

# Program Studi Teknik Mesin

## Lembar Persetujuan Naskah Publikasi dan Abstrak Tugas Akhir (TA)

Judul TA: Pengaruh Variasi arus Listrik Terhadap Kekuatan Geser, Kekerasan dan Struktur Mikro Sambungan Spot TIG Welding Material Tak Sejenis Baja Karbon dan Aluminium

Judul Naskah Publikasi: Pengaruh Variasi arus Listrik Terhadap Kekuatan Geser, Kekerasan dan Struktur Mikro Sambungan Spot TIG Welding Material Tak Sejenis Baja Karbon dan Aluminium

Nama Mahasiswa: Dika Saputra

NIM: 20140130223

Pembimbing 1: Ir. Aris Widiyo Nugroho, M.T., Ph.D.

Pembimbing 2: Muh. Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng.

Hal yang dimintakan persetujuan \*:

<input type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Indonesia	<input type="checkbox"/> Naskah Publikasi	<input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> .....
<input type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Inggris	<input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> .....	<input type="checkbox"/> .....

\*beri tanda  $\surd$  di kotak yang sesuai

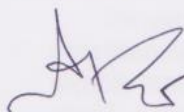


Dika Saputra

Tanggal 7 Februari 2019

## Persetujuan Dosen Pembimbing dan Program Studi

Disetujui



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

Tanggal 7 Februari 2019



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

Tanggal 11 Februari 2019

## PENGARUH VARIASI ARUS LISTRIK TERHADAP KEKUATAN GESER, KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO SAMBUNGAN *SPOT TIG WELDING* MATERIAL TAK SEJENIS BAJA KARBON RENDAH DAN ALUMINIUM

Dika Saputra<sup>a</sup>, Aris Widyo Nugroho<sup>b</sup>, Muh. Budi Nur Rahman<sup>c</sup>

<sup>a,b,c</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183  
<sup>a</sup>[dikasaputra1512@gmail.com](mailto:dikasaputra1512@gmail.com), <sup>b</sup>[nugrohoaris@gmail.com](mailto:nugrohoaris@gmail.com), <sup>c</sup>[nurrahman\\_ummy@yahoo.co.id](mailto:nurrahman_ummy@yahoo.co.id)

---

### Intisari

Proses penyambungan logam tak sejenis telah banyak dilakukan salah satunya dengan metode pengelasan titik jenis *resistance*. Namun pengelasan titik jenis ini memerlukan penekanan pengelasan pada dua sisi material yang akan disambung. Sebagai alternatif untuk menutupi kekurangan ini penyambungan material bisa dilakukan dengan pengelasan titik jenis *spot TIG*. Pengelasan *spot TIG* ini merupakan metode baru dari pengembangan mesin las TIG sehingga bisa digunakan untuk melakukan pengelasan titik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi arus pengelasan terhadap struktur mikro, kekerasan, dan kekuatan tarik pada sambungan hasil pengelasan beda material dengan metode *spot TIG*.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah plat baja karbon rendah dan aluminium 1100 dengan ketebalan masing-masing plat 0,8 mm. Tiap bahan plat dipotong dengan ukuran panjang 10 cm dan lebar 3 cm yang kemudian disambung secara tumpang dengan posisi material baja karbon rendah dibagian atas. Proses pengelasan menggunakan waktu penekanan 5 derik. Parameter arus pengelasan yang digunakan pada penelitian ini yaitu 100 A, 110 A, 120 A dan 130 A. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian metalografi, pengujian kekerasan dan pengujian tarik.

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, pada *weld metal* baja karbon rendah terjadi perubahan struktur menjadi lebih kasar dan pada *weld metal* aluminium menunjukkan terbentuknya struktur *columnar dendritic* dan *equiaxed dendritic*. Nilai kekerasan tertinggi daerah sambungan las terdapat pada variasi arus 120 A sebesar  $\pm 208$  HV yaitu pada bagian *weld metal* baja karbon rendah. Sedangkan nilai rata-rata kekuatan geser tertinggi terdapat pada variasi arus pengelasan 100 A sebesar 37,65 N/mm<sup>2</sup>.

**Kata Kunci:** Pengelasan *spot TIG*, Baja karbon rendah, Aluminium, Struktur mikro, Kekerasan, Kekuatan geser.

---

### 1. Pendahuluan

Penyambungan material dengan menggunakan metode las titik telah banyak dilakukan penelitiannya, terutama penyambungan las titik jenis *resistance*, baik itu penyambungan sejenis ataupun penyambungan tak sejenis. Ada berbagai variasi parameter yang telah diteliti sebelumnya, ada yang meneliti dengan mevariasikan material lasan, waktu penekanan, arus pengelasan, dan sebagainya. Namun, metode las titik jenis *resistance* ini masih memiliki kekurangan diantaranya memerlukan penekanan pengelasan harus pada dua sisi material yang akan disambung. Pengelasan *spot TIG* merupakan salah satu solusi untuk mengatasi kekurangan tersebut dimana pengelasan *spot TIG* ini merupakan metode baru dari pengembangan mesin las TIG sehingga bisa digunakan untuk melakukan pengelasan titik. Pengelasan ini dilakukan dengan menembakan panas dari *spot gun* pada salah satu sisi material yang akan disambung. Penyambungan terjadi ketika panas yang dialirkan dari *spot gun* mencairkan material yang berada di atas kemudian panas tersebut menyebabkan material yang bawah ikut mencair dan karena ada tekanan, material ini bisa tersambung.

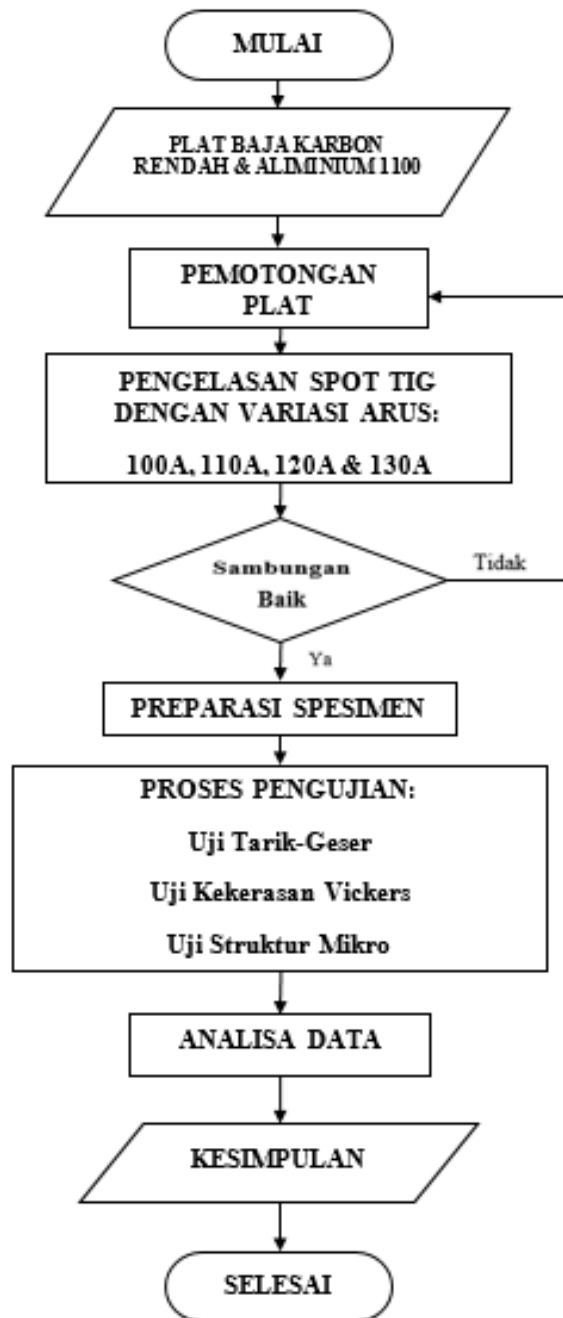
Penelitian sambungan las dengan metode *spot welding* pada material tak sejenis telah dilakukan oleh Amin (2017). Penelitian ini juga dilakukan untuk mengetahui sifat fisis dan mekanik dari sambungan las yang dihasilkan. Perpaduan material yang digunakan adalah *stainless steel* dengan tebal 1,2 mm dan baja karbon rendah dengan tebal 0,9 mm. Variasi parameter arus yang digunakan adalah 60 A, 70, dan 80 A serta waktu pengelasan yang digunakan selama 4 detik. Hasil penelitian menunjukkan hasil kekuatan tarik yang tertinggi terdapat pada variasi arus 70 A yaitu sebesar 190,920  $kN/mm^2$ .

Penelitian dengan metode spot TIG welding telah dilakukan oleh Abbass dkk (2016) yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh parameter arus, waktu pengelasan dan tebal plat terhadap gaya geser maksimum dan diameter nugget. Bahan yang diteliti adalah baja AISI 304L dengan variasi ketebalan 0.6 mm, 0.8 mm, dan 1 mm, sedangkan variasi waktu yang digunakan yaitu 2 detik, 4 detik dan 6 detik. Variasi arus yang dipakai pada penelitian ini adalah 125, 150 dan 175 Ampere. Metode pengujian yang dipakai adalah metode taguchi dengan array orthogonal L27 dan hasil menunjukkan bahwa gaya geser maksimal akan meningkat seiring meningkatnya arus dan waktu penekanan, kemudian akan turun lagi pada arus yang lebih tinggi dan waktu yang lebih lama. Nilai gaya geser terbesar yang diperoleh yaitu 14000 N pada variasi ketebalan 1 mm serta arus 175 A dan waktu penekanan 6 detik.

Selain itu Faozi (2015), meneliti tentang pengaruh variasi parameter arus listrik dan waktu pengelasan terhadap sifat fisik dan mekanik sambungan las *spot TIG* material tak sejenis baja SS400 dan paduan aluminium AA5083 dengan tebal masing-masing 1,2 mm dan 2,5 mm. Variasi arus pengelasan yang digunakan adalah 70A, 80A, 90A, 100A, dan variasi waktu penekanannya 6 detik, 7 detik, 8 detik. Setelah dilakukan pengujian hasil lasan, didapat beban tarik geser tertinggi sebesar 869,19 N yaitu pada pengelasan dengan parameter arus 100 A, dan waktu penekanan 8 detik. Nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada variasi arus 70 A dan waktu pengelasan 6 detik yaitu sebesar  $\pm 241,30$  HV pada daerah *weld metal* baja SS400. Sedangkan struktur mikro menunjukkan pembesaran ukuran butir pada daerah HAZ baja SS400 dan aluminium AA5083 seiring dengan meningkatnya arus dan waktu pengelasan.

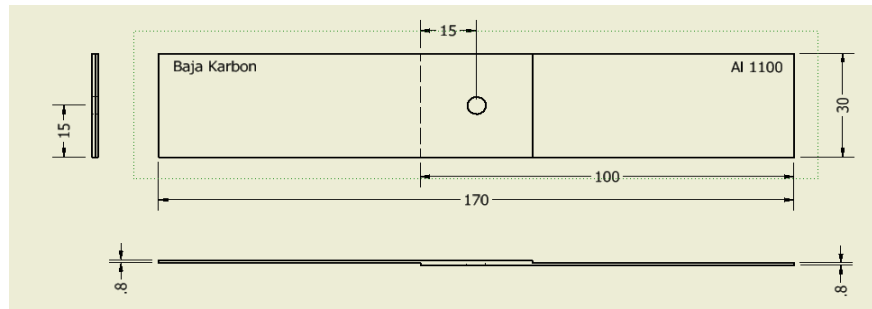
Dari beberapa penelitian tentang sambungan pengelasan *spot* yang telah dilakukan, penelitian dengan metode *spot TIG welding* masih jarang dilakukan, pada penelitian sebelumnya banyak yang menggunakan metode *resistance spot welding* dimana metode ini sudah banyak diterapkan pada beberapa industri, beda halnya dengan metode *spot TIG welding* ini. 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

Parameter pada penelitian ini menggunakan variasi arus pengelasan 100 A, 110 A, 120 A dan 130 A dengan waktu pengelasan 5 detik dan laju aliran gas pelindung 7 kg/detik. Pengelasan dilakukan dengan menggunakan mesin las TIG *Tetrix 351* dengan mengganti *nozzle spot gun* sehingga bisa digunakan untuk melakukan pengelasan titik. Pengelasan ini dilakukan dengan meletakkan material baja karbon rendah di bagian atas. Adapun ukuran spesimen pengujian dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.



**Gambar 2** Ukuran spesimen uji

Setelah proses pengelasan spesimen selesai dilakukan, kemudian spesimen dilakukan reparasi untuk pengujian sambungan yang dihasilkan. Salah satu reparasi yang dilakukan adalah dengan membelah spesimen dengan menggunakan gergaji dan dilakukan *mounting* dengan menggunakan resin. Spesimen ini akan digunakan untuk pengujian kekerasan dan struktur mikro. Untuk pengujian tarik spesimen dapat langsung dilakukan pengujian. Pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium Pengukuran, Mikroskop Makro dan Mikro Teknik Mesin UMY. Pengujian kekuatan tarik dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta, dan pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin Akademi Teknik Warga (ATW) Surakarta.

### 2.1 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro termasuk dalam pengamatan metalografi spesimen tiap variasi hasil sambungan las, dimana pengamatan dilakukan pada tiga daerah yaitu daerah logam induk (*base metal*), HAZ (*heat affected zone*), dan bagian logam las (*weld metal*). Langkah yang dilakukan sebelum pengamatan dilakukan adalah dengan memotong spesimen secara melintang ditengah hasil lasan kemudian diampas, dipoles, lalu dietsa. Etsa yang digunakan untuk pengamatan ini ada dua jenis, yaitu cairan  $HNO_3$  untuk baja karbon rendah dan larutan  $HNO_3$ ,  $HF$ , dan air untuk aluminium. Setelah pengestaaan spesimen kemudian dilakukan pengujian struktur mikro menggunakan mesin merek Olympus U-MSSP4 milik laboratorium Teknik Mesin UMY.

### 2.2 Pengujian Kekerasan

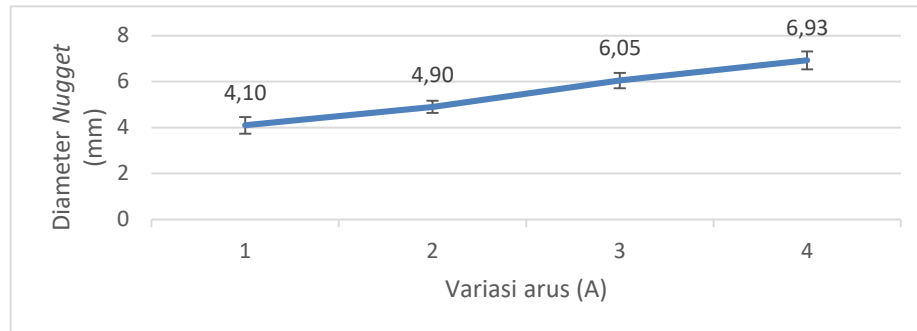
Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai distribusi kekerasan pada logam induk, HAZ dan *weld metal* hasil sambungan las. Pengujian kekerasan ini menggunakan spesimen yang sama dengan spesimen yang digunakan pada pengujian struktur mikro. Spesimen dilakukan penghalusan ulang untuk mendapatkan permukaan yang halus dan rata menggunakan ampas halus. Setelah diampas, kemudian dilakukan pengujian kekerasan menggunakan mesin merek TIME dengan seri HVS-1000Z yang berada di laboratorium Metalurgi Teknik Mesin Akademi Teknik Warga (ATW) Surakarta.

### 2.3 Pengujian Tarik

Pengujian tarik ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan geser pada sambungan hasil pengelasan *spot TIG*. Spesimen uji tarik ini diuji dengan menggunakan mesin bermerek HUNG TA HT-9501 yang berada pada Lab Pengujian Bahan Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta. Dari pengujian Tarik ini akan didapat kurva tegangan regangan atau bisa kurva beban perpanjangan yang menunjukkan nilai beban maksimal hasil sambungan las *spot TIG* ini. Nilai ini kemudian digunakan untuk menghitung nilai kekuatan geser maksimal sambungan dengan menggunakan rumus  $T = \frac{P}{A}$  dimana T adalah kekuatan geser, P adalah gaya geser/beban dan A adalah luas penampang.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengelasan menunjukkan bahwa diameter *nugget* yang dihasilkan berbeda pada setiap arus listrik yang digunakan. Ukuran diameter *nugget* yang dihasilkan semakin besar dengan meningkatnya *heat input* (masukan panas) yang diberikan, dimana peningkatan ini berbanding lurus dengan bertambahnya variasi arus yang digunakan.

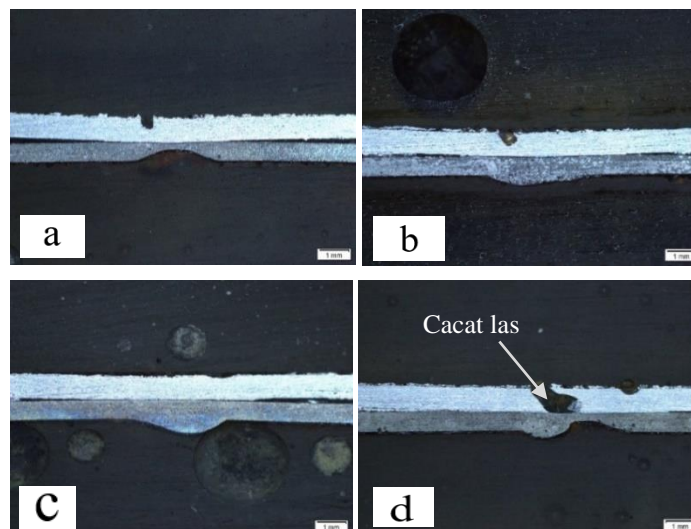


Gambar 3 Grafik perbandingan ukuran diameter nugget specimen uji

#### 3.1 Hasil Pengujian Struktur Makro dan Mikro

- Hasil foto makro

Hasil pengamatan struktur makro menunjukan adanya perbedaan bentuk dari *nugget* bagian baja yang dihasilkan untuk masing-masing specimen, ada yang menonjol dan ada yang berbentuk cekungan. Hal ini dikarenakan *nugget* yang terbentuk saat pengelasan memiliki permukaan yang bergelombang, dan bagian *nugget* yang terpotong saat reparasi juga tidak sama. Sedangkan adanya cekungan pada *nugget* bagian aluminium dikarenakan terjadinya cacat las akibat penembusan panas yang terlalu dalam.

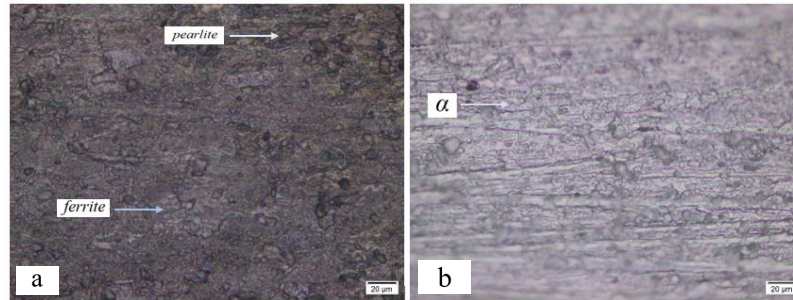


Gambar 4 Struktur makro specimen uji pada tiap variasi arus pengelasan

(a) 100 A, (b) 110 A, (c) 120 A dan (d) 130 A

- Hasil foto pengujian struktur mikro

Hasil pengamatan menunjukan bahwa struktur mikro pada logam induk baja karbon rendah terdiri dari *ferrit* (berwarna terang) dan *pearlite* (berwarna gelap) Struktur mikro pada logam induk aluminium 1100 berupa butiran memajang ke arah samping akibat proses *manufacturing* yang dilakukan. Secara umum strukturnya berwarna terang yang menunjukkan fasa  $\alpha$  aluminium.



**Gambar 5** Foto struktur mikro logam induk (a) Baja karbon rendah (b) Aluminium 1100

Sedangkan hasil pengamatan struktur mikro daerah HAZ baja karbon rendah menunjukkan perubahan ukuran butiran *ferrite* dan *pearlite* menjadi lebih kasar dibandingkan pada butiran logam induk. HAZ sendiri adalah bagian dari logam induk yang mengalami perubahan struktur akibat panas pengelasan tetapi tidak sampai mengalami peleburan. Pada variasi arus 130 A, pada daerah HAZ ini memiliki ukuran butiran yang lebih besar dibanding dengan variasi 100 A, 110 A, dan 120 A. Perbedaan ini terjadi karena semakin besar penggunaan arus listrik saat pengelasan, masukan panas yang terjadi akan bertambah besar dan logam yang dekat dengan pusat pengelasan terkena masukan panas yang tinggi selama proses pengelasan kemudian mengalami laju pendinginan yang lebih lambat. Adapun struktur mikro dari daerah HAZ aluminium 1100 menunjukkan terjadi pertumbuhan butir menjadi berbentuk *polygonal* dan juga butiran ini mengalami pengasaran selama proses pengelasan. Struktur mikro daerah HAZ dari baja karbon rendah dan aluminium 1100 pada masing masing variasi arus pengelasan dapat dilihat pada Gambar 5.

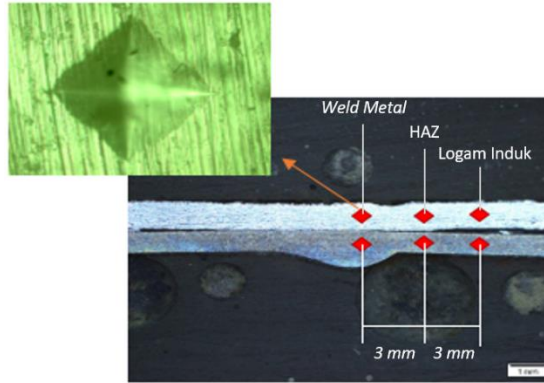
Untuk struktur mikro pada daerah lasan atau *weld metal* baja karbon rendah menunjukkan terbentuknya struktur yang lebih kasar jika dibandingkan dengan struktur pada daerah HAZ dan logam induk. Sedangkan *struktur weld metal* bagian aluminium 1100 secara umum menunjukkan terbentuknya struktur *columnar dendritic* dan *equiaxed dendritic*, dimana warna terang menunjukkan fasa  $\alpha$  aluminium. Bentuk struktur dari *weld metal* tersebut dapat dilihat pada Gambar 5. Daerah *weld metal* sendiri adalah daerah dimana logam yang pada waktu pengelasan mengalami pencairan.

	Heat Affected Zone (HAZ)		Struktur Weld Metal		
	Baja Karbon Rendah	Aluminium 1100	Baja Karbon Rendah	Aluminium 1100	
Variasi Arus	100 A				
	110 A				
	120 A				
	130 A				

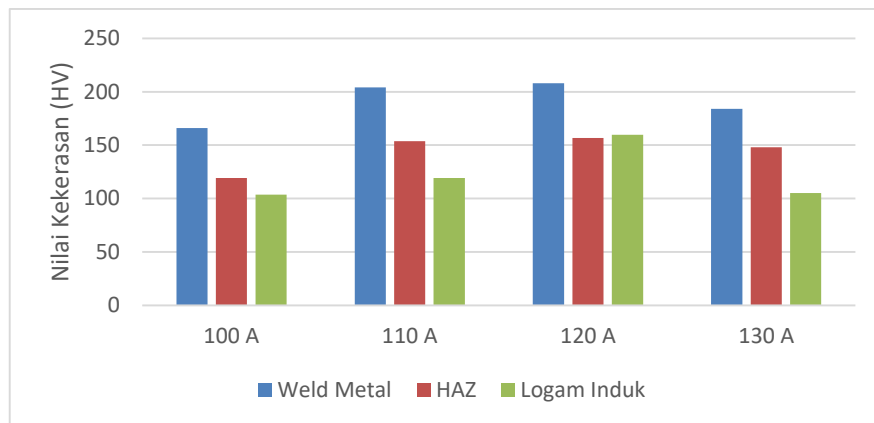
**Gambar 6** Foto struktur mikro daerah HAZ dan *weld metal*

### 3.2 Pengujian Kekerasan

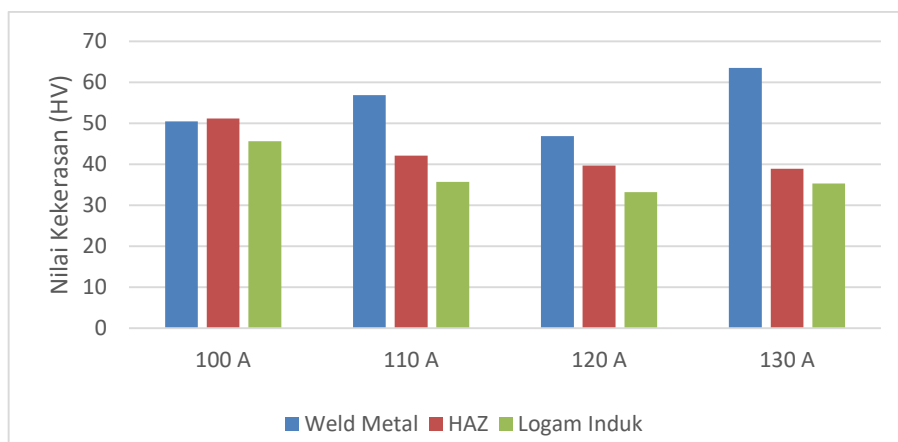
Tujuan dari pengujian ini sendiri adalah untuk mengetahui nilai distribusi kekerasan pada logam induk, HAZ dan *weld metal* hasil sambungan las. Titik penekanan pada pengujian terletak pada posisi seperti yang terlihat pada Gambar 7 dengan jarak antar titik 3 mm dan juga penitikan ini dilakukan secara seragam pada tiap variasi pengelasan.



Gambar 7 Posisi penitikan uji kekerasan



Gambar 8 Grafik nilai kekerasan sambungan las *spot TIG* pada material baja karbon rendah



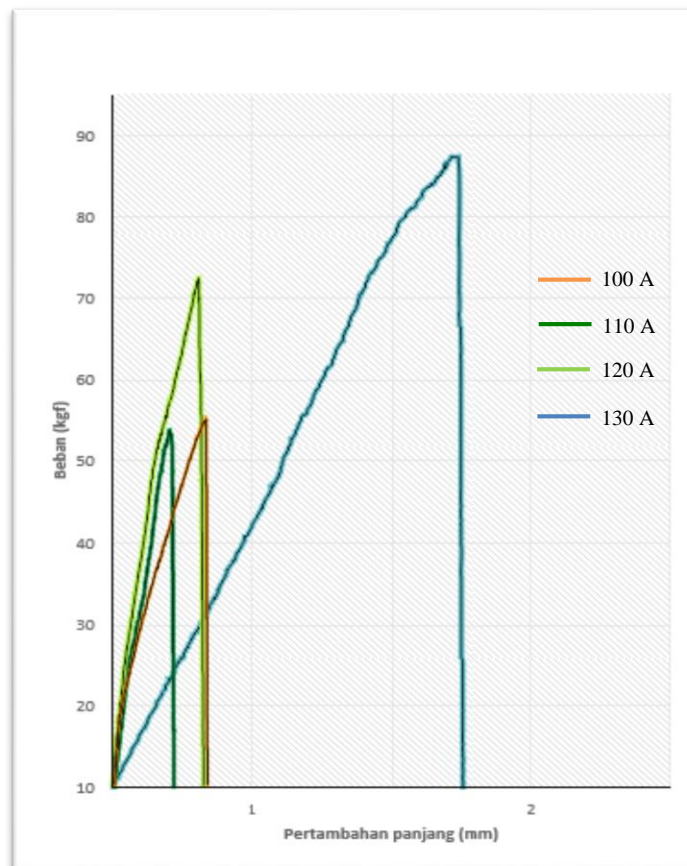
Gambar 9 Grafik nilai kekerasan sambungan las *spot TIG* pada material aluminium 1100



Dari Gambar 8 dan 9 dapat dilihat kekerasan tertinggi yang diperoleh adalah pada daerah *weld metal* baja karbon rendah dengan nilai  $\pm 208$  HV, hal ini terjadi karena pada daerah ini logam mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan agak cepat (sedang) selama proses pengelasan. Siklus termal tersebut akan mengakibatkan terbentuk struktur *bainite* pada daerah tersebut. Purwaningrum (2013), menyatakan bahwa struktur *bainite* mempunyai nilai kekerasan yang lebih tinggi jika dibanding dengan struktur *ferrite* maupun *pearlite*. Peningkatan kekerasan juga terjadi pada daerah HAZ, hal ini dikarenakan daerah ini berdekatan dengan daerah *weld metal*. Kekerasan meningkat karena HAZ mengalami pengkasaran butir akibat suhu yang tinggi dan waktu pendinginan yang cukup cepat pada temperatur ruang (Wiryosumarto dan Toshie, 2000).

### 3.3 Pengujian Tarik

Pengujian tarik ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan geser hasil sambungan pengelasan *spot TIG* pada baja karbon rendah dan aluminium 1100. Pengujian dilakukan pada tiap variasi arus pengelasan yang digunakan dimana hasil pengujian ini berupa beban perpanjangan yang kemudian nilai gaya atau beban maksimal yang diperoleh digunakan untuk perhitungan nilai kekuatan geser.

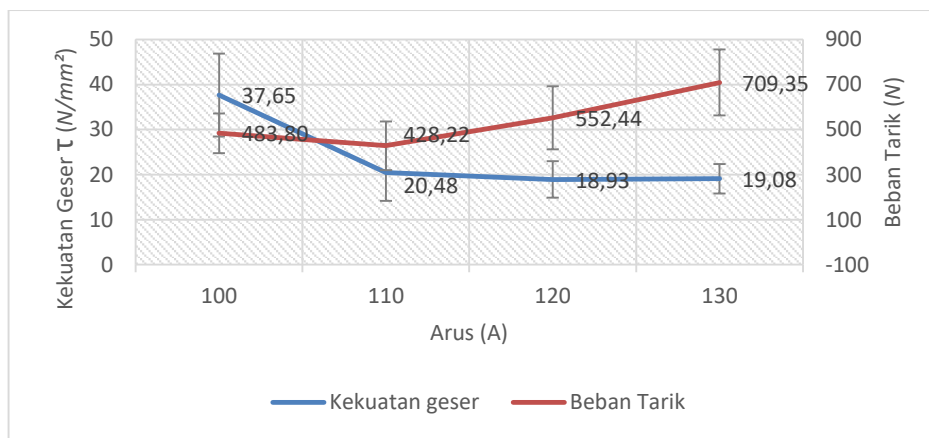


**Gambar 9.** Grafik hasil pengujian tarik tertinggi tiap variasi arus pengelasan

Pada Gambar 9 nilai beban tertinggi yang diperoleh pada tiap variasi arus pengelasan cenderung meningkat dengan bertambahnya arus yang dipakai. Nilai tertinggi diperoleh pada variasi arus 130 A yaitu sebesar 89 kgf. Untuk nilai kekuatan geser didapat setelah melakukan perhitungan dengan membagi nilai beban maksimal masing-masing spesimen dengan luas penampang. Luas penampang pada pengujian ini didapat dengan menggunakan panjang diameter *nugget* hasil sambungan.

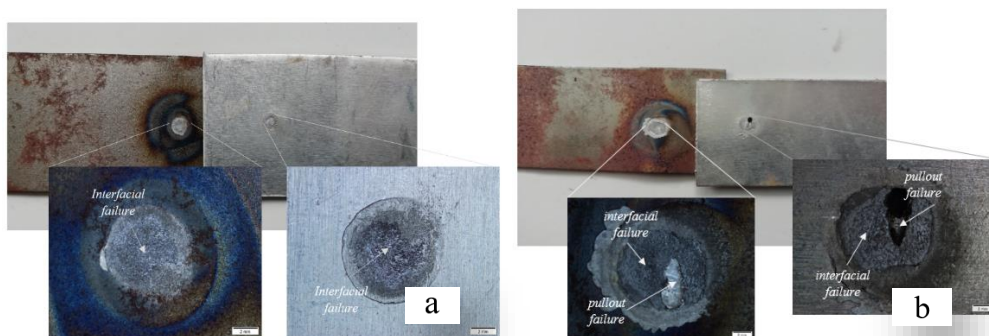
Tabel 1 Luas area *nugget* dan nilai beban maksimal uji tarik tiap spesimen uji

	Variasi Arus (A)							
	100		110		120		130	
	Luas (mm <sup>2</sup> )	Beban (N)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Beban (N)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Beban (N)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Beban (N)
1	11,35	529,56	21,25	313,81	30,20	431,49	31,19	666,85
2	13,53	382,46	19,64	529,56	33,20	706,08	42,79	872,79
3	14,19	539,37	18,10	441,30	24,46	519,75	38,50	588,40
$\bar{x}$	13,02	483,80	19,66	428,22	29,29	552,44	37,49	709,35



Gambar 10 Grafik perbandingan antara pengaruh variasi arus terhadap kekuatan geser rata-rata serta beban tarik rata-rata

Kekuatan geser rata-rata mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya arus yang digunakan. Hal ini dikarenakan arus pengelasan yang semakin besar akan menghasilkan logam las yang lebar serta penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan (Arifin,1997). Nilai rata-rata kekuatan geser tertinggi diperoleh variasi arus 100 A yaitu sebesar 37,65 *N/mm<sup>2</sup>*. Hal ini sesuai dengan diameter *nugget* yang diperoleh dari pengelasan yang dikakukan, dimana semakin besar arus yang digunakan maka diameter yang dihasilkan juga semakin besar. Sedangkan kegagalan *nugget* yang dihasilkan dari pengujian tarik yang dilakukan berupa *interfacial failure* dan *pullout failure* seperti yang terlihat pada Gambar 11 di bawah ini.



Gambar 11. Foto perbandingan kegagalan *nugget* specimen hasil pegujian tarik (a) variasi arus 100 A (b) variasi arus 120 A

#### 4. Kesimpulan

Penelitian tentang pengaruh variasi arus pengelasan dengan waktu penekanan 5 detik terhadap sifat fisik dan mekanik sambungan *las spot TIG welding* antara baja karbon rendah dengan aluminium 1100 telah selesai dilakukan dan dari analisa data didapat hasil sebagai berikut:

1. Struktur mikro menunjukan terjadinya perubahan struktur pada daerah HAZ dan *weld metal* baik pada material baja karbon rendah maupun aluminium 1100, hal ini terjadi karena pengaruh masukan panas saat pengelasan dan lama pendinginannya. Dimana semakin besar arus yang diberikan, masukan panas juga akan semakin besar sehingga pendinginan akan semakin lama (berjalan lambat).
2. Nilai kekerasan baja karbon rendah terbesar diperoleh pada daerah *weld metal* dengan variasi arus pengelasan 120 A sebesar  $\pm 208$  HV, dan nilai kekerasan aluminium 1100 terbesar adalah  $\pm 63,5$  HV yaitu pada daerah *weld metal* dengan variasi arus 130 A.
3. Nilai kekuatan geser setiap spesimen menurun seiring dengan bertambahnya variasi arus pengelasan yang digunakan, dimana nilai kekuatan geser terbesar senilai  $37,65$  N/mm<sup>2</sup> yaitu pada variasi arus 100 A.

#### Daftar Pustaka

Journal:

- [1] Abbass, M.K. dkk. 2016. *Optimization and Predication of Spot TIG Welding Parameters of Stainless Steel Sheets (AISI 304L)*. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 5 (11): 18835-18848.
- [2] Amin, A. 2013. 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, 2 (2): 63-67.
- [3] Faozi, S. 2015. Pengaruh Arus Listrik dan Holding Time terhadap Sifat Fisik-Mekanik Sambungan Spot TIG Welding Mterial tak Sejenis antara Baja dan Paduan Aluminium. Surakarta: Skripsi Teknik Mesin UNS.
- [4] Purwaningrum, Y., dan Fatchan. M. 2009. Pengaruh Arus Listrik terhadap Karakteristik Fisik-Mekanik Sambungan Las Titik Logam Dissimilar Al-Steel. Jurnal Teknik Mesin, 15 (1): 16-22.

Book:

- [1] Arifin, S. 1997. Las Listrik dan Otagen. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- [2] Wiryosumarto, H. dan Toshie O. 2000. Teknologi Pengelasan Logam. Erlangga, Jakarta.