

Analisis Pengaruh Kuat Arus dan Aliran Gas Argon terhadap Kekuatan Tarik pada Proses Las TIG Material SUS 201

Agus Harijono¹⁾, *AM. Mufarrih²⁾, Zakki Fuadi Emzain³⁾, Moh. Nasir Hariyanto⁴⁾

^{1,2,3,4)} Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang

E-mail: ¹⁾agus.harijono@polinema.ac.id

Abstrak

Proses pengelasan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) dilakukan dengan cara mencairkan *filler rod* ke material yang akan di las. Pengaturan parameter proses pengelasan GTAW pada material SUS 201 belum menghasilkan kekuatan sambungan yang optimum, sehingga perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh parameter pengelasan terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan GTAW material SUS 201. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh kuat arus dan aliran gas argon terhadap kekuatan tarik hasil sambungan las GTAW material SUS 201. Rancangan percobaan menggunakan *full factorial* dan analisis data menggunakan ANOVA. Variabel bebas yang digunakan kuat arus (50A;60A;70A), dan aliran gas argon (5;10;15 liter/menit). Variabel terikatnya adalah kekuatan tarik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aliran gas argon dan kuat arus berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik hasil las GTAW material SUS 201. Nilai kekuatan tarik maksimum hasil las GTAW dengan kuat arus 70A dan aliran gas argon 15 liter/menit sebesar 757,29 MPa dan nilai terendah terdapat pada kuat arus 50A dan aliran gas argon 5 liter/menit sebesar 499,46 MPa. Semakin besar kuat arus maka kekuatan tarik semakin besar. Semakin besar aliran gas argon maka kekuatan tarik semakin besar pula. Dari pengamatan mikro diketahui bahwa variasi kuat arus 50A dan aliran gas argon 5 liter/menit struktur mikro ferrit lebih dominan dibandingkan perlit maka dinyatakan kekuatan tarik rendah. Sedangkan pada variasi kuat arus 70A dan aliran gas argon 15 liter/menit struktur mikro lebih dominan *perlit* dibandingkan *ferrit* maka dinyatakan kekuatan tarik tinggi. Data pengamatan struktur mikro ini sesuai dengan data hasil pengujian tarik.

Kata Kunci: SUS 201, las GTAW, aliran gas argon, kuat arus, kekuatan tarik.

Abstract

The Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) welding process is carried out by melting the filler rod into the material to be welded. Setting the GTAW welding process parameters on SUS 201 material has not resulted in optimum joint strength, so research needs to be carried out on the influence of welding parameters on the tensile strength of GTAW welding results on SUS 201 material. The aim of this research is to determine the effect of current strength and argon gas flow on strength. tensile strength of GTAW welded joints made of SUS 201 material. The experimental design used full factorial and data analysis used ANOVA. The independent variables used were current strength (50A; 60A; 70A), and argon gas flow (5; 10; 15 liters/minute). The dependent variable is tensile strength. The results of the research show that the flow of argon gas and current strength have a significant effect on the tensile strength of GTAW welds of SUS 201 material. The maximum tensile strength value of GTAW welds with a current strength of 70A and an

argon gas flow of 15 liters/minute is 757.29 MPa and the lowest value is found. at a current strength of 50A and an argon gas flow of 5 liters/minute of 499.46 MPa. The greater the current strength, the greater the tensile strength. The greater the flow of argon gas, the greater the tensile strength. From this research, it is known that variations in current strength of 50A and argon gas flow of 5 liters/minute mean that the micro structure of ferrite is more dominant than pearlite, so it is stated that the tensile strength is low. Meanwhile, with variations in current strength of 70A and argon gas flow of 15 liters/minute, the microstructure of pearlite is more dominant than ferrite, so the tensile strength is stated to be high. This microstructure observation data is in accordance with the data from tensile testing results.

Keywords: SUS 201, GTAW welding, argon gas flow, current strength, tensile strength.

1. PENDAHULUAN

Dengan perkembangan teknologi di bidang konstruksi, pengelasan telah menjadi landasan awal dalam proses pembangunan. Perusahaan besar di seluruh dunia sering menggunakan pengelasan sebagai landasan pengerjaan konstruksi di dalam lingkup perusahaan mereka. Oleh karena itu, sumber daya manusia dituntut untuk menguasai perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta dapat mengaplikasikan ilmu pengetahuan dan teknologi tersebut. Pengelasan adalah kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam pembuatan mesin. Menurut DIN (*Deutsche Industrie Normen*), pengelasan adalah proses sambungan logam yang dilakukan dengan mencairkan logam [1]. GTAW dapat digunakan untuk hampir semua logam berkualitas tinggi, serta baja tahan karat dan logam ringan seperti magnesium, aluminium, dll. [2].

Pengelasan argon (*Gas Tungsten Arc Welding*) adalah salah satu jenis pengelasan busur yang menggunakan elektroda yang tidak meleleh. Dalam pengelasan GTAW, elektroda atau tungsten hanya berfungsi sebagai pembangkit busur listrik saat bersentuhan dengan benda kerja, dan logam pengisinya berfungsi sebagai *filler rod* [3]. Gas argon (Ar), juga dikenal sebagai MIG, dan gas karbondioksida (CO₂) dapat digunakan dalam pengelasan GMAW [4]. GTAW biasanya digunakan untuk menghasilkan las pada hampir semua jenis logam bermutu tinggi. Ini terutama digunakan pada logam ringan seperti baja tahan karat, aluminium, magnesium, dan lainnya [5][6][7].

Baja tahan karat 201, juga dikenal sebagai SS 201, adalah baja kromium-nikel-mangan austenit yang dibuat untuk mengurangi jumlah nikel dengan menambah mangan dan nitrogen. Meskipun pemanasan tidak dapat mengkeraskannya,

pendinginan dengan kekuatan peregangan yang tinggi dapat membantu. *Stainless steel* 201 memiliki kandungan nikel yang rendah dan kekerasan tinggi. Termasuk dalam kategori baja tahan karat austenitik yang terdiri dari kromium, nikel, dan mangan. Baja tahan karat termasuk dalam kategori *austenitic*, *ferritic*, atau *martensitic*. Baja tahan karat 201 termasuk dalam kategori *austenitic*, dengan kandungan kromium, nikel, dan karbon yang lebih rendah [8].

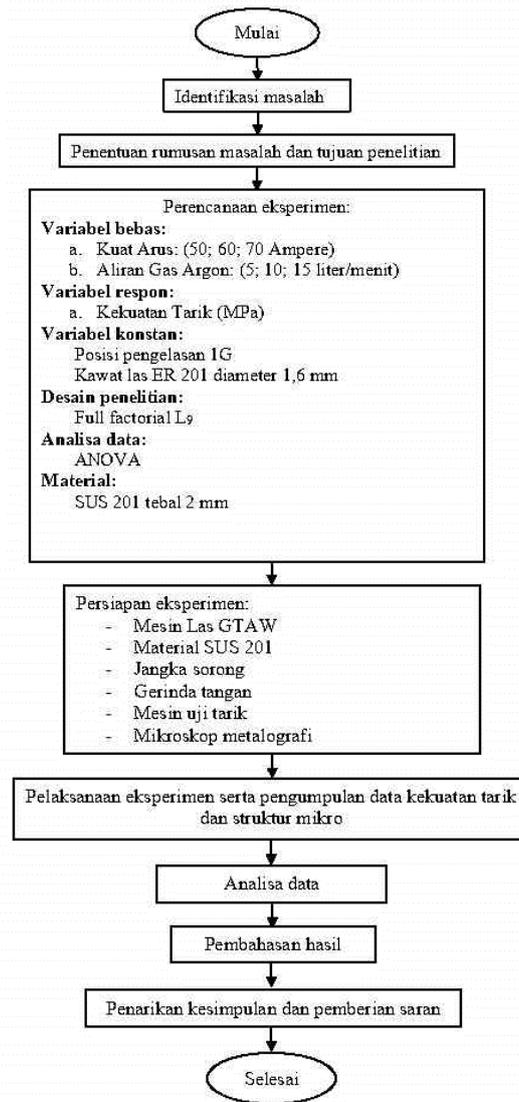
Kuat arus pengelasan harus diatur dengan benar, karena besar kecilnya arus bergantung pada diameter elektroda. Hasil las dipengaruhi oleh kuat arus pengelasan; jika arus yang digunakan terlalu rendah, akan sulit menyala busur listrik [9].

Pengujian mikro, menggunakan mikroskop metalografi khusus untuk memeriksa struktur material. Tujuan proses metalografi adalah untuk melihat struktur mikro material dengan melihat bentuk, ukuran, dan perubahan komposisi kristal logam, serta kerusakan yang disebabkan oleh deformasi, perlakuan panas, dan perbedaan komposisi. [10].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi aliran gas dan kuat arus terhadap kekuatan tarik pada material SUS 201 yang dilas GTAW. Peningkatan kuat arus dan aliran gas argon sangat berpengaruh pada proses pengelasan GTAW, yang menghasilkan kekuatan tarik maksimum sambungan las. Namun kali ini perlu dilakukan uji dengan menggunakan material SUS 201.

2. METODE PENELITIAN

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *full factorial* L₉. Analisis data menggunakan ANOVA dengan bantuan *software minitab 16*. Pengaturan variabel bebas pada mesin las GTAW merujuk pada penelitian-penelitian terdahulu. Langkah-langkah penelitian mengikuti diagram alir seperti Gambar 1. Sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Proses pengujian tarik serta mesin uji tarik yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan Gambar 2.

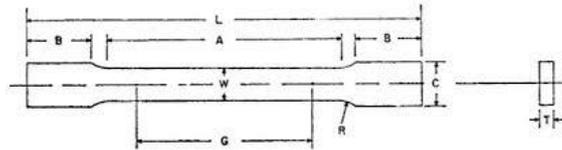


Gambar 2. Proses pengujian tarik

Pada penelitian ini material yang digunakan adalah SUS 201 dengan ketebalan 2 mm. Spesimen yang digunakan untuk pengujian ini harus standar dan mengikuti pengujian yang standar pula hal ini perlu dilakukan agar diperoleh hasil pengujian Analisis Pengaruh Kuat Arus dan Aliran Gas Argon terhadap Kekuatan Tarik pada Proses Las TIG Material SUS 201 (Agus Harijono, AM. Mufarrih, Zakki Fuadi Emzain, Moh. Nasir Hariyanto)

yang standar dan bisa dipertanggung jawabkan. Standar yang digunakan contohnya seperti ASTM, JIS, dll.

Pengambilan data untuk kekuatan tarik pada sambungan las dilakukan sebanyak 3 kali percobaan dengan menggunakan spesimen ASTM E8. Pada gambar 1 dibawah ini merupakan spesimen uji tarik standar ASTM E8.



Gambar 3. Spesimen Uji Tarik ASTM E8

Berikut adalah ukuran spesimen uji tarik ASTM E8 dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Ukuran Spesimen Uji Tarik ASTM E8

Spesimen Uji	Dimensi Spesimen (mm)							
	G	W	C	R	L	A	B	T
SUS 201	50	12.5	20	12.5	200	57	50	2
Jumlah Spesimen = 27 Spesimen								

Spesimen uji Tarik yang telah disesuaikan dimensinya sesuai standar ASTM E8 ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 4. Spesimen uji tarik

Pada penelitian ini tahapan penelitian yang dilakukan adalah pengumpulan data, pengolahan data, kemudian dilakukan perhitungan dan pengujian data statistik pada data hasil eksperimen. Pengumpulan data dilakukan dari hasil pengelasan dengan metode las *gas tungsten arc welding* (GTAW), kemudian diuji tarik dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit sampai pada beban maksimum yang menyebabkan bahan uji patah. Setelah diperoleh data-data berupa angka yang nantinya diperlukan dalam menganalisis hasil pengujian tarik. Analisis data menggunakan *analysis of varians* (ANOVA).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Tarik SUS 201

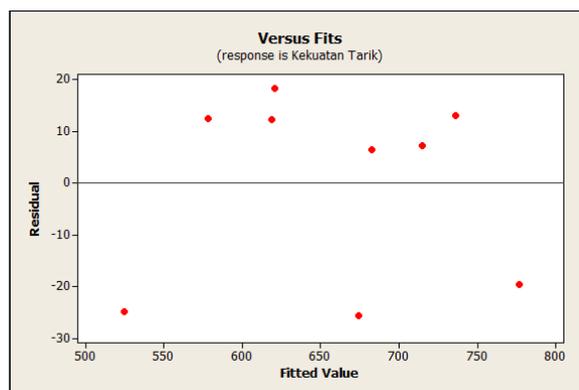
NO	KUAT ARUS	ALIRAN GAS ARGON	KEKUATAN TARIK (MPa)			
	Ampere	Liter/menit	1	2	3	RATA-RATA
1	50	5	526,31	485,77	486,32	499,46
2	50	10	578,28	573,81	618,97	590,35
3	50	15	617,79	656,52	618,26	630,85
4	60	5	647,66	640,92	628,45	639,01
5	60	10	646,88	650,88	647,74	648,51
6	60	15	726,77	719,63	719,79	722,06
7	70	5	687,18	694,01	686,08	689,08
8	70	10	760,64	743,94	743,31	749,29
9	70	15	764,71	752,64	754,52	757,29

3.1 Analisis Variabel bebas terhadap kekuatan tarik

Untuk mengetahui apakah kuat arus dan aliran gas argon mempunyai pengaruh terhadap nilai kekuatan tarik pada pengelasan GTAW material SUS 201 maka dilakukan *Analysis of variance* (ANOVA). ANOVA mensyaratkan bahwa *residual* harus memenuhi tiga asumsi, yaitu bersifat identik, independen dan berdistribusi normal.

3.1.1 Uji Identik

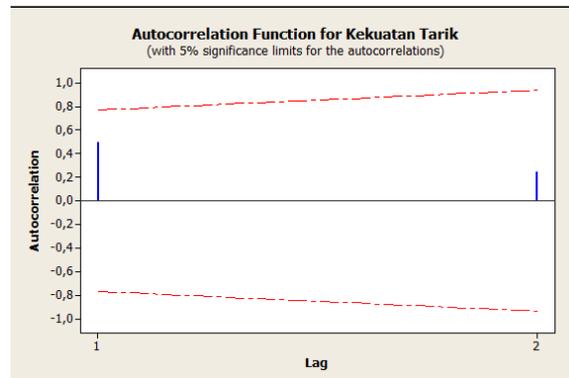
Uji identik terpenuhi bila *residual* tersebar secara acak disekitar harga nol dan tidak membentuk pola tertentu. Hasil uji identik disajikan pada Gambar 5. Uji identik pada Gambar 5 menampilkan *residual* tersebar secara acak disekitar harga nol dan tidak membentuk pola tertentu. Hal ini menunjukkan asumsi identik terpenuhi.



Gambar 5. Uji identik respon kekuatan tarik

3.1.2 Uji Independen

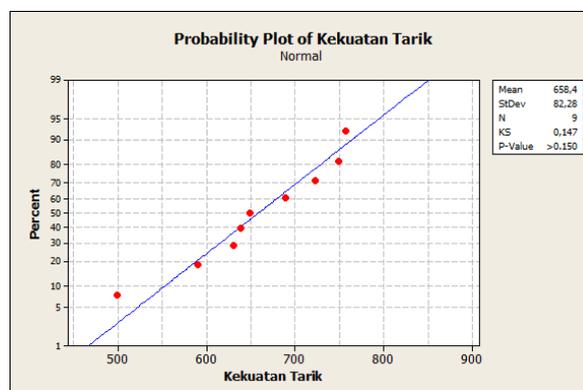
Pengujian independen pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *auto correlation function* (ACF). Berdasarkan plot ACF yang ditunjukkan pada Gambar 6. Dari Gambar tersebut dapat dilihat bahwa tidak ada nilai ACF pada tiap lag yang keluar dari batas interval. Hal ini membuktikan bahwa tidak ada korelasi antar *residual* yang berarti *residual* bersifat independen.



Gambar 6. Uji independen respon kekuatan Tarik

3.1.3 Uji Kenormalan

Uji kenormalan atau uji distribusi normal dilakukan dengan menggunakan uji *kolmogorov-smirnov*. Data penelitian dinyatakan berdistribusi normal jika *p-value* lebih besar dari taraf signifikan $\alpha=0,05$. Uji kenormalan dapat dilihat seperti Gambar 7. Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa *p-value* untuk respon kekuatan tarik sebesar >0.150 , nilai ini lebih besar dari taraf signifikan $\alpha=0,05$, Hal ini berarti data respon kekuatan tarik dapat dinyatakan berdistribusi normal.



Gambar 7. Uji Kenormalan respon kekuatan Tarik

3.2 Analysis of Variance (ANOVA)

Setelah uji identik, independen dan distribusi normal terpenuhi, maka dapat dilakukan *analysis of variance* untuk mengetahui variabel bebas mana yang

memiliki pengaruh secara signifikan terhadap respon kekuatan tarik. ANOVA untuk respon kekuatan tarik ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. ANOVA variabel bebas terhadap kekuatan tarik

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	Ss'	% kontribusi
Kuat Arus	2	38191	38191	19096	29,71	0,004	36905	68,14
Aliran gas	2	13398	13398	6699	10,42	0,026	12112	22,36
Error	4	2571	2571	643				9,50
Total	8	54160						100,00

$$S = 25,3527 \quad R-Sq = 95,25\% \quad R-Sq(adj) = 90,51\%$$

Berdasarkan ANOVA dapat dijabarkan pengaruh variabel bebas terhadap respon kekuatan tarik sebagai berikut:

Hipotesis nol dan hipotesis alternatif yang digunakan pada uji hipotesis untuk variabel bebas kuat arus dengan menggunakan distribusi F adalah sebagai berikut:

$$H_0 : KA_1 = KA_2$$

$$H_1 : KA_1 \neq KA_2$$

Kesimpulan: $F_{hitung} = 29,71 > F_{(0,05;2;16)} = 3,63$ maka H_0 ditolak, artinya ada pengaruh yang signifikan variable kuat arus terhadap variable respon kekuatan tarik. *P-value* menunjukkan angka sebesar $0,004 < 0,05$, sehingga ini juga mengkonfirmasi bahwa variabel bebas kuat arus berpengaruh signifikan terhadap variabel respon kekuatan tarik dengan tingkat keyakinan sebesar 95%.

Sedangkan Hipotesis nol dan hipotesis alternatif yang digunakan pada uji hipotesis untuk variabel bebas aliran gas argon dengan menggunakan distribusi F adalah sebagai berikut:

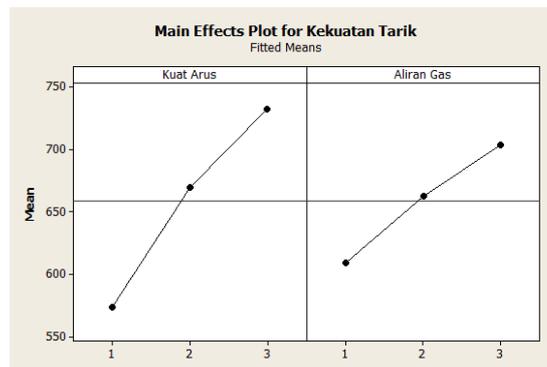
$$H_0 : AGA_1 = AGA_2$$

$$H_1 : AGA_1 \neq AGA_2$$

Kesimpulan: $F_{hitung} = 10,42 > F_{(0,05;2;16)} = 3,63$ maka H_0 ditolak, artinya ada pengaruh yang signifikan variabel bebas aliran gas argon terhadap variabel respon kekuatan tarik. *P-value* menunjukkan angka sebesar $0,026 < 0,05$, sehingga ini juga mengkonfirmasi bahwa variabel bebas aliran gas argon berpengaruh signifikan terhadap variabel respon kekuatan tarik dengan tingkat keyakinan sebesar 95%.

Berdasarkan Tabel 3, semua variabel bebas baik kuat arus maupun aliran gas argon secara statistik mempunyai pengaruh signifikan terhadap variabel respon kekuatan tarik. Kontribusi terbesar terhadap variabel respon kekuatan tarik diberikan oleh kuat arus, yaitu sebesar 68,14%, diikuti oleh aliran gas argon yaitu

sebesar 22,36%. Untuk mengetahui pengaruh tiap level dari variabel bebas terhadap variabel respon dapat dilihat pada Gambar 8.



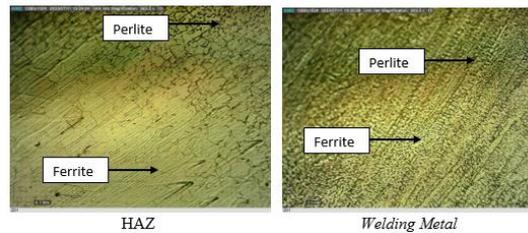
Gambar 8. *Main effects plot* variabel bebas terhadap respon kekuatan tarik

Berdasarkan Gambar 8 dapat diketahui bahwa peningkatan kuat arus akan meningkatkan penyimpangan kekuatan tarik, begitu pula peningkatan aliran gas argon akan meningkatkan kekuatan tarik.

3.3 Pembahasan

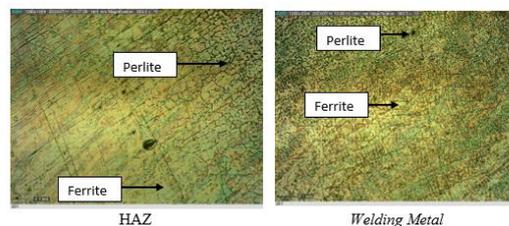
Berdasarkan gambar 4 dapat dilihat aliran gas argon 5 l/menit pada garis biru dengan kuat arus 50A memiliki nilai kekuatan tarik terendah sebesar 499,46 MPa, mengalami peningkatan kekuatan tarik pada kuat arus 60A sebesar 639,01 Mpa, pada kuat arus 70A mengalami peningkatan kekuatan tarik tertinggi sebesar 689,08 MPa. Pada aliran gas argon 10 l/menit pada garis merah dengan kuat arus 50A memiliki nilai kekuatan tarik terendah sebesar 590,35 Mpa, mengalami peningkatan kekuatan tarik pada kuat arus 60A sebesar 648,51 MPa, dan pada kuat arus 70A mengalami peningkatan kekuatan tarik tertinggi sebesar 749,29 MPa. Pada aliran gas argon 15 l/menit pada garis hijau dengan kuat arus 50A memiliki nilai 630,85 MPa, mengalami peningkatan kekuatan tarik pada kuat arus 60A sebesar 722,06 MPa, dan pada kuat arus 70A kekuatan tarik mengalami peningkatan tertinggi sebesar 757,29 Mpa.

Sebagai penunjang dari hasil uji tarik material SUS 201, berikut disajikan data struktur mikro pada hasil pengelasan SUS 201. Dari pengamatan struktur mikro pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) pada variasi aliran gas argon 5,10,15 liter/menit dengan perbesaran 300x dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



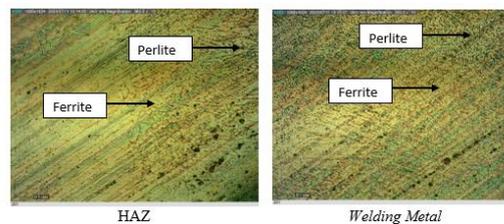
Gambar 9. Struktur Mikro Aliran Gas Argon 5 l/m

Pada gambar 8 di atas variasi aliran gas argon terhadap struktur mikro pada proses pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) dapat berpengaruh struktur mikro hasil pengelasan dengan bentuk partikel *perlite* dan *ferrite* pada daerah HAZ dan *welding metal*. Dari hasil pengamatan struktur variasi aliran gas argon 5 l/menit terdapat *ferrite* (berwarnya terang) yang lebih mendominasi dari pada *perlite*, karena *ferrite* tersebut memiliki struktur yang tidak keras sehingga memiliki kekuatan tarik terendah.



Gambar 10. Struktur Mikro Aliran Gas Argon 10 l/m

Pada gambar 10 di atas struktur mikro dengan perbesaran 300x daerah HAZ dan *welding metal* dengan variasi aliran gas argon 10 l/menit mempunyai *ferrite* yang lebih dominan dibandingkan dengan *perlite*. Karena menandakan bahwa bersifat tidak keras pada material SUS 201. Dengan menggunakan proses pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*).



Gambar 11. Struktur Mikro Aliran Gas Argon 15 l/m

Pada gambar 11 di atas variasi kuat arus terhadap struktur mikro pada proses pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) berpengaruh pada hasil pengelasan tersebut. Dari hasil pengamatan struktur mikro pada variasi aliran gas argon 15

liter/menit terdapat partikel *perlite* (berwarna gelap) yang lebih mendominasi karena tingkat kekerasannya tinggi. Sehingga memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi.

4. SIMPULAN

Dari hasil penelitian pengaruh kuat arus dan aliran gas argon terhadap kekuatan tarik pada pengelasan GTAW SUS 201, kesimpulan dapat diambil yaitu :

- a. Pada variasi kuat arus berpengaruh signifikan terhadap nilai kekuatan tarik hasil las GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) pada material SUS 201. Hasil pengujian tarik diperoleh rata-rata untuk pengelasan GTAW dengan variasi kuat arus 50 A adalah 573,55 MPa, untuk variasi kuat arus 60 A adalah 669,85 MPa dan untuk variasi kuat arus 70 A adalah 731,89 MPa. Kekuatan tarik rata – rata tertinggi adalah pada variasi kuat arus 70 A dan kekuatan tarik rata – rata terendah pada variasi 50 A.
- b. Pada aliran gas argon berpengaruh signifikan terhadap nilai kekuatan tarik hasil las GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) pada material SUS 201. Dengan semakin tinggi variasi aliran gas argon nilai kekuatan tarik semakin meningkat, pada variasi aliran gas argon 15 l/menit memiliki nilai kekuatan tarik titik tertinggi dengan rata – rata sebesar 703,40 MPa dan pada variasi aliran gas argon 5 l/menit memiliki nilai kekuatan tarik terendah dengan rata – rata sebesar 609,18 Mpa
- c. Interaksi antara aliran gas argon dan kuat arus didapatkan bahwa nilai maksimum kekuatan tarik hasil pengelasan GTAW material SUS 201 didapat pada kondisi kuat arus 70A dan aliran gas argon 15 l/menit dengan nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 757,29 MPa. Nilai kekuatan tarik minimum didapat pada variasi kuat arus 50A dan aliran gas argon 5 l/menit dengan nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 499,46 MPa.

5. SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian adalah agar mencoba menggunakan level faktor yang lain, dan menambahkan faktor-faktor penting yang lain untuk mengurangi besarnya error. Pada penelitian ini kontribusi error masih sebesar 9,51%.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Nasrul, S. Heru, and Q. Abdul, "Pengaruh Variasi Arus Las Smaw Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Sambungan Dissimilar Stainless Steel 304 Dan St 37," *J. Tek. Mesin*, vol. 24, no. 1, pp. 1–12, 2016.
- [2] T. Juwandi and J. Syarif, "Analisa pengaruh variasi arus pengelasan GTAW pada baja AISI 1050 terhadap sifat fisik dan mekanis," *J. Weld. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–5, 2021.
- [3] S. Sarjiyana, L. Agustriyana, and S. Suyanta, "Analisis Sifat Mekanik Pengelasan Bimetal Plat Baja Karbon Rendah Dan Stainless Steel Dengan Las Gtaw," *J. Tek. Ilmu dan Apl.*, vol. 09, no. 2, pp. 12–16, 2020.
- [4] A. Eko Purkuncoro, "Analisis Pengaruh Variasi Arus Listrik 90 a, 10 a, 130 a Terhadap Sifatmekanis Dan Strukturmikrohasil Pengelasan Gasmetal Arcwelding (Gmaw) Pada Baja Karbon Jiss50C," *Ind. Inov. J. Tek. Ind.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–8, 2019, doi: 10.36040/industri.v9i1.372.
- [5] W. Pranajaya, A. W. B. Santoso, and U. Budiarto, "Analisa Pengaruh Variasi Kampuh Las dan Arus Listrik Terhadap Kekuatan tarik dan Struktur Mikro Sambungan Las TIG (Tungsten Inert Gas) pada Aluminium 6061," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 4, pp. 286–293, 2019.
- [6] Juwanda, Saifuddin, and Marzuki, "Analisa pengaruh kuat arus hasil pengelasan GMAW terhadap kekerasan material ASTM A36," *J. Weld. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 6–11, 2021.
- [7] S. Dharma, S. Suherman, S. Sarjiyanto, R. Sebayang, and H. B. Kurniyanto, "Pengaruh Kuat Arus terhadap Sifat Mekanis pada Aluminium Al-Si-Fe dengan Filler Er 4043 Metode Pengelasan GTAW," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 17, no. 1, p. 103, 2022, doi: 10.32497/jrm.v17i1.3068.
- [8] Musofi, Warso, Sutarno, and Nugrah Rekto Prabowo, "Pengaruh Variasi Waktu Penekanan dan Suhu Pre-Heating Friction Welding Terhadap Sifat Mekanis dan Morfologi Struktur Mikro Baja Stainless Steel 201," *Iteks*, vol. 14, no. 1, pp. 78–88, 2022.
- [9] H. Istiqlaliyah and A. Mufarrih, "Analisa pengaruh variasi kuat arus, media pendingin, dan merk elektroda terhadap kekuatan tarik dan distorsi sudut sambungan baja st 37," *J. Tek. Mesin Indones.*, vol. 11, no. 1, pp. 41–45, 2018, doi: 10.36289/jtmi.v11i1.50.
- [10] R. D. Prayogo, "Analysis Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Baja Ss 41 Pada Pengelasan Gtaw," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap. VI 2018 Inst. Teknol. Adhi Tama Surabaya*, pp. 133–140, 2018.