

**PENGARUH VARIASI ARUS LISTRIK PENGELASAN GMAW
TERHADAP UJI KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO PLAT
LOGAM BAJA SS 400**



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

Oleh:

ALDIE YOGA NARMENDI

D200170231

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH VARIASI ARUS LISTRIK PENGELASAN GMAW
TERHADAP UJI KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO PLAT
LOGAM BAJA SS 400**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

ALDIE YOGA NARMENDI

D 200 170 231

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen pembimbing



Dr. Ir. Tjahjono, M.T.

NIDN. 06 310157 01

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH VARIASI ARUS LISTRIK PENGELASAN GMAW TERHADAP UJI
KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO PLAT LOGAM BAJA SS 400**

OLEH

ALDIE YOGA NARMENDI

D200170231

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik Mesin

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Selasa, 7 Februari 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,

Reis 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, 23 Januari 2023

Penulis



ALDIE YOGA NARMENDI

D200170231

PENGARUH VARIASI ARUS LISTRIK PENGELASAN GMAW TERHADAP UJI KEKUATAN TARIK DAN STRUKTUR MIKRO PLAT LOGAM BAJA SS 400

Abstrak

Gas Metal Arc Welding (GMAW) atau dikenal juga dengan nama *Metal Active Gas* (MAG) adalah las busur listrik yang menggunakan gas CO₂ 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 karbon rendah atau SS 400 merupakan logam yang memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3 %. Sifat kekerasannya relatif rendah, lunak dan keuletannya tinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari variasi arus listrik *Gas Metal Arc Welding* terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro baja SS 400. Bahan penelitian ini adalah baja SS 400 berbentuk plat yang dilas dengan variasi arus listrik 80 *Ampere*, 90 *Ampere* dan 100 *Ampere* kemudian dilakukan pengujian tarik dan pengamatan struktur mikro menggunakan mesin *Scanning Electron Microscope*. Hasil penelitian menunjukkan kekuatan tarik tertinggi dihasilkan oleh spesimen arus listrik 90 *Ampere* sebesar 116.778 N/mm², urutan kedua spesimen arus listrik 80 *Ampere* dengan kekuatan tarik sebesar 105.997 N/mm², dan urutan terakhir spesimen arus listrik 100 *Ampere* dengan kekuatan tarik sebesar 37.543 N/mm². Berdasarkan pengamatan struktur mikro menggunakan mesin *Scanning Electron Microscope*, pada arus listrik 80 *Ampere* lebih dominan ferit sehingga lebih ulet, sedangkan arus listrik 90 dan 100 *Ampere* lebih dominan perlit sehingga lebih getas serta ditemukan cacat las pada arus listrik 100 *Ampere* yaitu adanya *porosity*.

Kata Kunci: *Gas Metal Arc Welding* (GMAW), Arus Listrik, Baja Karbon Rendah, Uji Tarik, *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Abstract

Gas Metal Arc Welding (GMAW) or also known as Metal Active Gas (MAG) is an electric arc welding that uses CO₂ gas as a protective electrode and work piece from atmospheric influences. Heat in the Gas Metal Arc Welding process is generated by the movement of electrons that occur at the tip of the electrode and the surface of the workpiece. Low carbon steel or SS 400 is a metal that has a carbon content of less than 0.3%. It has relatively low hardness, softness and high ductility. The purpose of this study was to determine the effect of variations in the electric current of Gas Metal Arc Welding on the tensile strength and microstructure of SS 400 steel. The material for this research was plate-shaped SS 400 steel which was welded with variations of electric current of 80 Ampere, 90 Ampere and 100 Ampere then Tensile testing and microstructure observation were carried out using a Scanning Electron Microscope machine. The results showed that the highest tensile strength was produced by a 90 Ampere electric current specimen of 116,778 N/mm², the second order was an 80 Ampere electric current specimen with a tensile strength of 105,997 N/mm², and the last order was a 100 Ampere electric current specimen with a tensile strength of 37,543 N/mm². Based on microstructural observations using a Scanning Electron Microscope machine, ferrite is more dominant at 80 Ampere making it more ductile, while 90 and 100 Ampere electric currents are more dominant perlite so it is more brittle and defects were found at 100 Ampere electric current, namely the presence of porosity

Key Words: Gas Metal Arc Welding (GMAW), Electric Current, Low Carbon Steel, Tensile Test, Scanning Electron Microscope (SEM)

1. PENDAHULUAN

Pada era perkembangan jaman, ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) berkembang sangat pesat dalam dunia manufacturing, sehingga melahirkan inovasi ataupun penemuan baru dalam berbagai hal salah satunya di bidang Industri. Hal ini dipicu karena adanya minat konsumen yang tinggi sehingga menghasilkan produk-produk bermutu tinggi dan juga dapat bertahan lama. Dari hasil produk tersebut banyak diantaranya menggunakan material yang dapat bertahan lama dan mempunyai nilai kekuatan (strength) dan ketangguhan (toughness) yang tinggi.

Baja adalah sebuah paduan logam yang terdiri dari unsur besi (Fe) dan karbon (C) sebagai unsur utama, dan juga mengandung unsur-unsur lain seperti Mn, Si, Ni, Cr, V, dan lainnya dalam jumlah yang sangat kecil. Unsur-unsur tersebut akan berpengaruh terhadap mutu dari baja tersebut (Bintoro.G, 1999).

Pada baja karbon rendah mempunyai kandungan karbon kurang dari 0,3 %. Sifat kekerasannya relatif rendah, lunak dan keuletannya tinggi. Baja karbon rendah biasa digunakan dalam bentuk pelat, profil, sekrup, ulir dan baut (Candra.H, 2007).

Baja karbon rendah (SS 400) bukan merupakan baja yang keras karena kadar karbonnya sedikit. Baja ini disebut dengan baja ringan (mild steel) atau baja konstruksi yang mengandung karbon kurang dari 0,3 %. Baja karbon rendah memiliki sifat kuat, serta kemampuan untuk dibentuk dengan mudah dan diolah baik dalam keadaan panas maupun dingin. Arti dari SS itu merupakan singkatan dari Structural Steel. Sedangkan angka 400 berarti menunjukkan batas minimum untuk kekuatan tarik 400 N/mm². Dalam penggunaannya, baja ini dapat dipakai sebagai konstruksi jembatan, konstruksi lambung kapal dan lain – lain (Wiryosumarto, 2000).

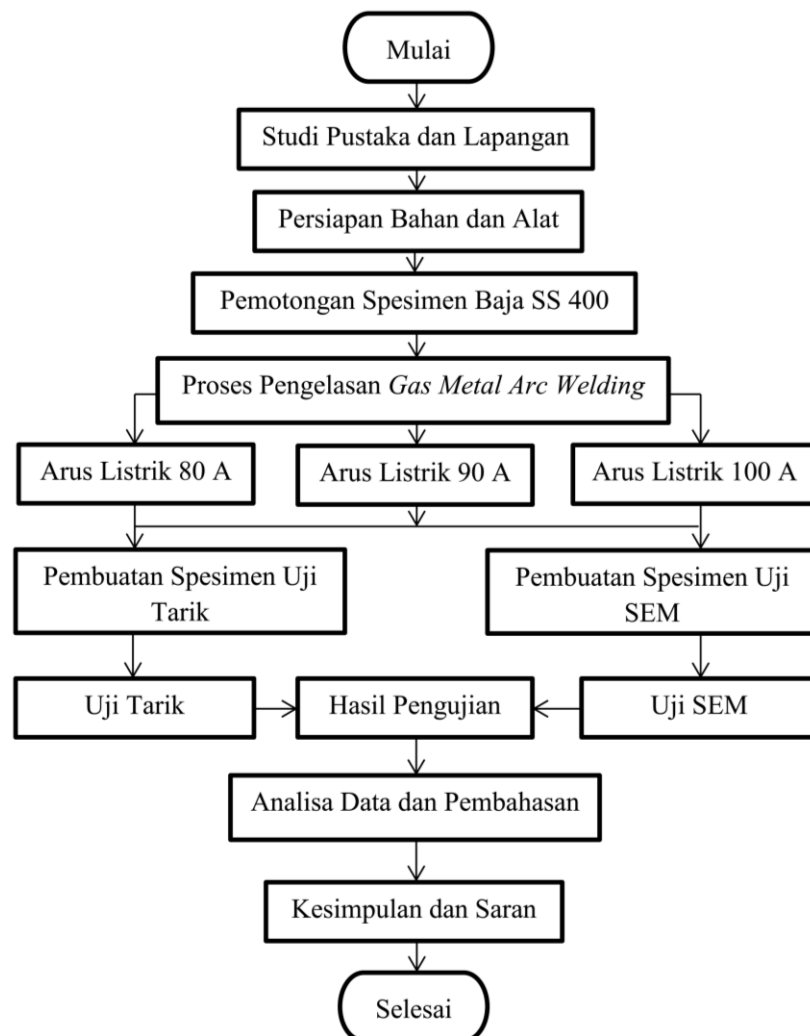
Las busur gas (GMAW) menggunakan elektroda kawat gulungan yang disalurkan melalui pemegang elektroda untuk melindungi busur dan logam yang mencair akibat panas listrik, dan kawat yang digunakan untuk pengisi sambungan disesuaikan dengan bahan atau material yang akan di las. Jenis kawat yang digunakan bisa terbuat dari logam murni atau campuran logam (Salmon, 1997).

Kekuatan hasil lasan dipengaruhi oleh beberapa parameter pengelasan, seperti tegangan busur, besar arus, penembusan, polaritas listrik, dan kecepatan pengelasan. Untuk kecepatan pengelasan itu sendiri tergantung pada jenis elektroda (kawat las), diameter inti elektroda (kawat las), bahan yang dilas, geometri sambungan, ketelitian sambungan dan

lain-lainnya. Namun dalam prakteknya, banyak juru las (*welder*) yang tidak memperhatikan parameter-parameter yang mempengaruhi kekuatan hasil lasan, sehingga terjadi cacat las dan kekuatan hasil sambungan pada lasan menurun (Priono, 2016).

Kedalaman peleburan sambungan pengelasan, yang semakin tinggi kuat arus yang digunakan maka semakin dalam peleburan pada daerah sambungan sehingga kekuatan tarik juga akan meningkat (Raharjo, 2012).

2. METODE



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Arus listrik merupakan salah satu parameter yang memiliki peranan penting pada sifat fisik, mekanis logam hasil lasan. Pada proses pengelasan juru las (*welder*) harus memperhatikan parameter pengelasan agar hasil sambungan las yang didapat hasilnya bagus dan terhindar dari cacat. Setelah membaca beberapa penelitian terdahulu sebagai referensi. Bahwa apabila sambungan las yang dihasilkan tidak terdapat cacat maka kekuatan tarik yang dihasilkan akan

meningkat dan semakin tinggi arus listrik yang digunakan maka akan semakin tinggi juga kekuatan tarik yang dihasilkan. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan dari arus listrik pengelasan las pada sifat mekanis dan struktur mikro logam baja SS 400 hasil las GMAW.

Langkah – Langkah dalam proses penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mencari referensi pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW), baja SS 400, 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 karbon rendah SS 400, elektroda ER70S-6, resin *epoxy*, cairan etsa (asam nitrat (HNO_3)), autosol. Alat yang digunakan adalah timbangan digital, jangka sorong, mesin gerinda, sikat baja, *clem* las, mesin las GMAW, mesin *milling*, mesin CNC, mesin uji tarik, amplas (grid 100, 180, 400, 600, 1000 dan 1500), kain bludru, mesin poles, mesin *coating unit* dan mesin SEM.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Tarik

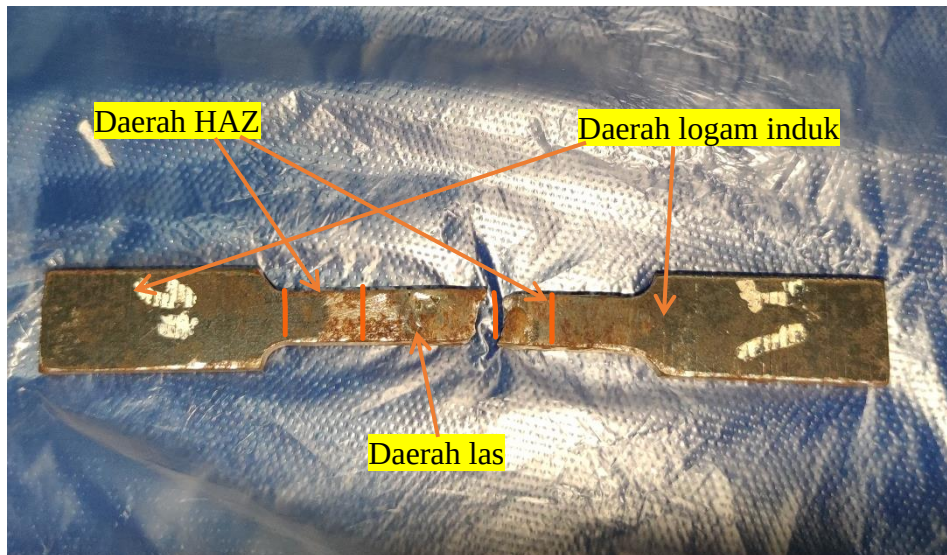
Tabel 1. Tegangan dan Regangan Spesimen

Arus Listrik (Ampere)	Luas Penampang (mm ²)	Tegangan Max. (N/mm ²)	Regangan (%)
80	49.14	105.997	26.471
90	49.14	116.778	10.937
100	49.14	37.543	6.179

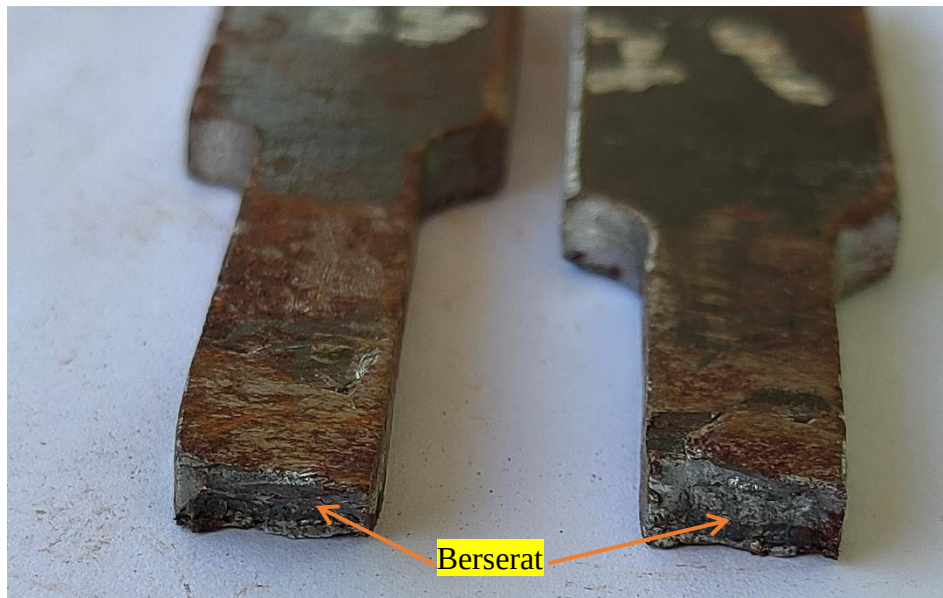
Kekuatan tarik (*Tensile Strength*, *Ultimate tensile Strenght*) adalah tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh suatu benda ketika mengalami pembebanan. Kekuatan tarik dapat dicari dari titik tertinggi dari diagram tegangan regangan..Tegangan maksimum dan regangan spesimen dapat dilihat pada tabel 1.

Dari hasil pengujian tarik, spesimen arus listrik 80 *Ampere* memiliki kekuatan tarik sebesar 105.997 N/mm² dengan regangan sebesar 26.471 %, spesimen arus listrik 90

Ampere memiliki kekuatan tarik sebesar 116.778 N/mm^2 dengan regangan sebesar 10.937% dan spesimen arus listrik 100 Ampere memiliki kekuatan tarik sebesar 37.543 N/mm^2 dengan regangan sebesar 6.179% . Hasil pengujian ini menunjukkan adanya penurunan kekuatan tarik pada arus 100 A . Berdasarkan jenis patahan arus 100 A merupakan jenis patahan ulet. Pada gambar patahan ini terjadi pada daerah las dan ditandai adanya deformasi plastis yang cukup besar, sehingga permukaan patahannya kasar dan berserabut.

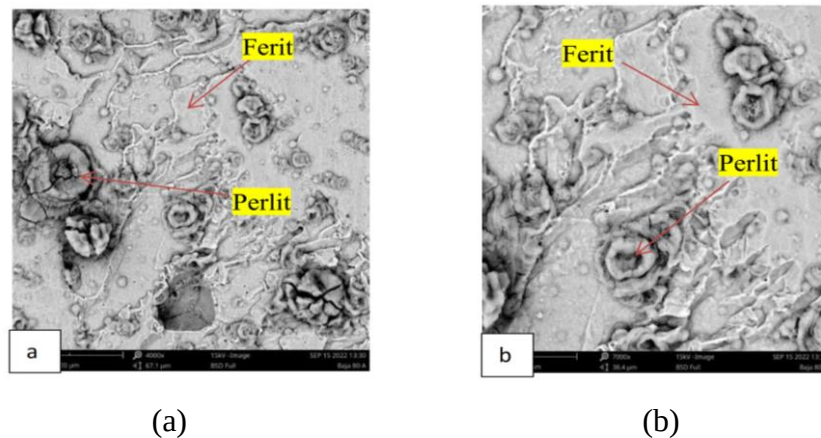


Gambar 2. Patahan pada daerah las arus 100 A .



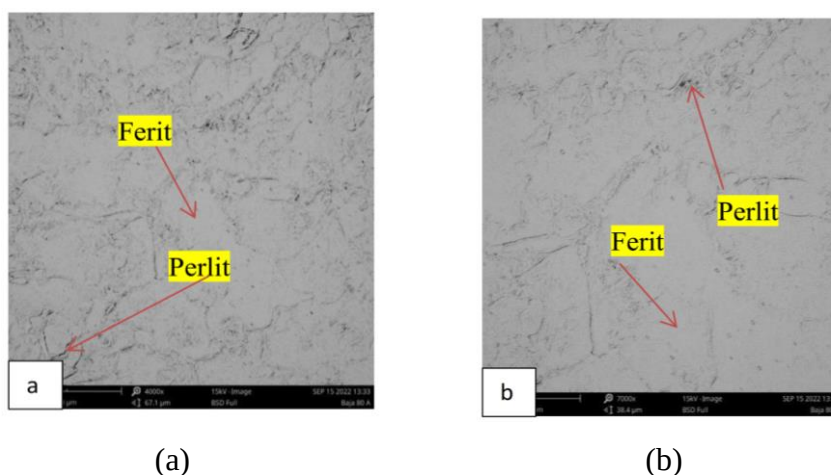
Gambar 3. Penampang arus 100 A

3.2 Hasil Pengujian SEM



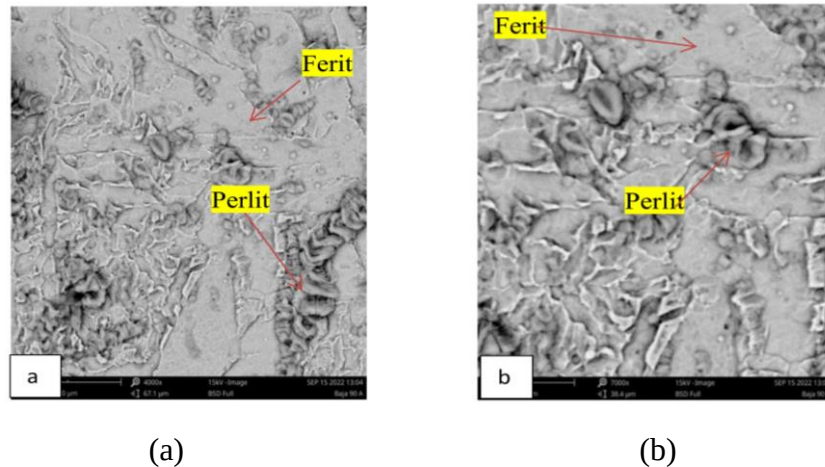
Gambar 4. Struktur mikro daerah las baja SS 400 arus listrik 80 A perbesaran (a) 4000x dan (b) 7000x

Berdasarkan pengamatan terhadap hasil pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) pada daerah las GMAW arus 80 A baja SS 400. Dari gambar menunjukkan bahwa terdapat beberapa fasa yang terbentuk yaitu fasa ferit dan fasa perlit dengan kontras warna yang berbeda. Terlihat bahwa pada hasil pengelasan GMAW arus 80 A baja SS 400 fasa ferit lebih banyak mendominasi lapisan struktur mikro dan cenderung berwarna terang serta mempunyai peranan penting terhadap sifat mekanis pada hasil las baja SS 400, di antaranya mampu menghasilkan keuletan yang baik sedangkan fasa perlit berbentuk bulatan besar atau nodul dengan warna lebih gelap serta memiliki sifat mekanis yaitu keras dan getas. Sehingga dari pengamatan tersebut terlihat bahwa baja SS 400 proses pengelasan GMAW dengan arus 80 A memiliki sifat ulet (*ductile*).



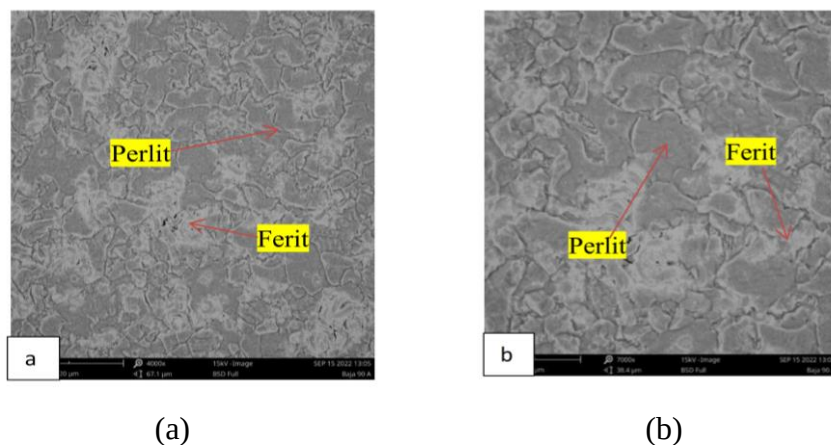
Gambar 5. Struktur mikro daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) baja SS 400 arus listrik 80 A perbesaran (a) 4000x dan (b) 7000x

Struktur mikro pada daerah *Heat Affected Zone* (HAZ) arus 80 A dengan perbesaran 4000 kali dan 7000 kali menunjukkan bahwa terdapat beberapa fasa yang terbentuk adalah fasa ferit dengan warna yang terang serta dominan, dan fasa perlit dengan warna yang lebih gelap berbentuk seperti bintik-bintik dan bergaris yang berwarna lebih gelap.



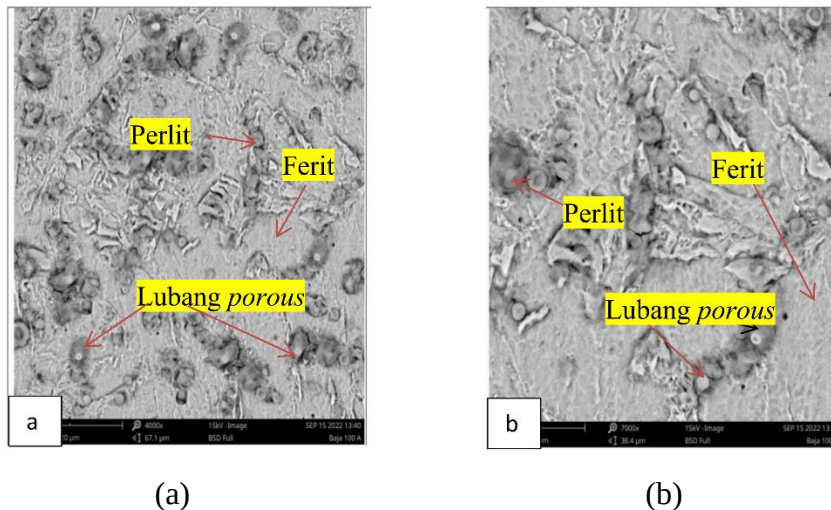
Gambar 6. Struktur mikro daerah las baja SS 400 arus listrik 90 A perbesaran (a) 4000x dan (b) 7000x

Berdasarkan pengamatan terhadap hasil pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) pada daerah las GMAW arus 90 A baja SS 400. Dari gambar menunjukkan bahwa terdapat beberapa fasa yang terbentuk yaitu fasa ferit dan fasa perlit. Terlihat bahwa pada hasil pengelasan GMAW arus 90 A baja SS 400 fasa perlit sedikit lebih banyak tetapi berbentuk bulatan yang semakin kecil pada lapisan struktur mikro daripada yang sebelumnya dan terlihat polanya seperti rantai sedangkan fasa ferit tidak sebanyak seperti yang sebelumnya. Hal ini diakibatkan karena adanya kenaikan suhu pada saat proses las GMAW dengan menggunakan arus 90 A dibandingkan dengan yang sebelumnya. Sehingga dari pengamatan tersebut terlihat bahwa baja SS 400 proses pengelasan GMAW dengan arus 90 A memiliki sifat getas (*brittle*).



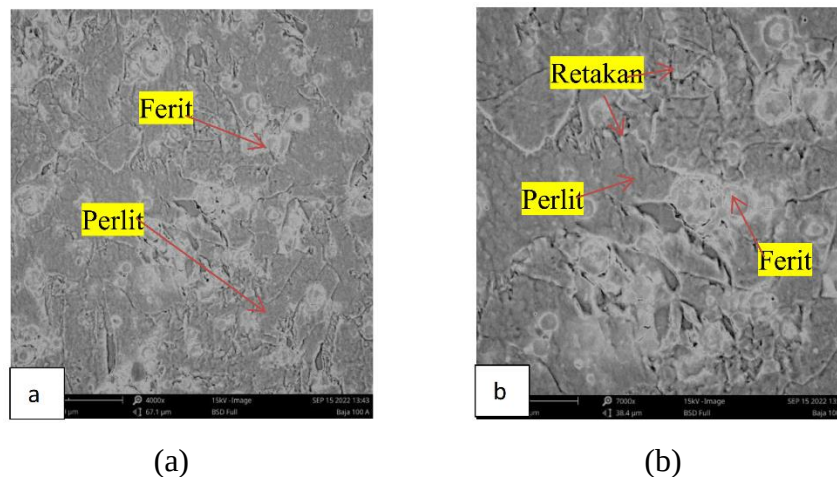
Gambar 7. Struktur mikro daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) baja SS 400 arus listrik 90 A perbesaran (a) 4000x dan (b) 7000x

Struktur mikro pada daerah *Heat Affected Zone* (HAZ) arus 90 A dengan perbesaran 4000 kali dan 7000 kali menunjukkan bahwa terdapat beberapa fasa yang terbentuk adalah fasa perlit yang berwarna lebih gelap serta lebih dominan, dan fasa ferit yang berwarna lebih terang. Hal ini disebabkan karena adanya peningkatan suhu sehingga menyebabkan perlit terbentuk lebih banyak dan tersebar lebih merata.



Gambar 8. Struktur mikro daerah las baja SS 400 arus listrik 100 Ampere perbesaran (a) 4000x dan (b) 7000x

Berdasarkan pengamatan terhadap hasil pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) pada daerah las GMAW arus 100 A baja SS 400. Dari gambar menunjukkan bahwa terdapat beberapa fasa yang terbentuk yaitu fasa ferit dan fasa perlit. Terlihat bahwa pada hasil pengelasan GMAW arus 100 A baja SS 400 terdapat cacat las yaitu adanya lubang *porous* menyebabkan keropos (*porosity*) pada daerah las (*weld metal*), hal ini dapat mempengaruhi kekuatan sambungan pada las, serta fasa perlit lebih banyak mendominasi lapisan struktur mikro dan lebih merata dibandingkan yang sebelumnya serta membentuk pola yang menggumpal hal ini mempengaruhi sifat mekanis pada baja SS 400 yaitu semakin getas, sedangkan fasa ferit terlihat lebih sedikit. Sehingga dari pengamatan tersebut terlihat bahwa baja SS 400 proses pengelasan GMAW dengan arus 100 A memiliki sifat getas (*brittle*).



Gambar 9. Struktur mikro daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) baja SS 400 arus listrik 100 Ampere perbesaran (a) 4000x dan (b) 7000x

Struktur mikro pada daerah *Heat Affected Zone* (HAZ) arus 100 A dengan perbesaran 4000 kali dan 7000 kali menunjukkan bahwa terdapat beberapa fasa yang terbentuk adalah fasa perlit yang berwarna lebih gelap serta lebih dominan, fasa ferit yang berwarna lebih terang dan terdapat retakan yang tampak pada permukaan struktur mikronya.

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 SS 400 dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil uji tarik pada spesimen baja SS 400 dengan pengelasan GMAW nilai kekuatan tarik yang paling tinggi adalah dengan menggunakan arus 90 A menghasilkan nilai kekuatan tarik sebesar 116.778 N/mm², lalu pada arus 80 A menghasilkan nilai kekuatan tarik sebesar 105.997 N/mm², sedangkan pada arus 100 A menghasilkan nilai kekuatan tarik sebesar 37.543 N/mm².
2. Hasil uji SEM (*Scanning Electron Microscope*) semakin tinggi arus listrik yang digunakan menyebabkan perlit yang terbentuk semakin kecil dan tersebar merata pada baja SS 400 terdapat fasa ferit dan perlit. Untuk struktur mikro pada pengelasan GMAW baja SS 400 dengan perlakuan arus 80 A terbentuk fasa ferit lebih besar dan kasar serta mendominasi lapisan struktur mikro. Pada arus 90 A terbentuk fasa perlit yang lebih dominan serta membentuk pola rantai. Pada arus 100 A terbentuk fasa perlit yang lebih dominan dengan bentuk yang semakin kecil dan merata serta adanya cacat las yaitu adanya lubang *porous* yang menyebabkan keropos (*porosity*) mempengaruhi hasil dari kualitas sambungan las dan menyebabkan kekuatan tarik pada arus 100 A yang dihasilkan paling rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Amanto, H. dan Daryanto. (1999). Ilmu Bahan, cetakan pertama, Bumi aksara.
- Arifin Soetardjo. (1997). Las Listrik dan Ototen. Jakarta: Ghalia Indonesia
- Ausaid. (2001). Dasar Las MIG/MAG (GMAW). Batam Institutional Development Project.
- Basmal, Bayuseno dan Sri Nugroho. 2012. Pengaruh Suhu dan Waktu Pelapisan Tembaga-Nikel Pada Baja Karbon Rendah Secara Electroplating Terhadap Nilai Ketebalan dan Kekasaran. Jurnal Teknik Mesin Rotasi, Volume 14 Nomor 2. Universitas Diponegoro
- Bi Asngali dan Triyono. (2011). Pengaruh Waktu Pengelasan GMAW Terhadap Sifat Fisik Mekanik Sambungan Las Logam Tak Sejenis Antara Aluminium Dan Baja Karbon Rendah. Surakarta. Universitas Negeri Sebelas Maret.
- Bintoro. G. A. (1999). "Dasar-Dasar Pekerjaan Las Jilid 1," 1st ed., Yogyakarta: Kanisius.
- Cahyono, A. (2010). Pengaruh Variasi Arus Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Las GMAW Baja SM 490A dan Baja SS 400. Yogyakarta. Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto Yogyakarta.
- Dieter, George E. (1996). Metalurgi Mekanik. Jakarta : Erlangga.
- Chandra, H dan Pratiwi, D.K. (2007). Panduan Praktikum Material Teknik. Lab. Metalurgi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya, Indralaya.
- Genculu, Semih. (2007). Structural Steel Welding. Dakota : PDH Center.
- Goldstein, H. Poole, C. Safko, J. (2003). Classical Mechanic, 3rd Edition. Tokyo: Addison Wesley.
- Hamdi, I. Taifuqullah. Oktadinata, H. (2020). Pengaruh Variasi Posisi Pengelasan Terhadap Distorsi Dan Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Baja SS 400 Menggunakan Metode GMAW. Bekasi. Universitas Islam 45
- Harsono, Wiryosumarto. (2004). Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta : Pradnya Paramita
- Harsono, Wiryosumarto. Toshi, Okumura. (2008). Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta. PT Balai Pustaka (Persero).

- Harsono, Sri Mulyo Bondan Respati dan Helmy Purwanto. (2019). Analisis Pengelasan SMAW Tegangan DC Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan, Foto Makro Dan Mikro Pada Stainless Steel 304. Semarang. Universitas Wahid Hasyim.
- Hartoyo, N. (2018). Analisis Kuat Arus Las GMAW Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Plat Eser SS 400. Ponorogo. Universitas Muhammadiyah Ponorogo.
- Inkson, B. J. (2016). Scanning Electron Microscopy (SEM) and Transmission Electron Microscopy (TEM) for materials characterization. The University of Sheffield, United Kingdom.
- Juwanda, Saifudin, Marzuki. (2021). Analisa Pengaruh Kuat Arus Hasil Pengelasan GMAW Terhadap Kekerasan Material ASTM A 36. Aceh. Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Kenyon, W. (1985). Dasar-Dasar Pengelasan (Basic Welding and Fabrication). Jakarta : Erlangga.
- Nukman. (2009). Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah Akibat Variasi Bentuk Kampuh Las Dan Mendapat Perlakuan Panas Annealing Dan Normalizing. Jurnal Rekayasa Mesin, 9.
- Priono. dan Agung, Aditia. (2016). Pengaruh Variasi Kecepatan Pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas) terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Las pada Aluminium 5083. Universitas Lampung.
- Raharjo, Samsudi & Rubijanto J.P. (2012). Variasi Arus Listrik Terhadap Sifat Mekanis Sambungan Las Shielding Metal Arc Welding (SMAW). Jurnal FT UMS, 1412-9612.
- Ratnasari, D. (2016). Pengaruh Voltage Pada Gas Metal Arc Welding (GMAW) Terhadap Struktur Mikro Dan Tegangan Lentur (Face and Root) EMS 45 Dengan Sambungan Kampuh V. Semarang. Universitas Negeri Semarang.
- Salmon, G. Charles dan Jhon E.Jhonson. (1997). Struktur Baja Edisi Kedua. Jakarta : Erlangga.
- Teguh, Wiyono. (2012), Penentuan Pengelasan Dissimilar Alluminium Dan Pelat Baja Karbon Rendah Dengan Variasi Waktu Pengelasan Dan Arus Listrik.
- Wibowo Satrio Razaq (2011). Kekuatan tarik, struktur mikro dan struktur makro lasan baja karbon rendah dengan las gesek Yogyakarta : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Widharto, S. (1996). Petunjuk Kerja Las. Jakarta: Pradnya Paramita

Wiryosumarto, H. dan Okumura, S. (1996). Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta, PT. Pradnya Paramita,

Wiryosumarto, H. dan Okumura, T. (2000). Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta, PT. Pradya Paramita.

Wiryosumarto, H. dan Okumura, T. (2008). Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta, PT. Balai Pustaka (Persero).