

STUDI PENGARUH ARUS DAN WAKTU PENGELASAN TERHADAP SIFAT MEKANIK SAMBUNGAN LAS TITIK (*SPOT WELDING*) LOGAM TAK SEJENIS

Muh Alfatih Hendrawan^{1*}, Deni Dwi Rusmawan²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. Ahmad Yani Pabelan Kartasura, Surakarta 57162.

*Email: alfatih@ums.ac.id

Abstrak

Dalam dunia manufaktur seringkali dibutuhkan penyambungan antar material melalui proses pengelasan, pada umumnya proses penyambungan dilakukan jika kedua material yang disambung adalah sejenis. Padahal di dunia industri terkadang perlu dilakukan penyambungan material-material tak sejenis untuk menurunkan biaya produksi. Oleh karena itu pada penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan pengaruh parameter arus dan waktu las titik terhadap kekuatan tarik geser serta terhadap nilai kekerasan pada sambungan las dua material berbeda. Selain itu juga bertujuan untuk mencari parameter las yang memiliki hasil paling optimal dalam pengujian kekuatan tarik geser maupun kekerasan sambungan las.

*Penelitian ini menggunakan bahan baja karbon rendah dan baja tahan karat austenit tipe 316L dengan tebal masing-masing 0,9 mm. Proses pengelasan menggunakan mesin las titik merk Dayok model OK-25 dengan variasi parameter arus yaitu 5000 A, 6000 A, dan 7000 A. Sedangkan variasi waktu adalah 0,4 dt; 0,5 dt; dan 0,6 dt. Pengujian yang dilakukan untuk menentukan sifat mekanik sambungan las titik yaitu pengujian tarik-geser (*Tensile Shear Load Bearing Capacity*) dan pengujian kekerasan Vickers *microhardness*. Pengujian tarik-geser menggunakan standar pengujian AWS D8.9-97. Sedangkan pengujian kekerasan Vickers *microhardness* dengan menggunakan standar pengujiannya adalah AWS D8.9-97.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi arus dan waktu berpengaruh signifikan terhadap kekuatan sambungan las. Begitu pula pada hasil penelitian kekerasan bahan dimana terjadi peningkatan kekerasan yang signifikan pada daerah sambungan las dibandingkan dengan daerah logam induk. Untuk variasi parameter pengelasan yang optimal terhadap kekuatan sambungan las ditemukan pada variasi tertinggi yaitu 7000 A dan 0,6 dt dengan nilai sebesar 5,323 kN. Sedangkan pengujian kekerasan bahan ditemukan daerah yang memiliki nilai kekerasan optimal adalah daerah logam las (*nugget*) dengan variasi arus dan waktu tertinggi yaitu 7000 A dan 0,6 dt.*

Kata kunci: *spot welding, logam tak sejenis, sifat mekanik*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permintaan pasar terhadap produk yang murah dan berkualitas merupakan tantangan tersendiri bagi perusahaan-perusahaan yang bergerak di bidang industri otomotif. Produk yang dihasilkan diharapkan mampu untuk memberikan inovasi atau solusi baru terhadap berbagai masalah yang ada. Selain menggunakan bahan baku yang baik, untuk menghasilkan produk yang berkualitas dikenal juga proses penyambungan logam yang disebut proses pengelasan. Salah satu metode atau proses pengelasan yang populer digunakan dalam industri otomotif terutama mobil adalah las titik (*spot welding*). A. Aravinthan dan C. Nachimani (2011) mengatakan bahwa mobil saat ini memiliki rata-rata 3000 sampai 4000 sambungan las titik.

Las titik (*resistance spot welding*) menurut Asosiasi Pengelasan Indonesia (API) digunakan pertama kali pada tahun 1920 dengan elektroda lasnya adalah paduan (*alloy*) tembaga-wolfram. Las titik memiliki kelebihan dapat menyambungkan sebagian besar jenis logam yang digunakan di dunia otomotif. Bukan hanya penyambungan dua material yang sama, las titik juga dapat melakukan penyambungan dua atau lebih material yang berbeda jenis. Biasanya penyambungan dua material atau lebih yang berbeda jenis ini bertujuan untuk meringankan bobot kendaraan sehingga dapat mengefisienkan pemakaian bahan bakar dalam suatu kendaraan. Penelitian-penelitian sebelumnya tidak ada yang fokus meneliti tentang pengaruh parameter las terhadap sambungan las titik dengan tebal kurang dari 1 mm, dimana ketebalan ini banyak digunakan pada dunia manufaktur.

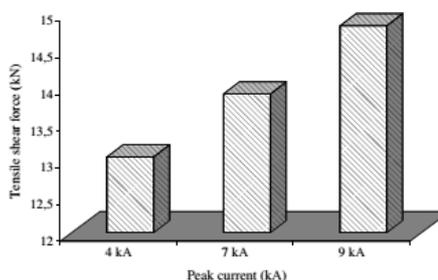
Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian yang lebih mendalam tentang pengaruh variasi parameter pengelasan arus dan waktu terhadap sifat mekanik hasil sambungan las titik logam tak sejenis.

1.2 Tujuan Penelitian

- Mengidentifikasi pengaruh variasi arus dan waktu terhadap kekuatan tarik geser (*Tensile Shear Load Bearing Capacity*) sambungan las.
- Menentukan variasi arus dan waktu yang paling optimal terhadap daya beban dukung tarik geser sambungan las serta mengetahui jenis kegagalan sambungan las yang terjadi.
- Mengidentifikasi pengaruh variasi arus dan waktu terhadap kekerasan sambungan las
- Membandingkan rata-rata peningkatan kekerasan logam induk dengan logam las (*nugget*) antara baja karbon rendah dan baja tahan karat.
- Menentukan variasi arus dan waktu yang paling optimal terhadap peningkatan kekerasan sambungan las.

1.3 Kajian Pustaka

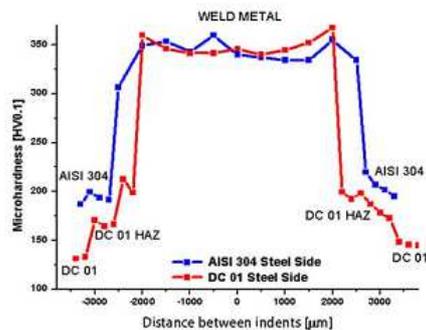
Melihat banyaknya kegunaan metode pengelasan ini di dunia industri maka banyak penelitian dilakukan untuk mengetahui lebih lanjut karakteristik sambungan las titik. Penelitian karakteristik sambungan las titik pada material beda jenis pernah dilakukan oleh Hasanbasoglu, A. dkk (2006) yaitu tentang pengaruh variasi arus las terhadap sifat fisik dan mekanik pada sambungan las titik. Material yang digunakan adalah AISI 316L baja tahan karat austenit dan DIN EN 10130-99 (7114 grade) *interstitial free steel*. Penelitian menggunakan ujung diameter elektroda yang berbeda yaitu 8 mm untuk permukaan baja tahan karat austenit dan 9 mm untuk permukaan *interstitial free steel*. Hasil penelitian yang ditunjukkan pada gambar 1 memperlihatkan bahwa daya beban dukung tarik geser sambungan las meningkat dengan meningkatnya arus yang diberikan. Penelitian ini hanya fokus menggunakan tebal pelat 2 mm dengan variasi arus 4, 7, 9 kA sedangkan gaya penekanan elektroda dan waktu pengelasan konstan.



Gambar 1. Hubungan antara besar arus terhadap daya beban dukung tarik geser (Hasanbasoglu, A. dkk, 2006)

Penelitian tentang logam tak sejenis juga pernah dilakukan oleh Marashi, P. dkk (2007) yang meneliti tentang struktur mikro dan sifat kegagalan dari pengelasan resistansi las titik material beda jenis antara baja karbon rendah galvanis dan baja tahan karat austenit. Material yang digunakan adalah baja karbon galvanis tebal 1,1 mm dan baja tahan karat austenit tebal 1,2 mm. Diameter elektroda yang digunakan sebesar 7 mm. Hasil penelitian menunjukkan terdapat dua sifat kegagalan yang terjadi selama pengujian statik uji tarik-geser dilakukan. Dua sifat kegagalan tersebut adalah *interfacial fracture* dan *button pull-out failure mode*. Dalam beberapa kasus ditemukan juga *sheet tearing* (lembaran yang tersobek) setelah logam las tertarik keluar (*nugget pullout*). Sifat kegagalan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekuatan daya beban dukung tarik geser sambungan las dan energi kegagalan pada las titik. Penelitian ini hanya fokus pada pengaruh parameter arus las terhadap sifat kegagalan sambungan las logam tak sejenis.

Kolarik, L. dkk (2012) pernah melakukan penelitian mengenai resistansi las titik logam tak sejenis. Material yang digunakan adalah DC 01 baja karbon rendah (LCS) dan AISI 304 baja tahan karat austenit (ASS). Variasi arus yang digunakan adalah 7; 7,5; 8 kA. Pengujian menggunakan metode Vickers *microhardness* dengan beban 100 g dan waktu penekanan 10 s.



Gambar 2. Hasil pengujian kekerasan Vickers *microhardness* (Kolarik, L. dkk, 2012)

Hasil penelitian yang ditunjukkan pada gambar 2 memperlihatkan bahwa pada baja karbon rendah nilai kekerasan dari 131 HV0.1 di logam induk menjadi 367.9 HV0.1 di daerah las. Hal yang sama juga terjadi pada baja tahan karat. Terjadi peningkatan nilai kekerasan dari 186.9 HV0.1 di logam induk menjadi 359.9 HV0.1 di daerah las. Penelitian ini hanya fokus pada pengaruh arus pengelasan terhadap karakteristik sambungan las dengan menggunakan tebal pelat yang sama yaitu 2 mm.

2. METODOLOGI

2.1 Bahan dan Alat

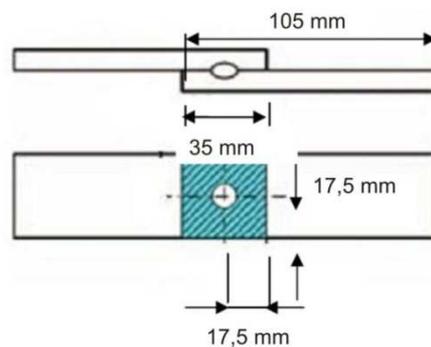
Bahan yang digunakan adalah baja karbon rendah dengan ketebalan 0,9 mm dan baja tahan karat austenit tipe 316L dengan ketebalan 0,9 mm. Bahan tersebut dibentuk sesuai dengan standar AWS D8.9-97.

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mesin las titik merk Dayok OK-25
2. Alat uji tarik-geser (*Universal Testing Machine*)
3. Alat uji kekerasan bahan

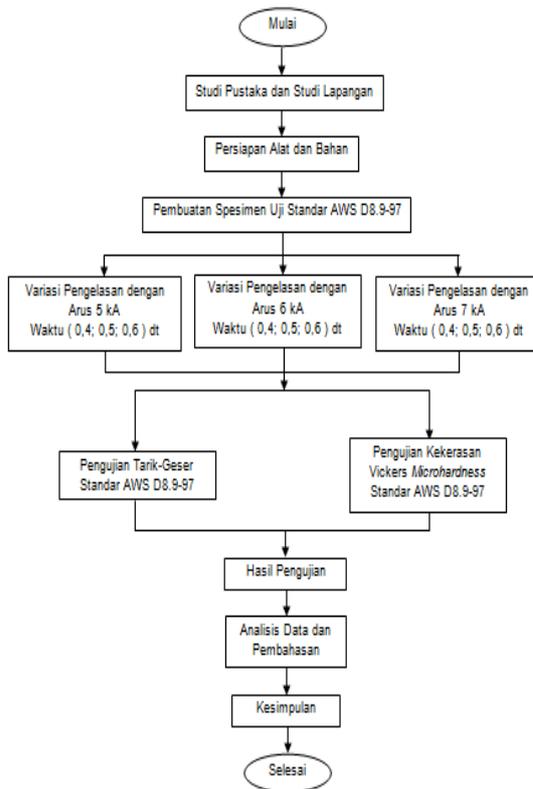
2.2 Langkah Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode pengelasan las titik (*spot welding*). Tipe pengelasan menggunakan las tumpang (*lap joint*). Parameter yang digunakan adalah arus dan waktu. Pembuatan spesimen uji menggunakan standar AWS D8.9-97.



Gambar 3. Ukuran sampel batang uji tarik

2.3 Diagram alir penelitian

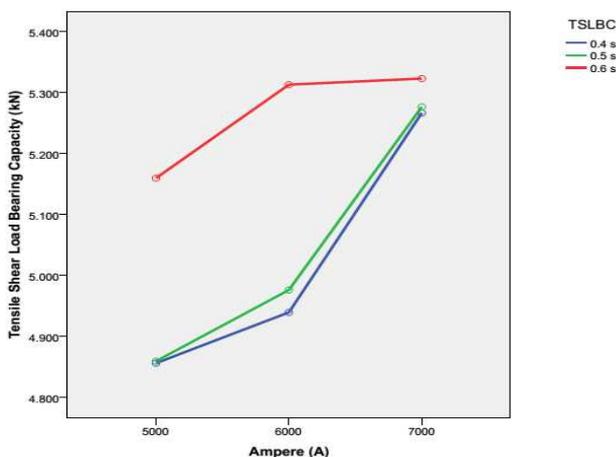


Gambar 4. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Tarik-Geser (*Tensile Shear Load Bearing Capacity*)

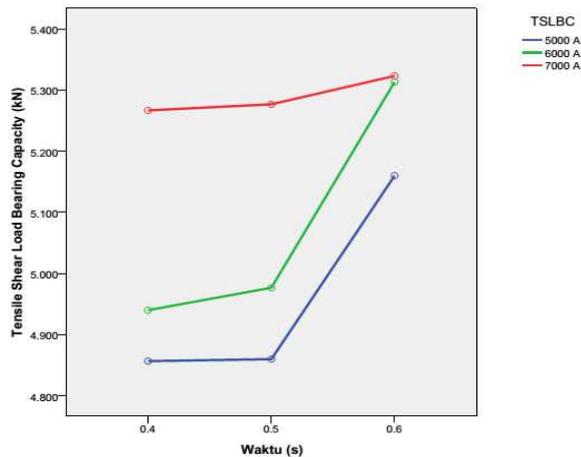
Pengujian tarik-geser dilakukan untuk mengetahui kekuatan sambungan las titik dalam menahan beban yang diberikan. Beban yang diberikan merupakan beban statik. Standar pengujian yang digunakan adalah AWS D8.9-97.



Gambar 5. Pengaruh arus listrik terhadap daya beban dukung tarik geser sambungan las

Pada gambar 5. memperlihatkan bahwa pada arus 5000 A dengan waktu 0,4; 0,5; 0,6 detik memiliki kemampuan daya beban dukung sebesar 4,857 kN; 4,860 kN; 5,160 kN. Arus 6000 A

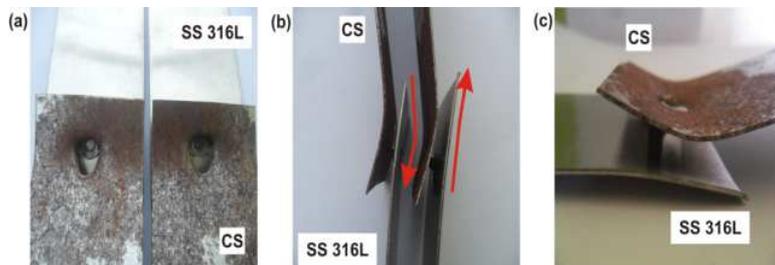
dengan waktu 0,4; 0,5; 0,6 detik memiliki kemampuan daya beban dukung sebesar 4,940 kN; 4,977 kN; 5,313 kN, sedangkan arus 7000 A sebesar 5,267 kN; 5,277 kN; 5,323 kN.



Gambar 6. Pengaruh waktu pengelasan terhadap daya beban dukung tarik geser sambungan las

Variasi arus listrik maupun waktu pengelasan menunjukkan pengaruh yang hampir sama besar terhadap nilai daya beban dukung tarik geser sambungan las, hal ini dapat dilihat dalam gambar 5 dan 6.

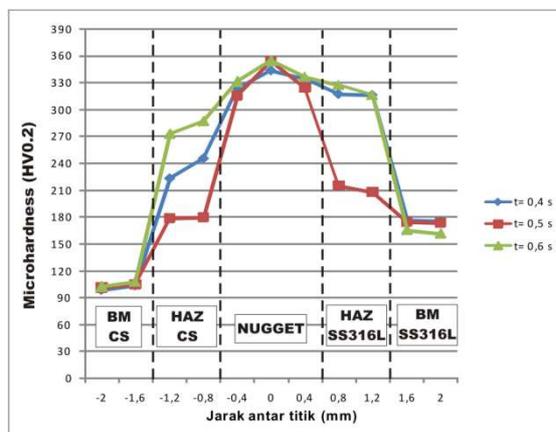
Setelah proses pengujian tarik-geser dilakukan, ditemukan satu jenis kegagalan sambungan las pada semua variasi parameter spesimen uji yaitu *button pull-out failure mode*. Mode kegagalan sambungan las tersebut dapat dilihat pada gambar 7. *Button pull-out failure mode* adalah salah satu jenis kegagalan hasil sambungan las titik yang menunjukkan terdapat nilai daya beban dukung tarik geser tinggi dalam sambungan las tersebut (Haikal, 2014).



Gambar 7. Mode patahan sambungan las jenis *button pull-out failure mode*

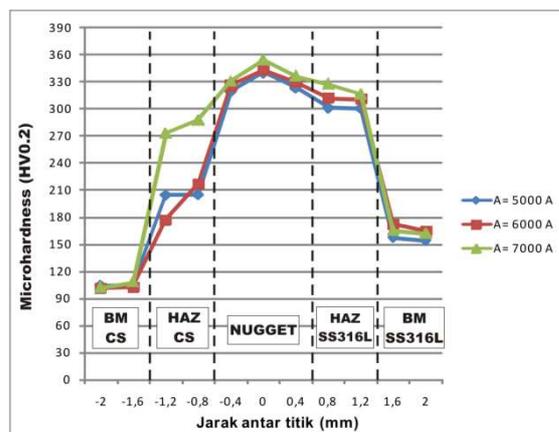
3.2 Pengujian Kekerasan Vickers *Microhardness*.

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa variasi yang paling optimal terhadap nilai kekerasan yang terjadi di daerah logam las (*nugget*) adalah arus 7000 A dan waktu 0,6 dt.



Gambar 8. Profil kekerasan pada arus 7000 A

Pada arus 7000 A waktu 0,4 s; 0,5 s; 0,6 s di material baja karbon rendah terjadi peningkatan rata-rata nilai kekerasan sebesar 3,47 kali, yang lebih besar dibanding peningkatan rata-rata nilai kekerasan yang terjadi pada baja tahan karat yaitu hanya sebesar 2,06 kali.



Gambar 9. Profil kekerasan pada waktu 0,6 dt

Pada variasi waktu 0,6 dt dengan variasi arus 5000 A, 6000 A, dan 7000 A peningkatan nilai kekerasan daerah logam las baja karbon rendah sebesar 3,36 kali, yang lebih tinggi dibandingkan nilai kekerasan daerah logam las baja tahan karat yang hanya sebesar 2,15 kali.

3.3 Pembahasan

Pengujian Tarik-Geser (*Tensile Shear Load Bearing Capacity*)

Kekuatan dan keuletan dari sambungan las dapat diukur dengan menggunakan pengujian tarik-geser. Pada beberapa kasus pengujian, sambungan las titik menerima pembebanan dalam bentuk gaya tarik dimana arah pembebanan tersebut adalah normal menuju bidang dari sambungan las, atau dapat juga sambungan las titik ini menerima kombinasi dari gaya tarik maupun geser yang disebut daya beban dukung tarik geser (*tensile shear load bearing capacity*) (Hasanbasoglu, A. dkk, 2007). Berdasarkan gambar 5 dan gambar 6 dapat diketahui bahwa daya beban dukung tarik geser sambungan las meningkat seiring dengan peningkatan arus listrik dan waktu pengelasan yang diberikan. Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan arus listrik dan waktu pengelasan berpengaruh terhadap kenaikan daya beban dukung tarik geser sambungan las. Hasil penelitian tersebut sesuai dengan persamaan dasar masukan panas (*heat input*) pada las titik yaitu $Q = I^2.R.t$ dimana apabila terjadi peningkatan arus dan waktu maka panas yang dihasilkan juga akan meningkat. Dengan meningkatnya panas pada sambungan las maka penetrasi las juga akan meningkat. Penetrasi las adalah ukuran dari luas logam las (*nugget*) yang berada di dalam daerah yang bersentuhan dengan elektroda (Hasanbasoglu, A. dkk, 2007). Apabila penetrasi las meningkat maka dapat dikatakan bahwa terjadi pula peningkatan lebar diameter logam lasan (*nugget*). Menurut Agustriyana, L. dkk (2011) dengan meningkatnya ukuran diameter logam las (*nugget*) kemungkinan merupakan penyebab meningkatnya kekuatan daya beban dukung tarik geser sambungan las tersebut. Pernyataan ini juga sama dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Shamsul, J.B. dkk (2007) mengenai penelitian tentang las titik pada baja tahan karat austenit tipe 304. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin besar arus yang diberikan maka semakin besar pula logam las (*nugget*) yang terbentuk. Hasil penelitian tersebut juga dikuatkan oleh peneliti yang lain seperti Hasanbasoglu, A. dkk, Marashi, P. dkk, dan Hayat F. yang juga melaporkan lebar daerah las (*nugget*) meningkat dengan meningkatnya arus dan waktu pengelasan yang diberikan.

Pengujian Kekerasan Vickers *Microhardness*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai kekerasan di daerah logam las (*nugget*) dibandingkan dengan nilai kekerasan di daerah logam induk. Peningkatan kekerasan ini disebabkan oleh masukan panas dan pendinginan cepat yang terjadi selama proses pengelasan berlangsung. Daerah logam las merupakan daerah yang paling besar menerima masukan panas kemudian disusul daerah HAZ dan kemudian daerah logam induk yang tidak terkena panas sama sekali. Daerah yang terkena masukan panas tinggi dan pendinginan cepat akan mengalami perubahan fasa dan struktur mikro.

Pada penelitian ini ditemukan bahwa semakin besar arus dan waktu yang diberikan maka semakin besar pula nilai kekerasan yang terjadi pada daerah logam las (*nugget*). Akan tetapi, terjadi perbedaan peningkatan rata-rata nilai kekerasan pada kedua material tersebut. Baja karbon rendah memiliki nilai rata-rata peningkatan lebih signifikan dibandingkan dengan baja tahan karat.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi arus (I) dan waktu (dt) berpengaruh signifikan terhadap kekuatan sambungan las (*Tensile Shear Load Bearing Capacity*).
2. Variasi arus 7000 A dan waktu 0.6 detik memiliki hasil kekuatan sambungan las yang paling optimal yaitu sebesar 5,323 kN dengan jenis kerusakan sambungan las adalah *button pullout failure mode*.
3. Variasi arus (I) dan waktu (dt) berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kekerasan di daerah sambungan las.
4. Rata-rata peningkatan kekerasan logam induk baja karbon rendah lebih tinggi daripada rata-rata peningkatan kekerasan logam induk baja tahan karat di daerah logam las.
5. Kekerasan yang paling optimal terdapat pada daerah logam las (*nugget*) yaitu sebesar $\pm 354,2$ HV0.2 pada variasi arus 7000 A dan waktu 0,6 dt.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustriyana, L., Irawan, Y.S., Sugiarto, 2011, *Pengaruh Kuat Arus dan Waktu Pengelasan Pada Proses Las Titik (Spot Welding) Terhadap Kekuatan Tarik dan Mikrostruktur Hasil Las Dari Baja Fasa Ganda (Ferrite-Martensite)*”, Jurnal Rekayasa Mesin, Vol.2, p. 175-181.
- ANSI/AWS/SAE/D8.9 An American National Standard, 1997, *Recommended Practices for Test Methods for Evaluating the Resistance Spot Welding Behavior of Automotive Sheet Steel Materials*, American Welding Society, Miami, p. 33-37.
- Aravinthan, A., and Nachimani, C., 2011, *Analysis of Spot Weld Growth On Mild and Stainless Steel*, Supplement To The Welding Journal, vol.90, (August 2011), p.143-147.
- Asosiasi Pengelasan Indonesia, “*Informasi Teknologi Pengelasan*”, *Asosiasi Pengelasan Indonesia*, <http://www.api-iws.org/informasi-teknologi-pengelasan.html> (diakses 11 Agustus 2013).
- Haikal, 2014, “*Pengaruh Tegangan Listrik dan Waktu Pengelasan Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Sambungan Las Titik (Resistance Spot Welding) Logam Tak Sejenis 3 Lapis 316L, SS400, JI*”, Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta, Surakarta.
- Hasanbasoglu, A., Kacar, R., 2006, *Resistance Spot Weldability of Dissimilar Materials (AISI 316L-DIN EN 10130-99 Steels)*, Journal of Materials and Design, Vol. 28, p. 1794-1800.
- Hayat, F., 2010, *Resistance Spot Weldability of Dissimilar Materials: BH180-AISI304L Steels and BH180-IF7123 Steels*, J. Mater. Sci. Technol., Vol. 27, p. 1047-1058.

- Kolarik, L., Sahul, M., Kolarikova, M., Sahul, M., Turna, M., and Felix, M., 2012, *Resistance Spot Welding of Dissimilar Steels*, Acta Polytechnica, Vol. 52, p. 43-47.
- Marashi, P., Pouranvari, M., Amirabdollahian, S., Abedi, A., and Goodarzi, M., 2007, *Microstructure and Failure Behavior of Dissimilar Resistance Spot Welds Between Low Carbon Galvanized and Austenitic Stainless Steels*, Journal of Materials Science and Engineering, Vol. 480, p. 175-180.
- Shamsul, J.B., and Hisyam, M.M., 2007, *Study of Spot Welding of Austenitic Stainless Steel Type 304*, Journal of Applied Sciences Research, Vol. 3, p. 1494-1499.