

Sifat Mekanis Sambungan *Dissimilar Stainless Steel 304* – Baja Karbon ST 37 Dengan Variasi Diameter *Spot Welding Electrode Taper*

N. Agus Surya P, IN. Budiarsa, ING. Antara.

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui sifat mekanis dalam sambungan *Dissimilar Stainless Steel 304* – Baja Karbon ST 37 dengan diameter *Spot Welding Electrode Taper* 4 mm dan 5 mm dan mengetahui diameter *Spot Welding Electrode Taper* yang sesuai pada sambungan *Dissimilar Stainless Steel 304* – Baja Karbon ST 37. Penelitian ini menggunakan 3 metode pengujian dalam mengetahui sifat mekanis dalam sambungan *Dissimilar Stainless Steel 304* – Baja Karbon ST 37 dengan diameter diameter *Spot Welding Electrode Taper* 4 mm dan 5 mm, yaitu uji tarik untuk logam induk (*Base Metal*), uji geser dan uji kekerasan *Vickers* pada sambungan las (*Weld Joint*). Berdasarkan data yang diperoleh, penelitian ini mendapatkan diameter *spot welding electrode taper* yang tepat pada sambungan *Dissimilar Stainless Steel 304* – Baja Karbon ST 37 yaitu diameter *Spot Welding Electrode Taper* 5 mm dilihat dari data pengujian uji geser mendapatkan rata-rata Regangan 3,619 – Tegangan Geser Maksimum 58,64 MPa. Pada uji kekerasan *vickers* mendapatkan HVN rata-rata daerah las 334,926.

Kata kunci: *Spot Welding, Dissimilar, Tarik, Geser, Kekerasan*

Abstract

This study aims to determine the mechanical properties of *Dissimilar joints, Stainless Steel 304 - ST 37 Carbon Steel* with 4 mm and 5 mm *Spot Welding Electrode Taper* and find out the diameter of *Spot Welding Electrode Taper* that is suitable for *Dissimilar Stainless Steel 304 - ST 37 Carbon Steel joints*. This study uses 3 testing methods in knowing the mechanical properties in the *Dissimilar Stainless Steel 304 - Carbon Steel ST 37 connection Spot Welding Electrode Taper 4 mm and 5 mm*, namely the tensile test for base metal, shear test and *Vickers hardness test* on welding joint (*weld joint*). Based on the data obtained, this study obtained the exact *spot welding electrode taper size* at *304 Dissimilar Stainless Steel 304 - Carbon Steel ST 37 connections* namely 5 mm *Spot Welding Electrode Taper* seen from the shear test test data to get 3,619 strain - maximum shear stress of 58,64 MPa. In the hardness test the *vickers* get an average HVN of the welding area of 334,926

Keywords: *spot welding, dissimilar, tensile, shear, hardness*

1. Pendahuluan

Joining (Penyambungan) adalah dimana salah satu proses penting diantaranya dengan cara pengelasan. Pengelasan merupakan cara menyambungkan logam yang sering digunakan dikarenakan pengelasan memiliki kelebihan yaitu hasil sambungannya lebih kuat, mudah untuk pemakaiannya, harga bersahabat dan sangat efisien [1].

Spot welding merupakan metode penyambungan (*joining*) yang umumnya digunakan sebagai meyambung lembaran logam pada industri otomotif [2]. *Spot welding* mempunyai keunggulan yang dimana dibedakan pada metode pengelasan lainnya, hasil sambungannya rapi, sambungannya lebih rapat, dan pengoperasiannya relatif lebih mudah dibandingkan dengan metode pengelasan lainnya serta tidak memerlukan logam pengisi (*filler*) [3].

Kualitas, karakteristik dan kekuatan pengelasan las titik (*spot welding*) dipengaruhi dari beberapa faktor antarlain ketebalan plat (*sheet*), diameter *spot welding electrode taper*, waktu pengelasan, arus pengelasan yang digunakan dan tekanan yang dihasilkan pada saat melakukan pengelasan. Kualitas, karakteristik dan kekuatan hasil sambungan las titik terkait ketebalan plat (*sheet*) serta besarnya diameter

spot welding electrode taper dalam menghasilkan (*nugget*) sangat penting dalam penyambungan pelat dalam perakitan (*body*) mobil sebagai bagian yang menentukan kelayakan, kualitas dan keamanan alat transportasi [4].

Salah satu teknik penyambungan yang dikembangkan saat ini adalah teknik penyambungan (*dissimilar metal*) atau dua jenis logam yang tidak sejenis. Sambungan logam tidak sejenis atau (*dissimilar metal*) merupakan penyambungan dua jenis logam yang berbeda sifat dan karakteristiknya dengan cara dilas.

Berdasarkan pendahuluan diatas akan dilakukan penelitian mengenai sejauh mana pengaruh diameter *spot welding electrode taper* pengelasan titik (*spot welding*) dengan sifat mekanis dari sambungan *dissimilar stainless steel 304* dan baja karbon ST 37.

2. Dasar Teori

2.1 Las Titik (*Spot Welding*)

Spot welding, yang dimana permukaan pada pelat yang disambungkan dengan cara ditekan diantara *spot welding electrode taper* dan saat bersamaan arus listrik dialirkan sehingga dipermukaan logam yang menyebabkan mencair kemudian menyatu disebabkan oleh resistansi listrik.

Oleh karena itu dapat dilihat dari rumus sebagai berikut [5]:

$$H = I^2 \cdot R \cdot T \tag{1}$$

Dimana:

- H : Total heat input (Joule)
- I : Arus (Ampere)
- R : Resistansi elektrik dari sirkuit (Ω)
- T : Waktu pengelasan (detik)

2.2 Spot Welding Electrode Taper

Spot welding electrode taper terletak pada ujung welding gun yang memiliki fungsi menghasilkan tekanan benda yang kerja. Selain memberikan tekanan, spot welding electrode taper juga memiliki aliran arus yang berjumlah besar untuk proses pengelasan pada las titik. Spot welding electrode taper dibuat dari bahan tembaga karena mempunyai titik lebur yang beda dari benda yang akan dilas, sehingga proses dari pengelasan selesai spot welding electrode taper tidak akan menempel atau menyatu saat benda kerja.

2.3 Stainless Steel 304

Stainless steel adalah baja paduan yang kandungannya sedikit yaitu 11,5% krom berdasar dari beratnya. *Stainless steel* mempunyai sifat yang tidak mudah terkorosi atau berkarat seperti logam baja yang lain. *Stainless steel* berbeda dari baja biasanya dilihat pada kandungan kromnya. Berdasarkan ASTM A240, komposisi kimia dari Stainless steel (SS) 304, Sebagai berikut :

Tabel 1. Komposisi SS 304 [6]

Komposisi Kimia (%)							
C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Fe
0.042	1.19	0.034	0.006	0.049	18.24	8.15	-

2.4 Baja Karbon ST 37

Unsur kandungan baja akan berpengaruh pada sifat mekanis. Tipe baja biasanya ditentukan berdasarkan kandungan yang dimiliki di dalam unsur karbon terdapat didalam material baja. Berikut tabel kandungan unsur pada baja ST 37 dalam material.

Tabel 2 Komposisi Baja ST 37 [7]

Komposisi Kimia (%)							
C	P	S	Mn	Si	Cu	Al	Fe
0.12	0.04	0.05	0.50	0.10	0.10	0.02	Sisa

2.5 Uji Tarik

Suatu pengujian digunakan saat menguji kekuatan suatu material. Cara memberikan beban atau gaya dengan arah yang searah [8]. Pengujian Tarik, gaya Tarik yang secara berkala dan perlahan-lahan bertambah besar, dengan dilakukan observasi mengenai perpanjangan yang dilibatkan oleh benda yang diuji. Kemudian dihasilkan kurva tegangan dan regangan.

$$\sigma = F/A \tag{2}$$

- Dimana : σ : Tegangan (N/mm^2)
- F : Gaya (N)
- A : Luas awal penampang (mm^2)

Regangan yang digunakan pada kurva di dapatkan dengan cara membagi pertambahan panjang benda uji pada panjang awal. Persamaannya yaitu:

$$\epsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100\% \tag{3}$$

- Dimana : ϵ : Regangan
- L_f : Panjang Akhir (mm)
- L_o : Panjang Awal (mm)

2.6 Uji Geser

Kekuatan geser adalah sifat mekanik logam yang penting. Kekutan geser suatu bahan dapat diketahui dengan menguji tarik atau pengujian geser pada bahan yang bersangkutan. Perbedaan pengujian tarik dengan pengujian geser adalah pada gaya yang bekerja pada saat proses pengujian berlangsung, gaya yang terjadi pada saat pengujian tarik adalah gaya arah memanjang (*longitudinal*), sedangkan gaya yang terjadi pada saat pengujian geser adalah gaya arah vertical. Uji geser akan didapatkan sifat sifat sebagai berikut:

$$\tau = \frac{F}{A} \tag{4}$$

- Dimana: τ : Kekuatan geser material (N/mm^2)
- F : Beban (Kg)
- A : Luas penampang (mm^2).

Regangan yang diperoleh yaitu regangan linear rata-rata, yang didapatkan melalui membagi perpanjangan (*gauge length*) pada benda uji, dengan panjang awal.

$$\gamma = \frac{\tau}{G} \tag{5}$$

- Dimana, γ : Regangan
- τ : Tegeangan geser satuan
- G : Modulus Elastisitas Geser

2.7 Uji Kekerasan

Kekerasan suatu material yaitu suatu sifat mekanis dari material tersebut [9]. Kekerasan suatu material adalah menunjukkan suatu ketahanan dari material terhadap deformasi plastis. Percobaan kekerasan *Vicker*, menggunakan indentor bentuk *pyramid* pada bujur sangkar (*a square-base diamond pyramid*) dari bahan intan. Sudut puncak pyramid adalah 136° [10]. Karena bentuk dari kekerasan ini sering disebut "*Diamond Pyramid Hardness Test*". Angka kekerasan pengujian vickers adalah besarnya beban (P) dibagi dengan luas indentasi biasanya diukur dengan mikroskop dengan mengukur diagonal-diagonalnya. keke-asaan Vickers dihitung dengan :

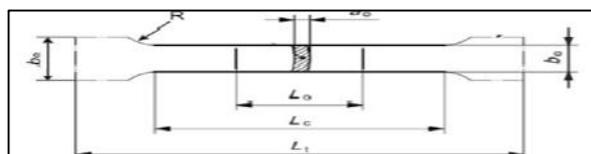
$$HV_N = \frac{2 \times P \times \sin\left(\frac{136}{2}\right)}{d^2} \tag{6}$$

$$HV_N = 1,854 \frac{P}{d^2} \left(\frac{kg}{mm^2}\right) \tag{7}$$

3. Metode Penelitian

3.1 Bentuk Spesimen Uji Tarik

Spesimen untuk pengujian uji tarik menggunakan standar ISO 6892-1:2009.



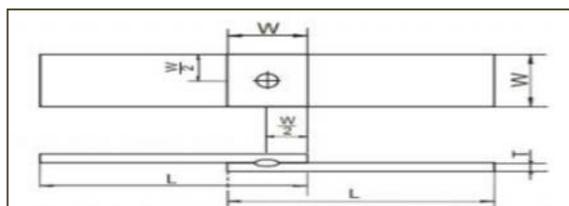
Gambar 1. Spesimen Uji Tarik Standar ISO 6892-1:2009

Dimana :

- Lo = Panjang awal pengukuran (80 mm)
- Lc = Panjang Paralel (130 mm)
- Lt = Panjang Total (200 mm)
- bo = Lebar pengukuran (20 mm)
- be = Lebar grip (25 mm)
- R = Radius (25 mm)

3.2 Bentuk Spesimen Uji Geser

Spesimen untuk pengujian geser menggunakan standar r jJIS Z 3139.



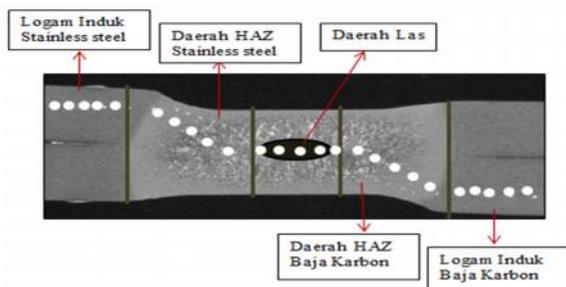
Gambar 2. Spesimen Uji Geser Standar JIS Z 3139

Dimana :

- L = Panjang Spesimen (150 mm)
- W = Lebar (30 mm)

3.3 Bentuk Spesimen Uji Kekerasan Vickers

Spesimen untuk pengujian kekerasan menggunakan standar ASTM E 384 – 10.



Gambar 3. Spesimen Uji kekerasan Standar ASTM E 384-10

4. Hasil dan Pembahasan

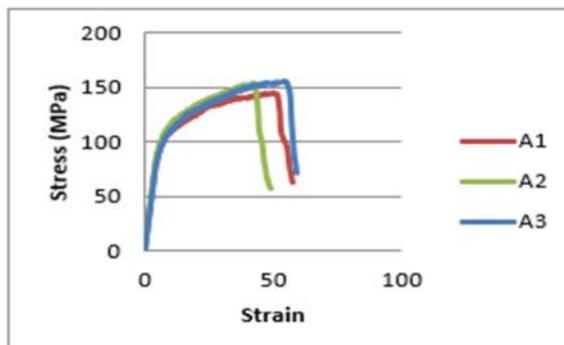
Penelitian mengenai sifat mekanis sambungan dissimilar stainless steel 304-baja karbon st 37 divariasikan pada diameter *spot welding electrode taper* pada penelitian ini didapat hasil dari pengujian, meliputi uji tarik, uji geser dan uji kekerasan *vickers*. Dari pengujian ini dilakukan analisis dan pembahasan guna mendapat kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian.

4.1. Hasil Pengujian Uji Tarik Pada Logam Induk

Dalam pengujian uji tarik pada logam induk yang dapat diperoleh dari kedua spesimen yaitu *Stainless steel* 304 ketebalan 1 mm dan Baja karbon St 37 ketebalan 1mm, maka hasil pengujian tarik pada logam induk ini dapat ditunjukkan dalam grafik berikut.

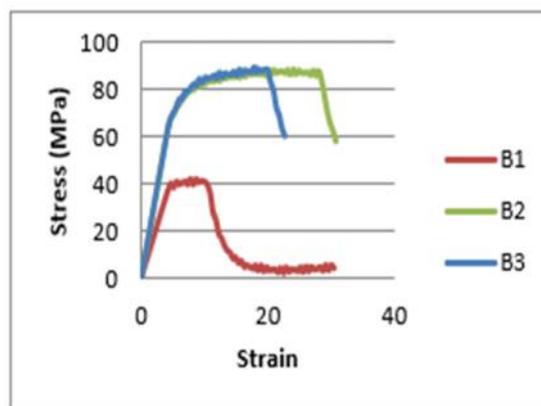
Berdasarkan hasil pengujian tarik yang di gambarkan dalam grafik pada Gambar 5 menunjukkan tiga spesimen yang di uji tarik pada material Baja Karbon ST 37 sebagai logam induk

dari jumlah tegangan tarik maksimum yaitu 72,867 MPa dan rata-rata regangan sebesar 17,942.



Gambar 4 Grafik Tegangan – Regangan Logam induk *Stainless Steel* 304 Ketebalan 1 mm (A1,A2 dan A3)

Berdasarkan hasil pengujian tarik yang di gambarkan dalam grafik pada Gambar 4 diatas menunjukkan tiga spesimen yang di uji tarik pada material *Stainless Steel* 304 sebagai logam induk dengan rata-rata tegangan tarik maksimum sebesar 144,520 MPa dan rata-rata regangan sebesar 50,144



Gambar 5. Grafik Tegangan – Regangan Logam induk Baja Kaarbon St 37 Ketebalan 1 mm (B1,B2 dan B3)

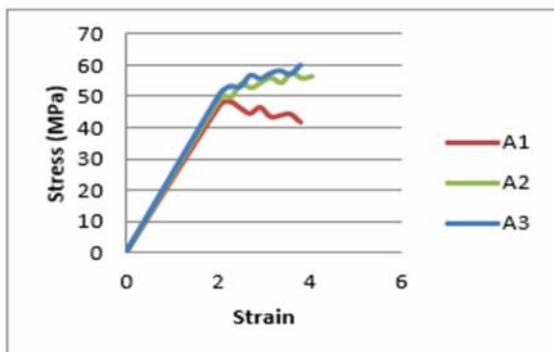
4.2 Hasil Pengujian Uji Geser Pada Sambungan Las

Pengujian geser pada sambungan las yang dapat diperoleh dari kedua spesimen yaitu diameter *welding electrode taper* 4 mm dan 5 mm, maka hasil pengujian geser pada sambungan las ini dapat ditunjukkan dalam grafik berikut:

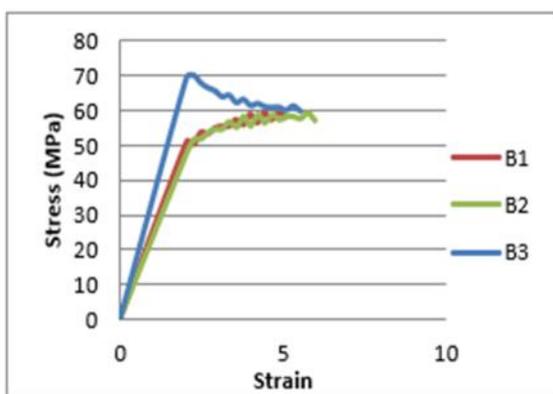
Berdasarkan hasil pengujian tarik yang di gambarkan dalam grafik pada Gambar 6 diatas menunjukkan tiga spesimen yang di uji geser pada sambungan dissimilar dengan *spot welding electrode taper* 4 mm dengan rata-rata rata-rata tegangan geser maksimum sebesar 51,556 MPa dan rata-rata regangan sebesar 3,627.

Berdasarkan hasil pengujian geser yang di gambarkan dalam grafik pada Gambar 7 menunjukkan tiga spesimen yang di uji geser pada sambungan dissimilar dengan *spot welding electrode taper* 5 mm dengan rata-rata tegangan geser

maksimum sebesar 58,64 MPa dan rata-rata regangan sebesar 3,619.



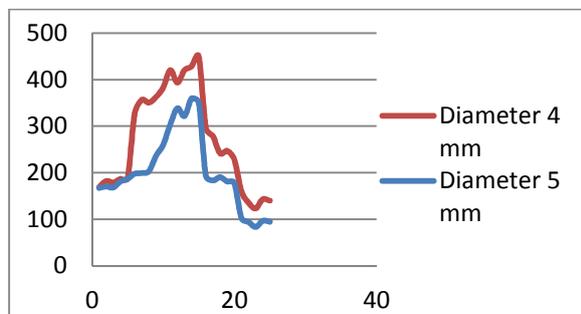
Gambar 6. Grafik Tegangan – Regangan Geser Spot Welding Electrode Taper 4 mm (A1,A2, dan A3)



Gambar 7. Grafik Tegangan – Regangan Geser Spot Welding Electrode Taper 5 mm (B1,B2, dan B3)

4.3. Hasil Pengujian Uji Kekerasan Vickers

Pengujian uji kekerasan *vickers* yang dilakukan mendapatkan data yang akan di olah dalam bentuk tabel dan grafik dengan pembahasan teoritis yang sesuai dengan permasalahan yang diteliti. Pengujian ini dilakukan menggunakan metode uji kekerasan *vickers* dengan bebanan 10 kg. Pada pengujian ini dilakukan pengujian sebanyak 25 titik pada setiap spesimen.



Gambar 8. Grafik Uji Kekerasan Vickers Spot Welding Electrode Taper Diameter 4 mm dan 5 mm

Berdasarkan hasil pemaparan uji kekerasan vickers yang di gambarkan digrafik pada Gambar 8 diatas menunjukkan dua spesimen yang di uji kekerasan vickers pada sambungan *dissimilar* dengan *spot welding electrode taper* 4 mm dan 5 mm nilai kekerasan terendah yaitu spesimen diameter spot welding electrode taper 5 mm.

5. Kesimpulan

Dari Penelitian yang dilakukan pada sambungan *Dissimilar Stainless Steel* 304 – Baja Karbon ST 37 dengan variasi *Spot Welding Electrode Taper* 4 mm dan 5 mm dapat dijabarkan sebagai berikut :

- Hasil pengujian tarik pada logam induk stainless steel 304 ketebalan 1 mm maka didapatkan, rata-rata tegangan tarik maksimum sebesar 144,520 MPa dan rata-rata regangan sebesar 50,144 pada logam induk Baja karbon ST 37 ketebalan 1 mm di dapatkan, hasil tegangan tarik maksimum yaitu 72,867 MPa dan rata-rata regangan sebesar 17,942.
- Hasil pengujian geser dengan spot welding electrode taper 4 mm maka didapatkan, rata-rata tegangan geser maksimum sebesar 51,556 MPa dan rata-rata regangan sebesar 3,627 dengan spot welding electrode taper 5 mm maka didapatkan, rata-rata tegangan geser maksimum sebesar 58,64 MPa dan rata-rata regangan sebesar 3,619.
- Hasil pengelasan sambungan dissimilar stainless steel 304 – baja karbon ST 37 pada spot welding electrode taper 4 mm dimana nilai HVN rata-rata daerah las sebesar 422,594 Kg/mm² dan pada spot welding electrode taper 5 mm dimana nilai HVN rata-rata daerah las sebesar 334,926 Kg/mm².

Daftar Pustaka

- [1] Purwaningrum, Y., Fatchan, M., 2013, *Pengaruh Arus Listrik Terhadap Karakteristik Fisik - Mekanik Sambungan Las Titik Logam Dissimilar Al - Steel*. Jurnal Teknik Mesin, Vol. 15 No., pp. 16-22.
- [2] Ishak M., Shah, dkk., 2014, *Studi Of Resistance Spot Welding Between AISI 301 Stainless Steel And AISI 1020 Carbon Steel Dissimilar Alloy*, Journal of Mechanical Engineering and Sciences (JMES), Vol 6, pp. 793-806.
- [3] Diyatmoko H., 2004, *Penelitian Tentang Pengaruh Waktu Dan Penekanan Pengelasan Titik Pada Baja Tahan Karat AISI 430 Terhadap Struktur Mikro, Nilai Kekerasan Dan Nilai Kekuatan Gesernya*, Jurnal Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [4] Budiarsa IN., IM. Astika, ING. Antara, IMG. Karohika, 2019, *Optimization On Streght*

- Spot Welding Joint Trough Finite Element Modeling Indentation Approach***, Material Science and Engineering, Vol. 539, No1, 012042.
- [5] Wiryosumatro H., Okumura T., 1981, ***Teknologi Pengelasan Logam***, Cetakan Kedelapan, PT Pradaya Paramita, Jakarta.
- [6] Sumarji, 2011, ***Studi Perbandingan Ketahanan Korosi Stainless Steel Tipe SS 304 dan SS 201 Menggunakan Metode U-Bend Test Secara Siklik Dengan Variasi Suhu dan Ph***. Jurnal ROTOR, Vol. 4 No. 1.
- [7] Hendi Saputra, Achmad Syarief, Yassyir Maulana, 2014, ***Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Baja ST 37 Pasca Pengelasan Menggunakan Las Listrik***, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam, Vol. 3 No. 2, pp. 91-98.
- [8] Askeland, D.R., 1985, ***The Science and Engineering of Material***, Alternate Edition, PWS Engineering, Boston, USA.
- [9] Budiarsa IN., ING Antara., IMG Karohika., 2019, ***Indentation Size Effect of the Vickers Indentation to Improve the Accuracy of Inverse Materials Properties Modeling Based on Hardness Value, Earth and Environmental Science***, 248(1), 012009.
- [10] Budiarsa IN., ING Antara., IM Astika., IW Widhiada, 2019, ***Determining Plastic Properties of Material Through Instrumented Indentation Approach***, *Internasional Journal of Advanced Research in Engineering and Technology*, 10 (1)



Nyoman Agus Surya P. menyelesaikan studi di SMAN 2 Denpasar pada tahun 2016, lalu melanjutkan perkuliahan di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2016, dan menyelesaikannya studi pada tahun 2020.

Bidang penelitian yang m m.l,l,lnhkoji diminati adalah rekayasa manufaktur, mengenai logam dan spot welding