

PENGARUH VARIASI WAKTU PENEKANAN PENGELASAN TITIK TERHADAP KEKUATAN TARIK, KEKERASAN, DAN STRUKTUR MIKRO PADA SAMBUNGAN DISSIMILAR BAJA TAHAN KARAT AISI 304 DENGAN BAJA KARBON RENDAH ST 41

Oleh:

Wahyu Firmansyah, Heru Suryanto, Solichin
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang
Email: Wahyu.firmansyah67@yahoo.com

Abstrak. Pengelasan titik merupakan salah satu proses las listrik yang digunakan oleh industri produksi dan pemeliharaan. Teknik penyambungan las titik digunakan untuk hampir semua jenis logam yang diketahui di pasaran. Pada proses pengelasan dengan menggunakan material berbeda jenis antara baja karbon rendah St 41 dengan baja tahan karat AISI 304 cenderung menyebabkan terjadinya masalah karena sifat mekanis yang berbeda dari masing-masing benda yang dilas. Untuk itu penelitian ini bertujuan mencari waktu pengelasan yang paling optimal dengan arus pengelasan 1200 ampere pada sambungan baja karbon rendah St 41 dan baja tahan karat AISI 304. Penyambungan menggunakan las titik dengan variasi waktu pengelasan 0,5, 1, 1,5, dan 2 detik. Setelah itu, dilakukan pengujian tarik menggunakan standar AWS D8.9-97 dengan pengulangan setiap variasi waktu sebanyak 3 kali. Pengujian kekerasan menggunakan Hardness Rockwell Ball (HRB) dengan 6 titik daerah uji dan dilakukan pengulangan setiap variasi waktu sebanyak 3 kali. Foto struktur mikro dilakukan pada daerah lasan dan daerah HAZ dari baja karbon rendah St 41 dan juga baja tahan karat AISI 304. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah dilakukan pengelasan dengan variasi waktu las hasil yang paling optimal adalah variasi waktu pengelasan 1 detik dengan kekuatan tarik sebesar 24,6 (kg/mm²) dengan patahan berjenis ulet, nilai kekerasan paling baik dan lebih merata juga terjadi pada variasi waktu 1 detik dengan nilai 86,2 HRB.

Kata kunci: Las Titik, Waktu Pengelasan, Sambungan Berbeda Jenis, Kekuatan Tarik, Kekerasan, Struktur Mikro

Dengan semakin meningkat-nya teknologi dalam bidang industri maka dibutuhkan banyak rekayasa dalam pemanfaatan alat. Salah satu cara agar mudah direkayasa dalam pembuatan alat yaitu dengan pengelasan. Pengelasan titik sangat penting penggunaannya karena proses pengelasan titik paling banyak digunakan di bidang industri produksi dan pemeliharaan seperti industri mobil, kedirgantaraan, dan sektor nuklir, elektronik dan industri listrik (Shamsul dan Hisyam, 2007). Dalam penerapannya las titik banyak digunakan oleh perusahaan otomotif khususnya mobil

untuk merakit bagian-bagian mobil yang berbeda jenis sambungan maupun yang sejenis. Ada sekitar 5000 proses pengelasan titik dilakukan dalam pembuatan sebuah mobil (Hayat, 2011). Terlihat jelas peran pengelasan dalam perusahaan otomotif sehingga diperlukan penelitian lebih mendalam terkait pengelasan jenis ini terutama dalam penyambungan berbeda jenis.

Penyambungan dua material atau lebih yang berbeda jenis bertujuan untuk meringankan bobot kendaraan sehingga dapat mengefisienkan pemakaian bahan bakar dalam suatu kendaraan (Hendrawan

dan Rusmawan, 2014). Selain itu penyambungan logam berbeda jenis berguna juga untuk mengurangi biaya produksi karena harga logam yang tidak sama. Alenius dkk (2007) menjelaskan kurangnya pengalaman dengan material baru atau kombinasi diantaranya sering mengakibatkan penggunaan parameter pengelasan yang tidak optimal. Penggunaan parameter yang tidak optimal sesuai dengan bahan yang akan dilas mengakibatkan waktu dan tenaga yang dikeluarkan menjadi tidak efisien. Pada pengelasan titik waktu sangat diperlukan untuk mengoptimalkan produktifitas kerja. Waktu pengelasan yang singkat tetapi menghasilkan produktifitas yang maksimal menjadi hal yang penting karena tuntutan hasil yang tinggi. Untuk itu penelitian ini berfungsi untuk menentukan waktu pengelasan yang optimal pada sambungan berbeda jenis antara baja karbon rendah St 41 dan baja tahan karat AISI 304.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian kuantitatif dengan cara eksperimental. Bahan yang digunakan yaitu baja karbon rendah St 41, dengan kandungan karbon kurang dari 0,3% yang dibeli dari PT Steel Pipe Industry Of Indonesia beserta sertifikatnya dan baja tahan karat AISI 304 dengan kandungan khromium kurang dari 16%, dan karbon kurang dari 0,25% dengan sertifikat didapatkan dari Posco Thainox Mill Test Certificate. Masing-masing ukuran tebal pelat 1 mm. Pematangan jenis specimen dilakukan dengan mesin Hydrocut buatan Nova Machinery Pty dan pengelasan titik dilakukan dengan mesin DN-16-1 tipe Ac Point Welder.

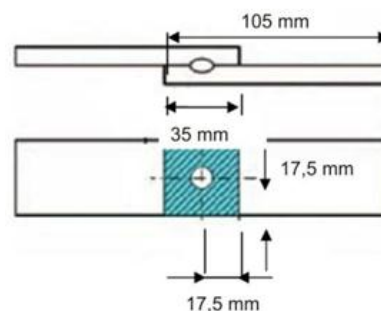
Variabel dalam penelitian ini meliputi:
a) Variabel bebas adalah waktu pengelasan

yaitu selama 0,5, 1, 1,5 dan 2 detik. b) Variabel terikat adalah kekuatan tarik sambungan, nilai kekerasan, dan struktur mikro maupun makro dari proses pengelasan titik pada sambungan berbeda jenis. c) Variabel terkontrol adalah besar arus sebesar 1200 ampere dan sambungan yang digunakan baja karbon rendah St 41 dengan baja tahan karat AISI 304.

PROSEDUR PENGUJIAN

Uji Tarik

Pengujian tarik menggunakan standar AWS D8.9-97 seperti pada gambar 1



Gambar 1. Standar Pengelasan AWS D8.9-97

Pengujian tarik dilakukan dengan Torsee Universal Testing Machine tipe AMU 20 kapasitas 20.000 kgf. Setiap variasi waktu pengelasan dilakukan 3x pengulangan pengujian tarik dengan menggunakan beban sebesar 2000 kgf.

Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan alat uji keras *hardness rockwell ball* (HRB) dengan indentor bola baja berukuran 1/16 dan beban penekanan 100 kg. Setiap specimen dilakukan 6x penekanan titik yang meliputi daerah logam induk, daerah HAZ dan daerah las dari baja tahan karat AISI 304 dan logam induk, daerah HAZ, dan daerah las dari baja karbon rendah St 41 dengan jarak antar titik 2 mm.

Pengujian kekerasan dilakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali

Uji Struktur Mikro

Proses pengamatan struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop Nikon tipe 59520 dengan lensa optik M Plan 40. Spesimen dibelah tepat di tengah daerah las dan dilakukan foto mikro dengan posisi vertikal. Cairan etsa menggunakan nital selama 15 detik dengan komposisi alkohol 90% dan HNO₃ 10% untuk baja karbon rendah St 41 dan aqua regia selama 2 menit dengan komposisi HCl 75% dan HNO₃ 25% untuk baja tahan karat AISI 304.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Tarik

Variasi waktu pengelasan dilakukan untuk mengetahui waktu pengelasan yang paling optimal pada sambungan berbeda jenis dan juga untuk mencari letak putus yang terjadi pada sambungan. Hasil uji kekuatan tarik ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Rerata Hasil Pengujian Tarik Pada Baja St 41 dan SS AISI 304 Pada Pengelasan Titik

| Jenis Perlakuan | Data Pengujian Tarik | | |
|-----------------|--|-------|-------------------------------------|
| | σ_{ys} (Kg/mm ²) | LS | σ_u (Kg/mm ²) |
| 0,5 detik | 12,7 | - | 19,3 |
| 1 detik | 20,6 | ST+SS | 24,6 |
| 1,5 detik | 17,7 | ST | 20,9 |
| 2 detik | 16 | ST | 19,2 |

Keterangan:

LS = Letak Sobek

SS = Baja Tahan Karat AISI 304

ST = Baja Karbon Rendah St 41

Dari tabel 1 menunjukkan kekuatan tarik maksimal spesimen yang dilas selama 1 detik dengan hasil 24,6 (Kg/mm²). Untuk waktu pengelasan 0,5 detik, 1,5 detik, dan 2 detik kekuatan tarik mengalami sedikit perubahan dengan rincian 0,5 detik sebesar

19,3 (kg/mm²), 1,5 detik sebesar 20,9 (Kg/mm²) dan 2 detik sebesar 19,2 (Kg/mm²). Hal ini membuktikan bahwa peningkatan waktu pengelasan tidak signifikan dalam mempengaruhi kekuatan tarik dari sambungan baja karbon rendah St 41 dengan baja tahan karat AISI 304. Dalam pengujian tarik yang dilakukan sambungan dari baja tahan karat AISI 304 cenderung lebih kuat daripada sambungan baja karbon rendah St 41 karena letak putus di daerah HAZ cenderung menempel ke logam induk dari baja tahan karat. Hal ini didukung hasil penelitian dari Aravinthan dan Nachimani (2011) yang mengatakan baja tahan karat memiliki lebih tinggi kekuatan las dibandingkan dengan baja karbon rendah dan lasan campuran karena sifat dari material itu sendiri.



Gambar 2. Hasil Foto Makro Variasi Pengelasan 0,5 Detik. (a) Baja Tahan Karat AISI 304, (b) Baja Karbon Rendah St 41



Gambar 3. Hasil Foto Makro Variasi Pengelasan 1 Detik. (a) Baja Tahan Karat AISI 304, (b) Baja Karbon Rendah St 41



Gambar 4. Hasil Foto Makro Variasi Pengelasan 1,5 Detik. (a) Baja Tahan Karat AISI 304, (b) Baja Karbon Rendah St 41



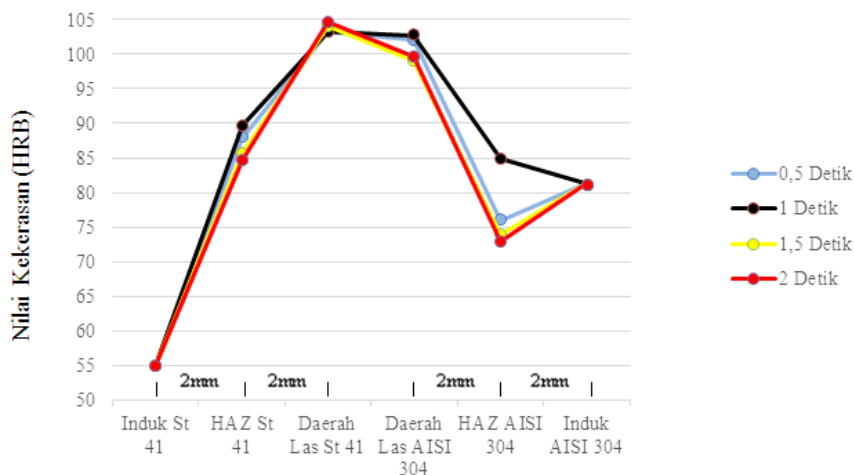
Gambar 5 Hasil Foto Makro Variasi Pengelasan 2 Detik. (a) Baja Tahan Karat AISI 304, (b) Baja Karbon Rendah St 41

Pengelasan dengan waktu 0,5 detik pada gambar 2 terlihat ketika dilakukan pengujian tarik cenderung terjadi rusak geser dengan daerah lasan tidak sampai berlubang. Hal itu disebabkan terbentuknya daerah lasan yang kecil dan panas yang diterima tidak terlalu besar untuk melelehkan material yang disambung. Pada baja karbon T_{cair} terjadi pada temperatur 1525°C (Nurhidayat, 2012). Untuk pengelasan dengan waktu 1 detik terjadi sobek pada daerah HAZ di baja karbon rendah St 41 dan juga di daerah HAZ dari baja tahan karat AISI 304 yang ditunjukkan pada gambar 3 dengan daerah lasan menempel pada logam

induk di baja karbon rendah St 41. Itu terjadi karena masukan panas yang diterima oleh material baik dari baja karbon rendah St 41 maupun baja tahan karat AISI 304 tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil sehingga menyebabkan tingkat kekerasan yang lebih merata. Pada gambar tersebut terlihat terjadi patah ulet dengan ciri-ciri terjadi deformasi yang besar dan terciptanya *cup and cone*. Selain itu permukaan patahan nampak kasar dan berwarna kelabu, sobek terjadi dengan daerah las menempel pada baja karbon rendah St 41 merupakan ciri dari patahan ulet. Pada pengelasan 1,5 detik dan 2 detik pada gambar 4 dan 5 letak sobek logam terjadi pada baja karbon rendah St 41 dengan daerah lasan menempel pada logam induk dari baja tahan karat AISI 304. Dengan kekerasan yang lebih tinggi pada daerah HAZ baja karbon rendah St 41 maka daerah ini menjadi lebih getas dan gampang patah jika diberikan beban melebihi kekuatannya maksimalnya.

Pengujian Kekerasan

Data hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6. Rerata Hasil Pengujian Kekerasan Baja Karbon Rendah St 41 dan Baja Tahan Karat AISI 304 Pada Pengelasan Titik

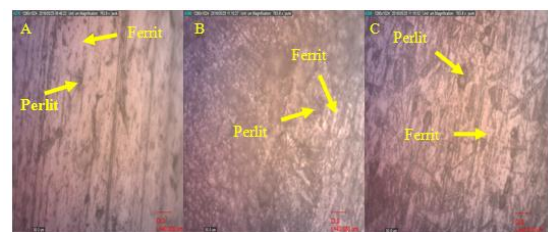
Gambar 6 menunjukkan perubahan nilai kekerasan pada spesimen baja karbon rendah St 41 dengan mengalami kenaikan masing-masing pada daerah HAZ dan daerah lasan. Akan tetapi pada baja tahan karat AISI 304 mengalami penurunan kekerasan pada daerah HAZ, hanya pada variasi waktu pengelasan 1 detik yang mengalami kenaikan kekerasan dari logam induk. Hal itu sesuai dengan penelitian dari Aravinthan dan Nachimani (2011) yang menyatakan bahwa peningkatan kekerasan antara daerah HAZ dan daerah lasan lebih besar dalam baja karbon rendah dibandingkan dengan baja tahan karat karena konduktivitas panas yang lebih baik dan hambatan listrik yang lebih rendah. Selain itu daerah HAZ yang telah mengalami proses rekristalisasi mempunyai nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan daerah logam induk, dimana temperatur rekristalisasi dimulai dari 500-550°C dan berakhir pada temperatur cair logam (Folkhard, 1988). Kekerasan di daerah HAZ meningkat dikarenakan di daerah tersebut banyak terdapat endapan karbida kromium ($Cr_{23}C_6$) yang membentuk butir-butir kristal kecil (Sinarep, 2003).

Pada daerah HAZ dari baja karbon rendah St 41 terjadi reaksi berupa berdifusinya Cr dari baja tahan karat AISI 304 ke dalam HAZ St 41. Dalam proses ini kromium dari baja tahan karat AISI 304 perlahan berdifusi menuju ke baja karbon rendah dikarenakan kadar kromium yang tinggi. Hal itu menyebabkan kromium melakukan reaksi perlindungan dengan cara mengurangi kadarnya (Leferink dkk, 1993). Akibat reaksi tersebut maka kekerasan di HAZ St 41 menjadi meningkat dengan nilai 84,7-89,7 HRB dibandingkan logam induknya yang bernilai 55 HRB. Dengan semakin besarnya butir yang terbentuk pada daerah

lasan dan daerah HAZ maka akan mengurangi tingkat kekerasan dari daerah tersebut (Raharjo dan Ariawan, 2005). Itu terjadi pada pengelasan dengan variasi waktu 1,5 detik dan 2 detik dimana tingkat kekerasan pada daerah HAZ baja tahan karat AISI 304 mengalami pemanasan yang berlebih sehingga membuat butir yang besar dan jarak antar butir yang lebih jauh pada daerah HAZ dan menghasilkan kekerasan 74 HRB pada variasi waktu pengelasan 1,5 detik dan 73 HRB pada variasi waktu pengelasan 2 detik.

Analisis Struktur Mikro

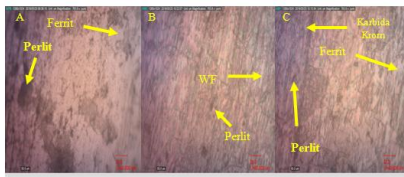
Analisis ini dilakukan untuk mendukung hasil dari pengujian kekerasan yang diperoleh dengan fasa struktur mikro yang terbentuk. Hasil dari analisis struktur mikro dengan variasi waktu pengelasan 0,5, 1, 1,5 dan 2 detik dapat dilihat pada gambar 7, 8, 9, dan 10.



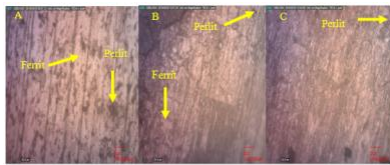
Gambar 7. Struktur Mikro Spesimen Baja Karbon Rendah St 41 dan Baja Tahan Karat AISI 304 dengan waktu pengelasan 0,5 detik (A) HAZ St 41, (B) Daerah Las, (C) HAZ AISI 304



Gambar 8. Struktur Mikro Spesimen Baja Karbon Rendah St 41 dan Baja Tahan Karat AISI 304 dengan waktu pengelasan 1 detik (A) HAZ St 41, (B) Daerah Las, (C) HAZ AISI 304



Gambar 9. Struktur Mikro Spesimen Baja Karbon Rendah St 41 dan Baja Tahan Karat AISI 304 dengan waktu pengelasan 1,5 detik (A) HAZ St 41, (B) Daerah Las, (C) HAZ AISI 304



Gambar 10. Struktur Mikro Spesimen Baja Karbon Rendah St 41 dan Baja Tahan Karat AISI 304 dengan waktu pengelasan 2 detik (A) HAZ St 41, (B) Daerah Las, (C) HAZ AISI 304

Pada gambar 7 gambar (A) perlit terlihat sangat sedikit di daerah HAZ baja karbon rendah St 41 dan ferrit sangat dominan. Hal ini menyebabkan daerah tersebut bersifat ulet. Gambar 7 (B) terdapat ferrit dan perlit dengan keberadaan perlit yang lebih dominan yang ditunjukkan dengan warna gelap. Hal itu menyebabkan kekerasan yang meningkat pada daerah lasan dari pengelasan dengan waktu 0,5 detik dengan kekerasan tertinggi dibandingkan daerah HAZ dan logam induk dari material. Gambar 7 (C) menunjukkan keberadaan perlit dan ferrit yang seimbang dikarenakan waktu pengelasan yang tidak terlalu lama sehingga panas yang dihasilkan tidak terlalu banyak. Gambar 8 (A) perlit terlihat lebih banyak dan besar. Hal ini dikarenakan daerah HAZ baja karbon rendah St 41 mengalami siklus termal pengelasan, semakin besar masukan panas yang dikenakan pada material akan menyebabkan luasan HAZ menjadi lebih besar dan merubah struktur mikro dari material menjadi butir-butir yang kasar (Sarippudin,

2013). Pada gambar 8 (B) ferrit dan perlit terlihat tidak ada yang lebih dominan tetapi perlit terlihat lebih besar dibandingkan pengelasan dengan waktu 0,5 detik. Itu menyebabkan kekerasan material menjadi meningkat menjadi 102,7 HRB dan merupakan kekerasan tertinggi pada daerah lasan dibandingkan daerah lasan dengan variasi waktu pengelasan yang lain. Pada gambar 8 (C) ferrit terlihat dominan pada daerah HAZ dari baja tahan karat AISI 304 dengan Ferrit widmanstatten (WF) yang terlihat tersebar merata dibandingkan pada pengelasan dengan waktu 0,5 detik. Perlit terlihat sedikit pada daerah HAZ baja tahan karat AISI 304.

Gambar 9 (A) ferrit di daerah HAZ baja karbon rendah St 41 terlihat lebih dominan dan tersebar merata. Gambar 9 (B) perlit terlihat sedikit pada daerah lasan dengan Ferrit widmanstatten (WF) yang tersebar rata. Pada gambar 9 (C) ferrit begitu jelas terlihat dengan warna terang dan perlit dengan warna gelap. Diduga endapan karbida ($Cr_{23}C_6$) juga terlihat banyak di daerah ini, itu disebabkan kromium merupakan unsur pembentuk karbida ($Cr_{23}C_6$) yang sangat kuat (Folkhard, 1988). Jadi semakin lama waktu pengelasan maka semakin banyak pula endapan karbida ($Cr_{23}C_6$) yang terbentuk di daerah HAZ. Pada material baja tahan karat AISI 304 terlihat begitu sensitif terhadap panas karena daya konduktivitas panas yang rendah dari baja tahan karat AISI 304. Jika material ini diberi perlakuan panas maka panas tersebut akan terpusat pada daerah yang terkena panas sehingga hanya sedikit panas yang disalurkan ke daerah sekitarnya. Pada gambar 10 (A) terlihat perlit dan ferrit dimana ferrit terlihat lebih dominan di daerah HAZ baja karbon rendah St 41, hal itu bisa dilihat pada kekerasannya yang

sebesar 84,7 HRB. Nilai kekerasan ini merupakan nilai terendah di daerah HAZ baja karbon rendah St 41. Gambar 10 (B) terdapat ferrit yang lebih sedikit dibandingkan perlit. Gambar 10 (C) terdapat banyak perlit dan beberapa Ferrit widmanstatten (WF) yang terbentuk. Ferrit widmanstatten (WF) sendiri terbentuk pada suhu 750-650°C (Setiawan dan Wardana, 2006).

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa, variasi waktu pengelasan pada

pengelasan titik baja karbon rendah St 41 dengan baja tahan karat AISI 304 menghasilkan waktu pengelasan yang paling baik ketika dilakukan pengelasan dengan waktu 1 detik dengan nilai kekuatan tarik sebesar 24,6 (Kg/mm²) dan nilai kekerasan sebesar 86,2 HRB. Pada analisa struktur mikro semakin lama waktu pengelasan yang terjadi ferrit, pearlit, dan Ferrit widmanstatten (WF) terlihat semakin besar dan kasar sehingga menurunkan tingkat kekerasan dari material yang dilas.

DAFTAR RUJUKAN

- Alenius, M., Pohjanne, P., Somervuori, M., & Hannine, H. 2007. Exploring the Mechanical Properties of Spot Welded Dissimilar Joints for Stainless and Galvanized Steel. *Welding Journal*, 305: 313.
- Aravinthan, A. & Nachimani, C. 2011. Analysis of Spot Weld Growth On Mild and Stainless Steel. *Supplement To The Welding Journal*, 143-147.
- Folkhard, Erich. 1988. *Welding Metallurgy of Stainless Steel*, Springer-Verlag Wine. New York.
- Hayat, Fatih., 2011. Resistance Spot Weldability of Dissimilar Materials: BH 180-AISI304L Steels and BH180-IF7123 Steels. *J. Mater. Sci. Technol*, 27 (11): 1047-1058.
- Hendrawan, Muh Alfatih. & Dwi Rusman, Deni. 2014. Studi Pengaruh Arus dan Waktu Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las Titik (*Spot Welding*) Logam Tak Sejenis. *Symposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT)*, 6-13.
- Leferink, R.G.I., Barten, H. & Huijbregts, W.M.M. 1993. Chromium Diffusion Coatings on Low-Alloyed Steels for Corrosion Protection Under Sulphidizing Conditions. *VGB Kraftwerkstechnik*. 73 (3): 1-14.
- Nurhidayat, Achmad. 2012. Pengaruh Metode Pendinginan pada Perlakuan Panas Pasca Pengelasan Terhadap Karakteristik Sambungan Las Logam Berbeda Antara Baja Karbon Rendah SS 400 dengan Baja Tahan Karat Austenitik AISI 304. *Politeknosa Ins* 11 (1): 64-78.
- Raharjo, Wahyu Purwo. & Ariawan, Dody. 2005. Pengaruh Welding Time Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Sambungan Lap Baja Tahan Karat 23 Feritik AISI 430 Dengan Metode Resistance Spot Welding. *Mekanika*, 3 (3): 13-23.
- Saripuddin, M. & Umar Lauw, Dedi. 2013. Pengaruh Hasil Pengelasan Terhadap Kekuatan, Kekerasan dan Struktur Mikro Baja St 42. *ILTEK*, 8 (15): 1063-1067
- Setiawan, Anang. & Wardana, Yusa Asra Yuli. 2006. Analisa Ketangguhan dan Struktur Mikro pada Daerah Las dan HAZ Hasil Pengelasan Sumerged Arc Welding pada Baja SM 490. *Jurnal Teknik Mesin*. 8 (2) 57-63

Shamsul, J.B. & Hisyam, M.M. 2007. Study of Austenitic Stainless Steel Type 304. *Journal of Applied Sciences Reseach*, 3 (11): 1494-1499.

Sinarep, 2003, Pengaruh Perbedaan Gaya Elektroda Terhadap Kekerasan dan

Kekuatan Tarik dengan Metode Spot Welding Pada Plat Baja SUS 301 dan SUS 304, *Rekayasa*, Vol. 4, Hal 56-63.