

PENGARUH VARIASI ARUS LISTRIK PENGELASAN TITIK (*SPOT WELDING*) TERHADAP KEKUATAN GESER, KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PADA SAMBUNGAN *DISSIMILAR* BAJA *STAINLESS STEEL* AISI 304 DENGAN BAJA KARBON RENDAH ST 41

Oleh:

Fachruddin, Heru Suryanto, Solichin

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang

Jl. Semarang 5, Malang 65145, Telp. (0341) 551-312

Email: fachruddin44@gmail.com

Abstrak. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh arus las titik terhadap kekuatan geser, kekerasan dan struktur mikro sambungan logam tidak sejenis baja *stainless steel* AISI 304 dengan baja karbon rendah St 41. Dalam penelitian ini, tebal pelat yang digunakan yaitu 1 mm untuk masing-masing bahan. Arus las yang digunakan adalah 1000 A, 1200 A, 1400 A, 1600 A dan waktu pengelasan selama 1 detik. Pengujian mekanik yang digunakan adalah pengujian kekuatan geser dan kekerasan, sedangkan pengujian fisik yang digunakan adalah pengujian struktur mikro. Pengujian kekuatan geser menggunakan standar AWS D8.9-97. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekuatan geser yang paling baik didapatkan pada arus pengelasan 1000 A dengan kekuatan geser $76,89 \text{ kg/mm}^2$, sedangkan nilai kekerasan yang paling baik didapatkan pada daerah logam las dengan arus pengelasan 1000 A, hal ini dikarenakan struktur mikro yang terbentuk didominasi oleh ferrit *accicular* yang berfungsi sebagai *interlocking structure* yang mampu menghambat laju perambatan retak.

Kata kunci: las titik, arus pengelasan, pengelasan logam tidak sejenis, kekuatan geser, kekerasan, struktur mikro

Abstract. This research was conducted to determine the effect of the spot welding current to shear strength, hardness and micro structure of dissimilar metal joints AISI 304 stainless steel with low carbon steel St 41. In this research, steel plate used in welding thickness of 1 mm for each material. Welding currents used is 1000 A, 1200 A, 1400 A, 1600 A and the welding time for 1 second. Mechanical testing is used is the shear strength and hardness, while the physical testing is used is the test microstructure. Shear strength testing using a standard AWS D8.9-97. The results showed that the shear strength values are best obtained at the welding current 1000 A with a shear strength of 76.89 kg/mm^2 , while the hardness values are best obtained at the weld metal welding current 1000 A, this because the microstructure formed is dominated by acicular ferrite which serves as an interlocking structure that be able to inhibit the rate of crack propagation.

Key words: spot welding, welding current, dissimilar metal welding, shear strength, hardness, microstructure

Dewasa ini berbagai pekerjaan yang terkait dengan pemanfaatan tenaga listrik semakin berkembang pesat, salah satunya adalah pengelasan. Pengelasan merupakan cara penyambungan logam yang paling banyak

digunakan karena pengelasan mempunyai kelebihan diantaranya adalah hasil sambungannya lebih kuat, mudah untuk pemakaiannya, murah dan efisien (Purwaningrum, 2013). Teknik pengelasan yang digu-

nakan saat ini cukup banyak, penggunaannya disesuaikan dengan jenis logam yang akan dilas, dimensi logam yang akan dilas dan hasil akhir lasan yang diinginkan. Salah satu metode atau proses pengelasan yang populer digunakan dalam industri otomotif terutama mobil adalah las titik (*spot welding*).

Las titik digunakan dalam industri otomotif untuk pengerjaan *body* atau kerangka mobil. Terdapat sekitar 2000-5000 las titik di kendaraan modern (Pouranvari, 2011). Las titik merupakan metode mutakhir penyambungan yang umumnya digunakan untuk menyambung lembaran logam (Ishak M, 2014). Penyambungan dilakukan dengan cara permukaan pelat yang disambung ditekan diantara elektroda dan pada saat yang sama arus listrik dialirkan sehingga permukaan logam menjadi panas dan mencair karena adanya resistansi listrik (Wiyono, 2012). Dengan demikian, suatu sambungan las dibentuk antara lembaran logam melalui peleburan dan mengakibatkan terikat kuat antara lembaran tanpa zat tambahan (Charde, 2012). Keunggulan dari pengelasan titik dibandingkan dengan pengelasan yang lain yaitu prosesnya cepat sehingga cocok untuk produksi massal, suplai panas yang diberikan cukup akurat dan reguler, sifat mekanik hasil las kompetitif dengan logam induk dan tidak memerlukan kawat las (Anis, 2009).

Salah satu teknik pengelasan yang dikembangkan saat ini adalah teknik penyambungan dua jenis logam tidak sejenis atau *dissimilar metal*. Sambungan logam tidak sejenis merupakan penyambungan dua jenis logam yang berbeda sifatnya dengan cara dilas. Penyambungan logam tidak sejenis ini bertujuan untuk meringankan bobot kendaraan sehingga dapat mengefisienkan

pemakaian bahan bakar dalam suatu kendaraan (Hendrawan dan Rusmawan, 2014). Pengelasan dengan logam tidak sejenis dapat lebih rumit dari pada pengelasan logam sejenis karena siklus termal yang berbeda dialami masing-masing logam (Subramanian, 2013). Ada beberapa jenis pengelasan logam tidak sejenis, dan jenis yang paling umum adalah penggabungan baja tahan karat dengan baja karbon (Alenius, 2006). Penyambungan baja karbon dengan baja tahan karat merupakan cara ekonomis dalam penghematan material yang cukup luas digunakan dalam industri otomotif (Prasetya, 2010).

Pengontrolan arus pengelasan sangat mempengaruhi karakteristik hasil pengelasan karena pengontrolan ini mempengaruhi kualitas hasil las, seperti kekuatan geser, kekerasan dan kekuatan terhadap pengaruh dari luar. Pemilihan arus pengelasan akan mempengaruhi hasil las. Apabila arus pengelasan yang digunakan terlalu rendah, maka panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan material, sehingga menghasilkan daerah logam las yang kecil serta penembusan kurang dalam, sebaliknya bila arus pengelasan terlalu tinggi, maka pencairan logam induk terlalu cepat dan menghasilkan daerah logam las yang lebar serta penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan (Arifin, 1997).

Penggunaan arus pengelasan akan berhubungan dengan masukan panas. Masukan panas (*heat input*) adalah panas total yang dihasilkan dari proses pengelasan untuk mencairkan logam yang dilas. Nilai masukan panas dipengaruhi oleh arus pengelasan yang digunakan, tegangan listrik, dan waktu pengelasan. Arus pengelasan yang besar memberikan masukan panas yang tinggi,

sedangkan arus pengelasan yang kecil memberikan masukan panas yang rendah, hal ini jelas akan mempengaruhi struktur yang terbentuk pada daerah HAZ maupun daerah logam las sehingga berpengaruh pula terhadap ketangguhan las. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai kekuatan geser, kekerasan dan struktur mikro hasil pengelasan titik dari dua logam tidak sejenis.

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah baja *stainless steel* AISI 304 dan baja karbon rendah St 41 dengan komposisi kimia yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia baja *stainless steel* AISI 304 dan baja karbon rendah St 41

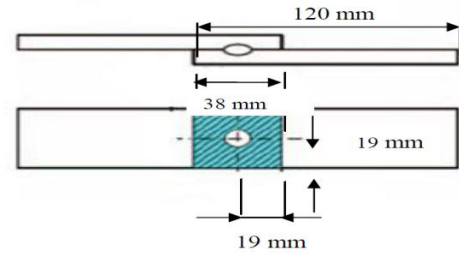
Mate rial	C	Si	M n	P	S	Cr	Ni	N
AISI 304	0,0 5	0,4 1	1, 03	0,0 27	0,0 06	18 ,1	8, 05	0,0 33
St 41	0,0 64	0,0 59	0, 80	0,0 26	0,0 1			

Prosedur Pengelasan

Baja *stainless steel* AISI 304 dan baja karbon rendah St 41 dengan ketebalan 1 mm dilas dengan memvariasi arus pengelasan sebesar 1000 A, 1200 A, 1400 A dan 1600 A dengan waktu pengelasan dilakukan selama 1 detik. Setelah proses pengelasan selesai, kemudian dilakukan pendinginan udara.

Uji Kekuatan Geser

Pembuatan spesimen uji kekuatan geser didasarkan pada standar AWS D8.9-97. Bentuk spesimen uji kekuatan geser berukuran panjang 120 mm dan lebar 38 mm.



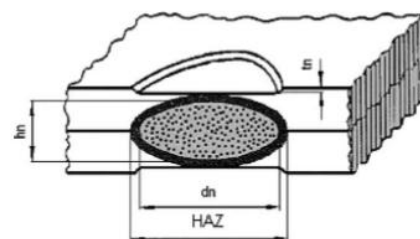
Gambar 1. Bentuk spesimen uji kekuatan geser standar AWS D8.9-97

Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan menggunakan alat uji *hardness rockwell ball* (HRB). Pada pengujian kekerasan ini, dilakukan identasi pada daerah logam las, daerah HAZ dan daerah logam induk dari masing-masing material. Pengujian kekerasan dilakukan pada arah horizontal, identasi dilakukan pada 9 titik di baja *stainless steel* AISI 304 dan baja karbon rendah St 41, dengan rincian 3 titik pada daerah logam las, kemudian berjarak 2 mm ke titik selanjutnya yaitu 3 titik daerah HAZ dan 3 titik di logam induk.

Uji Struktur mikro

Sebelum melakukan uji struktur mikro dilakukan pemotongan spesimen untuk dipakai sebagai sampel metalografi sehingga didapatkan benda uji yang representatif. Spesimen dipotong pada daerah logam las menggunakan gergaji manual sesuai ukuran yang telah ditetapkan, kemudian dihaluskan dengan menggunakan amplas.



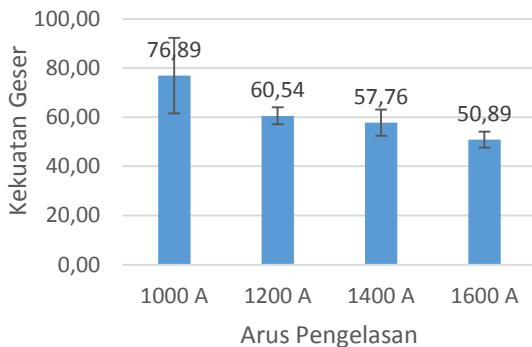
Gambar 2. Bentuk spesimen uji stuktur mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan untuk melihat terjadinya perubahan struktur mikro pada benda uji sebagai akibat dari proses pengelasan yang telah diterimanya. Pada uji struktur mikro yang diamati adalah daerah logam las, daerah HAZ dan daerah logam induk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kekuatan geser

Setelah dilakukan uji kekuatan geser, didapatkan nilai kekuatan geser yang berbeda-beda menurut besarnya arus pengelasan yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hasil pengujian kekuatan geser

Berdasarkan Gambar 3, pada arus pengelasan 1000 A didapatkan nilai kekuatan geser sebesar $76,89 \pm 15,36 \text{ kg/mm}^2$, untuk arus pengelasan 1200 A didapatkan nilai kekuatan geser $60,54 \pm 3,46 \text{ kg/mm}^2$, untuk arus pengelasan 1400 A didapatkan nilai kekuatan geser $57,76 \pm 5,33 \text{ kg/mm}^2$, dan untuk arus pengelasan 1600 A didapatkan nilai kekuatan geser $50,89 \pm 3,28 \text{ kg/mm}^2$. Hasil pengujian kekuatan geser menunjukkan bahwa arus pengelasan 1000 A memiliki kekuatan geser tertinggi, kemudian dengan meningkatnya arus pengelasan didapatkan kekuatan geser yang semakin rendah. Hal ini dikarenakan arus pengelasan yang semakin besar akan menghasilkan daerah

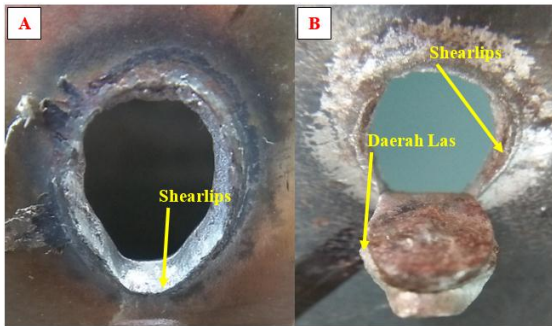
logam las yang lebar serta penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan (Arifin, 1997). Hal ini sesuai dengan diameter logam las (*nugget*) yang terbentuk, dimana seiring dengan meningkatnya arus pengelasan maka diameter *nugget* semakin besar.

Dalam pengujian kekuatan geser yang telah dilakukan terlihat bahwa sambungan dari baja *stainless steel* AISI 304 cenderung lebih kuat dibandingkan baja karbon rendah St 41, karena letak sobek di daerah HAZ cenderung terletak di baja karbon rendah St 41 dan daerah logam las menempel pada baja *stainless steel* AISI 304, hal ini dikarenakan paduan utama dari baja *stainless steel* AISI 304 adalah Cr atau Cr dan Ni dengan sedikit tambahan unsur lain yang dilihat dari sifat fisiknya menunjukkan bahwa koefisien muainya kira-kira 1,5 kali baja lunak (baja karbon rendah).



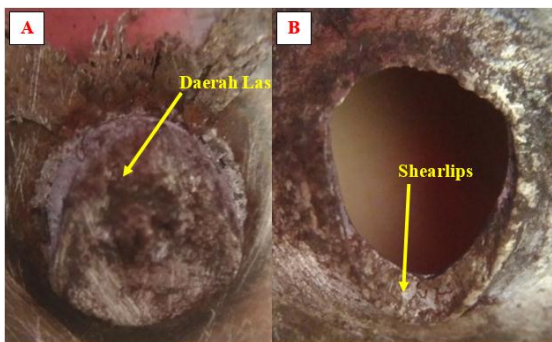
Gambar 4. Foto makro pengelasan 1000 A (a) Baja *stainless steel* AISI 304 (b) baja karbon rendah St 41

Pada spesimen arus pengelasan 1000 A hasil uji kekuatan geser tampak terlihat terbentuknya coakan, hal ini dikarenakan masukan panas yang terjadi tidak terlalu besar, sehingga tidak cukup untuk melelehkan material serta penembusan yang terjadi tidak terlalu dalam.



Gambar 5. Foto makro pengelasan 1200 A (a) Baja stainless steel AISI 304 (b) baja karbon rendah St 41

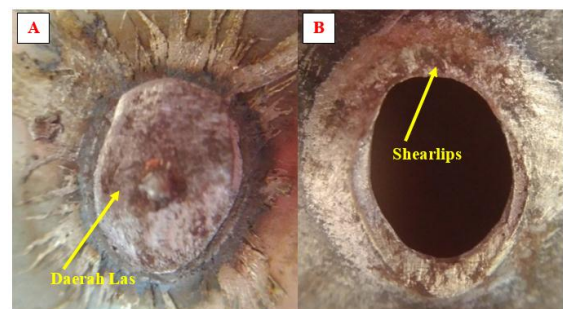
Pada spesimen arus pengelasan 1200 A hasil uji kekuatan geser tampak terjadi rusak sobek pada daerah HAZ kedua material dengan daerah logam las menempel pada baja karbon rendah St 41, hal ini dikarenakan distribusi panas yang diterima oleh kedua material merata, menyebabkan tingkat kekerasan yang relatif sama, sehingga ketika spesimen diberikan beban tarik maka menyebabkan daerah HAZ dari kedua material mengalami sobek.



Gambar 6. Foto makro pengelasan 1400 A (a) Baja stainless steel AISI 304 (b) baja karbon rendah St 41

Pada spesimen arus pengelasan 1400 A tampak terjadi rusak sobek berlubang pada daerah HAZ baja karbon rendah St 41 dengan daerah logam las menempel pada baja stainless steel AISI 304, hal ini terjadi karena nilai kekerasan daerah HAZ baja karbon rendah St 41 lebih tinggi diban-

dingkan daerah HAZ stainless steel AISI 304. Dengan nilai kekerasan yang lebih tinggi pada daerah HAZ baja karbon rendah St 41, maka daerah ini akan menjadi getas dan mudah patah apabila diberikan beban yang melebihi kekuatannya maksimalnya, sedangkan pada daerah HAZ stainless steel AISI 304 apabila diberikan beban hingga melebihi beban maksimalnya, maka daerah ini masih sanggup menerima beban tersebut karena sifat dasarnya yang ulet.

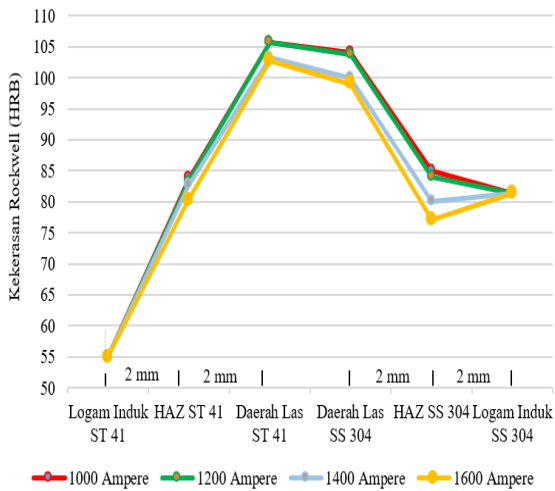


Gambar 7. Foto makro pengelasan 1600 A (a) Baja stainless steel AISI 304 (b) baja karbon rendah St 41

Pada spesimen arus pengelasan 1600 A tampak terlihat rusak sobek berlubang pada daerah HAZ baja karbon rendah St 41 dengan daerah logam las menempel pada baja stainless steel AISI 304. Gejala ini sama dengan yang dialami spesimen dengan arus pengelasan 1400 A, karena daerah HAZ baja karbon rendah St 41 lebih getas dibandingkan daerah HAZ baja stainless steel AISI 304, sehingga baja stainless steel AISI 304 masih mampu menerima beban dan tidak mengalami sobek karena bersifat ulet.

Pengujian Kekerasan

Hasil uji kekerasan menunjukkan terjadinya perbedaan nilai kekerasan seiring dengan meningkatnya arus pengelasan yang ditunjukkan pada Gambar 8.



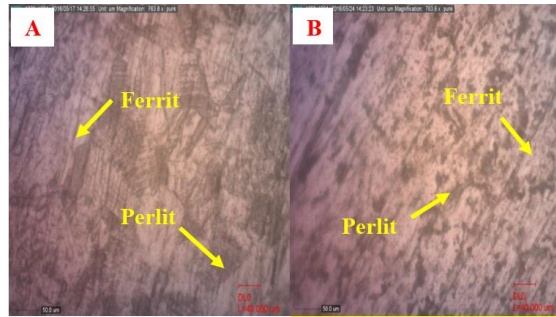
Gambar 8. Grafik hasil uji kekerasan rockwell

Dari hasil uji kekerasan didapatkan bahwa nilai kekerasan tertinggi untuk daerah logam las dan daerah HAZ terletak pada spesimen arus pengelasan 1000 A, hal ini dibuktikan dengan nilai kekerasan pada daerah logam las baja *stainless steel* AISI 304 sebesar 104 HRB dan nilai kekerasan pada daerah logam las baja karbon rendah St 41 sebesar 105,7 HRB, kemudian nilai kekerasan daerah HAZ baja *stainless steel* AISI 304 sebesar 85 HRB dan nilai kekerasan daerah HAZ baja karbon rendah St 41 sebesar 83,7 HRB. Pada daerah logam induk nilai kekerasan tidak mengalami perubahan dengan nilai 81,3 HRB pada baja *stainless steel* AISI 304 dan 55 HRB pada baja karbon rendah St 41. Nilai kekerasan daerah logam las dan daerah HAZ pada arus pengelasan 1000 A menunjukkan nilai kekerasan tertinggi dibandingkan dengan arus pengelasan lainnya yang semakin rendah nilai kekerasannya seiring dengan meningkatnya arus pengelasan.

Pengujian Struktur mikro

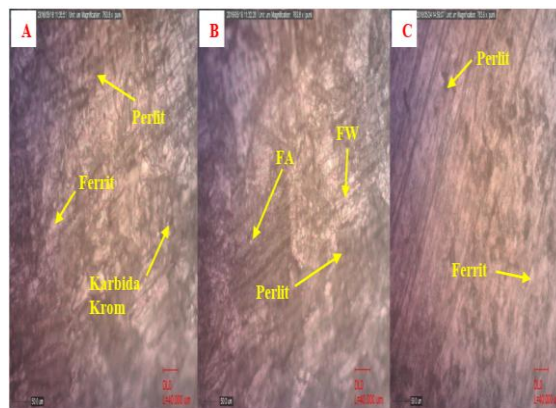
Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan terjadinya perbedaan ukuran struktur mikro dan fasa yang terbentuk pada

masing-masing spesimen yang diberikan perlakuan variasi arus pengelasan. Pengujian struktur mikro ini digunakan untuk menghubungkan antara nilai kekerasan yang diperoleh dengan fasa struktur mikro yang terbentuk setelah pengelasan. Pengambilan gambar struktur mikro dilakukan dengan pembesaran 763,8 kali.



Gambar 9. Struktur mikro logam induk (a) *stainless steel* AISI 304 (b) baja karbon rendah St 41

Berdasarkan Gambar 9 hasil uji struktur mikro logam induk baja *stainless steel* AISI 304 dan baja karbon rendah St 41, terlihat butir ferrit dengan ciri berwarna putih (terang) dan butir perlit dengan ciri berwarna gelap. Butir ferrit cenderung lebih halus dan lunak, sedangkan butir perlit lebih kasar. Butir perlit cenderung keras karena mengandung karbon dan kurang ulet.

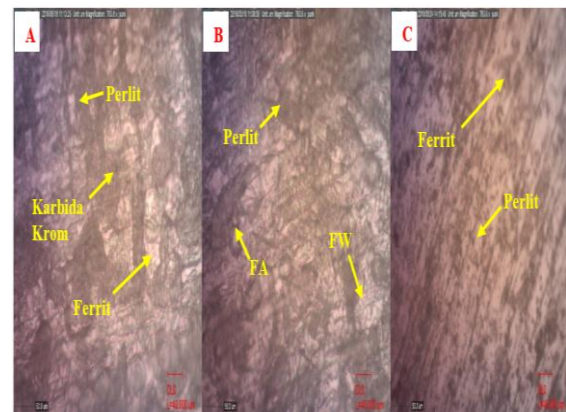


Gambar 10. Struktur mikro spesimen dengan arus pengelasan 1000 A (a) HAZ AISI 304 (b) Daerah logam las (c) HAZ St 41

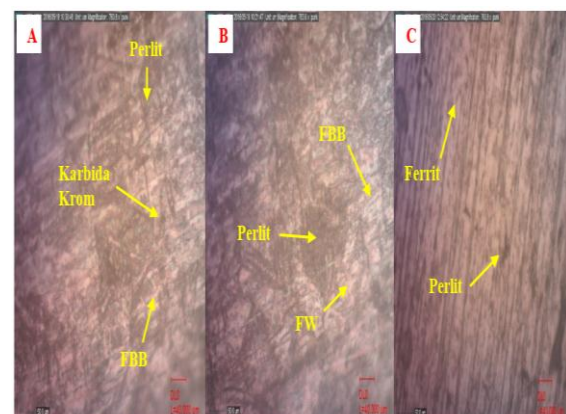
Pada Gambar 10 (a) struktur yang terlihat adalah perlit, ferrit dan karbida krom ($Cr_{23}C_6$). Dilihat pada gambar tampak endapan karbida krom cukup banyak. Adanya endapan karbida krom ini mampu menahan gerakan dislokasi ketika material menerima beban dari luar, sehingga mampu menaikkan nilai kekerasan secara signifikan (Duniawan dan Ilman, 2012), hal ini dibuktikan dengan pengujian kekerasan yang telah dilakukan pada daerah HAZ *stainless steel* AISI 304 sebesar 85 HRB. Pada Gambar 10 (b) struktur yang terlihat adalah perlit, ferrit *accicular* (FA) dan ferrit *widmanstatten* (FW). Dilihat pada gambar tampak struktur yang mendominasi adalah ferrit *accicular* yang berfungsi sebagai *interlocking structure* yang dapat menghambat laju perambatan retak. Dari hasil pengujian kekerasan daerah las didapatkan nilai kekerasan sebesar 104 HRB pada *stainless steel* AISI 304 dan 105,7 HRB pada baja karbon rendah St 41. Pada Gambar 10 (c) struktur yang terlihat adalah perlit dan ferrit, dimana kedua fasa tersebut tersebar merata. Terlihat struktur perlit lebih banyak dibandingkan dengan struktur perlit pada logam induk, hal ini dikarenakan daerah HAZ baja karbon rendah St 41 mengalami siklus pengelasan yang menyebabkan luasan daerah HAZ menjadi lebih besar dan merubah struktur mikro dari material menjadi butir-butir kasar, hal itu dapat dilihat nilai kekerasannya sebesar 83,7 HRB.

Pada Gambar 11 (a) struktur mikro yang terlihat adalah perlit, ferrit dan karbida krom ($Cr_{23}C_6$). Dilihat pada gambar tampak endapan karbida krom masih cukup banyak, namun sedikit menurun dari pengelasan 1000 A, hal ini dibuktikan dengan nilai kekerasannya sebesar 84 HRB, mengalami penurunan 1,17 % dari nilai kekerasan

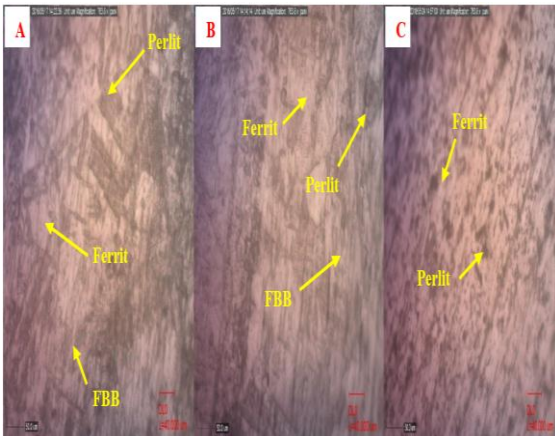
daerah HAZ *stainless steel* AISI 304 untuk arus pengelasan 1000 A. Pada Gambar 11 (b) struktur yang terlihat adalah perlit, ferrit *widmanstatten* (FW) dan ferrit *accicular* (FA). Dengan terbentuknya struktur seperti demikian membuat kekerasan pada daerah logam las ini masih cukup baik, terbukti dengan nilai kekerasan sebesar 103,7 HRB pada *stainless steel* AISI 304 dan 105,7 HRB pada baja karbon rendah St 41. Pada Gambar 11 (c) struktur yang terlihat adalah perlit dan ferrit, dimana butir ferrit dan perlit masih menyebar merata pada daerah ini. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian kekerasan yang dilakukan dengan nilai 83,3 HRB.



Gambar 11. Struktur mikro spesimen dengan arus pengelasan 1200 A (a) HAZ AISI 304 (b) Daerah logam las (c) HAZ St 41



Gambar 12. Struktur mikro spesimen dengan arus pengelasan 1400 A (a) HAZ AISI 304 (b) Daerah logam las (c) HAZ St 41



Gambar 13. Struktur mikro spesimen dengan arus pengelasan 1600 A (a) HAZ AISI 304 (b) Daerah logam las (c) HAZ St 41

Pada Gambar 12 (a) struktur mikro yang terlihat adalah perlit, ferrit batas butir (FBB) dan karbida krom (Cr_{23}C_6). Dilihat pada gambar tampak endapan karbida krom semakin menurun jumlahnya, hal ini dikarenakan masukan panas yang semakin besar membuat endapan karbida krom semakin melarut. Selain itu terbentuknya ferrit batas butir (FBB) membuat daerah ini mengalami penurunan nilai kekerasan, hal ini terbukti dengan nilai kekerasannya sebesar 80 HRB dengan persentase penurunan 5 % dari pengelasan 1200 A. Pada Gambar 12 (b) struktur yang terlihat adalah perlit, ferrit batas butir (FBB) dan ferrit *widmanstätten* (FW). Dilihat pada gambar tampak ferrit batas butir dan ferrit *widmanstätten* tersebar merata pada daerah ini, hal ini mengakibatkan penurunan nilai kekerasan, hal ini terbukti dengan hasil pengujian kekerasan yang telah dilakukan sebesar 100 HRB pada *stainless steel* AISI 304 dan 103,3 HRB pada baja karbon rendah St 41. Pada Gambar 12 (c) struktur mikro yang terlihat adalah perlit dan ferrit. Dilihat pada gambar tampak ferrit mendominasi pada daerah ini. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian kekerasan yang telah

dilakukan dengan nilai 82,7 HRB, lebih rendah dibandingkan dengan variasi arus pengelasan 1000 A dan 1200 A.

Pada Gambar 13 (a) struktur mikro yang terlihat adalah perlit, ferrit dan ferrit batas butir (FBB). Tidak ditemukan adanya endapan karbida krom pada daerah ini, hal ini dikarenakan dengan masukan panas yang besar membuat endapan karbida krom melarut (Subiarto dan Martono, 2003). Tampak butir ferrit batas butir cukup mendominasi. Jika arus pengelasan semakin tinggi, maka masukan panas semakin besar, sehingga laju pendinginan proses pengelasan menjadi lambat, akibatnya struktur yang terbentuk didominasi oleh ferrit batas butir yang bersifat lunak, hal ini sesuai dengan hasil pengujian kekerasan sebesar 77 HRB. Pada Gambar 13 (b) struktur yang terlihat adalah perlit, ferrit dan ferrit batas butir (FBB). Dilihat pada gambar tampak butir struktur mikro terlihat cukup besar, hal ini dikarenakan masukan panas yang terjadi pada arus pengelasan 1600 A telah melewati suhu rekristalisasi logam, sehingga kristal-kristal baru tumbuh membesar dengan menyalakan kristal lama. Dengan meningkat terus suhu pemanasan, maka didapatkan butiran kristal yang besar-besar. Selain itu dengan keberadaan ferrit batas butir yang semakin banyak membuat daerah ini menjadi lunak, hal ini terbukti kekerasan daerah las sebesar 99 HRB. Pada Gambar 13 (c) struktur mikro yang terlihat adalah perlit dan ferrit. Tampak pada gambar seiring dengan meningkatnya arus pengelasan maka masukan panas yang dihasilkan juga semakin besar, terlihat dari besar butir yang terbentuk dimana butir ferrit mendominasi pada daerah ini, hal ini akan mengakibatkan pada menurunnya sifat kekerasannya, hal ini terbukti dengan nilai kekerasannya sebesar 80,3 HRB.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis menunjukkan bahwa seiring dengan meningkatnya arus pengelasan pada proses pengelasan titik sambungan *dissimilar* baja *stainless steel* AISI 304 dan baja karbon rendah St 41 maka dihasilkan nilai kekuatan geser dan kekerasan yang semakin rendah, dan nilai kekuatan geser dan kekerasan tertinggi didapatkan pada arus pengelasan 1000 A, selain itu dilihat dari struktur mikro yang terbentuk menunjukkan pada arus pengelasan 1000 A didominasi oleh struktur ferrit *acicular* yang berfungsi sebagai *interlocking structure* yang mampu menghambat laju perambatan retak.

DAFTAR RUJUKAN

- Agustriyana, L, Yudi S.I & 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*, 2 (3): 175-181.
- Alenius, M., Pohjanne, P., Somervuori, M., & Hannine, H. 2006. Exploring the Mechanical Properties of Spot Welded Dissimilar Joints for Stainless and Galvanized Steel. *Welding Research Journal*, 305: 315.
- Anis, M., Irsyadi, A., & Ferdian, D. 2009. Studi Lapisan Intermetalik Cu₃Sn pada Ujung Elektroda Dalam Pengelasan Titik Baja Galvanis. *Jurnal Teknologi*, 13 (2): 91-95.
- Aravinthan & Nachimani. 2011. Analysis Of Spot Weld Growth On Mild and Stainless steel. *Suplement To The Welding Journal*, 143-147.
- Arifin, S. 1997. *Las Listrik dan Otogen*. Jakarta: Ghalia Indonesia
- Charde, N. 2012. Effects of Electrode Deformation on Carbon Steel Weld Geometry of Resistance Spot Welding. *Original Research Journal*, 1 (5): 5-12.
- Duniawan, A & Ilman, M.N. 2012. Pengaruh Pwht Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las Tak Sejenis Austenitic Stainless Steel Dan Baja Karbon. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III*, ISSN: 1979-911X.
- Handra, N. 2014. Pengaruh Waktu Tekan dan Hasil Gumpalan Terhadap Kekuatan Geser Pada Las Titik. *Jurnal Teknik Mesin*, 4 (1): 37-42.
- Hendrawan Alfatih M & Rusmawan Dwi D. 2014. Studi Pengaruh Arus Dan Waktu Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las Titik (Spot

Saran

Bagi industri pengelasan ketika melakukan pengelasan menggunakan sambungan *dissimilar* baja *stainless steel* AISI 304 dan baja karbon rendah St 41 disarankan untuk menggunakan arus pengelasan 1000 A karena memiliki kekuatan sambungan las yang cukup baik, sedangkan untuk penggunaan arus pengelasan 1200 A, 1400 A dan 1600 A menghasilkan kekuatan sambungan las yang kurang baik, hal ini dikarenakan arus pengelasan yang semakin tinggi menghasilkan masukan panas yang besar, pencairan logam induk yang cepat dan menghasilkan daerah lasan yang lebar sehingga menghasilkan kekuatan yang rendah.

- Welding) Logam Tak Sejenis. *Jurnal Teknologi*, 2 : 6-13.
- Ishak, M., Shah, dkk. 2014. Studi Of Resistance Spot Welding Between AISI 301 Stainless Steel And AISI 1020 Carbon Steel Dissimilar Alloys. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences (JMES)*, 6 : 793-806.
- Ismoyo, A.H, Pratiwi S.H, Parikin & Dani, M. 2015. Pengamatan Sifat Mekanik dan Struktur Mikrokristal Sekitar Las TIG Filer AISI 312 Pada Baja 15%Cr25%Ni Untuk Bahan Struktur Reaktor. *Seminar Nasional XI SDM Teknologi Nuklir*, ISSN 1978-0176.
- Pouranvari, M. & Marashi, S.P.H. 2011. Dissimilar Spot Welds of AISI 304/AISI 1008: Metallurgical and Mechanical Characterization. *Steel Research Journal*, 82 (12): 1355-1360.
- Purwaningrum, Y., & Fatchan, M. 2013. Pengaruh Arus Listrik Terhadap Karakteristik Fisik - Mekanik Sambungan Las Titik Logam Dissimilar Al - Steel. *Jurnal Teknik Mesin*, 15 (1): 16-22.
- Saripuddin, M. & Umar Lauw, Dedi. 2013. Pengaruh Hasil Pengelasan Terhadap Kekuatan, Kekerasan dan Struktur Mikro Baja St 42. *ILTEK*, 8 (15): 1063-1067.
- Subiarto & Martono, H. 2003. Aspek Keselamatan Penggunaan Canister Sebagai Wadah Gelas-Limbah. *Seminar Tahunan Pengawasan Pemanfaatan Tenaga Nuklir*, ISSN 1693-7902.
- Subrammanian, A & Jabaraj, B.D. 2013. Research on Resistance Spot Welding of Stainless Steel - An Overview. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4 (12): 1741-1750.
- Suharno, 2008. Struktur Mikro Las Baja C-Mn Hasil Pengelasan Busur Terendam dengan Variasi Masukan Panas. *Jurnal Teknik Mesin*, 10 (1): 40-45.
- Wiyono, T. 2012. Penentuan Pengelasan Dissimilar Alluminium dan Pelat Baja Karbon Rendah dengan Variasi Waktu Pengelasan dan Arus Listrik. *Journal Foundry*, 2 (1): 19-23.