

**PENGARUH ARUS LISTRIK GAS METAL ARC WELDING TERHADAP
KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO STAINLESS STEEL 304**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata S 1 pada
Jurusan Teknik Fakultas Teknik Mesin**

Oleh:

AGUNG SUSILO

D200170193

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2023

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH ARUS LISTRIK *GAS METAL ARC WELDING* TERHADAP
KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO *STAINLESS STEEL 304***

PUBLIKASI ILMIAH

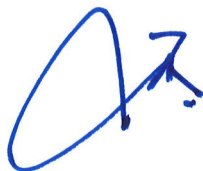
Oleh:

AGUNG SUSILO

D 200 170 193

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen pembimbing

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large loop followed by a stylized 'T' and 'j'.

Dr. Ir. Tjahjono, M.T.

NIDN. 06 310157 01

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH ARUS LISTRIK *GAS METAL ARC WELDING* TERHADAP
KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO *STAINLESS STEEL 304***

OLEH

AGUNG SUSILO

D200170193

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari selasa, 31 Januari 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Dr. Ir. Tri Tjahjono, M.T.
(Ketua Dewan Penguji)
2. Joko Sedyono, S.T., M.Eng., Ph.D.
(Anggota I Dewan Penguji)
3. M. Alfatih Hendrawan, S.T., M.T.
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)



Dekan,

Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIDN. 0603027401

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 09 Januari 2023

Penulis



AGUNG SUSILO

D200170193

PENGARUH ARUS LISTRIK GAS METAL ARC WELDING TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO STAINLESS STEEL 304

Abstrak

Gas Metal Arc Welding (GMAW) atau dikenal juga dengan nama *Metal Inert Gas* (MIG) adalah las busur listrik yang menggunakan gas mulia sebagai pelindung elektroda dan benda kerja dari pengaruh atmosfer. Panas pada proses *Gas Metal Arc Welding* dihasilkan oleh pergerakan elektron yang terjadi pada ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Baja tahan karat merupakan logam yang memiliki ketahanan tinggi terhadap pengkaratan dan banyak digunakan dalam industri seperti industri bahan kimia, industri makanan dan sebagai suku cadang kendaraan bermotor atau sebagai bahan konstruksi dalam bidang maritim. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari arus listrik *Gas Metal Arc Welding* terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro sambungan las baja tahan karat. Bahan penelitian ini adalah ss 304 berbentuk plat yang dilas dengan variasi arus listrik 80 Ampere, 90 Ampere dan 100 Ampere kemudian direparasi selanjutnya dilakukan pengujian tarik dan pengamatan struktur mikro menggunakan mesin *Scanning Electron Microscope*. Hasil penelitian menunjukkan kekuatan tarik tertinggi dihasilkan oleh spesimen arus listrik 100 Ampere sebesar 244.4372421 N/mm², urutan kedua spesimen arus listrik 90 Ampere dengan kekuatan tarik sebesar 210.2050893 N/mm² dan urutan terakhir spesimen arus listrik 80 Ampere dengan kekuatan tarik sebesar 174.4804688 N/mm² yang menunjukkan kalau arus listrik berpengaruh terhadap kekuatan tarik yang dihasilkan material, semakin tinggi arus listrik yang digunakan semakin tinggi juga kekuatan tariknya. Berdasarkan pengamatan struktur mikro menggunakan mesin *Scanning Electron Microscope*, perlit yang terbentuk semakin kecil diarus yang tinggi dan unsur karbon larut dalam ferit lebih banyak menyebabkan kekuatan tariknya meningkat.

Kata Kunci: *Gas Metal Arc Welding*, Arus Listrik, Baja tahan karat, kekuatan tarik, SEM

Abstract

Gas Metal Arc Welding (GMAW) or also known as Metal Inert Gas (MIG) is an electric arc welding that uses noble gases as protective electrodes and workpieces from atmospheric influences. The heat in the Gas Metal Arc Welding process is generated by the movement of electrons that occurs at the tip of the electrode and the surface of the workpiece. Stainless steel is a metal that has a high resistance to rust and is widely used in industries such as the chemical industry, the food industry and as parts for motor vehicles or as construction materials in the maritime sector. The purpose of this study was to determine the effect of the electric current of Gas Metal Arc Welding on the tensile strength and microstructure of stainless steel Welded Joint. The material of this research is ss 304 in the form of a welded plate with variations in electric currents of 80 Ampere, 90 Ampere and 100 Ampere then repaired then tensile testing and microstructure observations using a Scanning Electron Microscope machine. The results showed that the highest tensile strength was produced by an electric current specimen of 100 Ampere of 244.4372421 N/mm², the second order was an electric current specimen of 90 Ampere with a tensile strength of 210.2050893 N/mm² and the last order was an electric current specimen of 80 Ampere with a tensile strength of 174.4804688 N/mm² which shows that the electric current affects the tensile strength of the material, the higher the electric current used, the higher the tensile strength. Based on the observation of the microstructure using the Scanning Electron Microscope

machine, the smaller pearlite formed at high currents and the more dissolved carbon elements in ferrite caused the tensile strength to increase.

Key Words: Gas Metal Arc Welding, electric current, stainless steel, tensile strength, SEM

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan definisi dari *Deutsche Industrie Normen* (DIN), las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau paduannya yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Saat ini teknik pengelasan telah digunakan secara luas pada sambungan batang konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Penerapan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, pipa saluran, kendaraan rel, rangka baja dan lain sebagainya. Selain itu pengelasan juga dapat digunakan untuk reparasi seperti sebagai pengisi lubang-lubang pada coran, membuat lapisan keras pada perkakas, menebalkan bagian yang sudah aus dan berbagai macam reparasi lainnya (Wiryosumarto dan Okumura, 2000).

Bidang konstruksi merupakan salah satu bidang yang banyak menggunakan pengelasan untuk menyambung rangka, lantai dan pondasi yang menggunakan baja atau besi. Dalam konstruksi, pemilihan material dan pengelasan sering tidak diperhatikan sehingga menimbulkan kerusakan pada konstruksi tersebut (Sopiyan dan Susetyo, 2017).

Gas Metal Arc Welding (GMAW) adalah metode pengelasan yang menggunakan gas pelindung. Gas pelindung berfungsi untuk melindungi daerah lasan dari lingkungan udara bebas agar tidak terkontaminasi saat pengelasan sedang berlangsung sehingga dapat memaksimalkan hasil lasan. Logam lasan sangat rentan terhadap hidrogen pada udara bebas yang dapat menyebabkan cacat porositas. Dalam pengelasan GMAW menggunakan gas Argon (Ar) sebagai gas pelindung yang biasa disebut *Metal Inert Gas* (MIG) atau menggunakan gas Karbondioksida (CO_2) yang biasa disebut *Metal Active Gas* (MAG) (Purkuncoro, 2019).

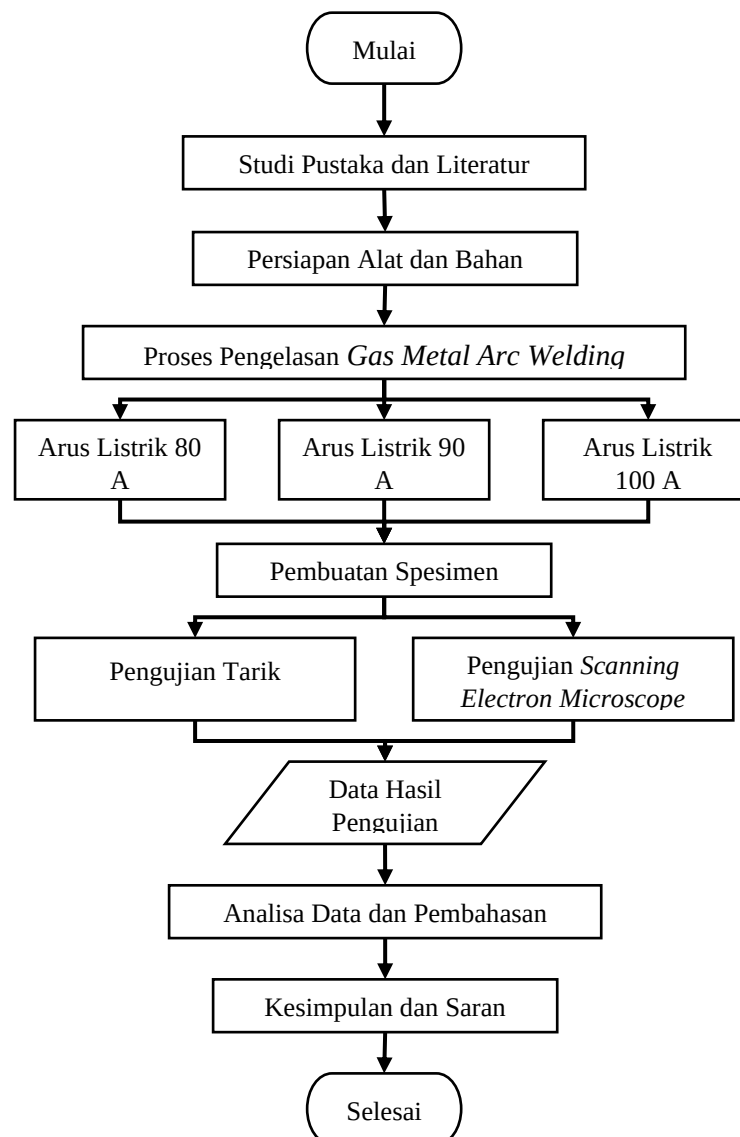
Hasil pengelasan yang baik merupakan tujuan utama dari pengelasan. Hasil pengelasan sering mengalami cacat las, kekuatan yang dihasilkan kurang baik dan kekurangan lainnya. Hasil pengelasan ini dipengaruhi oleh parameter seperti sudut kampuh las, arus listrik, kadar campuran elektroda, material yang dilas, posisi pengelasan dan lain-lainnya (Sopiyan dan Susetyo, 2017).

Arus listrik merupakan salah satu parameter proses pengelasan yang berpengaruh pada penetrasi dan kecepatan pencairan elektrodanya. Apabila arus listrik yang digunakan untuk mengelas rendah menyebabkan kawat las dan benda kerja tidak meleleh dengan baik sehingga terbentuklah hasil lasan yang kurang merata dan kedalaman penetrasi yang

rendah. Sebaliknya dengan menggunakan arus listrik yang tinggi, elektroda dan benda kerja akan mencair dengan lebih cepat dan mengakibatkan penetrasi yang dalam serta permukaan lasan yang menjadi lebih lebar (Baskoro dkk, 2019).

Material sebagai komponen alat konstruksi dan perkakas, seperti pipa dan peralatan rumah tangga diharapkan dapat memiliki sifat-sifat yang mampu digunakan dalam berbagai kondisi. Salah satu material yang banyak digunakan adalah baja tahan karat (*stainless steel*) (Romli, 2013). Baja tahan karat atau *stainless steel* termasuk kedalam baja paduan yang memiliki ketahanan terhadap korosi, suhu tinggi maupun rendah serta ketangguhan dan mampu potong yang cukup. Karena sifat tersebut baja tahan karat banyak digunakan dalam konstruksi lepas pantai, pembuatan kapal, turbin, pesawat terbang, peralatan medis, alat rumah tangga dan lainnya (Wiryosumarto dan Okumura, 2000).

2. METODE



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Arus listrik adalah salah satu parameter pengelasan yang memiliki pengaruh besar pada sifat fisik dan mekanis logam hasil las. Setelah membaca beberapa penelitian terdahulu sebagai referensi, yang menyatakan bahwa semakin tinggi arus listrik yang digunakan semakin tinggi juga kekuatan tariknya. Oleh sebab itu penelitian ini dilakukan untuk membuktikan hubungan dari arus listrik pengelasan pada sifat mekanis dan struktur mikro logam hasil las.

Langkah – Langkah dalam proses penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mencari referensi pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW), baja tahan karat, pengujian tarik, pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) dari jurnal, buku dan internet
2. Mempersiapkan seluruh alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian.
3. Melakukan pemotongan plat logam dan dilakukan pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) dengan variasi arus 80 Ampere, 90 Ampere dan 100 Ampere.
4. Setelah melakukan pengelasan, plat logam dipotong sesuai dengan ukuran untuk dilakukan pengujian tarik dan pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM).
5. Hasil pengujian yang sudah didapatkan kemudian dianalisa dan disimpulkan.

2.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari plat baja tahan karat 304, elektroda ER308L, resin, autosol, etsa (cairan asam klorida (HCL) dan asam nitrat (HNO₃)) sedangkan alat yang digunakan adalah mesin gerinda potong, jangka sorong, timbangan digital, amplas (grid 100, 160, 400, 600, 1000 dan 1500) dan kain beludru. Selain itu instalasi alat yang digunakan untuk mendukung penelitian ini terdiri dari mesin las GMAW, mesin poles, mesin frais, mikroskop, mesin uji tarik dan mesin uji SEM.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Tarik

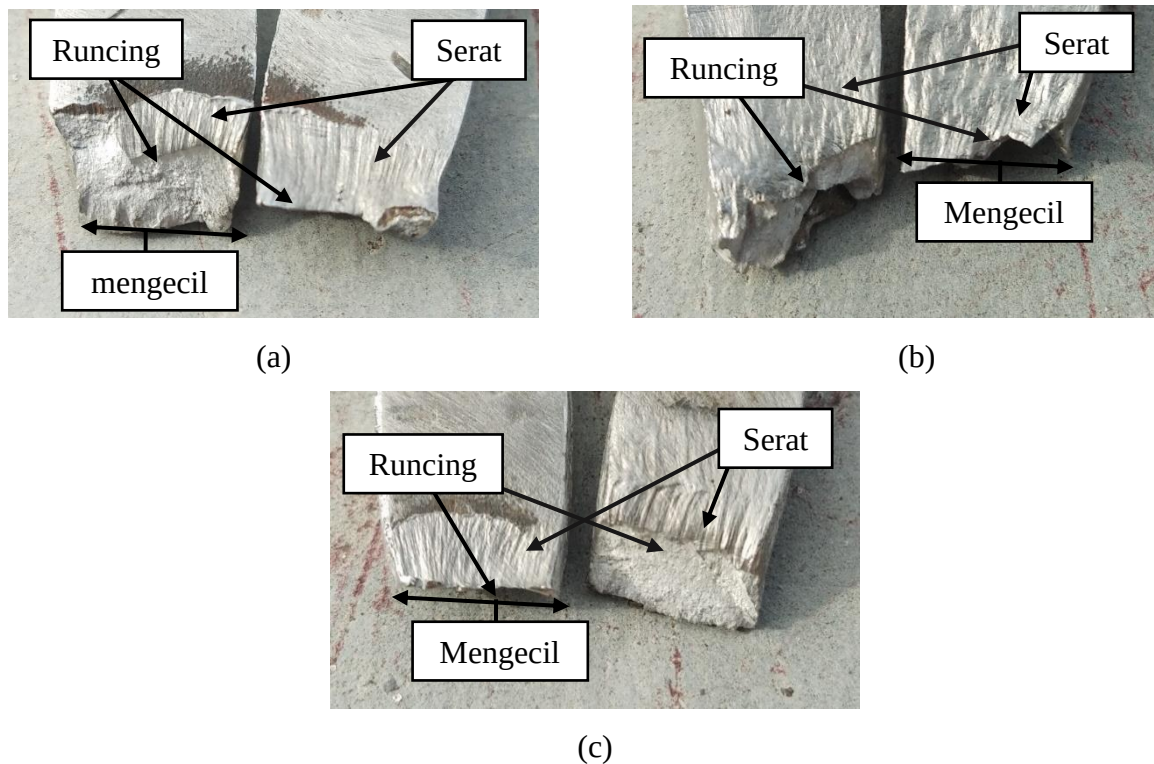
Tabel 1 Tegangan dan Regangan Spesimen

Arus Listrik (Ampere)	Luas Penampang (mm ²)	Tegangan Max. (N/mm ²)	Regangan (%)
80	50	174.4804688	43.51914
90	47.81	210.2050893	33.41054
100	47.05	244.4372421	43.09634

Kekuatan tarik adalah tegangan maksimum yang dapat diterima oleh spesimen atau bahan dalam menahan beban tarikan sesaat sebelum terjadinya patah atau terputus. Kekuatan tarik

berada di titik tertinggi dari diagram tegangan-regangan yang disebut dengan *Ultimate Tensile Strength*. Tegangan maksimum dan regangan spesimen dapat dilihat pada tabel 1.

Dari hasil pengujian tarik, spesimen arus listrik 80 Ampere memiliki kekuatan tarik sebesar 174.4804688 N/mm² dengan regangan sebesar 43.51914 %, spesimen arus listrik 90 Ampere memiliki kekuatan tarik sebesar 210.2050893 N/mm² dengan regangan sebesar 33.41054 % dan spesimen arus listrik 100 Ampere memiliki kekuatan tarik sebesar 244.4372421 N/mm² dengan regangan sebesar 43.09634 %. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa semakin besar arus listrik las yang digunakan saat mengelas maka semakin tinggi juga kekuatan sambungan las dalam menerima beban tarikan. Pada penelitian ini kekuatan tarik spesimen setelah dilakukan pengelasan masih dibawah spesimen sebelum dilakukan pengelasan (Supriyono, 2017). Sehingga dapat disimpulkan bahwa patah terjadi di daerah logam las.

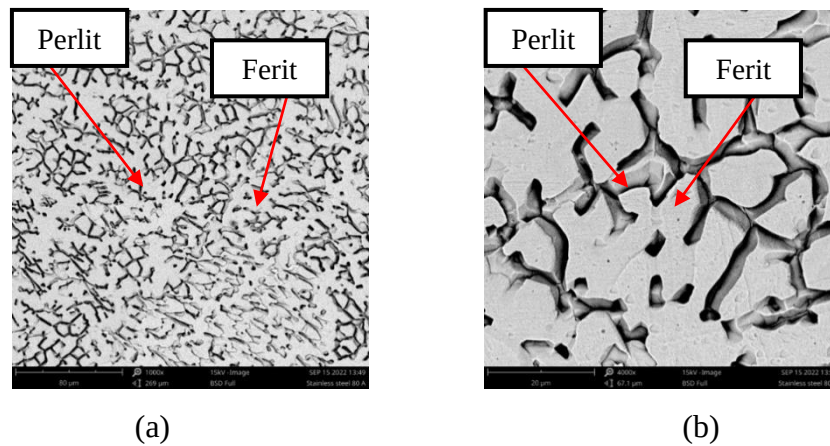


Gambar 1 Penampang patah (a) spesimen arus listrik 80 A, (b) spesimen arus listrik 90 A dan (c) spesimen arus listrik 100 A

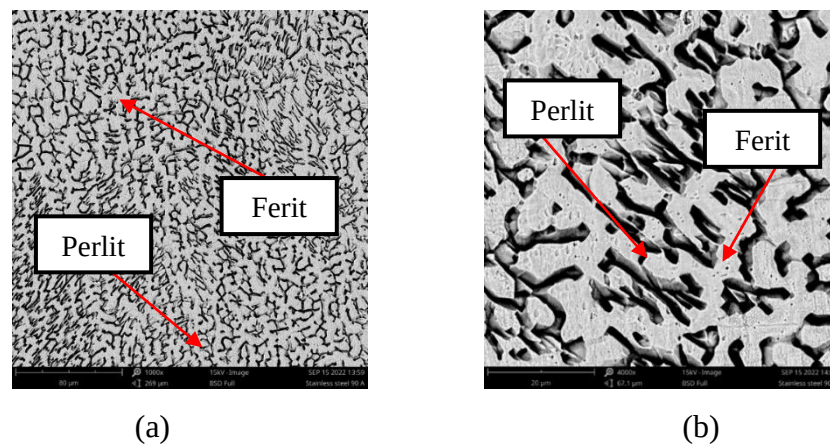
Pada gambar 4.15, 4.16 dan 4.17 memperlihatkan patahan yang terjadi pada spesimen arus listrik 80 A, 90 A dan 100 A setelah dilakukan pengujian tarik. Setelah melakukan pengamatan di daerah patah pada spesimen, ketiganya mengalami patah ulet yang berlokasi di daerah logam las karena ditemukannya tekstur permukaan penampang meruncing, sisa

deformasi plastis yang ditunjukkan dengan pengecilan luas penampang (*necking*) dan terdapat karakteristik semacam serat di daerah *Weld Metal* spesimen.

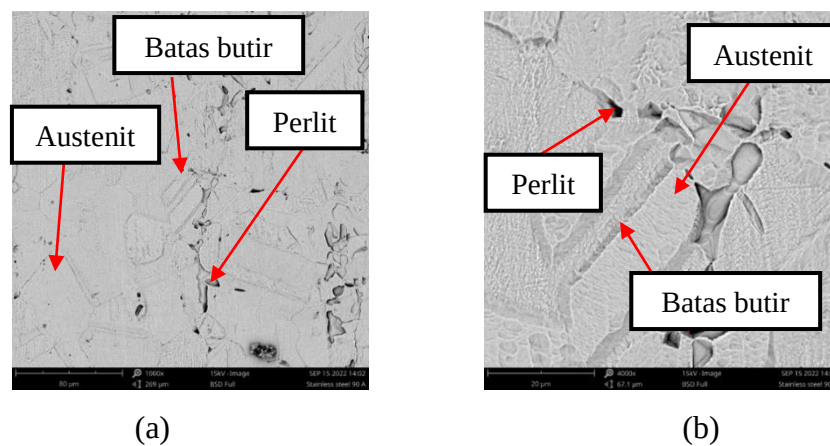
3.2 Hasil Pengujian SEM



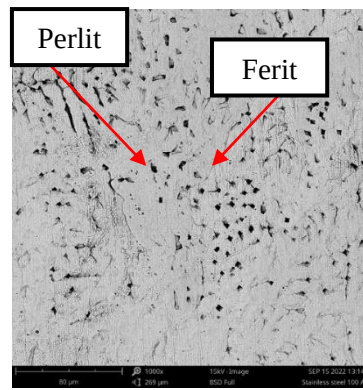
Gambar 2 Struktur mikro daerah *Weld Metal* baja tahan karat 304 arus listrik 80 Ampere perbesaran (a) 1000x dan (b) 4000x



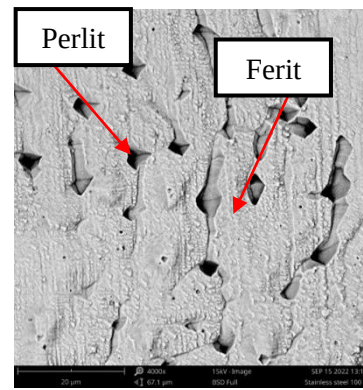
Gambar 3 Struktur mikro daerah *Weld Metal* baja tahan karat 304 arus listrik 90 Ampere perbesaran (a) 1000x dan (b) 4000x



Gambar 4 Struktur mikro daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) baja tahan karat 304 arus listrik 90 Ampere perbesaran (a) 1000x dan (b) 4000x

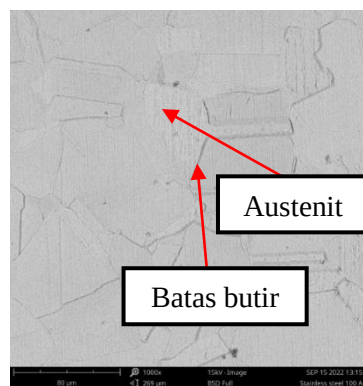


(a)

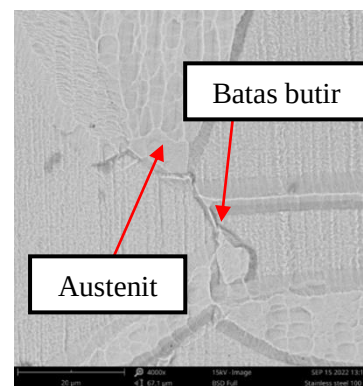


(b)

Gambar 5 Struktur mikro daerah *Weld Metal* baja tahan karat 304 arus listrik 100 Ampere perbesaran (a) 1000x dan (b) 4000x



(a)



(b)

Gambar 6 Struktur mikro daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) baja tahan karat 304 arus listrik 100 Ampere perbesaran (a) 1000x dan (b) 4000x

Gambar 2, 3 dan 5 memperlihatkan struktur mikro baja tahan karat 304 yang telah diperbesar pada pembesaran 4000x di daerah las. Pada spesimen arus listrik 80 Ampere struktur mikronya terdiri dari fasa perlit yang memiliki sifat keras dan getas serta dominasi fasa ferit yang memiliki sifat lunak dan ulet dengan kekuatan tariknya berada di bawah perlit, energi panas yang dihasilkan oleh arus listrik ini kecil sehingga karbon terkonsentrasi di satu tempat menyebabkan butir perlit berukuran besar dan akibatnya spesimen di arus listrik ini kekuatan tariknya kecil. Selanjutnya spesimen arus listrik 90 Ampere, energi panas yang dihasilkan oleh arus listrik ini meningkat dan karbon mulai terdifusi menyebabkan butiran perlit yang mengecil dan terlihat lebih banyak akibatnya kekuatan tarik spesimen di arus listrik ini meningkat. Terakhir spesimen arus listrik 100 Ampere, energi panas yang dihasilkan paling besar dari dua arus listrik sebelumnya sehingga karbon dapat terdifusi jauh yang kemudian menyebabkan banyak butiran perlit

berukuran kecil dan terdistribusi merata, akibatnya kekuatan tarik spesimen di arus listrik ini yang paling besar.

Gambar 4 (b) dan 6 (b) memperlihatkan struktur mikro baja tahan karat 304 yang telah diperbesar pada pembesaran 4000x di daerah HAZ (*Heat Affected Zone*). Spesimen arus listrik 90 Ampere struktur mikronya terdiri dari fasa perlit yang berbentuk seperti garis-garis dan titik-titik berwarna gelap (hitam), fasa austenit yang memiliki kontras warna yang terang (lebih terang dari perlit ataupun ferit) dan batas butir berbentuk seperti garis berwarna abu-abu yang mengelilingi dan memisahkan fasa austenit satu sama lainnya. Selanjutnya spesimen arus listrik 100 Ampere struktur mikronya adalah fasa austenit yang dipisahkan oleh batas butir sama seperti struktur mikro pada pengelasan dengan arus listrik 90 Ampere perbedaanya terletak pada garis-garis dan titik-titik hitam fasa perlit yang tidak terbentuk.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data dan pembahasan tentang Pengaruh Besar Arus Listrik Las *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro sambungan plat baja tahan karat 304 dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada hasil pengujian tarik dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi arus listrik yang digunakan menyebabkan kekuatan tarik akan semakin meningkat yang membuktikan bahwa hasil ini sesuai dengan beberapa penelitian terdahulu yang penulis gunakan sebagai referensi ditunjukkan oleh spesimen dengan arus listrik 100 A memiliki kekuatan tarik paling tinggi sedangkan spesimen arus listrik 80 A kekuatan tariknya paling rendah.
2. Pada hasil pengujian *Scanning Electron Microscope* dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi arus listrik yang digunakan menyebabkan ukuran butir perlit semakin kecil dengan jumlah yang banyak dan terdistribusi merata seperti pada spesimen dengan arus listrik 100 A butir perlit besar yang terbentuk sedikit dan distribusi butiran perlit yang sangat kecil tersebar merata sehingga pada hasil uji tarik memiliki kekuatan tarik paling besar.

DAFTAR PUSTAKA

Baskoro A. S., & P. Budi D. R., Widianto A. 2019 *Analisis Pengaruh Arus dan Kecepatan Pengelasan Terhadap Lebar Mekanik Las dan Distorsi pada Pengelasan Gas Metal Arc Welding (GMAW) Dengan Sambungan Tumpul SS 304*. Jurnal Teknik Mesin Indonesia, Volume 14, Nomor 2, Oktober 2019, halaman 52-57.

- Budiman, H. 2016 *Analisis Pengujian Tarik (Tensile Test) pada baja ST37 Dengan Alat Bantu Ukur Load Cell*. Jurnal J-Ensitem, Volume 03, Nomor 01, November 2016, halaman 9-13.
- Callister, W. D., & Rethwisch D. G. 2018. *Materials Science and Engineering (10th edition)*. United States of America: Aparta inc.
- Goldstein, J. I., Newbury, D. E., Michael, J. R., Ritchie, N. W. M., Scott, J. H. J. & Joy, D. J. 2018. *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis. 4th Edition*. New York: Springer Nature
- Gundara, G., & Biggunah A. A. *Analisis Kekuatan Arus Terhadap Ketangguhan dan Ketahanan Sambungan pada Proses Las Tig*. Jurnal Multi Disiplin Madani (MUDIMA), Volume 1, Nomor 3, Tahun 2021, halaman 233-248
- Kurdi, O. *Studi Pengaruh Variasi Kuat Arus Pengelasan Pelas AISI 444 Menggunakan Elektroda AWS E316L*. Jurnal Teknik Energi, Volume 13, Nomor 1, 1 Januari 2017, halaman 10-14
- Laksono, W. A. S. 2017. *Analisis Kekuatan Tarik Aluminium 5083 Hasil Pengelasan GMAW Posisi 1G Dengan Variasi Kuat Arus dan Debit Aliran Gas Pelindung*. Teknologi dan Kejuruan, Volume 40, Nomor 1, Februari 2017, halaman 21-30.
- Lestari, N., Sidharta, B. W., & Purnomo, A. *Pengaruh Arus Pengelasan SS 304 Menggunakan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Terhadap Kekuatan Mekanisnya*. Jurnal Unesa, Volume 16, Nomor 1, 1 November 2020, halaman 23-28
- Muku, I. D. M. K. 2019. *Kekuatan Sambungan Las Aluminium Seri 1100 Dengan Variasi Kuat Arus Listrik Pada Proses Las Metal Inert Gas (MIG)*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Volume 3, Nomor 1, April 2009, halaman 11-17.
- Purkuncoro, A. E. 2019. *Analisis Pengaruh Variasi Arus Listrik 90 A, 110 A dan 130 A Terhadap sifat Mekanis dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan Gas Metal Arc Welding (GMAW) Pada Baja Karbon JISS50C*. Jurnal Teknik Industri ITN Malang, Maret 2019, halaman 1-8.
- Romli. 2013. *Analisis Sifat Mekanis Pengaruh proses Pengelasan Baja Tahan Karat*. Jurnal Austenit, Volume 5, Nomor 1, April 2013, halaman 21-34.
- Sopiyan, & Susetyo, F. B. 2017. *Pengaruh Besar Sudut Kampuh Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan GMAW*. Jurnal Kajian Teknik Mesin, Volume 2, Nomor 2, Agustus 2017, halaman 99-105.
- Sumarji. 2011. *Studi Perbandingan Korosi Stainless Steel Tipe SS 304 dan SS 201 Menggunakan Metode U-Bend Test Secara Siklik Dengan Variasi Suhu dan Ph*. Jurnal Rotor, Volume 4, Nomor 1, Januari 2011 halaman 1-8.
- Supriyono. 2017. *Material Teknik*. Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- Surdia, T., & Saito, S. 2020. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Cetakan ke-2. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Wijoyo, & Aji, B. K. 2015. *Kajian Kekerasan dan Struktur Mikro Sambungan Las GMAW Baja Karbon Tinggi Dengan Variasi Masukan Arus Listrik*. Jurnal SIMETRIS, Volume 6, Nomor 2, November 2015, halaman 243-248.
- Wirjosumarto, H., & Okumura, T. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan ke-8. Jakarta: Pradnya Paramita.