

Program Studi Teknik Mesin

Lembar Persetujuan Naskah Publikasi dan Abstrak Tugas Akhir (TA)

Judul TA :

**The Effect Variations of Electrical and Time Voltage to the Mikro
Strukture Mechanical Properties of Spot Weld Stainless steel Point
Welded Joints and Galvanized**

Judul Naskah Publikasi :

Nama Mahasiswa:

Nasarudin

NIM :

20140130088

Pembimbing 1:

Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T., Ph.D.

Pembimbing 2:

Muhammad Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng

Hal yang dimintakan persetujuan *:

- | | | | |
|---|--|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Indonesia | <input checked="" type="checkbox"/> Naskah Publikasi | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input checked="" type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Inggris | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

*beri tanda ✓ di kotak yang sesuai

Tanda Tangan

Nasarudin

Tanggal 23-07-2019

Persetujuan Dosen Pembimbing dan Program Studi

Disetujui

Tanda Tangan

Ir. Aris Widyo Nugroho, M.T., Ph.D.

Tanggal 23-07-2019

Tanda Tangan

Berli Paripurna Kasniel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D

Tanggal 25-07-2019

Formulir persetujuan ini mohon diletakkan pada lampiran terakhir pada naskah TA.

PENGARUH VARIASI TEGANGAN LISTRIK DAN WAKTU TERHADAP STRUKTUR MIKRO SIFAT MEKANIS SAMBUNGAN LAS TITIK *DISSIMILAR STAINLESS STEEL*-BAJA GALVANIS

Nasarudin^a, Aris Widyo Nugroho^b, Muh. Budi Nur Rahman^c

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183

anasrudin487@gmail.com

Abstrak

Penggunaan tegangan listrik akan berhubungan dengan masukan panas. Dibutuhkan masukan panas yang cukup untuk membentuk struktur nugget yang baik sehingga dapat menghasilkan kekuatan sambungan yang maksimal. Dengan mengatur parameter besarnya tegangan yang diberikan akan dihasilkan kualitas sambungan yang baik. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi tegangan listrik terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro sambungan las titik (spot welding) logam dissimilar stainless steel 430 dan baja galvanis. Variasi tegangan yang digunakan adalah 1,60 V, 1,79 V dan 2,02 V. Waktu pengelasan yang digunakan 2-6 detik. Spesimen uji menggunakan material stainless steel 430 dengan baja galvanis dengan ketebalan masing-masing 0,8 mm. Penelitian yang dilakukan adalah uji tarik sesuai standar ASME (American Society of Mechanical Engineering) dan pengujian mikrostruktur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Peningkatan tegangan listrik dari 1,60 V ke 1,79 V berdampak pada kenaikan kekuatan tarik. Sedangkan peningkatan tegangan listrik dari 1,79 V ke 2,02 V memperlihatkan peningkatan kekuatan tarik. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa kondisi terbaik terjadi pada tegangan listrik 2,02 V yang memberikan kekuatan tarik sebesar 2728,575 N. Pengamatan struktur mikro pada sambungan las titik dissimilar antara stainless steel 430 dan baja galvanis yang didominasi oleh struktur perlit dan kabrada, dimana hampir dari keseluruhan dari struktur mikro stainless steel 430 didominasi oleh ferrit ini dikarenakan stainless steel 430 merupakan baja tahan karat feritik dengan kandungan C \leq 0,12 %, sehingga dengan kadar C yang sangat rendah ini membuat karbida yang terbentuk sedikit. Dilihat tampak struktur mikro pada logam induk baja galvanis struktur yang terlihat perlit dan *ferrit*, dimana kedua fasa tersebut tersebar merata. Terlihat struktur *perlit* lebih banyak dibandingkan dengan ferrit pada logam induk, hal ini dikarenakan daerah HAZ baja galvanis mengalami siklus pengelasan yang menyebabkan luasan daerah HAZ menjadi lebih besar dan merubah struktur mikro dari material menjadi butir-butir kasar.

Kata kunci: Las titik dissimilar, stainless steel 430, baja galvanis, Struktur Mikro, kekerasan, kapasitas beban tarik-geser.

1. Pendahuluan

Pengelasan dengan metode *spot welding* pada sambungan material tidak sejenis sudah mulai banyak mendapat perhatian karena tuntutan dari industri dan untuk pencegahan krisis ekonomi di masa yang akan datang, berbagai penelitian terhadap pengelasan beda material sudah mulai dilakukan. Bukan hanya penyambungan antara logam sejenis saja, untuk memenuhi kebutuhan dan untuk keperluan peningkatan kualitas dan performa dari suatu konstruksi maka sering dilakukan penyambungan antara logam tak sejenis. Contoh penerapan penyambungan tak sejenis ini banyak di terapkan pada industri otomotif, alasan mengapa hal ini dilakukan adalah untuk mengurangi beban dari konstruksinya. Dengan menurunnya beban itu, maka dapat meningkatkan performa yang dapat dihasilkan. Penyambungan tak sejenis ini juga sering digunakan untuk variasi atau memodifikasi suatu kendaraan sehingga tampilannya menjadi lebih menarik. Las titik (*spot welding*) las membutuhkan panas yang mana dihasilkan dari resistansi listrik di antara dua bagian yang akan disambungkan. Jenis las ini memiliki kelebihan seperti tidak membutuhkan elektroda, gas shielding, atau flux. Las titik, bisa disebut RSW (*resistance spot welding*) adalah salah satu jenis pengelasan resistansi.

Penelitian pengaruh variasi kuat arus listrik terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro pada sambungan material tidak sejenis antara baja *stainless steel* dengan baja karbon rendah dengan metode las titik. Kuat arus yang digunakan sebesar 60 A, 70 A, dan 80 A dengan waktu 4 detik. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan kuat arus dari 60 A ke 70 A menunjukkan peningkatan pada kekuatan Tarik/geser yaitu sebesar 150,785 KN/mm² dan 190,920 KN/mm². Akan tetapi kenaikan kuat arus dari 70 A ke 80 A mengalami penurunan nilai kekuatan geser dimana pada kuat arus 80 A nilai kekuatan gesernya sebesar 153,533 KN/mm², dengan meningkatkan arus pengelasan didapatkan kekuatan tarik yang semangkin rendah. Hal ini dikarenakan arus pengelasan yang semangkin besar akan menghasilkan daerah logam las yang lebar serta penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan. Hal ini sesuai dengan diameter logam las (*nugget*) yang terbentuk, dimana seiring dengan meningkatnya arus pengelasan maka diameter *nugget* semakin besar. Semangkin besar arus yang digunakan, maka masukan panas yang terjadi juga semakin besar. Tetapi tidak selamanya sambungan menjadi lebih baik, pada sambungan las titik logam *dissimilar* ada suatu kondisi dimana semakin besar arus tetapi hasil lasnya rusak, hal ini terjadi karena titik lebur pada setiap material berbeda-beda, jika panas yang dihasilkan melebihi titik lebur material yang digunakan, maka hasil pengelasan akan rusak. Pada pengujian struktur mikro, terlihat bahwa struktur yang terbentuk adalah *ferrit* dan *perlit* yang tersebar merata di daerah HAZ merupakan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Amin (2017).

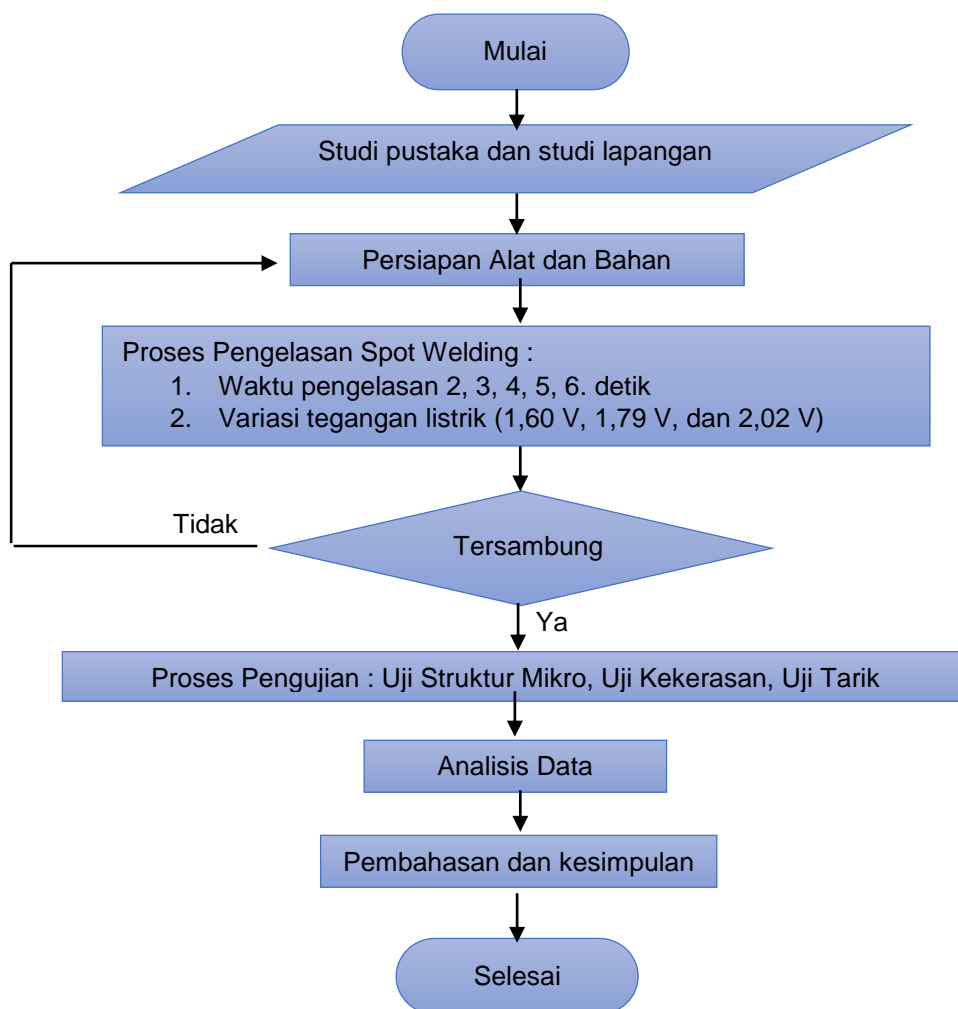
Penelitian pada *resistance spot welding* dengan memvariasikan kuat arus untuk mencari tahu pengaruh kuat arus terhadap *heat input, nugget geometry, mechanical and fractural properties*. Kuat arus yang digunakan sebesar 22 kA, 23 kA, 25 kA, 27 kA, 29 kA, 31 kA dan 33 kA pada sambungan material tidak sejenis antara paduan *magnesium AZ31* dengan tebal 1,7 mm dan paduan Aluminium AA1350 dengan tebal 1,5 mm, waktu pengelasan yang digunakan 2 *cycle* dan tekanan elektrodanya sebesar 5×10^5 Pa. Hasil dari pengelasan menunjukkan bahwa kekerasan memiliki nilai rata-rata 40 ± 5 HV untuk permukaan Aluminium sedangkan pada permukaan *Magnesium* sebesar $73,5 \pm 5$ HV dan kekerasan pada *weld metal* atau sambungan las berkisar antara 190 ± 10 HV. Pada hasil uji tarik didapatkan nilai kapasitas pembebanan atau *tensile shear load bearing capacity* terbaik pada variasi kuat arus 29 kA dengan nilai 2,75 KN, semakin meningkatnya kuat arus maka nilai TLBC (*tensile shear load bearing capacity*) akan semakin meningkat, akan tetapi pada kuat arus diatas 29 kA mengalami penurunan dikarenakan *heat input* yang berlebihan dan sambungan memasuki fase kerapuhan. Hasil struktur mikro menunjukkan bahwa kegagalan bermula dari *micro void* dan *micro crack*. Sedangkan struktur pada *intermetallic compound* bersifat kerapuhan, *low fracture toughness* dan sensitif terhadap *crack*. merupakan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Hayat (2010).

Penelitian tentang sifat fisis, mekanis dan efisiensi panas yang dihasilkan dari pengelasan aluminium dengan metode las titik. Parameter pengujian yang digunakan adalah variasi tebal plat dan waktu penekanan. Variasi tebal plat yang digunakan adalah 0,8 mm; 1mm dan 1,2 mm sedangkan variasi waktu penekanan yang digunakan yaitu 1 detik; 1,5 detik dan 2 detik. Material pengujian disambung tindih (*lap joint*) dengan arus pengelasan sebesar 26 A dan voltase output 1,75 V. Hasil pengujian menunjukkan kekerasan terbesar didapat pada pengelasan menggunakan waktu pengelasan 2 detik dan tebal plat 1,2 mm yaitu sebesar 0,09 kg/mm² dan kekerasan terendah terjadi pada penekanan 1 detik sebesar 0,005 kg/mm² hal ini disebabkan perbedaan heat input. Heat input

pada penekanan 2 detik besarnya 90 joule dan pada penekanan 1 detik besarnya 45,5 joule terjadi perbedaan 45,5 joule kurang lebih 50 % bila dibandingkan dengan waktu penekanan 2 detik. Hal ini disebabkan karena waktu penekanan lebih lama menyebabkan heat input yang masuk selama proses pengelasan lebih besar dan pendinginan yang relative sama sehingga menyebabkan besar butir pada struktur mikro dengan waktu penekanan yang lebih lama menjadi lebih kecil bila dibandingkan dengan waktu penekanan 1 detik. Berdasar metode hyen semakin kecil butiran pada struktur mikro maka kekerasannya semakin besar bila dibandingkan dengan besar butir yang besar. merupakan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Waluyo (2013).

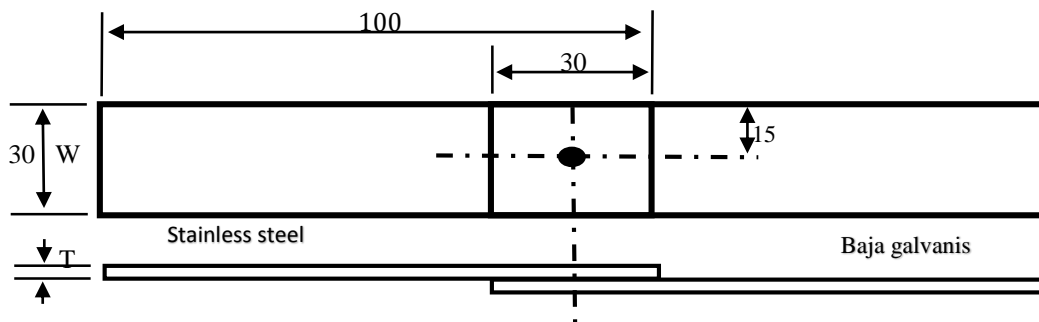
Dari beberapa penelitian diatas menunjukkan bahwa penelitian pada sambungan las titik sangat menarik dan masih banyak yang perlu diteliti dari penggunaan material yang berbeda maupun material yang sama atau menggunakan parameter-parameter yang dapat mempengaruhi karakteristik material demi meningkatkan kualitas sambungan. Penelitian pada las titik dengan memvariasikan voltage/amper, waktu penekanan dan kuat arus sangat berpengaruh pada sifat mekaniknya selain itu parameter ini menjadi poin penting dalam menentukan karakteristik yang optimal. Akan tetapi penelitian yang terfokus pada pengaruh variasi kuat arus terhadap karakteristik material dengan metode *spot welding* masih sangat jarang dilakukan terutama untuk penyambungan *dissimilar* antara *stainless steel 430* dan baja galvanis dengan metode *spot welding*, yang sebelumnya belum pernah dilakukan.

2. Metode Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pada penelitian material yang digunakan adalah *stainless steel* 430 dan baja galvanis dimana ketebalan masing-masing 0,8 mm dengan *stainless steel* sisi bagian atas. Penelitian menggunakan tegangan listrik antara 1,60 V, 1,79 V, dan 2,02 V dimana parameter yang lain konstan seperti lama waktu penekanan 2-6 detik pada setiap variasi. Skema spesimen dengan ukuran dimensi dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 2. Susuna plat sambungan *lap joint* mengikuti standart (AWS D8.9-97)

2.1 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan pada setiap spesimen yang telah di las. Spesimen dipotong melintang ditengah lasan,lalu diampelas, dipoles, kemudian dietsa menggunakan 30ml Fcl, 30ml Hno₃, metanol 30 ml, dan alkohol. Pengambilan poto mikro dilakukan pada daerah logam induk baja tahan karat, HAZ baja tahan karat, logam induk las, HAZ baja galvanis, dan logam induk baja galvanis dengan perbesaran 10x. Pengujian ini meliputi pengujian makro dan mikro dimana pengujian makro bertujuan untuk melihat bagaimana hasil dari sambungan pada tiap variasi kuat arus pengelasan sedangkan pengujian mikro untuk melihat pengaruh distribusi panas yang disebabkan *heat input* pada daerah *weldmetal* dan HAZ pada tiap variasi kuat arus pengelasan.

2.2 Pengujian Kekerasan

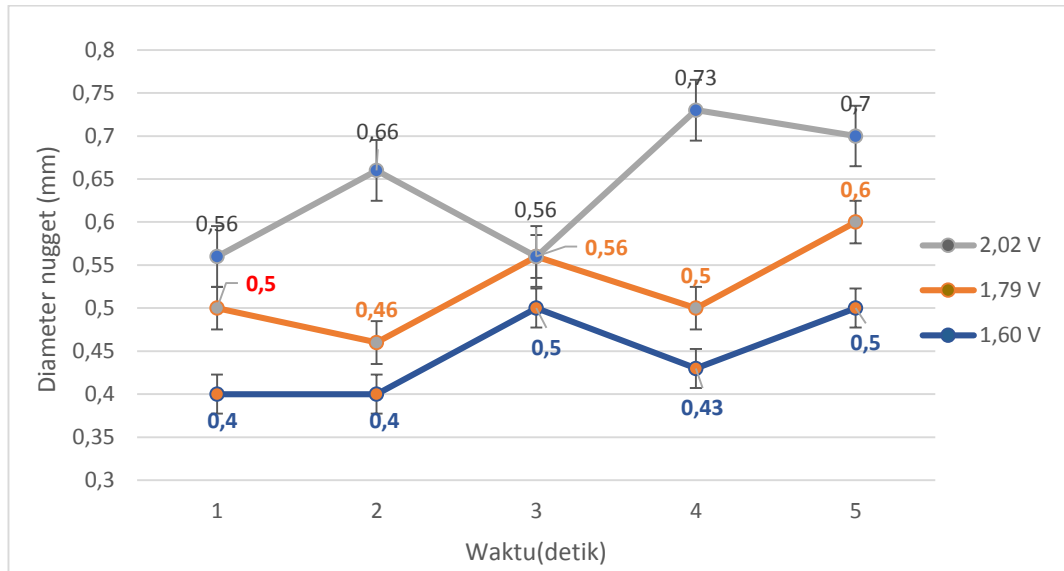
Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai distribusi kekerasan pada daerah HAZ dan *weld metal* hasil sambungan las. Pengujian kekerasan pada sambungan *spot welding dissimilar* menggunakan metode mikro vickers dengan penekanan 200 gf dengan waktu penekanan 5 detik. Pengujian ini dilakukan pada daerah *weldmetal*, HAZ dan logam induk untuk melihat perbedaan nilai kekerasan pada logam induk dan hasil kekerasan yang terpengaruh panas akibat proses pengelasan.

2.3 Pengujian Tarik

Pengujian tarik merupakan salah satu pengujian yang digunakan untuk menentukan karakteristik material terutama untuk mengetahui kemampuan sambungan menerima pembebanan tarik geser pada sambungan *spot welding*. Pengujian ini bertujuan untuk mencari tahu variasi tegangan listrik terbaik dalam menerima beban tarik.

3. Hasil dan Pembahasan

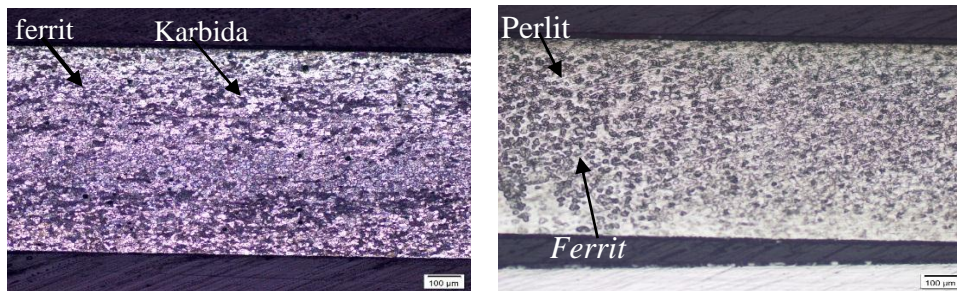
Hasil pengelasan menunjukkan bahwa diameter *nugget* yang dihasilkan berbeda pada setiap variasi waktu yang digunakan. Pada gambar dibawah terlihat bahwa kenaikan kuat arus pengelasan mengakibatkan kenaikan pada diameter *nugget*, Luasan *nugget* dipengaruhi oleh *heat input* dan variasi tegangan listrik pengelasan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai *heat input*.



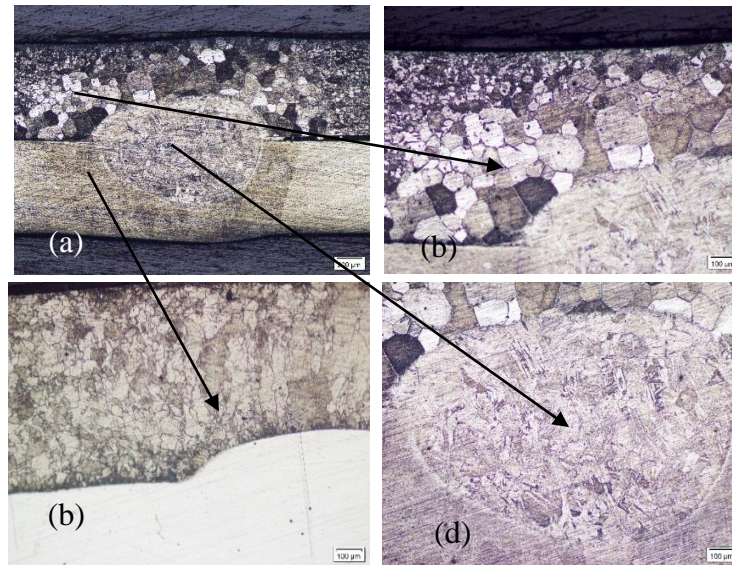
Gambar 3. Grafik perbandingan ukuran diameter nugget tiap variasi tegangan listrik.

3.1 Hasil Pengujian Struktur Mikro

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa struktur mikro pada logam induk *stainless steel* 430 didominasi oleh ferrit karena *stainless steel* 430 merupakan baja tahan karat feritik dan terdapat sedikit karbida krom. Sedangkan pada baja galvanis ini memiliki struktur ferrit dan perlit dimana didominasi oleh ferrit dimana karakteristik dari ferrit adalah berwarna putih terang dan cenderung halus dan lunak dibandingkan struktur perlit.



Gambar 4. Foto struktur mikro logam induk (a) *Stainless steel* 430 (b) Baja galvanis



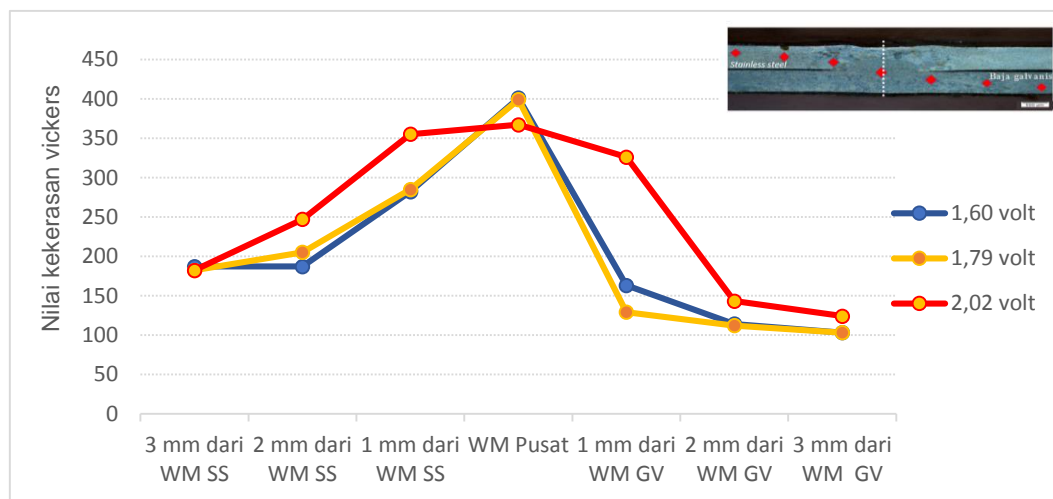
Gambar 5. Struktur mikro (a) perbesar 50x, (b) daerah HAZ *stainless steel* 430, (c) daerah baja galvanis dan (d) daerah *weldmetal*.

Terlihat perubahan struktur pada setiap daerah *weldmetal* dan HAZ pada setiap variasi pengelasan kuat arus. Dimana pada daerah HAZ ada perubahan ukuran batas butir pada kedua material *stainless steel* 430 dan baja galvanis, karena daerah ini mengalami siklus termal pengelasan dimana semakin besar masukan panas yang diberikan maka akan mengakibatkan luasan HAZ menjadi lebih besar dan merubah struktur mikro menjadi butir-butir kasar Firmansyah dkk (2016).

Daerah *weldmetal* terbentuk struktur yang berbeda dari logam induknya, dimana pada setiap variasi terdapat martensit yang menyebabkan nilai kekerasan menjadi tinggi. Dikuatkan oleh penelitian yang dilakukan Subrammanian dkk (2018) menggunakan material *stainless steel ferritic* AISI 409 dimana hasil uji mikro menunjukkan bahwa pada mikrostruktur daerah *fusionzone* terdiri dari ferrit yang mendominasi dengan sedikit martensit.

3.2 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan vickers microhardness dilakukan untuk menguji kekerasan pada logam induk, HAZ dan weld metal. Pengujian vickers menggunakan beban 200 gram force dengan waktu penekanan 5 detik. Uji kekerasan dilakukan dengan pola diagonal seperti ditunjukkan pada Gambar 4.11.



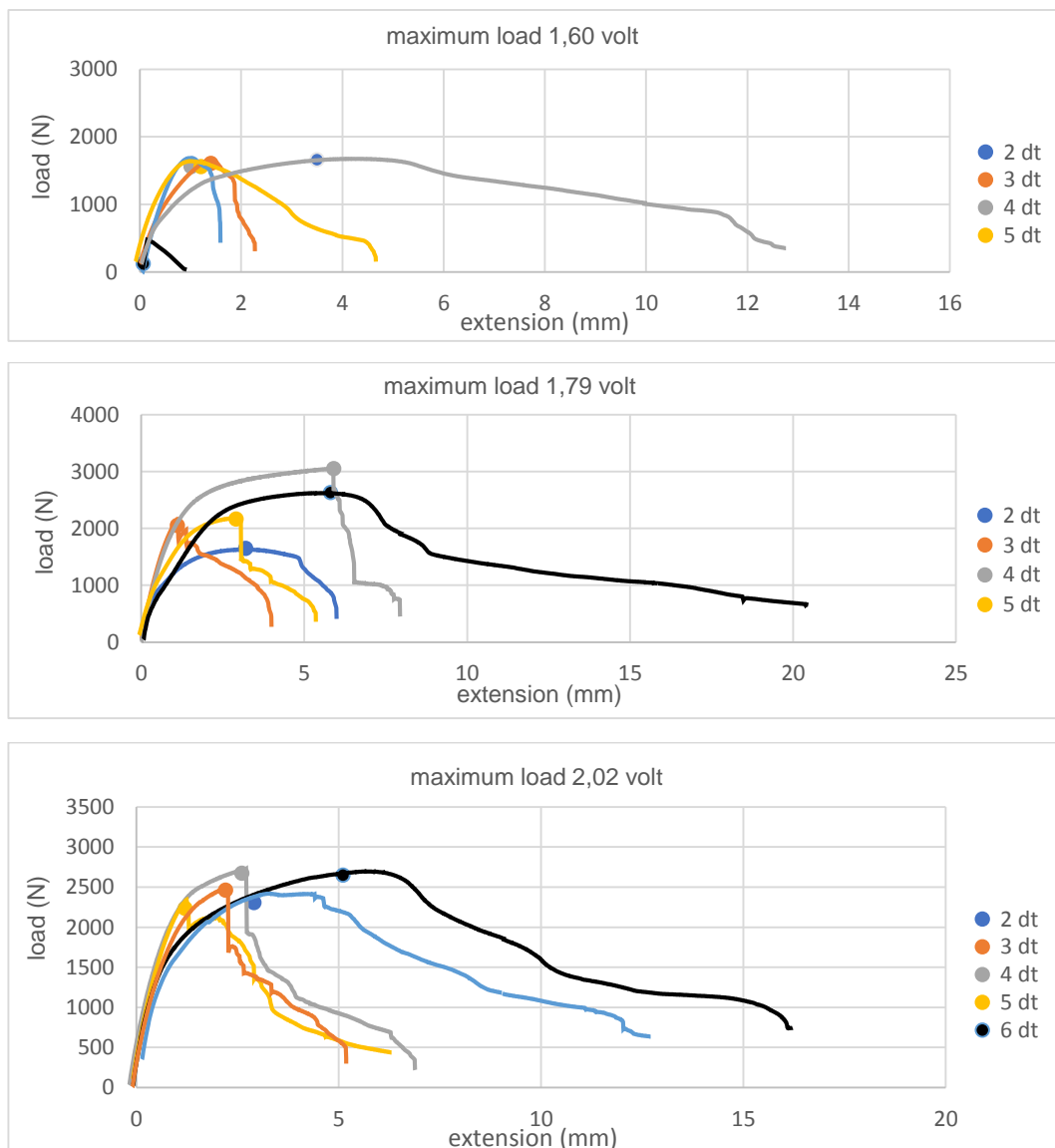
Gambar 6. Grafik nilai kekeran sambungan las *spot welding*

Pada Gambar 6 menunjukkan hasil nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah *weldmetal* diiringi oleh daerah HAZ dan terakhir pada *basemetal* atau logam induk. *Weldmetal* pada hasil sambungan lasan material tidak sejenis membentuk struktur mikro yang baru dikarenakan penggabungan hasil pencarian kedua logam antara *stainless steel* 430 dan baja karbon rendah dimana pada daerah *weldmetal* ini terbentuk fasa martensit yang membuat nilai kekerasan dapat meningkat sangat signifikan, sesuai hasil pengujian struktur mikro. Akan tetapi peningkatan variasi tegangan pengelasan tidak terlalu ada perubahan signifiakn pada nilai kekerasannya.

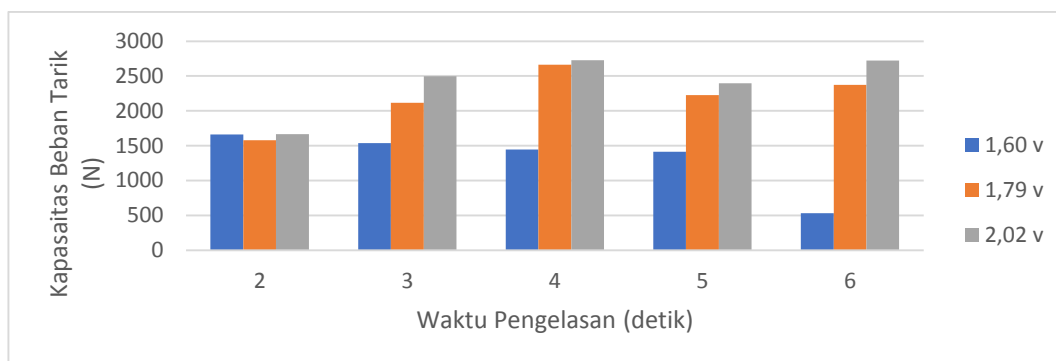
Sedangkan pada daerah HAZ mengalami kenaikan ukuran butiran yang menyebabkan kenaikan nilai kekerasan, Faozi (2015) menyatakan daerah HAZ yang berdekatan dengan daerah *weldmetal* memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dikarenakan terpengaruh panas sehingga mengakibatkan pengkasaran butir.

3.3 Pengujian Tarik

Pengujian tarik-geser ini dilakukan pada hasil pengelasan *spot welding* material tidak sejenis antara *stainless steel* 430 dengan baja galvanis Tujuan pengujian ini untuk mengetahui pengaruh variasi kuat arus pengelasan terhadap kemampuan sambungan lasan terhadap gaya tarik, terutama pada *tensile load bearing capacity* (TLBC) untuk mengetahui kemampuan sambungan las menahan beban.



Gambar 7. Grafik hasil pengujian tarik-geser setiap variasi.



Gambar 8. Grafik perbandingan hasil uji tarik setiap variasi.

Melihat pada beberapa penelitian sebelumnya bahwa kenaikan tegangan listrik akan menghasilkan kenaikan pada kemampuan sambungan dalam menerima beban tarik-geser atau *tensile load bearing capacity* (TLBC), seperti pada penelitian Arinal dan Hendri (2012) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi waktu penekanan terhadap kekuatan tarik hasil *spot welding* didapatkan bahwa nilai *tensile load bearing capacity* meningkat seiring dengan meningkatnya diameter *nugget* hasil sambungan lasan, peningkatan ini disebabkan karena masukan panas yang diberikan pada spesimen, dimana kuat arus yang besar akan memberikan pengaruh yang besar terhadap ukuran diameter *nugget* lasan. Pada penelitian serupa dilakukan oleh Handra dan Syafar (2013) melakukan penelitian tentang studi kekuatan sambungan plat pada pengelasan titik yang ditinjau dari kekuatan tarik dan geser. kemampuan sambungan terhadap beban tarik geser meningkat seiring dengan peningkatan kuat arus dan waktu pengelasan, ini juga disebabkan dengan semakin besar kuat arus dan waktu pengelasan yang diberikan maka masukan panas yang akan diterima oleh spesimen akan semakin besar dan dengan meningkatnya masukan panas pada sambungan lasan akan membuat penetrasi semakin meningkat, yang membuat ukuran diameter dari *nugget* lasan semakin besar. Dimana peningkatan ukuran diameter *nugget* lasan yang merupakan salah satu penyebab meningkatnya kekuatan daya dukung beban tarik geser atau *tensile load bearing capacity* (TLBC) pada sambungan lasan.

Pengujian tarik-geser mempunyai 2 jenis kegagalan yaitu berupa kegagala *interfacial* dan kegagalan *pullout*. Jenis kegagalan yang terjadi pada pengujian tarik-geser dapat dilihat pada gambar 7 hasil uji tarik menunjukkan bahwa kegagalan yang terjadi pada pengelasan *spot welding* antara *stainless steel* dan baja galvanis pada setiap variasi tegangan 1,60 V, 1,79 V, dan 2,02 V adalah jenis kegagalan *interfacial* dan *pullout*.

4. Kesimpulan

Penelitian tentang pengaruh variasi tegangan listrik terhadap sipat mekanis sambungan las titik dissimilar *stainless steel*-dengan baja galvanis dengan menggunakan metode *spot welding* dapat disimpulkan bahwa:

1. Struktur mikro pada daerah *weldmetal* terbentuk struktur yang berbeda dari logam induknya, dimana pada setiap variasi terdapat martensit yang menyebabkan nilai kekerasan menjadi tinggi.
2. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah *weldmetal* diiringi oleh daerah HAZ dan terakhir pada basemetal atau logam induk. *Weldmetal* pada hasil sambungan lasan material tidak sejenis membentuk struktur mikro yang baru (martensit) yang membuat nilai kekerasan dapat meningkat sangat besar, sesuai hasil pengujian struktur mikro.
3. Hasil uji tarik menunjukkan kenaikan tegangan listrik mempengaruhi kenaikan nilai *tensile shear load bearing capacity* atau kapasitas beban tarik geser dimana hasil terbaik didapatkan pada variasi tegangan 2,02 V dengan nilai pembebanan sebesar 2728,575 N.

Daftar Pustaka

Journal :

- Aep saripudin. (2007). Pengaruh Waktu Galvanis Terhadap Pembentukan Fasa Intermetalik Fe-Zn pada Permukaan Ulir Baut Baja. Teknik Mesin Universitas Gunadarma.
- Agustriyana, L., Yudi S.I dan 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.
- Ahmadil amiin (2017). Pengaruh variasi arus Listrik Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro sambungan las titik (*spot welding*) logam dissimilar stainless steel dan baja karbon rendah. Jurnal teknik mesin UNISKA VoL.02 No.
- Amin, A. (2017). Pengaruh Variasi Arus Listrik terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Sambungan Las Titik (*Spot Welding*) Logam Dissimilar Stainless Steel dan Baja Karbon Rendah. Jurnal Teknik Mesin UNISKA, 63-67.
- Anrinal dan Hendri. 2012. Analisa Kekuatan Tarik Hasil Spot welding Baja Karbon Rendah. Jurnal Teknik Mesin Institut Teknologi Padang, 1 (2): 6-9.
- Anis, M., Irsyadi. A., Ferdian. D. 2009. Studi Lapisan Intermetalik Cu_3Sn pada Ujung Elektroda dalam Pengelasan Titik Baja Galvanis. Jurnal Teknologi Universitas Indonesia, 2 (13): 91-95.
- Anrinal dan Hendri. 2012. Analisa Kekuatan Tarik Hasil Spot welding Baja Karbon Rendah. Jurnal Teknik Mesin Institut Teknologi Padang, 1 (2): 6-9.
- Fachruddin, Suryanto. H., Solichin. 2016. Pengaruh Variasi Arus Listrik Pegelasan Titik (*Spot Welding*) terhadap Kekuatan Geser, Kekerasan dan Struktur Mikro pada Sambungan Dissimilar Baja Stainless Steel AISI 304 dengan Baja Karbon Rendah ST 41. Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Malang, 1 (2): 5-11.
- Fachruddin, Suryanto. H., Solichin. 2016. Pengaruh Variasi Arus Listrik Pegelasan Titik (*Spot Welding*) terhadap Kekuatan Geser, Kekerasan dan Struktur Mikro pada Sambungan Dissimilar Baja Stainless Steel AISI 304 dengan Baja Karbon Rendah ST 41. Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Malang, 1 (2): 5-11.
- Faozi, S. (2015). Pengaruh Arus Listrik dan Holding Time terhadap Sifat Fisik-Mekanik Sambungan *Spot TIG Welding* Material Tak Sejenis antara Baja dan Paduan Aluminium. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Handra, N. 2014. Pengaruh Waktu Tekan dan Hasil Gumpalan Terhadap Kekuatan Geser pada Las Titik. Jurnal Teknik Mesin Institut Teknologi Padang, 4 (1): 37-42.
- Handra, N., dan Syafra, F.F. 2013. Studi Kekuatan Sambungan Plat pada *Spot Welding* Ditinjau dari Kekuatan Tarik dan Geser. Jurnal Teknik Mesin Institut Teknologi Padang, 1 (4): 52-57.
- Subrammanian, A., dkk . (2018). Effect of Process Parameters on The Mechanical Performance of Resistance Spot Welded Joints of AISI 409m Ferritic Stainless Steel. *Indian Journal of Engineering & Material Science*, 11-18.
- Purwaningrum, Y., dan Fatchan. D. 2009. Pengarh Arus Listrik terhadap Karakteristik Fisik-Mekanik Sambungan Las Titik Logam Dissimilar Al-Steel. Jurnal Tekknik Mesin, 15 (1): 16-22.

Waluyo, J. 2012. Pengaruh Tebal Plat Baja Karbon Rendah Lama Penekanan dan Tegangan Listrik pada Pengelasan Titik terhadap Sifat Fisis dan Mekanis. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III*, ISSN: 1979-911X.

Waluyo, J. 2012. Pengaruh Tebal Plat Aluminium dan Lama Penekanan pada Pengelasan Titik terhadap Sifat Fisis Mekanis dan Efisiensi Panas. *Jurnal Teknik Mesin Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta*, 1 (6): 56-64.