

**PENGARUH WAKTU DAN ARUS LISTRIK PENGELASAN RSW
TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK
PADA SAMBUNGAN LOGAM TAK SEJENIS
ANTARA BAJA TAHAN KARAT SS316 DAN BAJA KARBON ST37**

Achmad Nurhidayat¹, Triyono²

¹Mahasiswa S2 - Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNS

²Sfah Pengajar - Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNS

Jl. Ir. Sutami 36A Kerting Surakarta 57126

E-mail: achkun@telkom.net atau achkun72@yahoo.com

ABSTRAK

Penggunaan pengelasan titik (RSW) terhadap sambungan las logam tak sejenis, sangat dibutuhkan untuk menyatukan syarat teknik tertentu dan penghematan biaya material, telah banyak digunakan dalam bidang manufaktur, terutama industri otomotif. Salah satu contohnya sambungan antara baja tahan karat (SUS316L) dan baja karbon (ST37). Proses penyambungan kedua material tersebut akan mengalami kesulitan, dikarenakan perbedaan sifat fisik, mekanik, termal dan metalurgi. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh parameter waktu las, terhadap distribusi nilai kekerasan dan struktur makro SUS316L dan ST37.

Material yang diteliti adalah SUS316L tebal 1mm sebagai *setting* pintu mobil dan ST37 1mm sebagai *under frame*. Penelitian dilakukan di laboratorium Produksi dan Material Teknik Mesin, UNS menggunakan las RSW dengan variasi waktu masing-masing 2,5-3,5-4,5 detik. Pengujian yang dilakukan adalah uji tarik ASTM A1043/A1043M-05(2009), kekerasan dan struktur mikro.

Hasil penelitian diantaranya disimpulkan bahwa terjadi pengaruh masukan panas terhadap pengelasan logam tak sejenis SUS316L dan ST37, daerah ferit berwarna terang dan struktur perlit berwarna gelap. Ferit mempunyai sifat yang lebih lunak bila dibandingkan dengan perlit. Pada foto struktur mikro dapat dianalisa bahwa akibat masukan panas maka terjadi perubahan butir dan fasa. Apabila arus listrik, makin tinggi maka timbul fasa bainit dan martensit yang kekerasannya tinggi. Akibat kekerasan yang tinggi ini, maka kekuatan geser sambungan las menjadi berkurang.

Dapat dikatakan juga bahwa semakin tinggi arus listrik RSW, semakin luas/besar daerah HAZ. Akibatnya menurunnya kandungan perlit, diiringi terjadi peningkatan ferrit pada HAZ. Hal ini terjadi karena pada daerah las, panas yang diterima logam lebih besar dibandingkan dengan daerah HAZ dan daerah logam induk. Demikian juga pendinginan yang terjadi pada daerah las lebih cepat dibandingkan daerah HAZ dan logam induk, sehingga timbul rekristalisasi dan perubahan besar butir. Sehingga

menyebabkan menurunnya kekuatan tarik pengelasan logam tak sejenis. Namun disisi lain karena perbedaan sifat fisik, mekanik dan material pada sambungan tersebut, dimungkinkan dapat terjadi penurunan sifat mekanik dan ketahanan korosi. Sehingga sangat penting mencari alternatif pengganti RSW, dengan mengembangkan geometri sambungan las dan teknik pengelasan lain yang lebih baik.

Kata kunci: las logam tak sejenis, RSW, arus listrik, waktu pengelasan

PENDAHULUAN

Penggunaan pengelasan titik (RSW) terhadap sambungan las logam tak sejenis, sangat dibutuhkan untuk menyatukan syarat teknik tertentu dan penghematan biaya material, telah banyak digunakan dalam bidang manufaktur, terutama industri otomotif. Salah satu contohnya sambungan antara baja tahan karat SUS316L sebagai *setting* pintu mobil dan baja karbon ST37 sebagai *under frame*. Proses penyambungan kedua material tersebut akan mengalami kesulitan, dikarenakan perbedaan sifat fisik, mekanik, termal dan metalurgi. Selain telah memenuhi syarat kondisi operasi, las baja karbon dengan baja tahan karat lebih ekonomis dari seluruh suatu konstruksi menggunakan baja tahan karat. Pengelasan logam berbeda digunakan secara luas dalam industri minyak kimia, proses pengolahan makanan, pembangkit daya, pabrikasi trailer, kereta api dan lain sebagainya (Morris, 2003).

Dalam proses pengelasan pada baja tahan karat dapat terjadi pembentukan karbida krom ($Cr_{23}C_6$) di bagian batas butir atau disebut juga sensitasi. Kondisi ini banyak dijumpai pada daerah terpengaruh panas (*heat affected zone/ HAZ*). Terbentuknya karbida krom ini merupakan salah satu penyebab terjadinya korosi batas butir (*intergranular corrosion/IGC*). Untuk mengurangi terjadinya korosi batas butir ini maka perlu adanya perubahan struktur mikro dari lasan yaitu dengan cara memberi perlakuan panas pasca pengelasan (*post weld heat treatment /PWHT*) (Mikell, 1996).

Di dalam proses perlakuan panas (*heat treatment*) terdiri dari dari tiga tahap yaitu; *heating*, *holding*, dan *cooling*, dimana ketiga tahap tersebut akan mempengaruhi

hasil proses *heat treatment*. Faktor utama yang sangat mempengaruhi perubahan sifat mekanik ini adalah perubahan *phase*. Struktur dari *phase* tersebut sangat dipengaruhi oleh temperatur pemanasan (*heating*), lama pemanasan (*holding time*), dan kecepatan pendinginan (*cooling rate*).

Menurut (Wiriyosumarto, H., 2004), pemilihan parameter las titik yang tepat, akan berpengaruh terhadap kekuatan lasan dan perubahan sifat mekanisnya. Besar-kecilnya arus listrik dan lama waktu operasi las, akan mempengaruhi kecepatan rambatan yang terjadi, baik saat atau setelah pengelasan. Sehingga akan berpengaruh pada pembentukan fasa akhir yang terbentuk dan akan menentukan kekuatan sambungan las.

Shamsul J.B. and Hisyam M.M. dalam penelitiannya tentang hubungan diameter nugget dan arus pengelasan baja austenitic stainless 304 dilas dengan las resistansi titik, menunjukkan bahwa peningkatan arus saat pengelasan meningkatkan ukuran nugget. Ukuran nugget tidak mempengaruhi distribusi kekerasan. Selain itu, peningkatan arus pengelasan tidak meningkatkan distribusi kekerasan. Ukuran nugget meningkat dengan kenaikan nilai arus pengelasan.

Berdasarkan teori dan fakta tersebut, adalah hal yang sangat penting untuk mencari waktu dan arus listrik pengelasan RSW yang tepat, untuk menyelesaikan permasalahan sambungan pada pengelasan logam beda jenis (DMWs) antara SUS316L dan ST37. Sehingga dari hasil penelitian ini dapat direkomendasikan baik kepada industri maupun peneliti, untuk memilih secara

tepat arus listrik dan lama waktu operasi RSW sambungan las logam tak sejenis, antara baja tahan karat dengan baja karbon.

TINJAUAN PUSTAKA

Las tahanan listrik (*resistance welding*) adalah proses penyambungan benda kerja dengan melibatkan kombinasi tekanan dan panas terlokalisasi. Panas yang ditimbulkan oleh arus listrik melalui kontak antara permukaan benda kerja. Panas tersebut menyebabkan sebagian daerah kontak mencair dan akibat tekanan terjadi proses pembekuan dan penyatuan kedua logam akan membentuk *nugget*. Dalam las RSW salah satu parameter yang sangat berpengaruh adalah arus listrik, karena arus listrik akan mempengaruhi panas yang dihasilkan sehingga mampu untuk melelehkan logam.

Alenius dkk (2006) melakukan penelitian pada sambungan logam tak sejenis antara austenitic stainless steel dan non-baja stainless. Pada penelitian ini divariasikan ketebalan dari masing-masing logam induk. Hasil penelitian menyatakan bahwa kekuatan sambungan dalam uji tarik-geser ditentukan oleh kekuatan dan ketebalan non-stainless baja.

Bouyousfi dkk (2007) melakukan penelitian pengaruh parameter proses pengelasan (arus pengelasan, tahanan listrik elektroda dan durasi pengelasan) pada karakteristik mekanis sambungan las austenitic stainless steel 304L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arus (*current weld*) yang diterapkan menjadi faktor utama terhadap sifat mekanik sambungan las dibandingkan dengan parameter yang lain.

Sutaryono (2004) melakukan penelitian sambungan las dari baja karbon rendah dan baja HSLA pada RSW. Penelitian ini divariasikan arus (*welding current*) 4 kA, 6 kA, 8 kA, sedangkan parameter utama yang lain dijaga konstan. Hasil penelitian kemampuan las (*weldability*) dari baja karbon rendah lebih baik dari baja HSLA, ukuran *nugget* baja

HSLA ditemukan lebih besar daripada baja karbon rendah. Hal ini dikarenakan, adanya tahanan (*resistance*) yang lebih besar antara elektroda dan permukaan baja HSLA. Kekerasan bahan meningkat seiring dengan meningkatnya arus pengelasan, hal ini karena pada arus yang tinggi, panas yang terjadi pada pengelasan lebih besar akibat yang diikuti dengan kenaikan laju pendinginan material, dengan demikian pengelasan.

Kandungan austenit dan martensit di daerah lebur tidak teralau bergantung pada masukan panas tetapi terutama dikontrol oleh komposisi logam dasar dan pengisi serta perbedaan dalam kecepatan difusi karbon. Bila migrasi karbon berkurang atau terbatas, maka kemungkinan terbentuknya formasi martensit juga berkurang (Barnhouse dan Lippold, 2003).

Kekerasan yang tinggi sepanjang batas lebur diakibatkan oleh formasi martensit pada permukaan daerah tersebut. Keberadaan martensit dipengaruhi oleh komposisi logam dasar dan pengisi serta perbedaan dalam kecepatan difusi karbon. Bila migrasi karbon berkurang/terbatas, kemungkinan formasi martensit juga berkurang (Barnhouse dan Lippold, 2003). Nilai kekerasan cenderung menurun mulai dari batas lebur sampai logam dasar (Easterling, 1983).

METODOLOGI

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja tahan karat SUS316L dan baja karbon ST37, masing-masing ketebalan 1.2mm.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah plat baja tahan karat SS 316 L dan SS 37 tebal 1 mm yang merupakan material *setting* pada pintu mobil dan ST37 1mm sebagai *under frame*. Elektroda *spot welding* yang digunakan dalam pengelasan RSW adalah *low carbon steel bar* diameter 5 mm.

Komposisi kimia material tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia material penelitian

Material	C%	Mn%	P%	S%	Si%	Cr%	Ni%	Nb%	Cu%
J4	0,10	8,5-10,0	0,090	0,03	0,75	15,0-7,0	1,0-1,50	0,20	1,5-2,0
316L	0,03	2,00	0,045	0,03	0,75	16,0-8,0	10,0-14,0	0,10	2,0-3,0

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas peralatan untuk proses pengelasan las titik dan peralatan untuk pelaksanaan pengujian. Spesifikasi mesin las titik yang digunakan adalah:

Type :V-16-1 AC POINT WELDER

Rated Power : 16 kVA

Mains Input Voltage : 380V

Rated Input Curren : 42A

Second Empty Load Vol.: 1.6V-3.2V

Duty Cycle Rating : 20 % Adjustable

Class Number : 6

Class Maximum Weld. Thickness

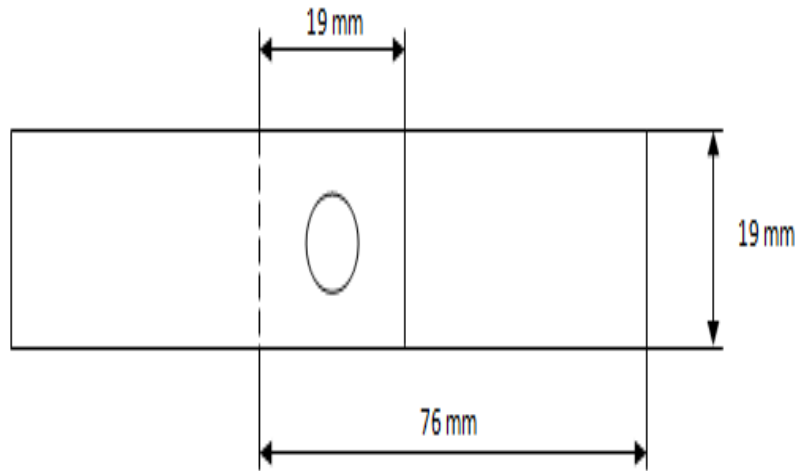
of Low Carbon Steel : 3+3mm

Pengelasan dilakukan dibuat di Laboratorium Proses Produksi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta. Proses pengelasan

menggunakan las RSW (*Resistance Spot Welding*) rated power 16 kVA, dengan variasi arus yang diatur oleh kumparan skunder trafo sebesar 1,6 volt, 2,02 volt, 2,67 volt, waktu proses pengelasan (cycle time) 2,5 detik yang dijalankan secara otomatis diameter elektroda pengelasan 6 mm.

Pengujian karakteristik mekanik dilakukan dengan menggunakan UTM (*Uiversal Testing Machine*) dengan beban 4 ton. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin UNS. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis bahan yaitu : kekuatan tarik maksimum (σ_u), modulus elastisitas (E) dan regangan (ϵ) dari bahan. Hasil uji tarik memberikan informasi tentang efisiensi sambungan las (*joint efficieny*).

Untuk pengujian kekerasan digunakan dengan metode Vickers dan pengamatan struktur mikro dengan mikroskop optik.

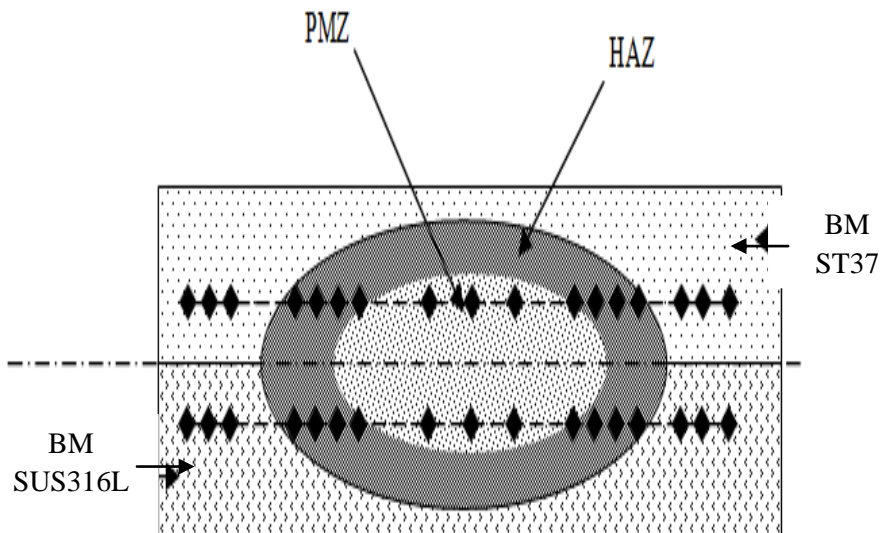


Gambar 1. Bahan spesimen uji tarik geser

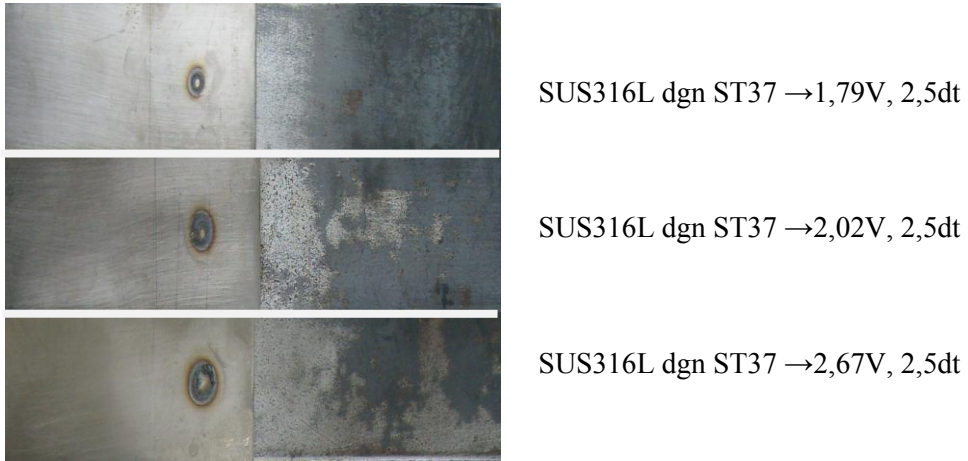
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data hasil pengujian nilai kekerasan dapat dibuat suatu grafik hubungan antara nilai kekerasan dengan lokasi penjejakan. Hal ini dilakukan untuk

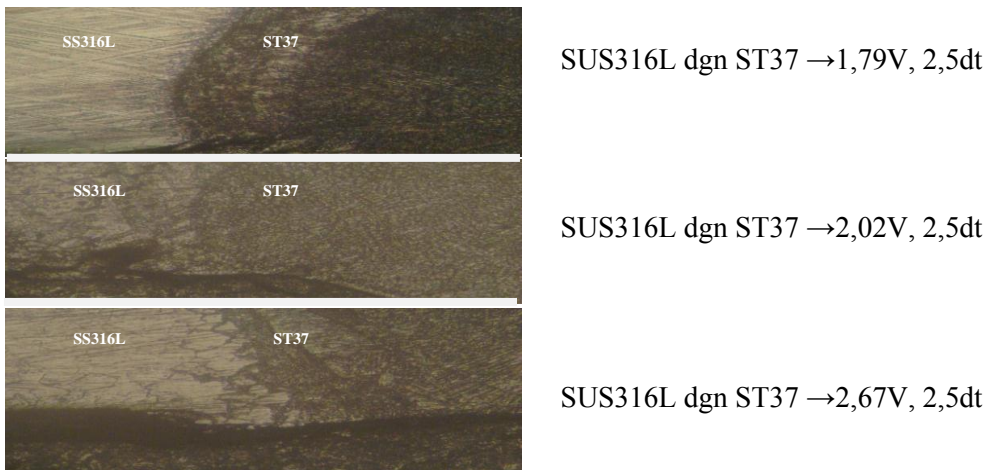
melihat perubahan kekerasan akibat pemasukan energi termal terhadap logam. Gambar tersebut terlihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



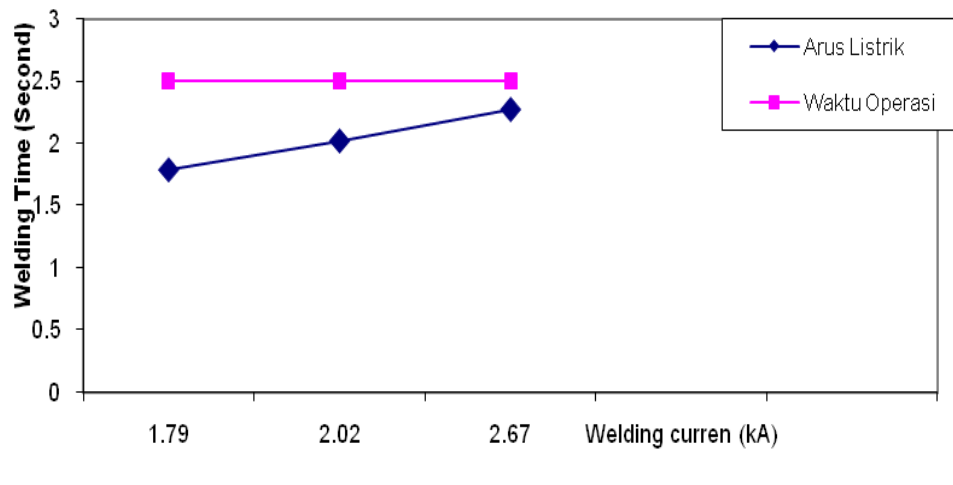
Gambar 2. Titik-titik pengujian kekerasan mikro dan struktur makro tebal plat 1 mm



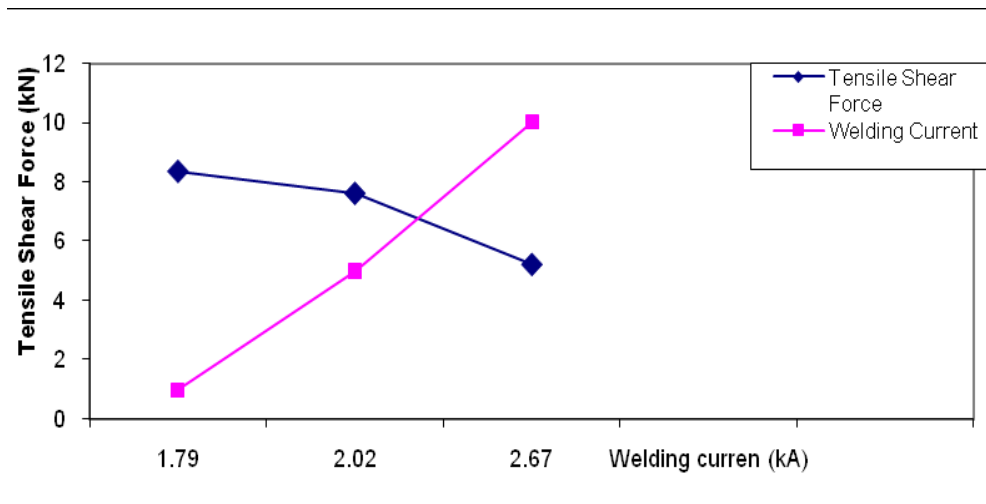
Gambar 3. Variasi Arus Listrik Terhadap Operasi Waktu



Gambar 4. Struktur Mikro Variasi Arus Listrik Terhadap Operasi Waktu, Ferit adalah bagian yang terang dan Perlit bagian yang hitam



Gambar 5. Variasi Arus Listrik Terhadap Waktu Operasi.

Gambar 6. Variasi *Tensile Shear Force* dan Variasi Arus

Pengamatan terhadap hasil foto struktur mikro memperlihatkan pengaruh masukan panas terhadap pengelasan logam tak sejenis SUS316L dan ST37, daerah ferit berwarna terang dan struktur perlit berwarna gelap. Ferit mempunyai sifat yang lebih lunak bila dibandingkan dengan perlit. Pada foto struktur mikro dapat dianalisa bahwa akibat masukan panas maka terjadi perubahan butir dan fasa. Apabila arus listrik, makin tinggi maka timbul fasa bainit dan martensit yang kekerasannya tinggi. Akibat kekerasan yang tinggi ini, maka kekuatan geser

sambungan las menjadi berkurang.

Dapat dikatakan juga bahwa semakin tinggi arus listrik RSW, semakin lusa/besar daerah HAZ. Akibatnya menurunnya kandungan perlit, diiringi terjadi peningkatan ferrit pada HAZ. Hal ini terjadi karena pada daerah las, panas yang diterima logam lebih besar dibandingkan dengan daerah HAZ dan daerah logam induk. Demikian juga pendinginan yang terjadi pada daerah las lebih cepat dibandingkan daerah HAZ dan logam induk, sehingga timbul rekristalisasi dan perubahan besar

butir. Sehingga menyebabkan menurunnya kekuatan tarik pengelasan logam tak sejenis.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian melalui pengujian kekerasan dan foto struktur mikro, maka diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Struktur mikro yang terbentuk pada logam las, HAZ baja tahan karat, dan logam induk baja tahan karat adalah austenit dan ferit δ . Sedangkan pada HAZ baja karbon rendah dan logam induk baja karbon rendah adalah ferit α dan perlit.
2. Terbentuknya endapan karbida krom di bagian batas butir pada logam las, HAZ baja tahan karat dan logam induk baja tahan karat setelah mengalami perlakuan panas pasca pengelasan.
3. Nilai kekerasan tertinggi pada hasil lasan terdapat di logam las diikuti kemudian HAZ baja tahan karat, logam induk baja tahan karat, HAZ baja karbon rendah dan terakhir logam induk baja karbon rendah.
4. Meningkatnya arus listrik RSW akan memperluas HAZ, tetapi disisi lain terjadi pendinginan pada daerah las lebih cepat dibandingkan daerah HAZ dan logam induk, sehingga timbul rekristalisasi dan perubahan besar butir. Selain itu arus listrik RSW semakin tinggi, menyebabkan menurunnya kekuatan tarik pengelasan logam tak sejenis.
5. Perbedaan sifat fisik, mekanik dan material pada sambungan tersebut, dimungkinkan dapat terjadi penurunan sifat mekanik dan

ketahanan korosi. Sehingga sangat penting mencari alternatif pengganti RSW, dengan mengembangkan geometri sambungan las dan teknik pengelasan lain yang lebih baik.

SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan beberapa hal berikut:

1. Untuk proses perlakuan panas setelah pengelasan (*post weld heat treatment/PWHT*) sebaiknya dilakukan dalam kondisi vakum agar terhindar dari proses oksida logam.
2. Perlu diteliti lebih lanjut mengenai hubungan karakteristik nilai kekerasan dengan laju korosi.
3. Perlu diteliti lebih lanjut mengenai pengaruh *holding time* dalam pembentukan karbida krom (Cr_{23}C_6) pada proses perlakuan panas baja tahan karat.
4. Perlu diteliti lebih lanjut mengenai pengaruh unsur molibdenum (Mo) dan titanium (Ti) dalam mereduksi karbida krom setelah pemanasan pada HAZ terhadap baja tahan karat.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM A 262. 93a. *Standard Practice for Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Austenitic Stainless Steels.*
- ASTM G1. 90. *Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluate Corrosion test Specimens.*
- Alenius dkk 2006. “Pengaruh Holding Time dan cooling Rate Pada Proses

- Perlakuan Panas Terhadap Ketahanan Korosi Pada baja ASSAB 760*". Jurnal Teknik/Vol VII. Universitas Brawijaya.
- Barnhouse dan Lippold. 2003. *Microstructure / Property Relationship in Dissimilar Welds Between Duplex Stainless Steel and Carbon Steel*.
- Easterling. Kenneth. 1983. *Introduction to the Physical Metallurgy of Welding*. Butterworth & Co. (Publisher) Ltd. London.
- Mikell, 1985. *Teknik Pembentukan Logam*. Jilid 1. Bandung.
- Morris 2003. *Characterization of Weld*. ASM Handbook Vol. 6
- Nicolas dan Laurent. 2001 *Principles of Materials Science and Engineering*. Mc Graw-Hill. Inc. USA.
- Sutaryono. 2004. *Karakteristik Sambungan Las Antara Baja Karbon Rendah AISI 1010 Dengan Baja Tahan Karat Austenitik AISI 316L*. Skripsi S1 Teknik Mesin FT. UNS. Surakarta.
- Wirjosumarto H. dan Okumura T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta. PT Pradnya Paramita.