

Variasi Parameter *Input Spot Welding Design* Dan Perubahan Nilai Tegangan Geser Sambungan *Dissimilar Stainless Steel 316 – Baja Karbon ST 41*

IGA. Anom Wardana, IN. Budiarsa, IGN. Antara
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Kekuatan hasil sambungan dan karakteristik pengelasan titik (*spot welding*) dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti ketebalan sheet, besarnya diameter tape (*tape size*), waktu pengelasan, besarnya arus pengelasan dan tekanan yang diberikan pada saat pengelasan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui variasi parameter input desain las titik terhadap kekuatan geser dan kekerasan sambungan logam tidak sejenis baja stainless steel 316 dengan baja karbon rendah ST 41. Tebal pelat baja stainless steel 316 yang digunakan yaitu dengan tebal 1,5 mm dan tebal pelat baja karbon rendah ST 41 dengan tebal 2mm. Dalam penelitian ini menggunakan variasi parameter input desain las titik yaitu tegangan las titik yang digunakan adalah 3,2V dan 1,6V dengan waktu pengelasan selama 1 dan 2 detik dan diameter *spot welding taper* yang digunakan 6mm dan 7mm. Berdasarkan perbandingan spesimen hasil dari pengelasan titik dengan code mesin B alat yang didesign untuk penelitian ini dan code mesin A yang merupakan mesin kompetitor (DN-5) dimana mesin tersebut merupakan standar pabrik. Dapat dikatakan bahwa alat yang didesign dengan code mesin B lebih baik dari hasil grafik pengujian yang telah dilakukan. Pengujian mekanik yang digunakan adalah pengujian kekuatan geser. Pengujian kekuatan geser menggunakan standar JIS Z 3139. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekuatan geser yang paling baik didapatkan pada arus pengelasan code spesimen C ($\varnothing 6\text{mm}$, 2detik, 3.2V) dengan kekuatan geser rata-rata 300,188 Mpa dengan rata-rata regangan 0,016.

Kata kunci : las titik, baja karbon ST 41, stainless steel 316, uji geser.

Abstract

Connection strength and spot welding characteristics are influenced by several factors such as sheet thickness, tape diameter (band size), welding time, welding current, and pressure applied during welding. This research was conducted to determine the variation of the last design input parameters on the shear strength and hardness of metal joints unlike stainless steel 316 with low carbon steel ST 41. The thickness of the 316 stainless steel plate used is 1.5 mm thick steel plate and carbon steel plate thickness low ST 41 with a thickness of 2mm. In this study, using a variety of point welding design input parameters, namely the point welding voltage used is 3.2V and 1.6V with a welding time of 1 and 2 seconds and a spot welding taper diameter of 6mm and 7mm. Based on the comparison of the specimen results from the point with machine code B the tool designed for this research and machine code A which is a competitor machine (DN-5) where the machine is the factory standard. It can be said that the tool designed with machine code B is better than the results of the test graph that has been carried out. Mechanical testing is used to test shear strength. The shear strength test used the JIS Z 3139 standard. The results showed that the best shear strength value was obtained at the welding current of the specimen code C ($\varnothing 6\text{mm}$, 2detik, 3.2) with an average shear strength of 300,188 Mpa with an average strain of 0.016.

Key words : Spot welding, carbon steel ST 41, stainless steel 316, shear test

1. Pendahuluan

Dalam perkembangan teknologi industri otomotif saat ini, pemenuhan permintaan pasar merupakan aspek penting untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi yang merupakan komitmen perusahaan saat ini. Semua bahan yang digunakan dalam struktur mobil seperti bodi mobil, harus memenuhi kriteria kemampuan dibentuk, kemampuan perbaikan, kemampuan las, dan kemampuan ketahanan korosi. [8] mengatakan kendaraan modern mencakup 2.000-5.000 titik las. Pengelasan titik digunakan karena beberapa bahan

yang digunakan untuk merakit bodi menggunakan lembaran logam tipis yang termasuk dalam standar pembuatan bahan bodi kendaraan. Las titik merupakan metode mutakhir penyambungan yang umumnya digunakan untuk menyambung lembaran logam [5]. Pengelasan titik adalah penggunaan panas dari hambatan listrik yang dilakukan oleh dua elektroda pada waktu pengelasan tertentu untuk menghubungkan dua komponen logam dengan logam yang menghubungkannya melalui satu atau lebih titik sambungan. Dengan demikian, suatu sambungan las dibentuk antara lembaran logam

melalui peleburan dan mengakibatkan terikat kuat antara lembaran tanpa zat tambahan [6]. Kelebihan dari pengelasan titik dibandingkan proses pengelasan lainnya adalah prosesnya cepat dan cocok untuk produksi massal, masukan panas yang dihasilkan cukup akurat, teratur, dan reguler, sifat dari mekanik hasil las kompetitif dengan logam induk dan tidak memerlukan kawat las [2]. Penggunaan las titik ini memiliki keunggulan yaitu sambungannya rapih, cepat, dan hasil sambungan lebih rapat, untuk kualitas dan karakteristik hasil sambungan dipengaruhi beberapa faktor diantaranya ketebalan plat, diameter *spot welding electrode taper*, arus dan juga lama waktu pengelasan yang dipakai [1]. Pada industri karoseri kekuatan dan kerapian sambungan pada *body* sangat diperhatikan karena akan ikut menentukan kualitas produk. Salah satu cara yang sering direkomendasikan pada industri ini adalah las titik atau *spot welding*.

Kualitas, karakteristik, dan kekuatan hasil pengelasan titik dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain besarnya arus dan tegangan yang digunakan, besarnya tekanan yang diberikan selama proses pengelasan, waktu pengelasan, dan *electrode taper* dalam menghasilkan (*nugget*). Salah satu teknik pengelasan yang sedang berkembang saat ini adalah teknik penyambungan dua logam yang berbeda atau logam yang berbeda. Penyambungan logam yang tidak sejenis adalah penyambungan dua jenis logam yang berbeda sifat dengan cara dilas. Penggabungan logam yang berbeda bertujuan untuk mengurangi berat kendaraan dan memungkinkan penggunaan bahan bakar yang efisien di dalam kendaraan [10]. Pengelasan dengan logam tidak sejenis dapat lebih rumit dari pada pengelasan logam sejenis karena siklus termal [9]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai kekuatan geser hasil pengelasan titik dari dua logam tidak sejenis.

2. Dasar Teori

Nilai masukan panas yang dihasilkan dalam proses las titik (*spot welding*) ini adalah berasal dari besarnya arus listrik yang dihasilkan dan waktu tekan yang digunakan saat pengelasan berlangsung serta tahanan listrik dari material diantara elektroda. Faktor - faktor tersebut dapat ditinjau dari persamaan berikut :

$$H = I^2 \cdot R \cdot T \quad (1)$$

Dimana:

- H = Total *heat input* (joule)
- I = Arus (Ampere)
- R = Resistansi elektrik dari sirkuit (Ω)
- T = Waktu Pengelasan (detik)

Dalam mendesain alat las titik (*spot welding*) perangkat utama yang digunakan adalah sebuah transformator atau lalu lintas Trafo merupakan sebuah perangkat yang dapat mengubah

tahap tegangan listrik baik meningkatkan menurunkan tegangan berdasarkan prinsip kerja elektromagnetik. Trafo didesain memiliki dua kumparan yang disebut dengan kumparan primer dan kumparan sekunder. Kumparan primer menjadi jalan mengalirnya arus masuk sedangkan kumparan sekunder menjadi jalan keluar arus keluaran hasil induksi. hubungan antara daya, tegangan, arus dan lilitan pada trafo ideal dituliskan dalam persamaan berikut:

$$P_p = P_s \quad (2)$$

$$I_p \cdot V_s = I_s \cdot V_p \quad (3)$$

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p} \quad (4)$$

Dimana:

- P_p = daya primer (watt)
- P_s = daya sekunder (watt)
- V_p = tegangan primer (V)
- V_s = tegangan sekunder (V)
- N_p = lilitan primer
- N_s = lilitan sekunder
- I_p = arus primer (A)
- I_s = arus sekunder (A)

Pengujian geser biasanya digunakan pada suatu sambungan (sambungan las), Kekuatan geser adalah salah satu kemampuan mekanik yang penting dari sebuah logam. Kekuatan geser suatu bahan adalah tegangan yang menyebabkan komponen rusak/patah akibat beban geser. Tegangan geser merupakan tegangan yang bekerja sejajar atau menyinggung permukaan. Tegangan maksimum dari pengujian geser dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (5)$$

Dimana:

- τ = Tegangan geser (MPa)
- F = Gaya geser (N)
- A = Luas penampang (mm²)

Untuk regangan geser digunakan persamaan :

$$\gamma = \frac{L_f - L_o}{L_o} \quad (6)$$

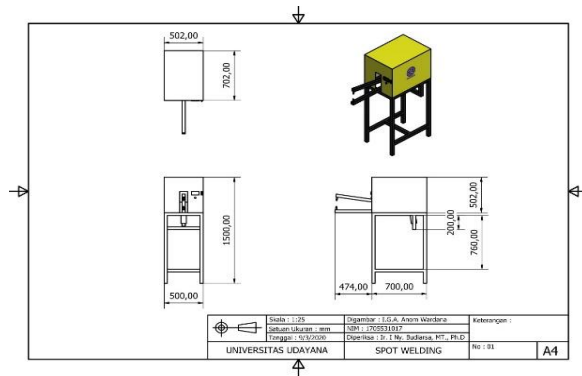
Dimana:

- γ = Regangan
- L_f = Panjang Akhir (mm)
- L_o = Panjang Awal (mm)

3. Metode Penelitian

3.1 Desain Mesin Spot Welding

Mesin *spot welding* ini di desain menggunakan autodeskr inventor, dengan tinggi 150cm, panjang 70cm, dan lebar 50cm dimana sudah sesuai ergonomi rata-rata orang Indonesia. Mesin ini dirancang dengan kapasitas 5 kVA dengan menggunakan trafo, trafo ini dirakit menggunakan kern 51 dan panjang kern 30cm dengan ukuran kawat primer 2,3mm dan pada sekunder menggunakan plat tembaga 50mmx5mm.



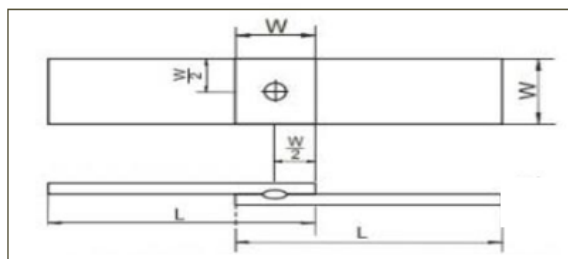
Gambar 1 Menjelaskan Desain 3D Mesin Spot Welding

3.2. Bahan Penelitian

1. Plat Stainless steel 316 dengan tebal 1,5mm.
2. Plat Baja Karbon Rendah ST 41 dengan tebal 2mm.

3.3. Pengujian Geser

Spesimen yang digunakan untuk pengujian geser yaitu menggunakan standar JIS Z 3139.



Gambar 2 Menjelaskan Spesimen Uji Geser

Dimana :

L = Panjang Spesimen (150mm)

W = Lebar Spesimen (30mm)

Rumus Pengujian Geser :

$$\tau_s = \frac{F_s}{A} \quad (7)$$

Dimana :

τ_s : Tegangan geser material (N/mm²)

F_s : Beban geser (Kg)

A : Luas penampang (mm²)

3.2 Variabel Penelitian

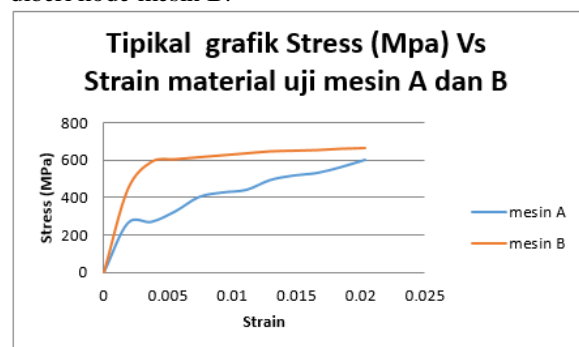
- Variabel bebas
Diameter *electrode taper* yang digunakan $\varnothing 6mm$ dan $\varnothing 7mm$, waktu tekan 1 detik dan 2 detik, tegang mesin 3,2V dan 1,6V.
- Variabel Terikat
Uji geser.

4. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan tersebut maka data akan ditampilkan dalam bentuk grafik agar mempermudah untuk menganalisa hasil yang didapatkan. Berikut data yang telah didapat.

4.1 Perbandingan Hasil Pengujian Mesin A Dan Mesin B

Dalam perbandingan pengujian geser sambungan las titik antara mesin A dan mesin B ini digunakan material yaitu stainless steel 316 tebal 1,5 mm dan baja karbon ST 41 tebal 2mm dilakukan dengan mesin yang didesain dan mesin eksisting (DN-5). Dimana pengujian geser sambungan las titik mesin yang didesain dan mesin eksisting (DN-5) ini bermaksud untuk mengetahui bagaimana hasil dari kekuatan sambungan dari masing-masing mesin tersebut terhadap uji geser, dengan parameter dari masing-masing mesin tersebut sama yaitu taper yang digunakan dengan diameter taper 5mm, waktu pengelasan 1 detik dan kapasitas pada mesin yang didesain dan mesin eksisting (DN-5) 5kVA. Pada hasil pengelasan titik dengan mesin eksisting diberi kode mesin A dan hasil pengelasan titik dengan mesin yang didesain diberi kode mesin B.



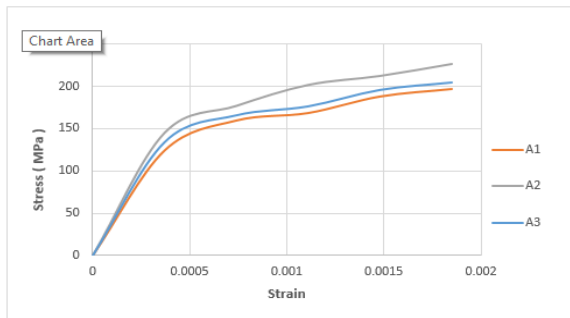
Gambar 3 Menunjukkan Grafik Perbandingan Uji Geser Mesin A dan B

Dari grafik diatas dapat dijelaskan bahwa hasil dari pengelasan titik pada spesimen kode mesin B saat diberi gaya pada pengujian geser kekuatan luluh (*yield strength*) dan tegangan geser maksimal yang dihasilkan lebih besar. Dengan kekuatan luluh (*yield strength*) yang besar dapat diartikan kondisi sambungan las yang dihasilkan memiliki kondisi elastis yang besar juga. Dengan kekuatan elastis yang besar sambungan las titik itu dapat dikatakan lebih baik dan lebih kokoh saat diberi gaya. Dan tegangan geser maksimal yang dihasilkan kode mesin B juga lebih besar dibandingkan mesin A.

4.2 Hasil Uji Geser Sambungan Las Titik

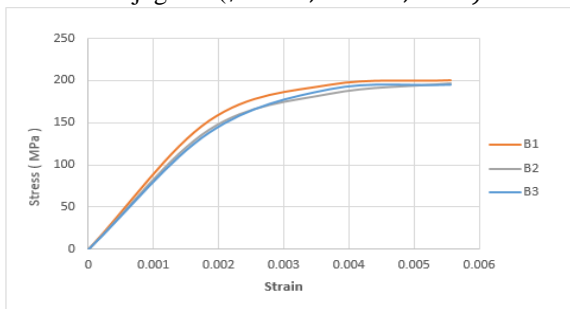
Dimana dalam pengelasan titik ini digunakan variasi parameter yang telah ditentukan yaitu diameter *electrod taper* $\varnothing 6mm$ dan $\varnothing 7mm$, waktu tekan saat pengelasan 1 dan 2 detik, tegangan mesin las titik 3,2 V dan 1,6 V. dilakukan 3 kali pengujian geser dalam 1 parameter.

Hasil Uji geser (\varnothing 6mm, 1 detik, 3,2V)



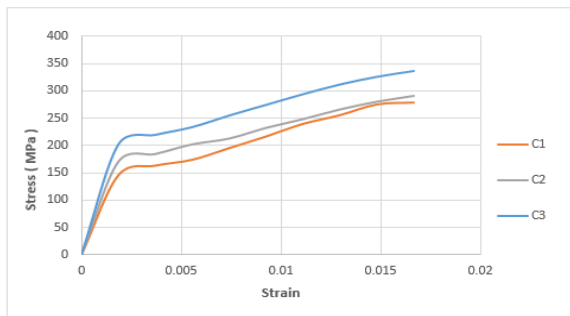
Gambar 4 Menunjukkan Grafik Uji Geser Spesimen A

Hasil Uji geser (\varnothing 6mm, 1 detik, 1.6V)



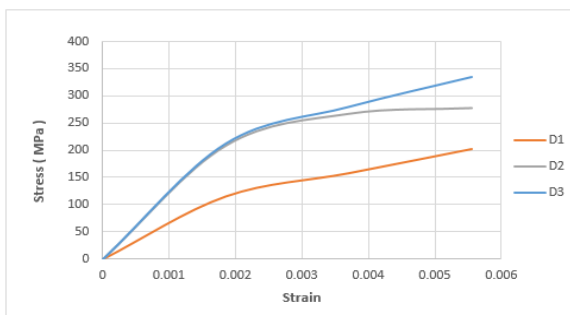
Gambar 5 Menunjukkan Grafik Uji Geser Spesimen B

Hasil Uji geser (\varnothing 6mm, 2 detik, 3.2V)



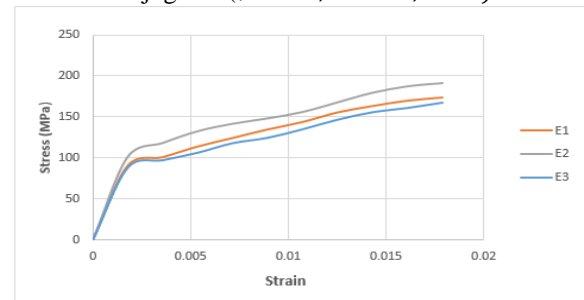
Gambar 6 Menunjukkan Grafik Uji Geser Spesimen C

Hasil Uji geser (\varnothing 6mm, 2 detik, 1.6V)



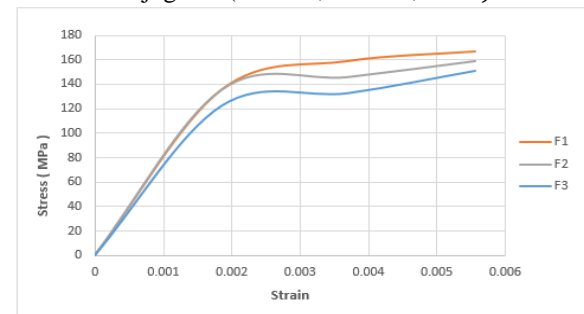
Gambar 7 Menunjukkan Grafik Uji Geser Spesimen D

Hasil Uji geser (\varnothing 7mm, 1 detik, 3.2V)



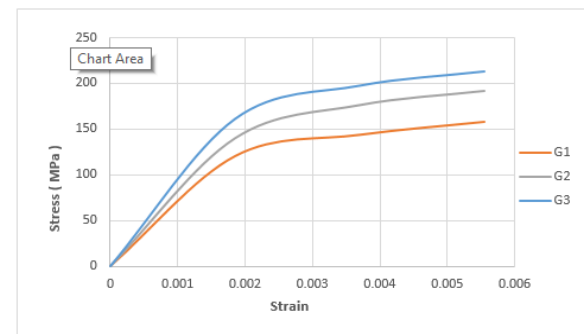
Gambar 8 Menunjukkan Grafik Uji Geser Spesimen E

Hasil Uji geser (\varnothing 7mm, 1 detik, 1.6V)



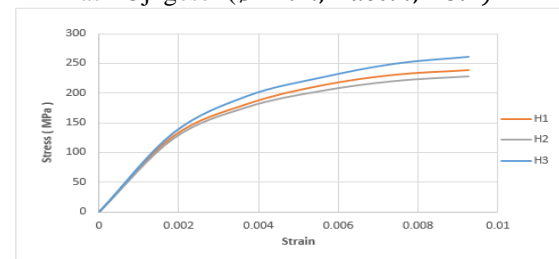
Gambar 9 Menunjukkan Grafik Uji Geser Spesimen F

Hasil Uji geser (\varnothing 7mm, 2 detik, 3.2V)



Gambar 10 Menunjukkan Grafik Uji Geser Spesimen G

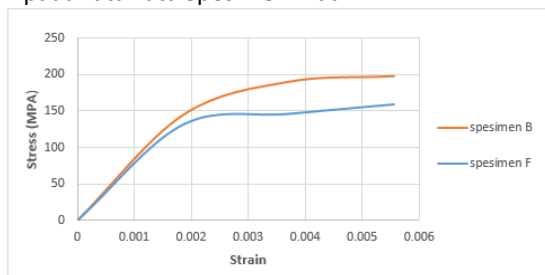
Hasil Uji geser (\varnothing 7mm, 2 detik, 1.6V)



Gambar 11 Menunjukkan Grafik Uji Geser Spesimen H

4.3 Analisa Pengaruh Parameter Terhadap Uji Geser

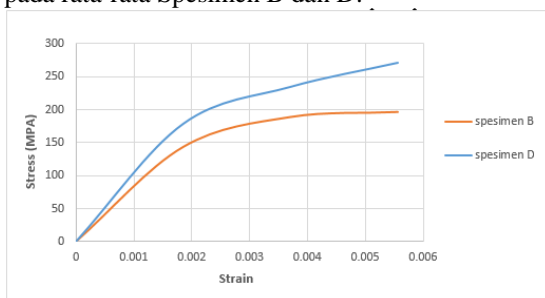
Perbedaan hasil dari diameter electrode taper 6 dan 7 pada rata-rata Spesimen B dan F



Gambar 12 Menunjukkan Perbedaan Hasil Rata-Rata Spesimen B Dan Spesimen F

Dapat dilihat hasil rata-rata uji geser spesimen B dengan diameter taper 6mm lebih baik dibandingkan hasil rata-rata uji geser spesimen F dengan diameter 7mm. Standar ukuran dari diameter electrode taper dengan ketebalan plat yang digunakan bisa dicari dengan persamaan $d=4\sqrt{t}$ (8) dimana d dan t adalah ukuran dari electrode taper dan ketebalan plat yang digunakan dalam satuan mm. Pada spesimen B dan F digunakan plat baja karbon ST 41 dengan tebal 2mm, dari persamaan itu didapatkan standar untuk ketebalan plat 2mm adalah dengan diameter electrode taper 6mm. Jadi standar dari electrode taper yang didapatkan dari persamaan tersebut dengan hasil pengujian spesimen B dan F bisa dikatakan ukuran diameter electrode taper sangat berpengaruh terhadap kekuatan sambungan las titik.

Perbedaan hasil dari waktu tekan 1 detik dan 2 detik pada rata-rata Spesimen B dan D.



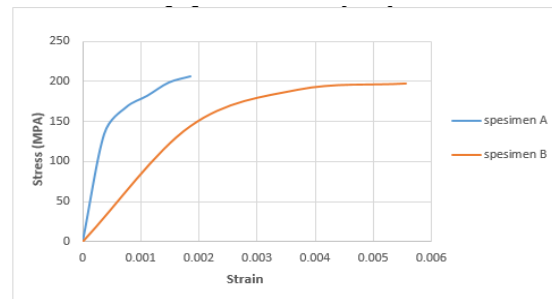
Gambar 13 Menunjukkan Perbedaan Hasil Rata-Rata Spesimen B Dan Spesimen D

Dapat dilihat hasil rata-rata uji geser spesimen D dengan waktu tekan 2 detik lebih baik dibandingkan hasil rata-rata uji geser spesimen B dengan waktu tekan 1 detik. Dari persamaan $H = I^2 \cdot R \cdot T$ (9), jadi jika nilai T (waktu) yang diberikan semakin besar maka nilai H (masukan panas) akan semakin besar. Dapat diartikan bahwa pengaruh dari waktu tekan saat pengelasan sangat berpengaruh terhadap kekuatan uji geser karena besar masukan panas saat proses peleburan logam pada pengelasan titik salah satunya dari waktu tekan yang diberikan.

Perbedaan hasil dari tegangan 3,2 V dan 1,6 V pada Spesimen A dan B.

Dilihat rata-rata hasil dari spesimen A menghasilkan tegangan maksimum lebih besar

dibandingkan rata-rata hasil dari spesimen B. Perbedaan dari parameter yang digunakan dari kedua buah spesimen yaitu pada tegangan pada mesin yang digunakan dimana semakin besar tegangan yang digunakan semakin besar juga daya maksimum mesin yang digunakan dan itu berpengaruh pada arus yang dikeluarkan.



Gambar 14 Menunjukkan Perbedaan Hasil Rata-Rata Spesimen A Dan Spesimen B

. Dari persamaan $H = I^2 \cdot R \cdot T$ (10) semakin besar nilai I (arus) yang yang diberikan semakin besar maka nilai H (masukan panas) akan semakin besar. Dapat diartikan bahwa pengaruh dari tegangan mesin yang digunakan saat pengelasan sangat berpengaruh terhadap kekuatan uji geser karena besar tegangan sama dengan besar arus yang diberikan, jadi masukan panas saat proses peleburan logam pada pengelasan titik salah satunya dari tegangan mesin yang diberikan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Mesin Spot Welding yang didesain dapat menghasilkan tegangan dan arus dengan baik, dan juga dapat digunakan mengelas titik dengan baik. Mesin spot welding yang didesain sesuai dengan kalibrasi yang dilakukan yaitu dengan mengukur kapasitas mesin dan tegangan yang dihasilkan pada mesin dimana hasilnya adalah kapasitas mesin sesuai perancangan yang dibuat dengan kapasitas mesin menghasilkan 5kVA dan tegangan yang dihasilkan sebesar 3,4V. Pada perbandingan spesimen hasil dari pengelasan titik dengan *code* mesin B alat yang didesign untuk penelitian ini dan *code* mesin A yang merupakan mesin kompetitor (DN-5) dimana mesin tersebut merupakan standar pabrik. Dapat dikatakan bahwa alat yang didesign dengan *code* mesin B lebih baik dari hasil grafik pengujian yang telah dilakukan.
2. Pada hasil pengujian geser yang dilakukan spesimen C menghasilkan nilai tegangan geser maksimal paling tinggi dengan nilai rata-rata tegangan geser 300,188 Mpa dengan rata-rata regangan 0,016 dan spesimen F menghasilkan nilai tegangan

geser paling rendah dengan nilai tegangan geser rata-rata 158,606 Mpa dengan regangan rata-rata 0,005.

Daftar Pustaka

- [1] Aditia Arif Gunawan, I N. Gde Antara., dan I N. Budiarsa, 2020, *View of Sifat Mekanis Sambungan Similar Stainless Steel 304 Dengan Variasi Ketebalan dan Diameter Spot Welding Electrode Taper n.d.*, Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika, 9 (1): 846-850.
- [2] Anis M., Irsyadi A., and Ferdian D., 2010, *Studi Lapisan Intermetalik Cu3sn Pada Ujung Elektroda Dalam Pengelasan Titik Baja Galvanis*, MAKARA of Technology Series, 13(2), pp. 91–95.
- [3] Budiarsa I. N., I N. Gde Antara., Agus Dharma, and IN. Karnata, 2018, *Determination Plastic Properties of a Material by Spherical Indentation Base on the Representative Stress Approach*, Journal of Physics: Conference Series, 989(1).
- [4] Budiarsa I N., I M. Astika., I N. G. Antara., and IM.G. Karohika, 2019, *Optimization on Strength Spot Welding Joint Trough Finite Element Modelling Indentation Approach*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 539(1).
-] Budiarsa I N., ID.G.Ary Subagia, W.Widhiada, and N.P.G. Suardana, 2015, *Characterization of Material Parameters by Reverse Finite Element Modelling Based on Dual Indenters Vickers and Spherical Indentation*, Procedia Manufacturing, 2 (February): 124–29.
- [6] Charde N., 2012, *Effects of Electrode Deformation on Carbon Steel Weld Geometry of Resistance Spot Welding*, 1(5), pp. 5–12.
- [7] IG.N. Nitya Santhiarsa, Budiarsa IN., 2008, *Pengaruh Posisi Pengelasan Dan Gerakan Elektroda Terhadap Kekerasan Hasil Las Baja*, JIS SSC 41. 2(2).
- [8] Pouranvari M., Marashi S.P. H, 2011, *Dissimilar spot welds of AISI 304/AISI 1008. Metallurgical and mechanical characterization*. *Steel Research International*, 82(12), pp. 1355–1361.
- [9] D.B. Jabaraj, 2013, *Research on Resistance Spot Welding of Stainless Steel*, An Overview A. 4(12), pp. 1741–1750.
- [10] Rusmawan D. D., Hendrawan M. A., 2014. *Studi Pengaruh Arus Dan Waktu Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las Titik (Spot Welding) Logam Tak Sejenis*, pp. 6–13



IGA Anom Wardana

menyelesaikan studi di SMK N 1 Denpasar pada tahun 2017, kemudian melanjutkan program sarjana di program studi Teknik Mesin Udayana pada tahun 2017, dan menyelesaikannya pada tahun 2021.

Bidang penelitian yang diminati adalah rekayasa manufaktur, mengenai tentang logam dan *spot welding*.