

PENGARUH KUAT ARUS PENGELASAN TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KEKERASAN DAN KAPASITAS BEBAN TARIK GESER SAMBUNGAN SPOT TIG WELDING DISSIMILAR METAL STAINLESS STEEL 430 DAN BAJA KARBON RENDAH

Fiky Mahmudi^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

fhikydy@gmail.com, nugrohoaris@gmail.com, nurrahman_umy@yahoo.co.id

Abstrak

Pengelasan titik adalah proses penyambungan yang banyak digunakan dalam berbagai industri, *Spot TIG* merupakan las titik yang mulai dilirik dan memiliki potensi dalam penggunaannya seperti *resistance spot welding*. Kurangnya penelitian terkait pengelasan ini membuat metode jenis ini diragukan dari sisi kemampuan sambungannya. Penelitian ini bertujuan untuk mencari tahu kemampuan sambungan las menggunakan metode *spot TIG welding dissimilar metal* dengan memvariasikan kuat arus. Penelitian ini menggunakan variasi kuat arus antara 70 A, 80 A, 90 A, dan 100 A dengan waktu pengelasan yang sama yaitu selama 4 detik. Bahan menggunakan *stainless steel 430* dan baja karbon rendah dengan mengikuti standart AWS D8.9-97, sambungan las menggunakan jenis *lap joint* dengan baja karbon pada sisi bagian atas. Penelitian ini menggunakan pengujian struktur mikro, kekerasan dan uji tarik untuk melihat bagaimana hasil sambungan pada sifat mekanik dan fisik. Berdasarkan hasil penelitian, pengaruh kenaikan kuat arus pada daerah *weldmetal* mengakibatkan semakin bertambahnya ferrit dan martensit. Pada uji kekerasan pada daerah *weldmetal* memiliki nilai yang sangat tinggi dimana nilai kekerasan pada variasi 70 A; 80 A; 90 A; 100 A yaitu sebesar 324 HV; 370 HV; 336 HV; 318 HV pada sisi SS430 dan 325 HV; 329 HV; 300 HV; 339 HV pada sisi baja karbon rendah, sedangkan hasil uji tarik menunjukkan kenaikan kuat arus membuat kemampuan sambungan menerima pembebanan meningkat dimana hasil terbaik adalah pada variasi 100 A dengan nilai maksimum bebannya adalah sebesar 4317,44 N.

Kata Kunci: Pengelasan *spot TIG*, *Stainless steel 430*, Baja karbon rendah, Struktur mikro, Kekerasan, Kapasitas beban tarik geser.

Abstract

Spot welding is a process to connecting, that is widely used in various industries, Spot TIG is a spot welding that starts to glance and has potential in its use such as resistance point welding. This lack of research related to welding makes the type method questionable in terms of its compatibility capabilities. This study aims to find out the ability to connect welds using dissimilar metal on spot TIG welding by varying welding currents. In this study, welding was done varying current between 70 A, 80 A, 90 A, and 100 A, the holding time constant 4 second. The material uses stainless steel 430 and low carbon steel following the AWS D8.9-97. The weld joint uses a type lap joint with carbon steel on the upper side. This reserch uses microstructure, hardness and tensile tests to see result welded on mechanical and physical. Based on the research that has been done, the effect of increasing welding current on the weldmetal region resulted in increasing ferrite and martensite. The hardness test in the weldmetal area has a very high value where the value of hardness in variation is 70 A; 80 A; 90 A; 100 A which is equal to 324 HV; 370 HV; 336 HV; 318 HV on the sides SS430 and 325 HV; 329 HV; 300 HV; 339 HV on the side of low carbon steel, while the results of the tensile test indicate that the increase in welding current makes to increase tensile load bearing capacity where the best result is in the variation of 100 A with the maximum value of the load is 4317.44 N.

Keyword: *Spot TIG welding, Stainless Steel 430, low carbon steel, microstructure, hardness, tensile load bearing capacity*

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. Pengelasan pada material tidak sejenis tergolong lebih sulit dari pada pengelasan material sejenis karena perbedaan pada sifat material dan sifat termalnya yang akan mempengaruhi kualitas hasil lasan (Qiu, 2009). *Spot TIG welding* merupakan pengelasan yang diadaptasi dari resistance spot welding dimana proses atau cara pengelasannya yang hampir mirip. Selain itu pada metode pengelasan ini memungkinkan lembaran dua material untuk dilas bersamaan dari satu sisi material saja, dimana untuk di *resistance spot welding* biasanya membutuhkan dua elektroda atau di kedua sisi permukaan material.

Penelitian pada sambungan material tidak sejenis antara baja SS400 dengan paduan Aluminium 5083 pengelasan *spot TIG* dengan memvariasikan kuat arus dan gas pelindung untuk mencari tahu pengaruhnya terhadap sifat fisik dan mekanik. Kuat arus yang digunakan sebesar 70 A, 80 A, 90 A, dan 100 A, dan gas pelindung yang digunakan adalah gas argon, gas campuran antara argon 95% dengan CO₂ 5% dan gas campuran antara argon 95% – CO₂ 10% sedangkan waktu pengelasannya konstan selama 6 detik. Hasil menunjukkan bahwa kenaikan kuat arus dan kandungan CO₂ pada gas pelindung akan menyebabkan kenaikan pada (TLBC) *tensile shear load bearing capacity*, dimana nilai *peak load* (beban tertinggi) pada penggunaan gas pelindung argon untuk variasi kuat arus 70 A : 80 A ; 90 A ; dan 100 A adalah $\pm 86,7$ N ; $\pm 222,59$ N, ; $\pm 344,88$ N dan ; $\pm 512,88$ N. Selanjutnya Pada gas pelindung campuran (95% argon dengan 5% CO₂) didapatkan nilai untuk kuat arus 70 A ; 80 A ; 90 A ; dan 100 A adalah sebesar $\pm 123,42$ N ; $\pm 256,9$ N ; $\pm 396,34$ N dan $\pm 553,42$ N. Sedangkan pada gas pelindung campuran (95% argon dengan 10% CO₂) memiliki nilai yang lebih besar, untuk kuat arus 70 A dengan nilai sebesar $\pm 158,01$ N, 80 A sebesar $\pm 323,60$ N, 90 A sebesar $\pm 475,30$ N dan 100 A sebesar $\pm 608,22$ N. Hasil dari uji kekerasan menunjukkan bahwa pada semua variasi jenis gas pelindung menunjukkan bahwa kekerasan pada daerah HAZ dan *weldmetal* cenderung menurun seiring dengan peningkatan kuat arus las dan penggunaan jenis gas argon memiliki nilai kekerasan terbaik. Pada hasil uji mikro didapati bahwa kenaikan kuat arus dan kandungan CO₂ akan mengakibatkan sambungan las pada *weldmetal* didominasi oleh struktur *grain boundary ferrite* (GF) dan *ferrite side plate* (FSP) dan *acicular ferrite* (AF) akan semakin sedikit ini hasil dari penelitian yang telah dikerjakan oleh Aji (2015)

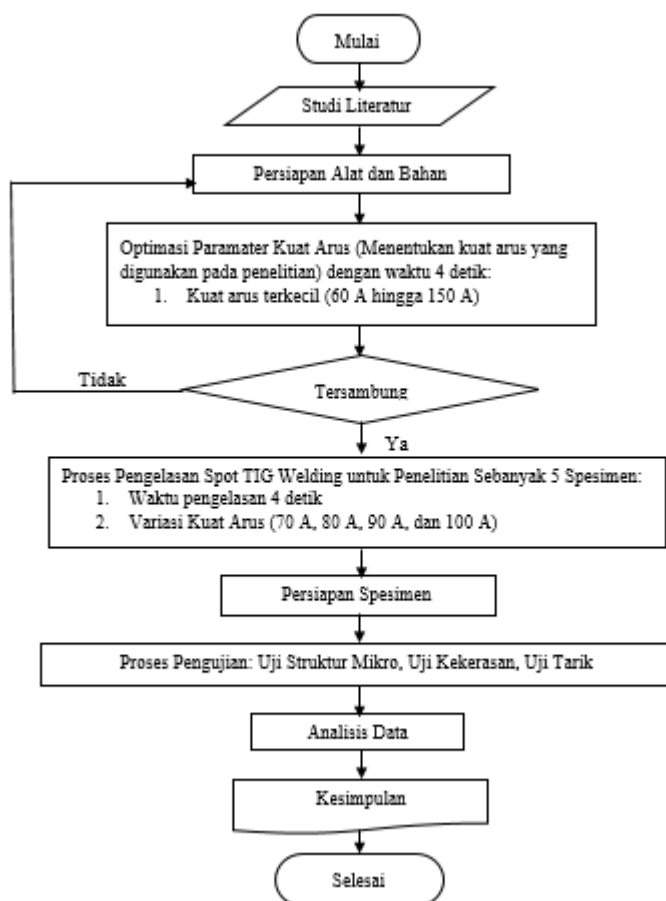
Penelitian pada sambungan material tidak sejenis antara baja SS400 dengan paduan Aluminium 5083 dengan metode *spot TIG welding* dengan memvariasikan kuat arus dan waktu pengelasan dan mengamati pengaruhnya terhadap sifat fisik dan mekaniknya. Kuat arus yang digunakan dalam proses penyambungan adalah 70 A, 80 A, 90 A, dan 100 A dengan variasi waktu 6, 7 dan 8 detik. Hasil pengelasan menunjukkan bahwa pada dengan meningkatnya kuat arus dan waktu pengelasan akan menimbulkan *voids* (porositas) pada pusat las dan untuk kuat arus 100 A dari segi ini merupakan hasil terbaik karena pusat panas merata dan struktur yang terbentuk adalah bainite (Fe₃C) didalam matriks ferrite. Untuk kekuatan tarik geser nilai rata-rata dari *tensile load bearing capacity* tertinggi sebesar 869,16 N pada pengelasan dengan kuat arus 100 A dan pada uji kekerasan menunjukkan bahwa semakin meningkatnya kuat arus maka kekerasan akan menurun dimana kekerasan tertinggi didapatkan dengan variasi kuat arus 70 A dengan waktu 6 detik dengan nilai sebesar $\pm 241,30$ HV pada *weldmetal* baja SS400, sedangkan pada permukaan *weld metal* aluminium 5083 sebesar $\pm 83,52$ HV merupakan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Faozi (2015).

Penelitian tentang optimasi dan prediksi parameter pengelasan titik dengan mesin TIG pada plat *Stainless Steel* AISI 304L, material yang digunakan memiliki tebal 0,6 mm, 0,8 mm, dan 1 mm. Kuat arus yang digunakan sebesar 125 A untuk ketebalan plat sebesar 0,8 mm dan 1 mm, 150 A digunakan untuk plat dengan tebal 0,6 mm dan 0,8 mm sedangkan kuat arus 175 A digunakan untuk plat dengan ketebalan 1 mm. Gas pelindung menggunakan jenis argon dengan kecepatan 6L/min dan tungsten elektroda menggunakan tipe EWth2 yang berdiameter 3,25 mm. Hasil terukur menunjukkan bahwa peningkatan

kuat arus mengakibatkan kenaikan kekuatan Tarik gesernya, dimana kekuatan tarik geser tertinggi terdapat pada variasi 175 A dengan nilai *tensile shear load bearing capacity* sebesar 13200 N, disebabkan ukuran diameter *nugget* yang sangat besar dibandingkan variasi pengelasan yang lain yaitu sebesar 11,6 mm ini merupakan hasil yang diteliti oleh Abbas, dkk (2016).

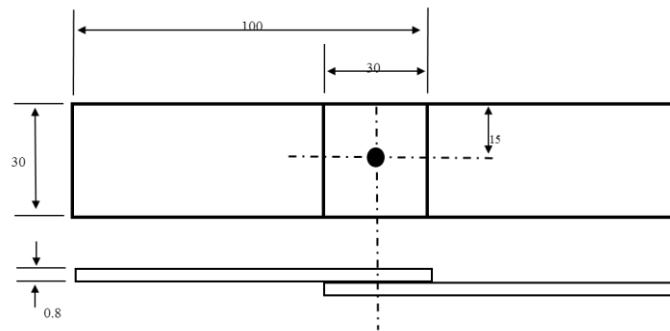
Dari beberapa penelitian tentang sambungan pengelasan *spot* yang telah dilakukan, penelitian dengan metode *spot TIG welding* material baja karbon rendah dengan aluminium masih jarang dilakukan, pada penelitian sebelumnya banyak yang menggunakan metode *resistance spot welding* dimana metode ini sudah banyak diterapkan pada beberapa industri. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang sifat fisis dan struktur mikro pada sambungan baja karbon rendah dengan aluminium 1100 dengan metode *spot TIG 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 karbon rendah dimana ketebalan masing-masing 0,8 mm dengan baja karbon rendah pada sisi bagian atas. Penelitian menggunakan kuat arus antara 70 A, 80A, 90 A dan 100 A dimana parameter yang lain konstan seperti lama waktu pengelasan 4 detik dan gas laju aliran gas sebesar 10 L/menit pada setiap variasi. Skema spesimen dengan ukuran dimensi dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 2. Skema spesimen uji dengan dimensi ukuran

2.1 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik material dengan melihat hasil sambungan dari sisi struktur yang terbentuk, dan melihat pengaruh distribusi panas pada perubahan struktur pada spesimen yang digunakan. Proses pengetsaan dibagi menjadi 2 tahap dimana cairan yang digunakan untuk mengetsa material *stainless steel* 430 berupa campuran bahan kimia dari Alkohol 50 ml, HCl 50 ml, HNO₃ 2,5 ml dan FeCl₃ sebanyak 3 gram, sedangkan untuk baja karbon menggunakan cairan HNO₃. Pengujian struktur mikro ini mengacu pada standart ASTM E 407-07.

2.2 Pengujian Kekerasan

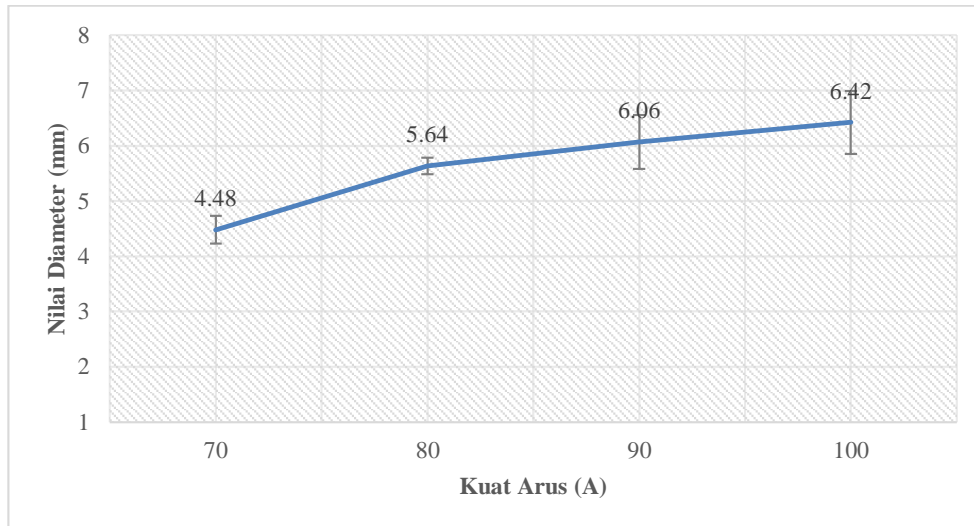
Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai distribusi kekerasan pada daerah HAZ dan *weld metal* hasil sambungan las. Pengujian kekerasan pada sambungan *spot TIG dissimilar metal* menggunakan metode mikro vickers dengan penekanan 200 gf dengan waktu penekanan 5 detik. Pengujian ini dilakukan pada daerah *weldmetal*, HAZ dan logam induk yang masing-masing satu titik 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 kuat arus terbaik dalam menerima beban tarik.

3. Hasil dan Pembahasan

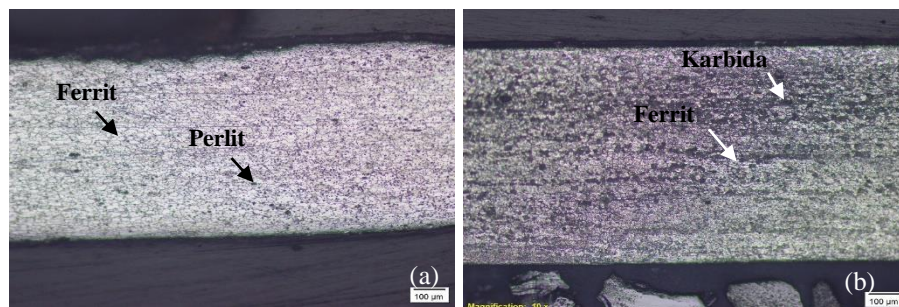
Hasil pengelasan menunjukkan bahwa diameter *nugget* yang dihasilkan berbeda pada setiap variasi waktu yang digunakan. Pada gambar dibawah terlihat bahwa kenaikan kuat arus pengelasan mengakibatkan kenaikan pada diameter *nugget*, Luasan *nugget* dipengaruhi oleh *heat input* dan kuat arus pengelasan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai *heat input*. Aji (2015) menyatakan bahwa peningkatan kuat arus akan menghasilkan *heat input* yang besar, sehingga daerah *weldmetal* akan meleleh semakin banyak dan menghasilkan ukuran *nugget* yang semakin besar.



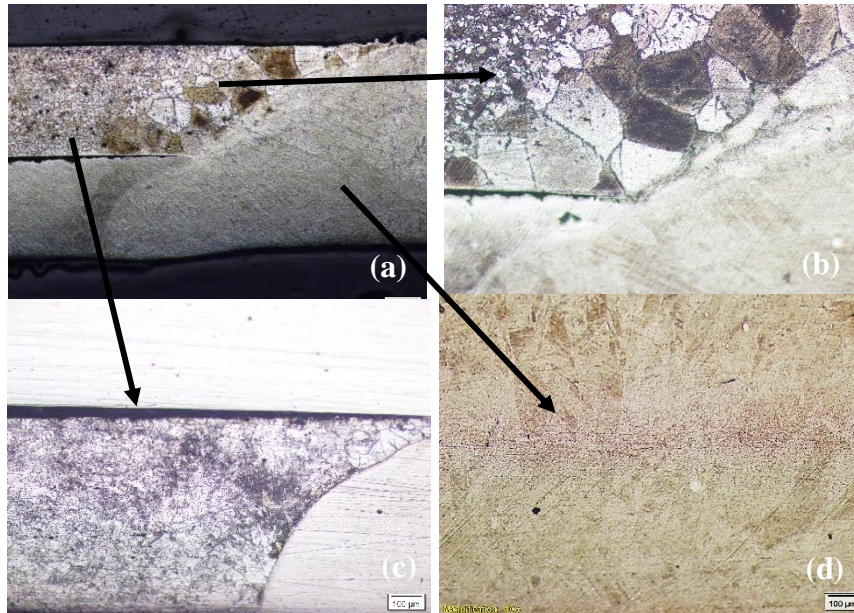
Gambar 3 Grafik perbandingan ukuran diameter *nugget* tiap variasi kuat arus

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 karbon rendah 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 5 Foto struktur mikro logam induk (a) Baja karbon rendah (b) *Stainless steel 430*



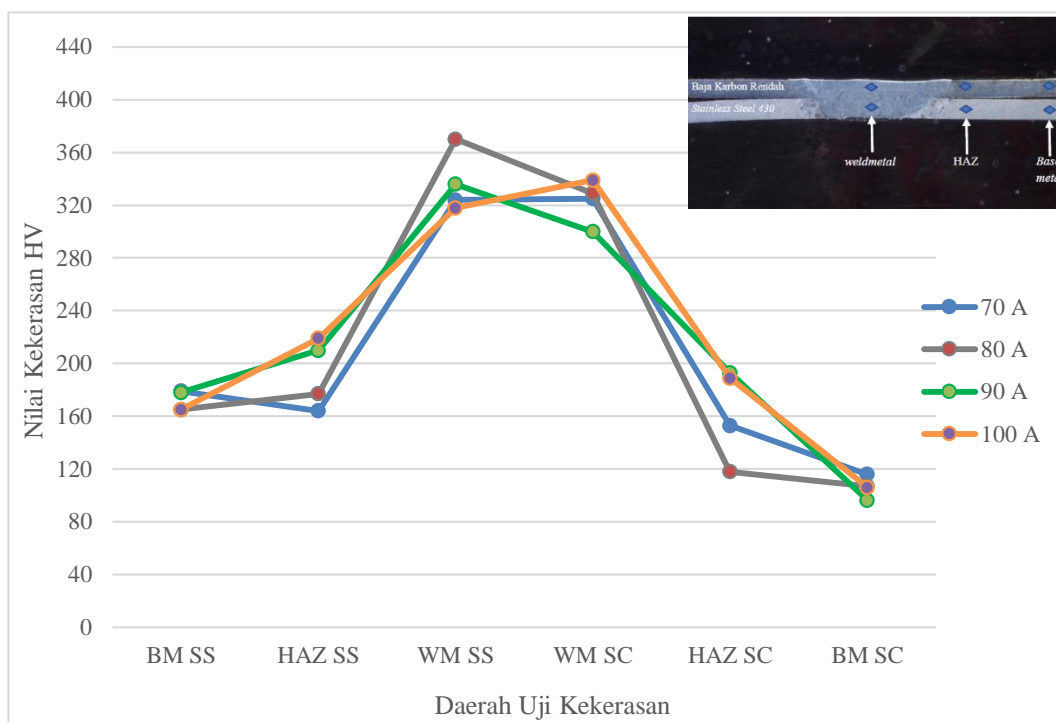
Gambar 6 Struktur mikro (a) perbesar 50x, (b) daerah HAZ *stainless steel* 430, (c) daerah baja karbon rendah dan (d) daerah *weldmetal*.

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 karbon rendah, 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

Tujuan dari pengujian ini sendiri adalah untuk mengetahui nilai kekerasan hasil sambungan las. Titik penekanan pada pengujian terletak pada daerah *weldmetal*, *heat affected zone* dan *base metal* atau logam induk.



Gambar 7 Grafik nilai kekerasan sambungan las spot TIG

Tabel 3.1 Nilai kekerasan pada setiap variasi kuat arus pengelasan

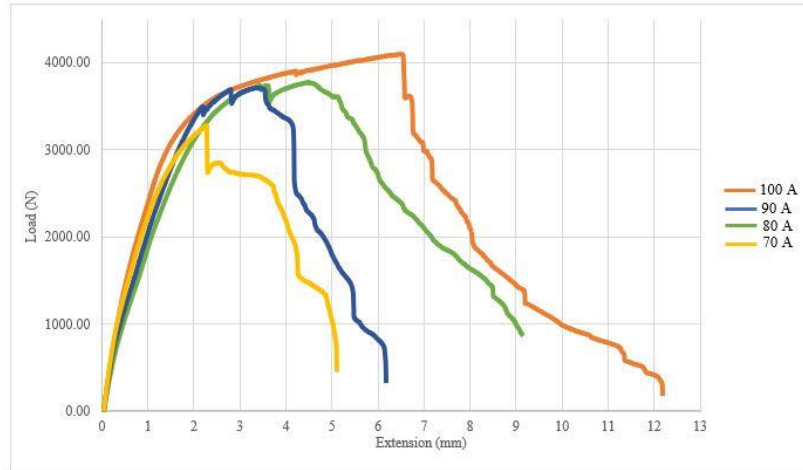
Variasi	Nilai Kekerasan (HV)					
	Stainless Steel 430			Baja Karbon Rendah		
	Basemetal	HAZ	Weldmetal	Basemetal	HAZ	Weldmetal
70 A	179	164	324	116	153	325
80 A	165	177	370	107	118	329
90 A	178	210	336	96,3	193	300
100 A	165	219	318	106	189	339

Pada Gambar 7 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 kuat arus pengelasan tidak terlalu ada perubahan signifiakn pada nilai kekerasannya.

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

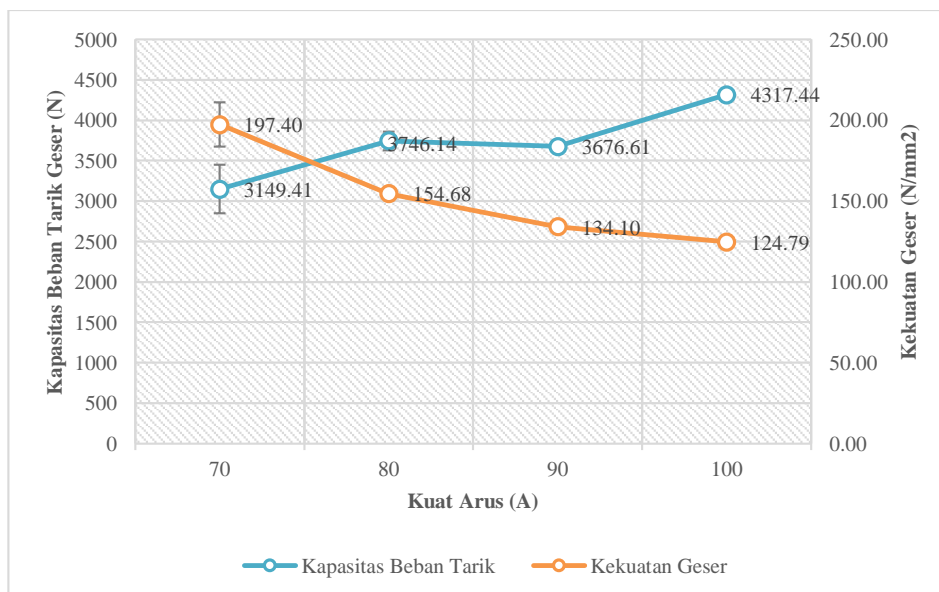
3.3 Pengujian Tarik

Pengujian tarik ini dilakukan untuk mengetahui kapasitas beban tarik geser hasil sambungan pengelasan *spot TIG stainless steel 430* dan baja karbon rendah. Pengujian ini dilakukan pada tiap variasi kuat arus untuk mencari variasi terbaik dalam menerima pembebanan maksimal.



Gambar 8. Grafik hasil pengujian tarik setiap variasi kuat arus

Pada data hasil uji tarik menunjukkan bahwa kenaikan kuat arus mempengaruhi kenaikan nilai *tensile shear load bearing capacity* atau kapasitas beban tarik geser dimana hasil terbaik didapatkan pada variasi kuat arus 100 A dengan nilai pembebanan sebesar 4317,44 N. Hasil pada penelitian Faozi (2015) tentang pengaruh kuat arus dan *holding time* pengelasan *spot TIG dissimilar metal* 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. Terdapat penurunan pada variasi kuat arus 90 A mungkin dikarenakan gaya penekanan pada saat proses pengelasan berlangsung tidak rata ataupun membuat sudut penembakan yang tidak tegak lurus dikarenakan penembakan busur api dengan *spotgun* dilakukan secara manual dan tenaga operator (*human error*).



Gambar 9. Grafik hubungan kapasitas beban tarik dan kekuatan geser terhadap kuat arus

Pengaruh kenaikan kuat arus pada semua variasi akan menyebabkan penurunan kekuatan tarik geser, dimana jika dilihat pada kekuatan tarik geser hasil terbaik terdapat pada variasi 70 A dengan nilai 190,37 N/mm². Menurut Amin (2017) mengatakan bahwa penurunan ini dapat disebabkan karena apabila panas melebihi titik lebur dari material maka hasil pengelasan akan rusak selain itu apabila kuat arus pengelasan tinggi akan mengakibatkan terbentuknya fasa bainit ataupun martensit yang memiliki kekerasan yang tinggi, akibat kekerasan yang tinggi ini mengakibatkan kekuatan tarik geser berkurang.

Mode kegagalan pada hasil pengujian tarik pada semua variasi kuat arus pengelasan adalah jenis kegagalan *pullout*. Menurut Chen dkk, (2018) biasanya kegagalan pada sambungan lasan dengan mode pull out memiliki kapasitas kemampuan pembebanan dan penyerapan energi yang lebih baik.



Gambar 10. Bentuk kegagalan pada variasi kuat arus 100 A

4. Kesimpulan

Penelitian tentang pengaruh kuat arus pengelasan terhadap karakteristik material dengan menggunakan material tidak sejenis antara *stainless steel 430* dengan baja karbon rendah dengan menggunakan metode *spot TIG 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 kuat arus mempengaruhi kenaikan nilai *tensile shear load bearing capacity* atau kapasitas beban tarik geser dimana hasil terbaik didapatkan pada variasi kuat arus 100 A dengan nilai pembebanan sebesar 4317,44 N.

Daftar Pustaka

Journal :

- Abbass, MK., dkk. (2016). Optimization and Prediction of Spot TIG Welding Parameters of Stainless Steel Sheets (AISI 304L). *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 1.
- Aji, WC. (2015). *Pengaruh Arus Listrik dan Jenis Gas Pelindung terhadap Sifat Fisik Mekanik Sambungan Spot TIG Welding Logam Tak Sejenis Antara Baja dan Paduan Aluminium*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

- 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.
- Chen, F., dkk. (2018). effect of weld nugget size on failure mode and mechanical properties of microscale resistance spot welds on Ti-1Al-1Mn ultrathin. *Advances in Mechanical Engineering*, 1.
- 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.
- Firmansyah, W., dkk. (2016). Pengaruh Variasi Waktu Penekanan Pengelasan Titik terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan, dan Struktur Mikro pada Sambungan Dissimilar Metal Baja Tahan Karat AISI 304 dan Baja Karbon Rendah ST41. *Jurnal Teknik Mesin*, 1.
- Qiu, R., dkk. (2008). Effect of Interfacial Reaction Layer Continuity on The Tensile Strenght of Resistance Spot Welded Joint between Aluminium Alloy and Steel. *Material and Design*, 1.
- 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.