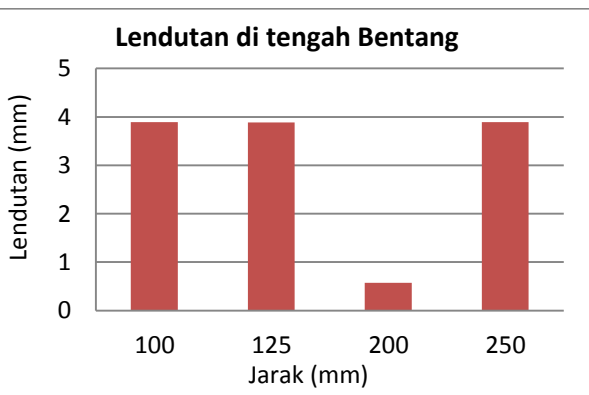
Variasi Diameter			Tegangan Normal	
Diameter	Tinggi	Jarak	Atas	Bawah
mm	mm	mm	KN/m ²	KN/m ²
19	100	100	-1902.54	10719.25
19	100	125	-1874.404	10686.958
19	100	200	-12018.254	18358.906
19	100	250	-1893.511	15036.791

Tabel 5. Hasil Tegangan Geser (S_{13}) di daerah Tengah Bentang

Variasi Diameter			Tegangan Geser (S_{13})	
Diameter	Tinggi	Jarak	Atas	Bawah
mm	mm	mm	KN/m ²	KN/m ²
19	100	100	-346.018	-230.587
19	100	125	-419.32	-288.495
19	100	200	-1234.782	-1180.853
19	100	250	-413.753	-311.86



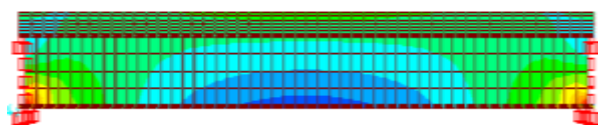
Gambar 1. Grafik Hubungan diameter stud dengan Lendutan di titik titik tengah Bentang Variasi Diameter Stud



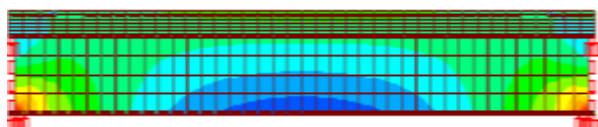
Gambar 17. Grafik Hubungan jarak stud dengan Lendutan di titik titik tengah Bentang Variasi Diameter Stud

Variasi Jarak

Variasi kedua ini adalah diameter stud dengan jarak berbeda. Variasi akan dilakukan terhadap diameter lubang yang diambil berdasarkan tabel.



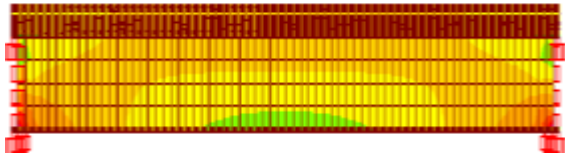
Gambar 13. Show Stress S_{11} untuk Diameter (19x100) Jarak 100 mm



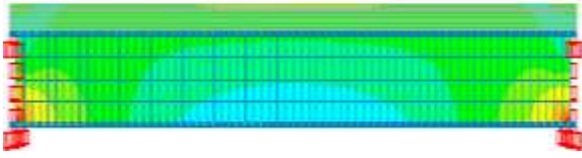
Gambar 14. Show Stress S_{11} untuk Diameter (19x100) Jarak 125 mm

Variasi Panjang

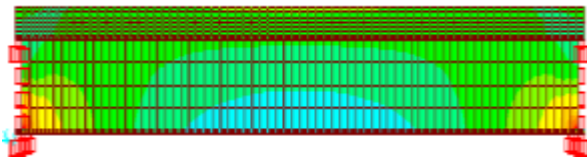
Variasi ketiga ini adalah diameter stud dengan panjang berbeda. Variasi akan dilakukan terhadap diameter lubang yang diambil berdasarkan tabel.



Gambar 18. *Show Stress S₁₁* untuk Panjang (16x50)



Gambar 19. *Show Stress S₁₁* untuk Panjang (16x75)



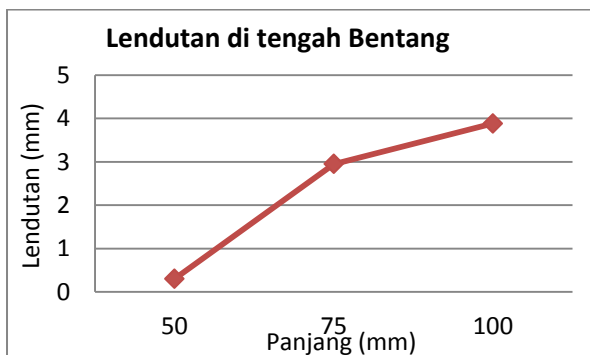
Gambar 20. *Show Stress S₁₁* untuk Panjang (16x100)

Tabel 6. Hasil Tegangan Normal (S_{11}) di daerah tengah bentang

Variasi Panjang		Tegangan Normal	
Diameter	Tinggi	Atas	Bawah
mm	mm	KN/m^2	KN/m^2
16	50	-5962.00	9456.01
16	75	-1414.625	11380.614
16	100	-1878.057	15027.54

Tabel 7. Hasil Tegangan Geser (S_{13}) di daerah tengah bentang

Variasi Panjang		Tegangan Geser (S_{13})	
Diameter	Tinggi	Atas	Bawah
mm	mm	KN/m^2	KN/m^2
16	50	-129.016	-106.106
16	75	-183.901	-129.004
16	100	-242.832	-170.347



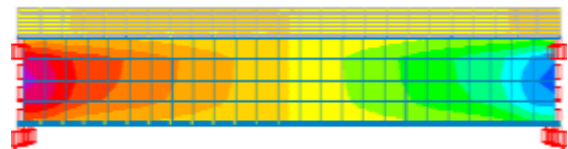
Gambar 21 Grafik Hubungan panjang stud dengan Lendutan di titik titik tengah Bentang Variasi Panjang Stud

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa struktur yang telah diperoleh menggunakan bantuan *software* SAP2000, yaitu pemodelan pada WF 400 x 200 dengan variasi jumlah, jarak dan panjang penghubung geser (*shear connector*), dapat ditarik kesimpulan bahwa:

- Penghubung geser (*shear connector*) memberikan pengaruh terhadap elemen balok baja, dalam menahan gaya geser yang terjadi antara balok baja dan pelat beton.
- Balok Baja dan pelat beton yang tidak dihubungkan dengan penghubung geser memiliki tegangan yang lebih besar karena elemen profil dan plat belum menyatu sehingga tegangan yang dihasilkan masih bersifat sendiri-sendiri.
- Pada variasi diameter dan jarak berbeda. Semakin besar diameter stud yang dipakai maka akan semakin kecil tegangan geser yang dihasilkan, dan semakin sedikit Penghubung geser (*shear connector*) yang harus dipasang. Jumlah Penghubung geser (*shear connector*) dihitung berdasarkan perhitungan dan rumus yang ada.
- Berdasarkan output yang diperoleh dari program, SAP2000. Pada diameter tetap tapi jarak berubah, nilai tegangan geser yang paling besar dihasilkan oleh stud dengan diameter 19x100 dan jarak 200 mm, karena pada jarak 200 mm bentang tengah tidak terdapat stud sehingga nilai tegangan yang dihasilkan besar



Gambar 22. *Show Stress S₁₃* untuk Jarak 200 mm

- Pada variasi diameter tetap tapi Tinggi berubah Jarak tetap, tegangan yang dihasilkan paling kecil yaitu tegangan pada diameter 16 dengan panjang 75 mm. Semakin pendek stud maka tegangan yang dihasilkan semakin besar. Dan stud yang terlalu panjang juga tidak akan ekonomis.

Saran

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa hal yang patut diperhatikan, yaitu:

- a. Ketelitian dalam menggunakan *software* harus diperhatikan agar dapat menghasilkan analisa yang sesuai dengan keadaan di lapangan nanti.
- b. Pada studi literatur berikutnya tentang pemodelan penghubung geser (*shear connector*), mahasiswa bisa menggunakan pemodelan portal (balok dan kolom)
- sehingga mahasiswa juga bisa mengetahui tegangan dan defleksi pada kolom. Selain itu mahasiswa juga dapat menambah variasi Penghubung geser (*shear connector*).
- c. Melakukan penelitian lebih lanjut di laboratorium struktur mengenai Penghubung geser (*shear connector*)

DAFTAR PUSTAKA

- Anggry., 2010. *Tabel Baja Wide Flange Metode LRFD* . Institut Teknologi Sepuluh November.
- Badan Standarisasi Nasional, 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Perencanaan Gedung (SNI 03-1729-2002)*. Jakarta.
- Brosur *Shear Connector "ANTEC"*, www.antec.com.au
- Darma Edifrizal, 2014. *STRUKTUR BAJA II*, Pusat Pengembangan Bahan Ajar, UMB
- Pujianto As'at, 2011. *Struktur Komposit dengan metode LRFD*, Yogyakarta
- Salmon, Charles G, Johnson, John E. dan Wira, Ir.,M.S.C.E. 1991. *Struktur Baja Disain Dan Perilaku*. Jakarta: Penerbit Erlangga, Jilid dua edisi kedua
- Setiawan, Agus. 2008 . *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*. Jakarta : Erlangga
- Sunggono kh, V., *Buku Teknik Sipil*. Bandung : Nova