

# PENGARUH VARIASI ARUS DAN WAKTU TERHADAP KARAKTERISTIK SAMBUNGAN SPOT TIG WELDING DISSIMILAR ANTARA STAINLESS STEEL 304 DAN ALUMINIUM 1100

Muhammad Ikhsan Maulana<sup>a</sup>, Aris Widyo Nugroho<sup>b</sup>, Muh. Budi Nur Rahman<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183

e-mail: <sup>a</sup>[ikhshanmaulana0597@gmail.com](mailto:ikhshanmaulana0597@gmail.com), <sup>b</sup>[nugrohoaris@gmail.com](mailto:nugrohoaris@gmail.com), <sup>c</sup>[nurrahman\\_umy@yahoo.co.id](mailto:nurrahman_umy@yahoo.co.id)

---

## Abstract

*One of the common metal joining process has been carried out one of them using the spot welding method. This welding method can be found in the industrial world using such as the automotive industry, household appliances, crafts, spacecraft engineering. Development of welding points by welding inert tungsten gas (TIG). This research was conducted to study the characteristics of TIG Welding spot connections that differ between Stainless Steel 304 and Aluminum 1100 by testing shear tensile, defense and microstructure. In this study the SS304 steel plate with dimensions of 175 mm x 25 mm x 1 mm and aluminum dimensions 175 mm x 25 mm x 1 mm. The current used 110 A, 120 A and 130 A by using a welding time of 2 seconds and 3 seconds on each current. Mechanical testing used is shear tensile testing and physical testing used is microstructure testing. This test uses ASTM E8M-09 standard which is obtained from the tensile test results taken from the value of the capacity which will increase with increasing current and welding time. The best results occur at a current of 130 A with a welding time of 3 seconds with an average tensile load capacity of 1699.14 N. The results of the highest damage test on the weld material are due to the fast weld area of  $\pm 212$  HV on SS404 material and  $\pm 44, 3$  HV on Aluminum material. Observation of the microstructure in SS304 there are austenite and carbide phases while aluminum shows a pure aluminum  $\alpha$  phase and a dendritic columnar phase is formed in the second weld area of the material*

**Keywords:** Spot TIG, dissimilar metal, Stainless Steel 304, Aluminium 1100, shear strength, hardness, microstructure.

## Abstrak

Proses penyabungan logam tak sejenis telah banyak dilakukan salah satunya dengan menggunakan metode las titik. metode pengelasan ini dapat ditemui di dunia industry diantaranya seperti industry otomotif, peralatan rumah tangga, kerajinan, rekayasa pesawat luar angkasa. Pengembangan las titik dengan modifikasi las tungsten inert gas (TIG). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari sambungan *spot TIG welding dissimilar* antara *Stainless Steel 304* dan *Aluminium 1100* dengan melakukan pengujian tarik geser, kekerasan dan struktur mikro. Dalam penelitian ini plat baja SS304 dengan dimensi 175 mm x 25 mm x 1 mm dan aluminium berdimensi 175 mm x 25 mm x 1 mm. Arus yang digunakan 110 A, 120 A dan 130 A dengan menggunakan waktu pengelasan 2 detik dan 3 detik pada masing-masing arus. Pengujian mekanik yang digunakan adalah pengujian tarik geser dan kekerasan sedangkan pengujian fisik yang digunakan adalah pengujian struktur mikro. Pengujian ini menggunakan standar ASTM E8M-09. Hasil pengujian tarik geser menunjukkan bahwa nilai kapasitas beban tarik akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya arus dan waktu pengelasan. Hasil terbaik terjadi pada arus 130 A dengan waktu pengelasan 3 detik dengan rata-rata kapasitas beban tarik sebesar 1699,14 N. Hasil dari pengujian kekerasan tertinggi pada daerah lasan material hal ini dikarenakan pada daerah lasan sambungan mendapatkan masukan panas secara langsung serta mengalami pendinginan yang cepat sebesar  $\pm 212$  HV pada material SS404 dan  $\pm 44,3$  HV pada material Aluminium. Pengamatan struktur mikro pada daerah las pada SS304 terdapat fasa austenite dan karbida sedangkan pada aluminium menunjukkan fasa  $\alpha$  aluminium murni serta terbentuk fasa columnar dendritic pada daerah las kedua material.

**Kata kunci:** Las titik TIG, material tak sejenis, Stainless Steel 304, Aluminium 1100, Kapasitas beban tarik, Kekerasan, Struktur mikro.

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang manufaktur saat ini sangat pesat, salah satunya yang merupakan hal terpenting didalamnya yaitu proses penyambungan (*joining*), diantaranya adalah proses pengelasan las titik atau yang lebih dikenal dengan *spot welding*. Dalam penggunaannya, las titik memiliki beberapa keunggulan antara lain bentuk sambungan rapi, prosesnya lebih cepat, sambungan rapat, pengoperasiannya relatif mudah, dan tidak memerlukan logam pengisi (*filler*) (Diyatmoko,H.,2004).

Penggunaan las titik dapat ditemui di dunia industri diantaranya seperti industri otomotif, peralatan rumah tangga, kerajinan, rekayasa pesawat ruang angkasa *auto-body*, truk kabin, dan *hospital equipment*. Anis dkk, (2009) mengatakan metode pengelasan ini dilakukan dengan cara mengalirkan arus listrik pada permukaan logam plat yang akan disambung sehingga permukaan tersebut menjadi panas dan mencair akibat adanya resistensi listrik, keunggulan dari pengelasan titik dibanding dengan pengelasan lainya yaitu prosesnya cepat sehingga cocok untuk produksi masal.

Variasi arus dan waktu yang dipilih dapat saja terlalu kecil atau bahkan mungkin terlalu besar, hal ini menyebabkan sambungan las titik mempunyai kekuatan terlalu rendah yang dapat mengakibatkan terjadinya kegagalan antar muka (*interfacial fracture*) atau arus terlalu kuat melebihi kekuatan plat yang disambung sehingga dapat memungkinkan terjadinya kegagalan (Waluyo,2013).

Pengelasan dua material atau lebih yang berbeda jenis bertujuan untuk meringankan bobot kendaraan sehingga dapat mengefisiensikan pemakaian bahan bakar dalam suatu kendaraan (Hendrawan dan Rusmawan, 2014). Dalam penerapannya las titik banyak digunakan oleh perusahaan otomotif terutama untuk merakit bagian-bagian sambungan yang berbeda jenis maupun yang sejenis. Terdapat 5000 proses pengelasan titik yang dilakukan dalam pembuatan sebuah mobil (Hayat, 2011). Peranan pengelasan sangat terlihat jelas dalam perusahaan otomotif sehingga diperlukannya penelitian lebih lanjut terkait penelitian terutama pengelasan yang melibatkan dua jenis material yang berbeda jenis (*dissimilar metal*).

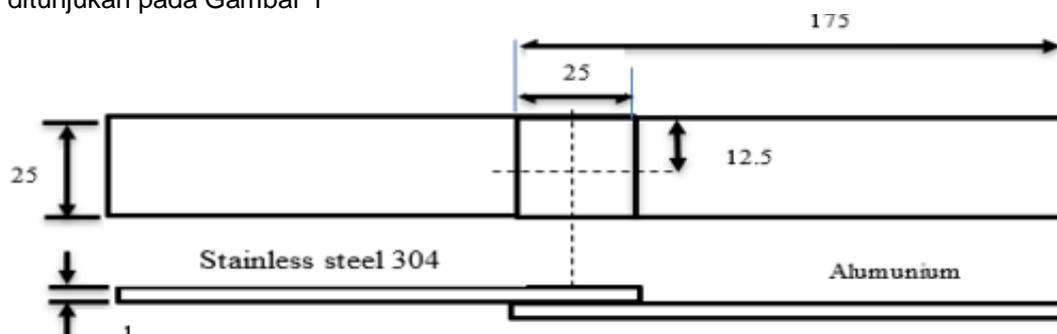
Pengembangan las titik yang sudah dilakukan salah satunya adalah dengan cara memodifikasi las *Tungsten Inert Gas (TIG)* agar dapat melakukan pengelasan titik atau dapat disebut juga *spot TIG welding*. Cara ini dilakukan dengan memodifikasi bagian *nozzle* gasnya. Seperti pada pengelasan yang lain, pengelasan *spot TIG* ini juga mempunyai beberapa parameter yang dapat mempengaruhi hasil dan kualitas lasan, diantaranya yaitu tingkat keahlian dari *welder*, arus pengelasan, waktu penekanan, debit gas pelindung, dan jenis dari bahan yang digunakan dalam pengelasan (Dika, 2019)

Pada penelitian terdahulu yang telah dilakukan Abbas dkk (2016) telah melakukan penelitian tentang optimisasi dan prediksi parameter pengelasan *spot TIG* dari lembaran stainless steel (SS304L) kemudian penelitian ini juga telah dilakukan oleh Faozi (2015) yang memvariasikan arus listrik dan waktu penahanan dengan menggunakan *dissimilar* material antara baja SS400 dan aluminium AA5038 dengan metode *spot TIG welding*.

Dari uraian latar belakang diketahui bahwa penelitian dengan menggunakan metode *spot TIG welding dissimilar* material masih sedikit dilakukan dan belum didapatkan hasil yang optimal pada sambungan, maka didapatkan perumusan masalah yang harus diteliti tentang bagaimana pengaruh variasi waktu penekanan terhadap struktur mikro, kapasitas beban tarik sambungan, dan kekerasan permukaan dari sambungan las menggunakan metode *spot TIG dissimilar* material antara *Stainless steel 304* dengan Aluminium 1100.

## 2. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah plat baja SS304 dengan dimensi 175 mm x 25 mm x 1 mm dan alumunium berdimensi 175 mm x 25 mm x 1 mm yang ditunjukkan pada Gambar 1



Gambar 1 Spesimen Uji Sambungan Las ASTM E8M-09

### 2.1 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian metalografi digunakan untuk menganalisa sifat mekanik dari suatu material, pengujian ini bertujuan untuk melihat struktur mikro yang didapat menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran tertentu berdasar dari standar pengujian ASTM 407-07. Penelitian dilakukan pada spesimen uji dengan cara memotong melintang selanjutnya dilakukan proses mounting, pengamplasan, dipoles kemudian dietsa menggunakan  $HNO_3$  dan HCL dengan perbandingan 1 : 3 untuk SS304 kemudian HF,  $HNO_3$ , Methanol dan HCL dengan perbandingan masing-masing 25% kecuali HF hanya 1 tetes untuk Alumunium.

### 2.2 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan menggunakan alat penguji kekerasan *Vickers*. Beban penekanan yang digunakan untuk pengujian kedua material sebesar 1000 gf atau 9,8 N dengan waktu penekanan selama 15 detik. Pengujian dilakukan sebanyak 8 titik diantaranya pada bagian *weld metal*, HAZ, dan *base metal*. Hasil penekanan akan terbentuk sesuai indenter dari metode *Vickers* dan panjang dari diagonal-diagonalnya digunakan untuk menentukan nilai kekerasan *micro Vickers*. Penelitian ini dilakukan untuk melihat distribusi kekerasan pada daerah logam induk, HAZ dan pada daerah las.

$$HV = \frac{2P \sin(\frac{\theta}{2})}{d^2} = 1,854 \frac{P}{d^2}$$

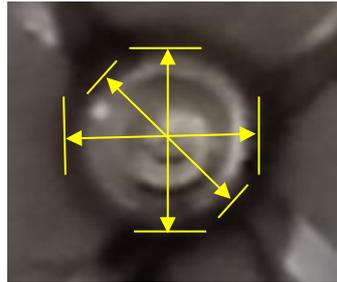
### 2.3 Pengujian Tarik

Pengujian tarik-geser yang dilakukan dalam penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) hasil sambungan antara baja SS304 dengan alumunium menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) dengan standar ASTM. Penelitian ini digunakan untuk mengetahui pengaruh variasi arus dan waktu pengelasan terhadap sifat mampu las sambungan.

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

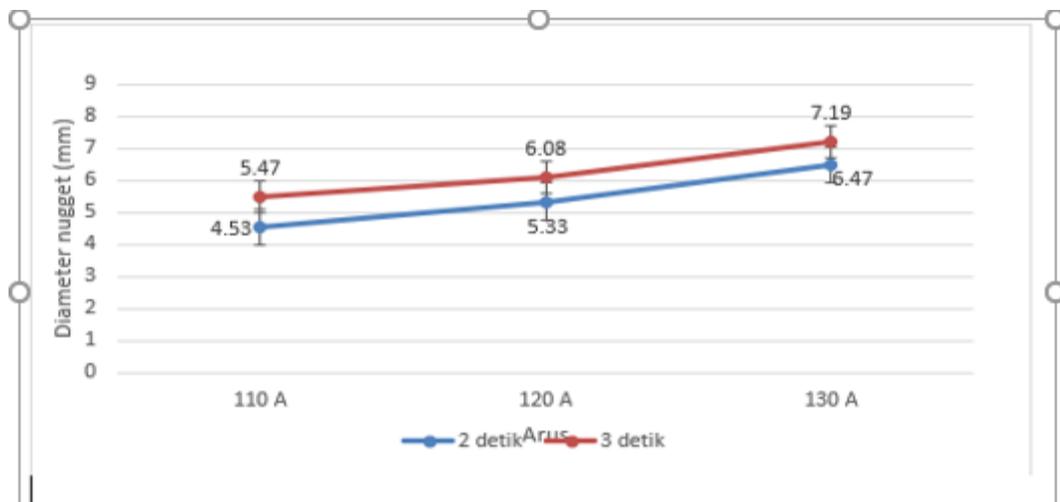
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan percobaan, maka penelitian menggunakan variasi arus sebesar 110 A, 120 A, dan 130 A menggunakan waktu penekanan sebesar 2 detik dan 3 detik disetiap variasi arus sedangkan spesimen yang digunakan untuk masing – masing variasi dibuat 4 buah. Dari hasil pengukuran didapatkan diameter *nugget* sambungan las paling kecil terdapat pada variasi arus 110 A dengan waktu 2 detik dan paling besar pada arus 130 A 3 detik. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan jangka sorong atau penggaris dengan cara melakukan 3 pengambilan data seperti yang terdapat pada Gambar 2



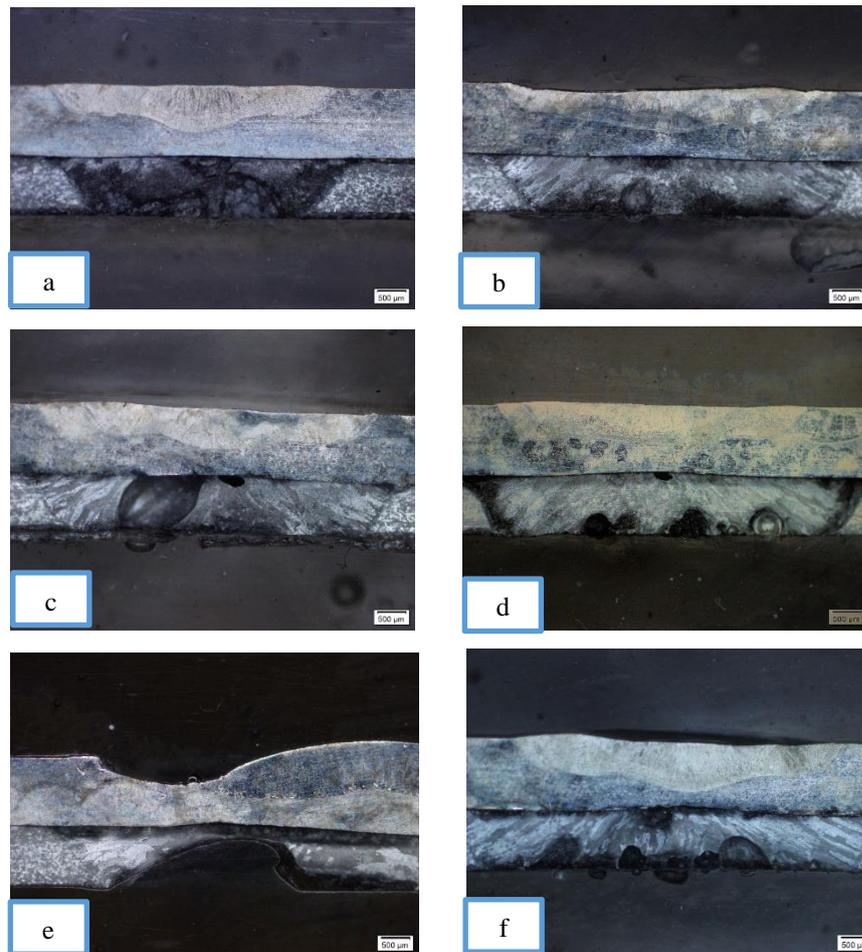
Gambar 2 Pengukuran diameter *nugget*

Pada hasil pengelasan menunjukkan bahwa diameter *nugget* yang dihasilkan berbeda pada setiap variasi arus dan waktu penekanan yang diberikan. Ukuran *nugget* yang dihasilkan pada pengelasan semakin meningkat dengan besarnya arus yang digunakan dimana peningkatan ini berbanding lurus dengan masukan panas yang diberikan sehingga semakin besar arus yang digunakan pada variasi pengelasan maka semakin besar pula hasil *nugget* yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat grafik pada Gambar 3

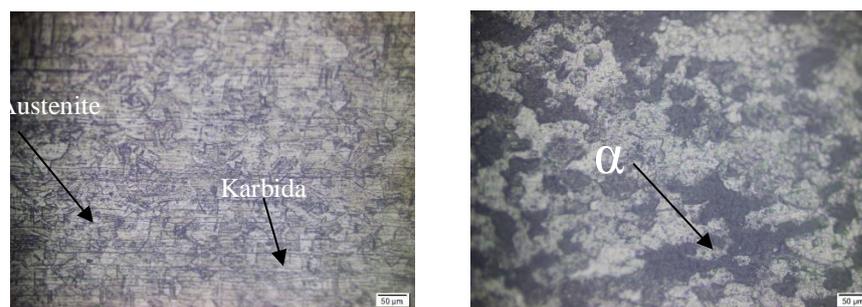


Gambar 3 Grafik perbandingan ukuran diameter nugget tiap variasi arus dan waktu pengelasan

### 3.1 Hasil Pengujian Struktur Mikro



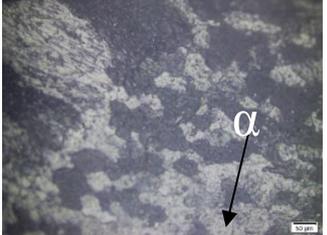
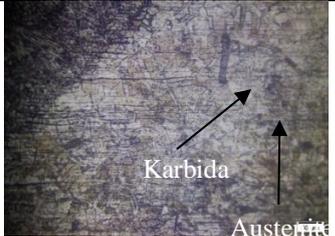
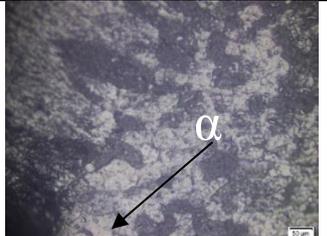
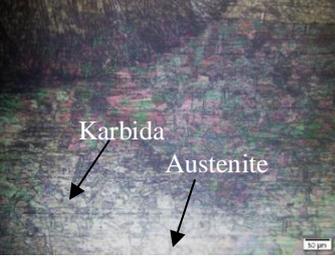
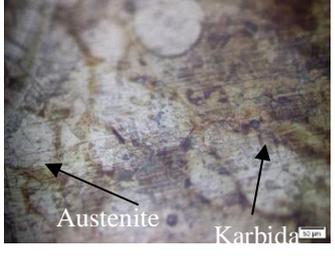
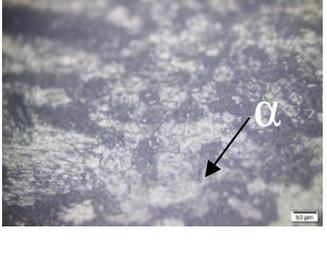
Gambar 4 Hasil struktur makro las spot TIG dissimilar material (a) 110-2 detik, (b) 110-3 detik, (c) 120-2 detik, (d) 120-3 detik (e) 130-2 detik, (f)130-3 detik.



Gambar 5 Struktur mikro base metal stainless steel 304 dan base metal aluminium

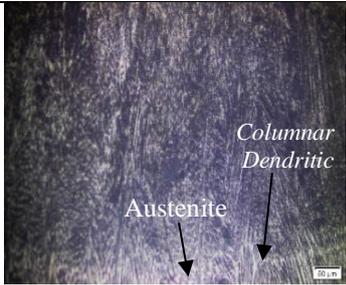
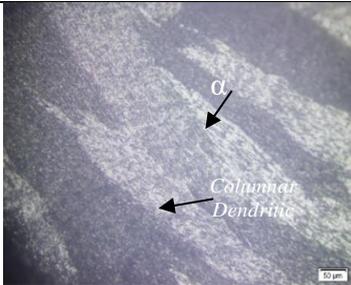
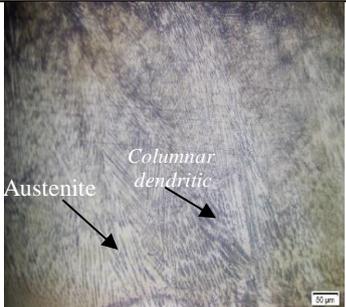
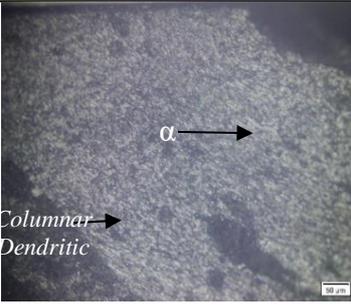
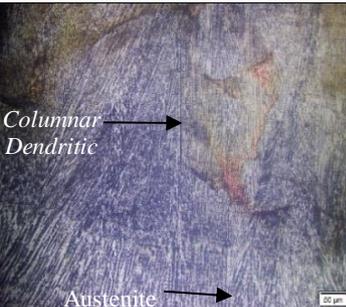
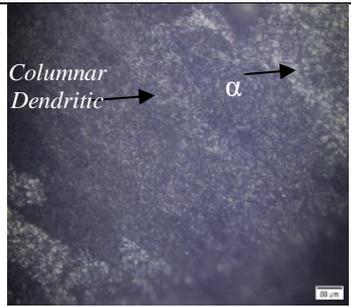
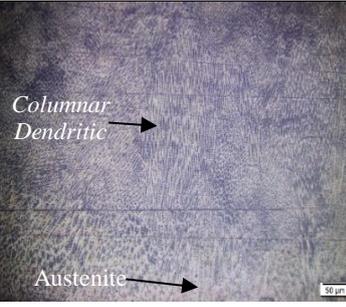
Gambar 5 merupakan foto dari pengamatan pengujian struktur mikro pada bagian logam induk antara stainless steel 304 dan aluminium. Pada logam induk stainless steel 304 terdapat fasa austenite yang ditunjukkan dengan warna terang dan memiliki struktur yang pipih hal itu menunjukkan sifat ulet dari material selain itu terdapat unsur karbida yang ditunjukkan dengan warna gelap Struktur mikro pada logam induk aluminium 1100 berupa bituran yang secara umum strukturnya berwarna terang yang menunjukkan fasa  $\alpha$  aluminium

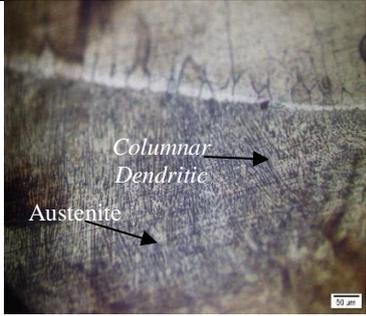
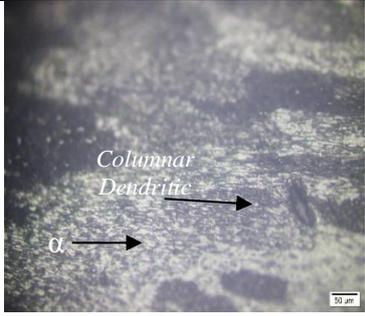
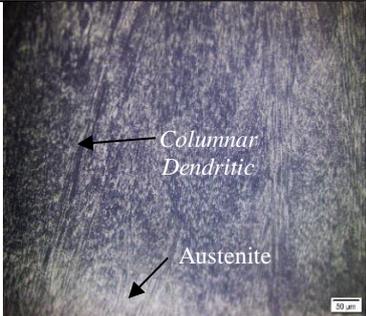
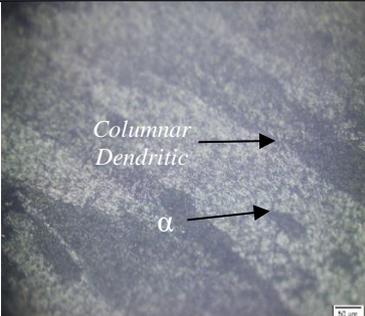
Tabel 1 Struktur mikro HAZ (*heat affected zone*) stainless steel 304 dan aluminium

Arus (Amper)	Waktu (detik)	HAZ	
		SS 304	Alumunium
110	2		
	3		
120	2		
	3		
130	2		
	3		

Daerah HAZ (*heat affected zone*) merupakan daerah yang terkena panas dan mengalami perubahan besar butir pada struktur mikro. Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan butir menjadi lebih besar dan lebih rapat dibandingkan dengan logam induk. Hal ini terjadi karena masukan panas yang diterima pada daerah HAZ semakin besar daripada logam induk, selain itu struktur mikro daerah HAZ pada *stainless steel 304* terdapat fasa austenite yang mempunyai butir lebih besar dibandingkan dengan logam induknya. Ukuran butir meningkat seiring dengan meningkatnya arus dan waktu pengelasan.

Tabel 2 Struktur mikro daerah las atau *weld metal*

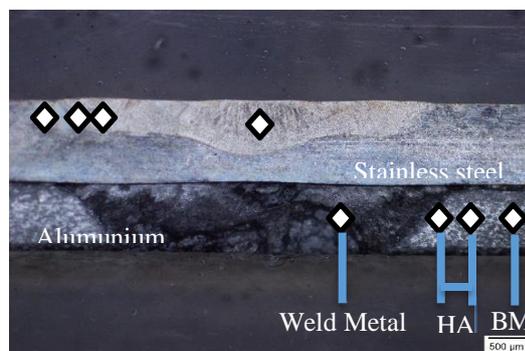
Arus (Amper)	Waktu (detik)	Weld Metal	
		SS 304	Alumunium
110	2		
	3		
120	2		
	3		

Arus (Amper)	Waktu (detik)	Weld Metal	
		SS 304	Alumunium
130	2		
	3		

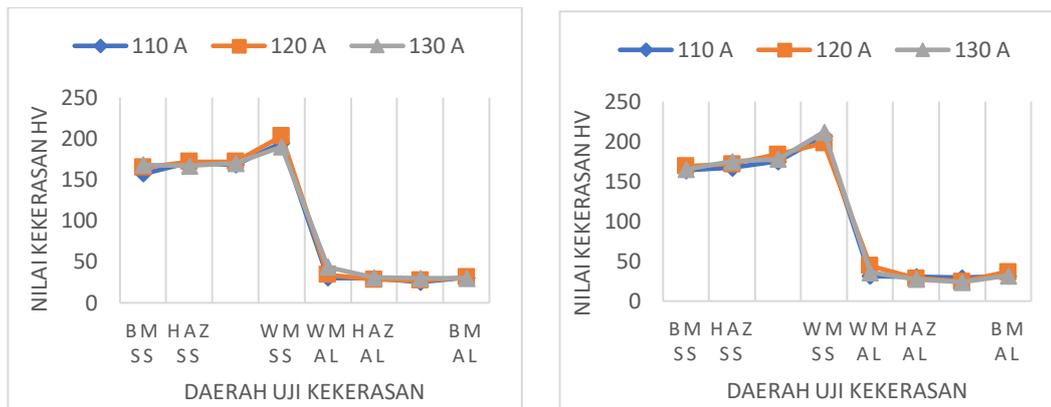
Hasil pengujian struktur mikro pada *weld metal* metode *spot TIG welding* antara *stainless steel 304* dengan aluminium menunjukkan struktur mikro *columnar dendritic* dan fasa austenite terdapat pada material *stainless steel 304* hal ini sama dengan penelitian yang dilakukan (Verma dkk 2014) tentang *Resistance Spot Welding of Austenite Stainless Steels 304* dengan 316 bahwa struktur mikro pada *weld metal* sepenuhnya austenitik sedangkan solidifikasi dari struktur terdiri dari dendrit menuju arah pusat dan perubahan selama solidifikasi berlangsung berupa planar ke *cellular* kemudian menjadi *columnar dendrite* dan yang terakhir berbentuk *equiaxed dendrite*. Pada aluminium terdapat struktur *columnar dendritic* dan fasa  $\alpha$  aluminium ditunjukkan dengan warna yang lebih terang kemudian pada *weld metal* aluminium terlihat struktur *dendritic* yang memanjang menunjukkan pembuangan panas yang terjadi pada saat proses pengelasan.

### 3.2 Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan pada spesimen uji ini bertujuan untuk mengetahui nilai distribusi kekerasan pada material las, dimana daerah yang akan diuji pada spesimen terdiri dari logam induk (*base metal*), daerah HAZ (*heat affected zone*), dan logam lasan (*weld metal*). Penitikan pada spesimen uji dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6 Penitikan Indentasi Pada Pengujian Kekerasan

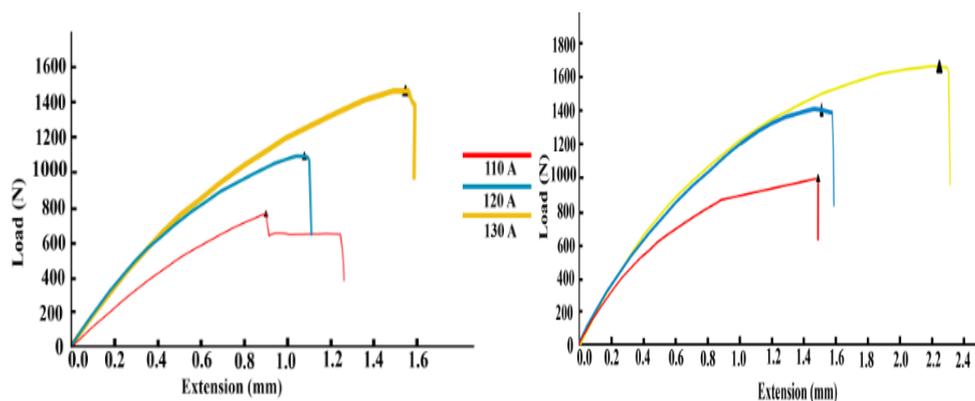


Gambar 7 Grafik nilai kekerasan pada waktu (a) 2 detik (b) 3 detik

Dapat dilihat pada grafik nilai kekerasan tertinggi antara *stainless steel 304* dengan aluminium 1100 terdapat pada *weld metal* hal ini terjadi karena material yang dilas mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan secara cepat selama proses pengelasan sementara itu pada daerah HAZ mengalami penurunan kekerasan hal ini diakibatkan adanya perubahan butir yang besar sehingga mempengaruhi nilai kekerasan Yudhyadi (2007) juga mengatakan selama solidifikasi dengan laju pendinginan lambat, inti pertama bertambah besar akibat perpindahan atom dari cairan ke bahan padat yang akhirnya mengakibatkan butiran bertambah besar. Butiran inilah yang mengakibatkan kekerasan menurun.

### 3.3 Hasil Pengujian Tarik

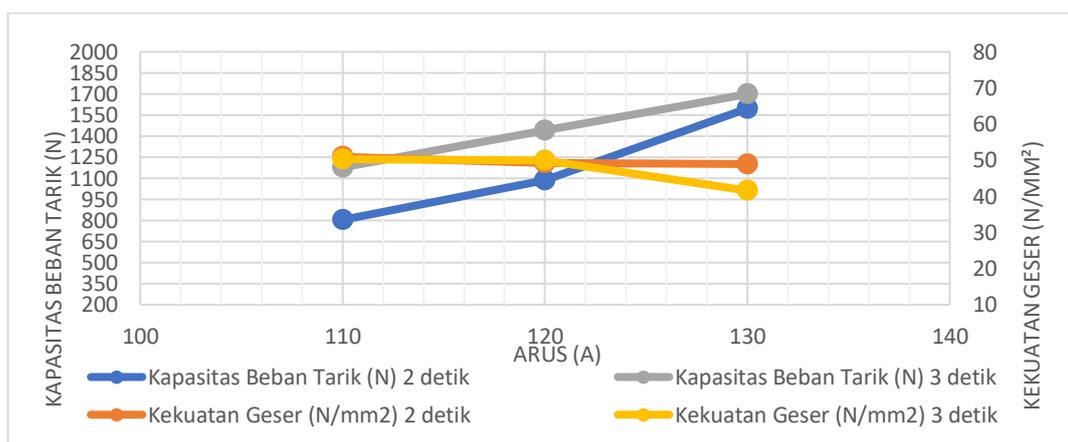
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan dari sambungan las *spot TIG* dalam menahan beban yang diberikan atau *tensile load bearing capacity (TLBC)*. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine (UTM)* dengan kecepatan tarik 5 mm/menit sesuai standard ASTM dengan menggunakan material tak sejenis antara *stainless steel 304* dan aluminium 1100.



Gambar 8 grafik hubungan antara beban dengan perpanjangan pengujian tarik (a). waktu pengelasan 2 detik (b). waktu pengelasan 3 detik

Tabel 3 Nilai kekuatan geser rata-rata seteiap variasi arus dan waktu

Waktu	Variasi	Luasan Nugget ( $mm^2$ )	Kapasitas Beban Tarik (N)	Kekuatan Geser ( $N/mm^2$ )	Kegagalan Spesimen Uji
2 detik	110 Amper	15,79± 0,12	804,23 ± 63,94	50,92± 5,22	Interfacial surface
	120 Amper	22,13± 0,10	1088,05 ± 72,62	49,16± 3,62	Interfacial surface
	130 Amper	32,61± 0,19	1596,07 ± 123,67	48,94± 2,77	Interfacial surface
3 detik	110 Amper	23,43± 0,16	1177,35 ± 87,07	50,25± 2,49	Interfacial surface
	120 Amper	28,81± 0,51	1439,05 ± 201,29	49,95± 6,84	Interfacial surface
	130 Amper	40,86± 0,38	1699,14± 56,02	41,59± 2,91	Interfacial surface



Gambar 9 Grafik perbandingan antara kapasitas beban tarik dengan kekuatan geser pada waktu pengelasan 2 detik dan 3 detik

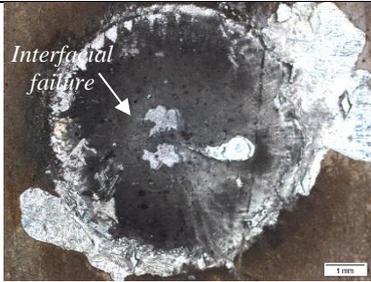
Dari data hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa kapasitas beban tarik mengalami peningkatan seiring dengan semakin lama waktu penekanan dan besarnya arus yang diberikan. Sedangkan pada kekuatan geser mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya arus pada pengelasan (Haikal dan Triyono 2013) mengatakan bahwa pengelasan menggunakan logam tak sejenis memiliki bentuk nugget yang tidak simetris akibat dari perbedaan fisik dan mekanik antar logam, bentuk nugget yang tidak simetris ini akan mengakibatkan menurunnya kekuatan geser pada sambungan las *dissimilar* material.

Bentuk patahan sambungan las *spot TIG* tak sejenis antara *stainless steel 304* dengan aluminium 1100 menggunakan variasi arus 110 A, 120 A, 130 A pada waktu 2 detik dan 3 detik memiliki jenis kegagalan yang dihasilkan berupa *interfacial failure* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12 hal ini disebabkan sambungan yang memiliki *tensile load bearing capacity* tinggi tidak dapat menghasilkan jenis kegagalan berupa *pull out failure* (Faozi 2015). Hasil kegagalan *interfacial failure* menunjukkan beban puncak dan energi rendah karena keseluruhan daerah yang berikatan kecil sehingga kekuatannya rendah (Mortazavi dkk, 2011).

Tabel 4 Hasil patahan pada pengujian tarik-geser pengelasan *Spot TIG*

Waktu penekanan	Arus (Amper)		
	110	120	130
2 detik			
3 detik			

Tabel 5 perbesaran makro hasil pengujian tarik-geser pengelasan *Spot TIG* pada Arus 130 Amper.

Waktu (detik)	<i>Stainless Steel 304</i>	Alumunium
2		
3		

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian tentang pengaruh variasi arus listrik dan waktu terhadap karakteristik sambungan pengelasan *spot TIG* material tak sejenis antara *Stainless steel 304* dan Alumunium 1100 telah dilakukan. Berdasarkan analisis data dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil uji mikro menunjukkan bahwa meningkatnya arus listrik dan waktu pengelasan pada material SS304 dan Alumunium 1100 mengalami perbesaran butir pada daerah HAZ karena semakin besar waktu dan arus yang digunakan maka masukan panas akan menjadi besar pula sehingga pada daerah yang tidak terkena panas secara langsung mengalami pendinginan yang lambat.
2. Nilai kekerasan tertinggi diketahui pada hasil pengujian kekerasan terdapat pada daerah *weld metal* karena pada daerah tersebut mengalami masukan panas yang tinggi serta mengalami pendinginan yang cepat sehingga pada arus 130 A pada waktu penekanan selama 3 detik dengan nilai kekerasan pada *weld metal* sebesar  $\pm 212$  HV untuk SS304 sedangkan pada alumunium memiliki kekerasan tertinggi sebesar  $\pm 44,3$  HV pada bagian *weld metal*.
3. Nilai *tensile load bearing capacity* (TLBC) meningkat seiring dengan meningkatnya arus dan waktu pada saat pengelasan. Nilai tertinggi yang diperoleh pada aru 130 A dengan waktu penekanan 3 detik dengan rata-rata sebesar 1699,14 N dan kapasitas beban tarik terendah terdapat pada arus 110 A pada waktu penekanan 2 detik dengan rata-rata sebesar 804,23 N.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, 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.
- Anis, M., Irsyadi. A., Ferdian. D. 2009. Studi Lapisan Intermetalik  $Cu3Sn$  pada Ujung Elektroda dalam Pengelasan Titik Baja Galvanis. *Jurnal Teknologi Universitas Indonesia*, 2 (13): 91-95.
- Dika, S. 2019. Pengaruh Variasi Arus Listrik Terhadap Kekuatan Geser, Kekerasan dan Struktur Mikro Sambungan *Spot TIG Welding* Material Tak Sejenis antara Baja Karbon Rendah dan Alumunium. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Diyatmoko, H., 2004. Pengaruh Waktu dan Penekanan Pengelasan Titik Pada Baja Tahan Karat AISI 430 terhadap Struktur Mikro, Nilai Kekerasan dan Nilai Kekuatan Geser. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret*.
- Faozi, S. 2015. Pengaruh Arus Listrik dan Holding Time terhadap Sifat Fisik-Mekanik Sambungan *Spot TIG Welding* material tak Sejenis antara Baja *Stainless Steel 400* dan Paduan Alumunium 5083. Surakarta: Skripsi Teknik Mesin UNS.
- Haikal dan Triyono. 2013. Studi Literatur Pengaruh Parameter Pengelasan terhadap Sifat Fisik dan Mekanik pada Las Titik (*Resistance Spot Welding*). *ROTASI-Vol. 15, NO.2, 45-54*.
- Hayat, Fatih., 2011. *Resistance Spot Weldability of Dissimilar Materials: BH180-AISI304L Steels and BH180-IF7123 Steels*.
- Hendrawan. Muh Alfatih & Dwi Rusmawan, Deni. 2014. Studi Pengaruh Arus dan Waktu Pengelasan terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las Titik (*Spot Welding*) Logam Tak Sejenis. *Simposium Nasionak Teknologi Terapan (SNTT)*.
- Mortazavi, N., dkk. 2011. *Investigation on Joint Strength of Dissimilar Resistane Spot Welds of Alumunium Alloy and Low Carbon Steel*. Tehran, Iran. Mining and Metallurgical Engineering Department, Amirkabir University of Technology.
- Verma, A.B.dkk., 2014. *Resistance Spot Welding of Austenitic Stainless Steels (AISI 304 with AISI 316)*. Guwahati, India. *International All India Manufacturing Technology, Design and Research Conference*.
- Waluyo, J., 2013. Pengaruh Tebal Plat Alumunium dan Lama Penekanan pada Pengelasan Titik terhadap Sifat Fisis Mekanis dan Efisiensi Panas. Yogyakarta. *Jurnal Teknik Mesin Institut Sains dan Teknologi AKPRIND*, 1 (6): 56-64.
- Yudhyadi, 2007. Karakteristik Hasil Las Titik Berdasarkan Pemilihan Variabel Arus Pada Pengelasan Plat Baja Karbon Rendah. Universitas Mataram.