

Available online at [www.jurnal.abulyatama.ac.id/tekniksipil](http://www.jurnal.abulyatama.ac.id/tekniksipil)  
ISSN 2407-9200 (Online)

## Universitas Abulyatama Jurnal Teknik Sipil Unaya



# Pola Deformasi *Shear Connector* Berdasarkan Pengaruh Variasi Panjang Dengan Permodelan Menggunakan Perangkat Lunak ANSYS 15.0

Rahma Nindya Ayu Hapsari<sup>1\*</sup>, Adhe Verdianto Hidayat<sup>2</sup>, Edrial Sulistiyono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Semarang, 50133, Indonesia.

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang, 50275, Indonesia.

\*Email korespondensi: [rahmanindyaayuhapsari@gmail.com](mailto:rahmanindyaayuhapsari@gmail.com)<sup>1</sup>

Diterima Januari 2022; Disetujui Januari 2022; Dipublikasi Januari 2022

**Abstract:** Composite structure is a structure that consists of several materials with different material properties and forms a single unit with the aim of producing better composite properties. In order for the steel-concrete composite structure to work properly, a shear connector is needed that unites the steel beam and the concrete slab so that it does not shift. This study uses ANSYS 15.0. The simulation used is the Static Structural method with non-linear materials for both steel and concrete. The length variation observed for comparison is the length of the stud connector from 10 mm to 100 mm with a fixed stud diameter of 10 mm. The tendency of the deformation pattern that occurs in the stud connector is the occurrence of deformation in the form of vertical bending at the stud connection with the weld. The results of numerical analysis show that the addition of the diameter of the shear connector of the stud type affects the load capacity that the stud can withstand. The larger the diameter of the stud, the greater the load that can be carried. This is because along with the increase in the diameter of the stud, it causes the surface area to be loaded to increase, so that occurs the greater stress.

**Keywords:** ANSYS, Shear connector, composite structure

**Abstrak:** Struktur komposit merupakan struktur yang terdiri dari beberapa material dengan sifat material yang berbeda dan membentuk satu kesatuan dengan tujuan menghasilkan sifat gabungan yang lebih baik. Agar struktur komposit baja – beton dapat bekerja dengan baik, diperlukan shear connector yang menyatukan balok baja dan pelat beton agar tidak mengalami pergeseran. Penelitian ini menggunakan ANSYS 15.0. Simulasi yang dipakai menggunakan metode Static Structural dengan material Non-Linier baik untuk material baja dan juga beton. Variasi panjang yang diamati untuk perbandingan adalah panjang stud connector dari 10 mm sampai dengan 100 mm dengan diameter stud tetap 10 mm. Kecenderungan pola deformasi yang terjadi pada stud connector adalah terjadinya deformasi berupa bengkokan arah vertikal pada hubungan stud dengan las. Hasil analisa numerik menunjukkan bahwa penambahan ukuran diameter penghubung geser tipe stud mempengaruhi kapasitas beban yang mampu ditahan oleh stud. Semakin besar diameter stud maka semakin besar pula beban yang mampu dipikul. Hal ini disebabkan karena seiring dengan penambahan ukuran diameter stud menyebabkan luas permukaannya yang dibebani semakin besar, sehingga tegangan yang terjadi semakin besar.

**Kata kunci :** ANSYS, Penghubung geser, struktur komposit

Struktur komposit merupakan suatu struktur yang terdiri dari beberapa material dengan sifat material yang berbeda, untuk menjadi satu kesatuan dengan tujuan membentuk sifat campuran yang lebih baik. Agar struktur komposit baja – beton dapat bekerja dengan baik, diharapkan *shear connector* yang menyatukan balok baja serta pelat beton supaya tidak mengalami pergeseran. *Shear connector* (penghubung geser) berfungsi untuk menahan geser horizontal yang terjadi selama pembebanan (Cut Rahmawati & Zainuddin, 2016). Untuk menghasilkan penampang yang sepenuhnya komposit, *shear connector* harus relatif kaku sehingga dapat menahan geseran yang terjadi di bidang pertemuan antara beton serta balok baja. (Sugupta, 1999).

Salah satu tipe *shear connector* yang banyak digunakan ialah tipe stud. Penggunaan stud *shear connector* diatur dalam SNI 03-1729-2013 Tentang Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung. *Shear connector* menjadi perhatian banyak studi terkait struktur bangunan dan jembatan seperti pada beton prategang (C. Rahmawati et al., 2018), kinerjanya akibat pengaruh suhu (Shahabi et al., 2016), dan aplikasinya pada balok baja dan plat lantai (Tumimomor, 2016).

Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan permodelan pada perangkat

lunak ANSYS 15.0. Untuk variasi panjang, digunakan diameter stud 10 mm menggunakan variasi panjang mulai dari 10 mm hingga 100 mm. Perilaku yang akan diamati adalah pola deformasi dari variasi panjang penghubung geser tipe stud.

#### KAJIAN PUSTAKA

ANSYS merupakan perangkat lunak berbasis *finite element analysis (FEA)* metode elemen hingga. Dari sudut pandang engineering, metode elemen hingga adalah sebuah metode yang menyatukan elemen-elemen struktur yang dapat dianalisis secara terpisah ke dalam sebuah persamaan kesetimbangan global struktur. (Dill, 2011).

Prosedur elemen hingga mengurangi *variable* yang tidak diketahui menjadi sejumlah berhingga dengan membagi daerah penyelesaian menjadi bagian kecil yang disebut elemen dan dinyatakan sebagai *variable* medan yang tidak diketahui dalam istilah dianggap sebagai fungsi pendekatan dalam setiap elemen. (Bhavikatti, 2005).

Fungsi ini didefinisikan dalam bentuk nilai dan *variable* lapangan pada titik tertentu, disebut sebagai node. Node biasanya terletak di sepanjang batas elemen, dan menghubungkan elemen yang berdekatan. (Ibrahim, et al. 2015).

Kemampuan untuk mendiskritisasi domain tidak beraturan dengan elemen

hingga membuat metode ini menjadi alat analisis yang berharga dan praktis untuk solusi masalah terhadap keadaan batas, kondisi awal (*initial condition*) dan masalah *eigenvalue* yang timbul dalam berbagai disiplin ilmu teknik. (Ibrahim, et al. 2015).

Secara singkat dapat dikatakan bahwa metode elemen hingga dapat mengubah suatu masalah yang memiliki jumlah derajat kebebasan tak berhingga menjadi suatu masalah dengan jumlah derajat kebebasan tertentu sehingga proses pemecahannya lebih sederhana. Dalam beberapa hal, metode ini merupakan metode *computer oriented* yang harus dilengkapi dengan program-program digital yang lengkap, yang dalam penelitian ini digunakan program ANSYS versi 15.0.

ANSYS merupakan perangkat lunak berbasis elemen. Penggunaan perangkat lunak ini mencakup bidang struktur, panas, dinamika fluida, akustik, dan elektromagnet. Software ini beroperasi dengan menampilkan simulasi dari hasil pembebanan yang telah dipasang. Software ANSYS ditemukan pada tahun 1970 oleh ANSYS, Inc. yang berbasis di Amerika dan dikembangkan lebih dari 3.000 orang profesional yang terdiri dari tingkat M.S. dan Ph.D. dalam analisis elemen hingga, dinamika fluida, elektronika, semikonduktor, dan lain-lain.

Penelitian ini menggunakan ANSYS 15.0 yang akan menghasilkan output berupa nilai beban, perpindahan, dan regangan. Simulasi yang dipakai menggunakan metode Static Structural dengan material Non-Linier baik untuk material baja dan juga beton. Karakteristik material berupa kuat leleh baja dan kuat tekan beton yang digunakan dalam studi numerik ini disesuaikan dengan hasil pengujian material uji tarik baja dan uji tekan beton.

#### **Kekuatan Nominal Stud Shear Connector**

Kekuatan nominal suatu *shear connector* dapat ditentukan menggunakan rumus :

##### 1. *Stud shear connector*:

Kuat nominal suatu *shear connector* jenis stud yang ditanam dalam pelat beton:

$$Q_n = 0,5 A_{sc} \sqrt{f'_c \cdot E_c} \leq R_g \cdot R_p \cdot A_{sc} \cdot f_u \dots\dots\dots (1.1)$$

Dimana:

$Q_n$  : kekuatan nominal satu stud (N)

$A_{sc}$  : luas penampang *shear connector* stud berkepala (mm<sup>2</sup>)

$E_c$  : modulus elastisitas beton

$$: 0,043 W_c^{1,5} \sqrt{f'_c} \text{ (MPa)}$$

$f'_c$  : kekuatan tekan beton (MPa)

$f_u$  : kekuatan tarik minimum yang disyaratkan dari suatu angkur *steel headed stud*, (MPa)

Rg : 1,0 untuk :

- Satu angkur *steel headed stud* di las pada suatu rusuk dek baja dengan dek yang diorientasikan tegak lurus terhadap profil baja;
- Sejumlah dari angkur *steel headed stud* di suatu lajur/baris secara langsung terhadap profil baja;
- Sejumlah dari angkur *steel headed stud* yang di las pada suatu lajur sampai dek baja dengan dek diorientasikan paralel terhadap profil baja dan rasio dari lebar rusuk rata-rata terhadap kedalaman rusuk  $\geq 1,5$

Rp : 0,75 untuk:

- Angkur *steel headed stud* yang dilas secara langsung pada profil baja;
- Angkur *steel headed stud* yang dilas pada suatu pelat komposit dengan dek yang diorientasikan tegak lurus terhadap balok dan  $e_{mld-ht} \geq 2in (50 mm)$ ;
- Angkur *steel headed stud* yang dilas melewati dek baja, atau lembaran baja yang digunakan sebagai material pengisi gelagar, dan ditanam pada suatu pelat komposit dengan dek diorientasikan paralel terhadap balok tersebut.

$e_{mld-ht}$  : jarak dari tepi kaki angkur *steel headed stud* terhadap badan dek baja, diukur di tengah-tinggi dari rusuk dek, dan pada arah tumpuan beban dari angkur *steel headed stud* (dengan kata lain, pada arah dari momen maksimum untuk suatu balok yang ditumpu sederhana), in (mm)

(Sumber : SNI 03 – 1729 – 2015)

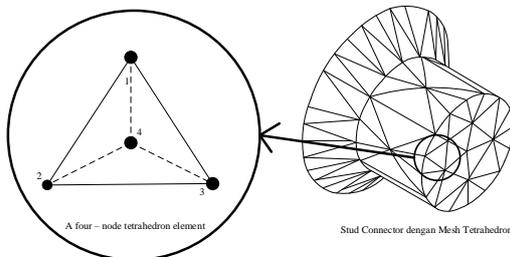
#### Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*)

FEM (*Finite Element Method*) adalah pendekatan dengan interpolasi bagian dari jumlah keseluruhan suatu objek atau struktur. Untuk mengerti pernyataan tersebut perlu dipahami sistem kerja dari metode berikut:

- Pada tahap awal, suatu struktur atau objek yang akan dianalisa kita bagi menjadi elemen-elemen kecil dengan penghubung berupa titik yang disebut sebagai *nodal*.
- Elemen-elemen kecil yang terbentuk tadi dapat kita atur jumlah atau ukuran elemennya. Pengaturan ini mempengaruhi ketelitian hasil Analisa yang didapat pada struktur tersebut secara keseluruhan. Pengaturan elemen ini disebut juga sebagai *mesh*.
- Setelah melakukan definisi terhadap *nodal* dan *mesh* untuk suatu struktur

barulah metode FEM bisa dijalankan. Prinsip kerja metode ini adalah membuat persamaan dan menghitung output yang diperlukan pada setiap elemen kecil yang telah terbagi tadi.

4. Gabungan dari seluruh output elemen tersebut akan mewakili output struktur yang dianalisa. Dengan begitu banyaknya persamaan dan nilai yang dihitung biasanya metode FEM menggunakan formula matriks. (Membentuk matrik kekakuan global *discretize*)
5. Ketika pembentukan matrik dibuat perlu diterapkan kondisi batas, kondisi awal dan pembebanan yang terjadi pada objek, sehingga output yang dihasilkan dapat mendekati kenyataan yang terjadi.



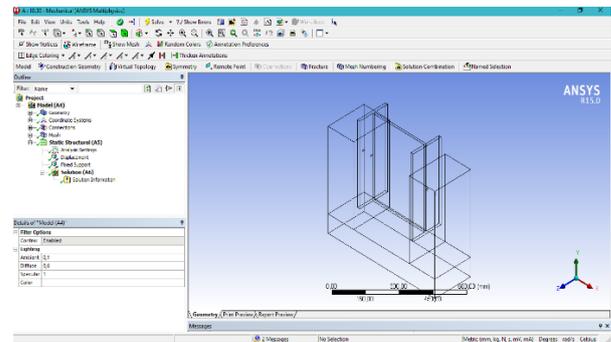
**Gambar 1. Penerapan Mesh Metode Elemen Hingga**

#### METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan metode numerik. Permodelan dibuat sesuai dengan benda uji yang terdiri dari baja IWF, balok beton, dan *stud connector* yang diinput dari perangkat lunak “SolidWorks”. Penggunaan

perangkat lunak “SolidWorks: dimaksudkan untuk memudahkan proses pembuatan model balok komposit. Model yang dibuat berukuran sama dengan ukuran asli yaitu:

- Baja IWF : 350 x 175 x 11 x 14 mm dengan tinggi 450 mm
- Balok beton : 220 x 160 x 450 mm
- *Stud connector* : diameter 10 mm

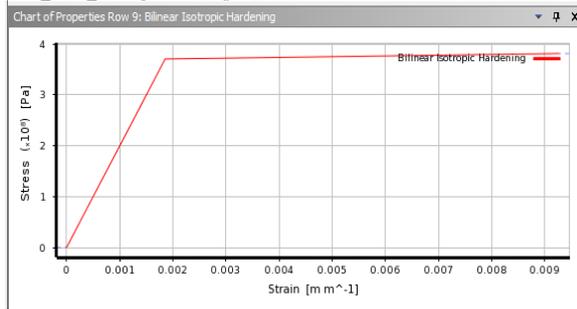


**Gambar 2. Permodelan menggunakan perangkat lunak ANSYS**

Untuk material Baja IWF menggunakan model plastisitas berupa *bilinear isotropic hardening*. Model plastisitas tersebut dideskripsikan oleh kurva tegangan regangan *bilinear*. Nilai tegangan leleh sesuai dengan uji tarik baja IWF dengan hasil sebagai berikut:

- Tegangan leleh ( $f_y$ ) : 370,74 MPa

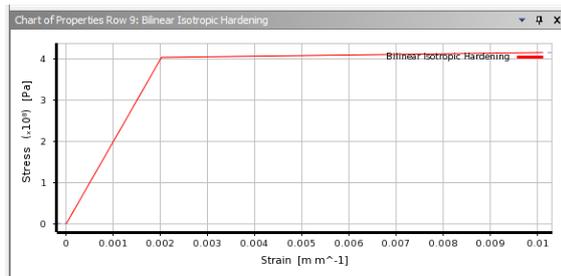
- Tegangan putus ( $f_u$ ) : 497,85 MPa



Gambar 3. Kurva tegangan regangan baja IWF

Baja tulangan menggunakan model plastisitas berupa *bilinear isotropic hardening*. Model plastisitas tersebut dideskripsikan oleh kurva tegangan regangan *bilinear*. Nilai tegangan leleh sesuai dengan uji tarik baja tulangan dengan hasil sebagai berikut :

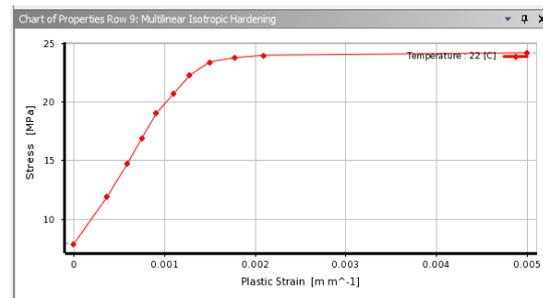
- Tegangan leleh ( $f_y$ ) : 403,43 MPa
- Tegangan putus ( $f_u$ ) : 530,63 MPa



Gambar 4. Kurva tegangan regangan baja tulangan diameter 10 mm

Untuk material beton menggunakan model plastisitas berupa *multilinear isotropic hardening*. Sedikit berbeda dengan *bilinear isotropic hardening*, sifat model plastisitas *multilinear isotropic hardening* dipengaruhi oleh kurva tegangan regangan plastis yang digambarkan oleh

banyak fungsi linear pada kurva tegangan regangan, yang dimulai dan didefinisikan oleh beberapa set nilai tegangan dan regangan positif. Kuat tekan beton yang didapatkan dari uji tekan sebesar 23,79 MPa.



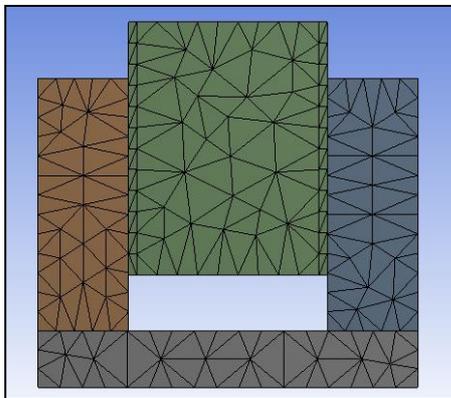
Gambar 5. Kurva tegangan regangan beton

Bidang kontak atau *contact region* pada perangkat lunak ANSYS digunakan untuk mendefinisikan hubungan dari dua bidang dalam satu geometri.

1. Pertemuan antara bidang beton dan baja IWF didefinisikan sebagai *contact frictional* dengan nilai koefisien friksi sebesar 0,1 (*British Standard BS 5975:1996*)
2. Pertemuan antara bidang beton dan las didefinisikan sebagai *contact frictional* dengan nilai koefisien friksi sebesar 0,4 (*British Standard BS 5975:1996*)
3. Pertemuan antara bidang beton dan pelat tumpuan didefinisikan sebagai *contact frictional* dengan nilai koefisien friksi sebesar 0,4 (*British Standard BS 5975:1996*)

4. Pertemuan antara bidang baja IWF, las, dan *stud connector* didefinisikan sebagai *contact bonded* akibat adanya perlakuan las pada sambungan.

*Meshing* dilakukan untuk membagi model menjadi bagian-bagian yang lebih kecil. Semakin rapat *meshing* yang digunakan maka hasil perhitungan akan lebih teliti.



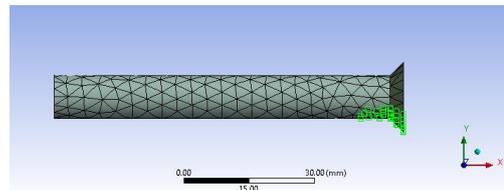
**Gambar 6. Model balok komposit yang telah dimeshing**

Metode pembebanan yang diberikan menggunakan *displacement control* yang ditempatkan pada muka profil baja IWF, dicoba dari nilai yang kecil lalu berangsur naik hingga mencapai beban batas, yaitu ketika *software* sudah tidak mampu lagi untuk melakukan simulasi dengan kata lain bahwa beban sudah melebihi kapasitas yang dapat diterima oleh struktur.

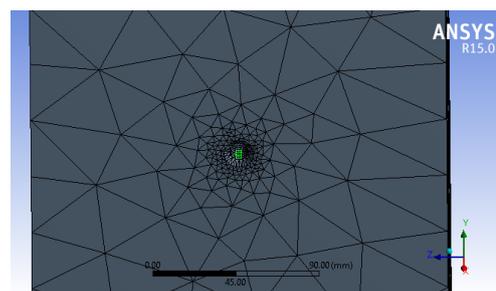
Setelah semua pemodelan selesai, maka langkah selanjutnya adalah memulai proses simulasi dan perhitungan (*Solve Command*). Selanjutnya, mulai menginput

data yang diperlukan seperti beban (*Force reaction*), perpindahan (*Total displacement*), tegangan (*Equivalent Stress Von-Mises*), dan regangan (*Equivalent total strain*). Langkah terakhir adalah membuat grafik hubungan antara beban-perpindahan maupun beban-regangan dan sebagainya.

Untuk meninjau titik tertentu, pada ANSYS digunakan menu *name selection*. Titik yang ditinjau pada *stud connector* adalah pada bagian bawah dari sambungan *stud* dengan las (perletakan *strain gauge*), sedangkan titik tinjau beton adalah pada bagian permukaan beton yang berinteraksi dengan bagian bawah *stud*.



**Gambar 7. Titik tinjau stud connector**



**Gambar 8. Titik tinjau beton**

## HASIL DAN PEMBAHASAN

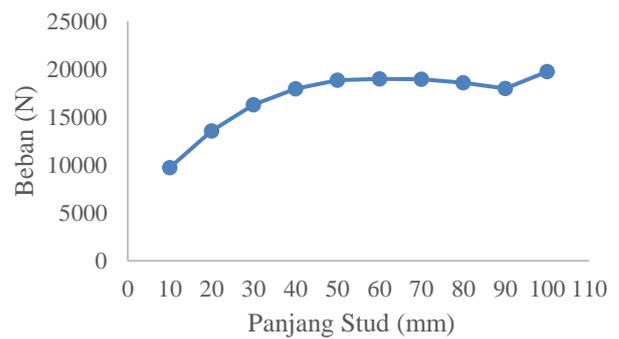
Variasi panjang yang diamati untuk perbandingan artinya panjang stud connector dari 10 mm hingga dengan 100 mm menggunakan diameter stud 10 mm.

Variasi panjang yang diberlakukan pada stud connector menyebabkan perilaku stud serta beton. Dari perangkat lunak ANSYS, dihasilkan data beban perpindahan masing-masing panjang stud. Kuat leleh ( $F_y$ ) diplot untuk menandai beban dimana struktur komposit sudah leleh baik beton juga stud yang telah leleh.

Pada syarat panjang stud 10 mm, 20 mm, dan 30 mm, material beton hancur terlebih dahulu dari material stud. Sesudah mencapai diameter 40 mm hingga diameter 100 mm, stud leleh terlebih dahulu daripada material beton.

**Tabel 1. Pola kehancuran dari masing-masing panjang stud diameter 10 mm**

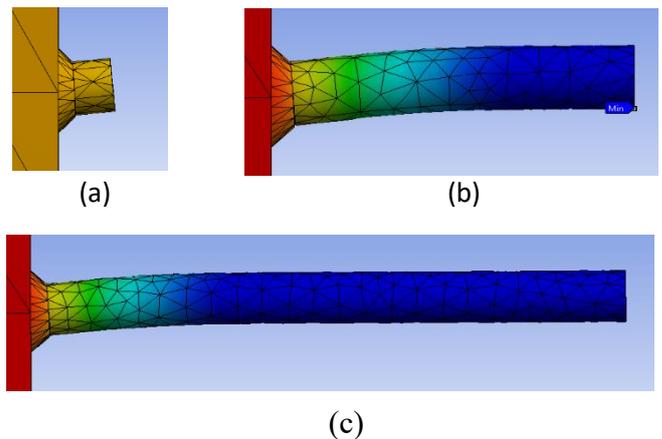
Panjang stud (mm)	Beban hancur beton (N)	Beban leleh stud (N)	Keterangan
10	9719,4	14050	Beton hancur terlebih dahulu
20	13555,73	15832,6	Beton hancur terlebih dahulu
30	16276,21	17531,4	Beton hancur terlebih dahulu
40	20011	17956,4	Stud leleh terlebih dahulu
50	21742	18843,7	Stud leleh terlebih dahulu
60	22129	18976,5	Stud leleh terlebih dahulu
70	22552	18965,2	Stud leleh terlebih dahulu
80	23157	18588,8	Stud leleh terlebih dahulu
90	23518	17991	Stud leleh terlebih dahulu
100	24770	19920	Stud leleh terlebih dahulu



**Gambar 9. Grafik beban runtuh dari variasi panjang stud connector**

#### Pola Deformasi Stud Connector

Kecenderungan pola deformasi yang terjadi pada stud connector adalah terjadinya deformasi berupa bengkokan arah vertikal pada hubungan stud dengan las.



**Gambar 10. Pola deformasi dengan variasi panjang (a) 10 mm, (b) 50 mm, dan (c) 100 mm**

Ketika panjang stud 10 mm, stud cenderung belum mengalami bengkokan namun langsung patah dampak tidak mampu menahan beban yang terjadi. ketika panjang stud 50 mm, terlihat ada bengkokan antara stud serta las. Untuk panjang stud 100 mm, kecenderungan pola deformasi mulai terlihat adanya *double curvature* atau

dua bengkakan terjadi pada bawah serta diatas stud. Hal ini terjadi sebab sudah tidak ada ruang untuk stud berdeformasi ke atas, oleh karena itu, bagian atas stud mengalami deformasi ke bawah.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Hasil analisa numerik menggambarkan bahwa penambahan ukuran diameter penghubung geser tipe stud mempengaruhi kapasitas beban yang bisa ditahan oleh stud. Semakin besar diameter stud maka semakin besar pula beban yang bisa dipikul. Dan semakin kecil diameter stud maka semakin kecil pula beban yang mampu dipikul. Hal ini ditimbulkan sebab seiring menggunakan penambahan ukuran diameter stud mengakibatkan luas permukaannya yang dibebani semakin besar, sehingga tegangan yang terjadi semakin besar.

### Saran

Penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan untuk menggunakan tulangan ulir sebagai penghubung geser tipe stud, dan dapat mempertimbangkan menggunakan tipe penghubung geser yang lebih bervariasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM International. 2016. *ASTM E8 Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*. West Conshohocken, PA.
- Badan Standardisasi Nasional. 1990. SNI 03-1974-1990 *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 1991. SNI 07-2529-1991 *Kuat Tarik Baja Beton*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. SNI 03-2847-2013 *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2015. SNI 03-1729-2015 *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta.
- Bhavikati. 2005. *Element of Civil Engineering*.
- Gattesco & Giuliani. (2001). *Experimental Study on Stud Shear Connector Subjected to Cyclic Loading*. Journal of Contruactional Steel Research, University of Trieste, Italy.
- Dill, 2011. *The Finite Element Method for Mechanics of Solid with ANSYS Applications*. CRC Press.
- Ibrahim, et al. 2007. *The Finite Element Method and Application in Engineering using ANSYS*. Springer. US.

- Liu, et al. (2008). *Numerical and Experimental Study On Pull-out Behaviour of Stud Shear Connector Embedded in Concrete*, Dissertation, Tongji University, China: Department of Bridge Engineering.
- Pavlovic. (2013). *Resistance of Bolted Shear Connectors In Prefabricated Steel-Concrete Composite Decks*, Doctoral Dissertation, Serbia: Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade,
- Pujianto. *Struktur Komposit dengan Metode LRFD (Load Resistance Factor Design)*.
- Rahmawati, C., Zainuddin, Z., Is, S., & Rahim, R. (2018). Comparison between PCI and Box Girder in Bridges Prestressed Concrete Design. *Journal of Physics: Conference Series*, 1007(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1007/1/012065>
- Rahmawati, Cut, & Zainuddin, Z. (2016). Analysing The Route Of PCI Girder-Type Prestressed Concrete Tendons. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5, 1553–1559.
- Shariati, et al. (2012). *Behaviour of C-shaped angle shear connectors under monotonic and fully reversed cyclic loading: An experimental study*. Conference Paper. Department of Civil Engineering, University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Sugupta, et. al 2012. *Studi Eksperimen atas Kekuatan Penghubung Geser Tipe Lekatan dari Tulangan Baja Lunak Berbentuk Spiral*. Universitas Udayana. Denpasar.
- Shahabi, S. E. M., Sulong, N. H. R., Shariati, M., & Shah, S. N. R. (2016). Performance of shear connectors at elevated temperatures – A review. *Steel and Composite Structures*, 20(1), 185–203.
- Tumimomor, M. E. (2016). Analisis Penghubung Geser (Shear Connector) pada Balok Baja dan Pelat Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 4(8), 461–470.