



Research Article

Pengujian Pengelasan Plat Stainless Steel JIS SS304 Menggunakan Mikro Struktur

Wilarso^{*1}, Muhamad Farhan¹, Firmansyah Azharul¹, Hilman Sholih¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Muhammadiyah Cileungsi, Indonesia

Corresponding author: wilarso@sttcileungsi.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Received : 15 August 2022

Revised : 11 January 2023

Accepted : 2 February 2023

Available online : 3 February 2023

Keywords: Porosity; JIS 304 stainless steel material; flow variation; microstructure

Kata Kunci: Porosity, material stainless steel JIS SS304, variasi arus, mikro struktur



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-

ABSTRACT

Failure in the welding process will result in a drop in quality and a risk to worker safety. Small cavities were frequently detected during welding. In order to identify the origin of the damage, the goal of this study is to investigate the presence of small circular cavities that are grouped in the welding region of gas tungsten arc welding (GTAW) welding outcomes. The research technique involves categorizing changes in electric current on JIS SS 304 stainless steel material with a thickness of 10 mm: GTAW 80 A root (low current), 100 A Filler (mid electric current), and 120 A Capping (high current). Based on investigations into the use of electric current for Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) welding and the interpretation of discontinuity in the outcomes of welding on JIS SS 304 stainless steel material, on JIS SS 304 plate material with a thickness of 10 mm. learn about the welding methods GTAW and HAZ GTAW at the point of the microstructure as components that have thermal impacts.

ABSTRAK

Kegagalan pengelasan akan berdampak pada penurunan kualitas dan resiko terhadap keselamatan kerja. Pada saat pengelasan sering ditemukan rongga-rongga kecil. Tujuan dari penelitian ini menganalisis terjadi rongga-rongga kecil berbentuk lingkaran yang mengelompok pada area *welding Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) pada hasil pengelasan untuk menentukan akar penyebab kerusakan. Metode penelitian yang dilakukan klasifikasi variasi arus listrik GTAW 80 A Root (arus rendah), 100 A Filler (arus listrik sedang), 120 A Capping (arus tinggi) pada material baja *Stainless steel* JIS SS 304 dengan tebal 10 mm. Berdasarkan penelitian arus listrik untuk pengelasan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) dan hasil interpretasi diskontinuitas pada hasil las terhadap material *stainless steel* JIS SS 304, pada material plat JIS SS 304 dengan tebal 10 mm. mengetahui pada titik bagian *Mikro struktur*,

1. PENDAHULUAN

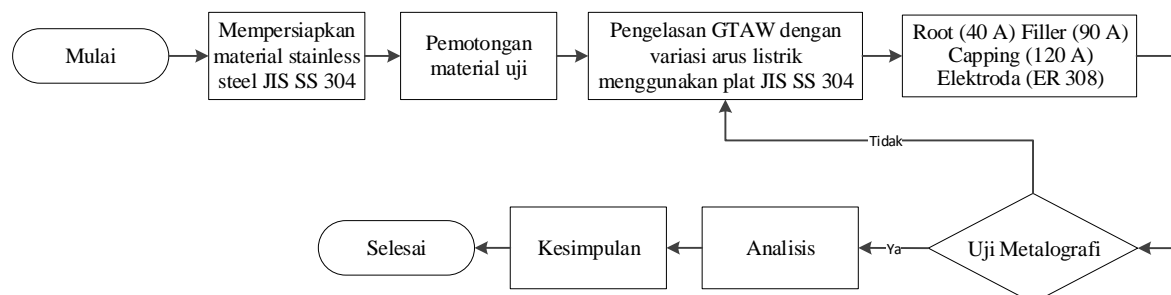
Secara umum pada saat pengelasan material yang dibentuk oleh seorang *welder*, mempunyai karakteristik yang bervariasi, seperti kegagalan pengelasan *porosity*, *overlap*, *overheat* [1]. Kegagalan pengelasan tersebut akan berdampak pada kualitas suatu benda yang telah dibuat. Beberapa hal pada saat pengelasan ditemukan seperti terbentuknya rongga-rongga kecil yang terjadi dalam proses pengelasan, sebagian akibat kontaminasi logam cair yang terjadi akibat, kurangnya gas pelindung, kotornya material dan hembusan angin [2]. Secara umum bahwa rongga-rongga pada material yang dibentuk oleh jebakan gas yang berkembang dalam proses pengelasan. Suatu proses pengelasan jarang sekali ahli welding memperhatikan apa yang terjadi pada *porosity*. Hal ini berdampak buruk akibatnya kurangnya perhatian para ahli (*welder*) terhadap prosedur pengelasan atau disebut juga WPS, oleh karena itu cacat las ini bila tidak segera diperbaiki waktu proses pengelasan maka bisa terjadi hal-hal yang dapat mempercepat kerusakan pada material yang dilas [3].

Perkembangan pengelasan dalam bidang konstruksi, dibutuhkan pemikiran yang memudahkan dalam melakukan aktivitas pekerjaan [4]. Untuk menyambung dua benda logam *stainless steel*. Untuk mendapatkan hasil yang optimal. Material yang terkandung didalamnya terdapat kualitas kekuatan dan ketangguhan material tertentu, ketidakstabilan yang berbeda akan terjadi dan dapat bisa memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat sambungan las dan kualitas sambungan pengelasan [5], untuk mendapatkan kualitas dan kuantitas yang maksimal penulis mencoba untuk mengangkat tema *Discontinuity Porosity* pada proses pengelasan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW).

Penyambungan dua benda logam menggunakan metode pengelasan, membutuhkan logam untuk disambung, pada saat penyambungan membutuhkan logam pengisi (*filler*) [6]. Dalam pengelasan ini dengan tekanan maupun tanpa tekanan untuk menghasilkan sambungan yang berkelanjutan. Tujuan dalam penelitian hasil pengelasan ini menggunakan metode pengujian struktur mikro pada material *stainless steel*.

2. METODE PENELITIAN

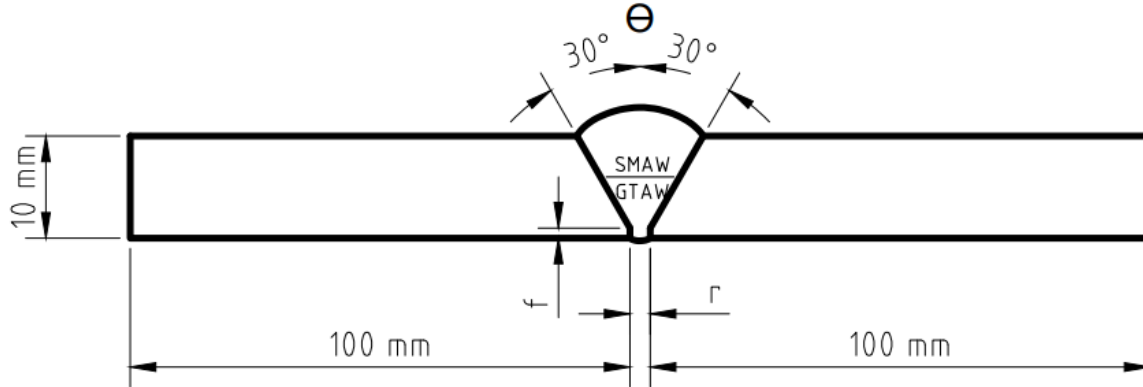
Penelitian dalam pengujian pengelasan pada material yang dilakukan sesuai dengan urutan proses pada **Gambar 1**. Material yang dibutuhkan proses pengelasan *stainless steel* (elektroda), dan welder yang melakukan pengelasan harus berkompeten, serta bersertifikat.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.

Penelitian menggunakan material plat baja *stainless steel* JIS SS304. Pada **Gambar 2** pengelasan dilakukan pada plat baja *stainless steel* JIS SS 304 dengan ukuran panjang 200 mm,

lebar 200 mm dan tebal 10 mm [7]. Bagian *root* akan memakai metode Arus 90 A sedangkan bagian *filler* menggunakan metode Arus 90 A dan capping menggunakan metode 120 A dengan penerapan kampuh V tunggal (*Single V-groove*) [8].



Gambar 2. Dimensi kampuh V tunggal.

2.1 Proses dan Parameter

Pada metode pengelasan yang dilakukan sebagai logam penembusan/*root* pada material *stainless steel* adalah GTAW [9]. Para ahli mengatur mesin las GTAW dan tekanan gas pada regulator yang terpasang pada tabung, penyesuaian nozzle dengan tungsten, mengatur elektroda pengisi (ER308L), socket massa dan polaritas [10]. Berikut merupakan penentuan pengelasan yang dipakai pada metode GTAW: *welding* proses GTAW (*gas tungsten arc welding*), yang dipakai adalah *weld joint* dengan kampuh V tunggal (*single v-groove*), kode klasifikasi AWS (ER308L) dengan diameter elektroda 2,5 mm dan posisi pengelasan 3G (*vertical position*), jenis polaritas yang dipakai adalah DCEN (*straight polarity*) dengan besar tegangan arus listrik di kisaran angka 11,1 V-12,7 V dan dengan jenis arus AC (*alternating current*), kecepatan pengelasan di kisaran waktu 200 mm/10 menit untuk pengelasan. Tabel 1 berisi arus pengelasan dengan metode GTAW.

Tabel 1. Variasi arus pengelasan GTAW

Vertikal	Layer	Arus	Elektroda
Root	2	40A	ER 7038L
Filler	2	90A	ER 7038L
Capping	2	120A	ER 7038L

2.2 Persiapan Bahan dan Barang

Berikut merupakan daftar bahan dan barang yang dipakai dalam penelitian ini terdiri dari **Tabel 2** dan **Tabel 3**.

Tabel 2. Bahan yang digunakan dalam penelitian

Bahan	Kuantitas
Baja JIS Stainless Steel-SS304	1 Plate (10 x 200 x 200) mm
Elektroda ER70-304	6 Stick
Gas pelindung Ar/ He	Secukupnya
Alkohol	200 mL
Mata potong	1 buah
Amplas gerinda	1 buah
Autosol Metal Polish	1 buah
Larutan Etsa	200 mL

Tabel 3. Alat yang digunakan dalam penelitian

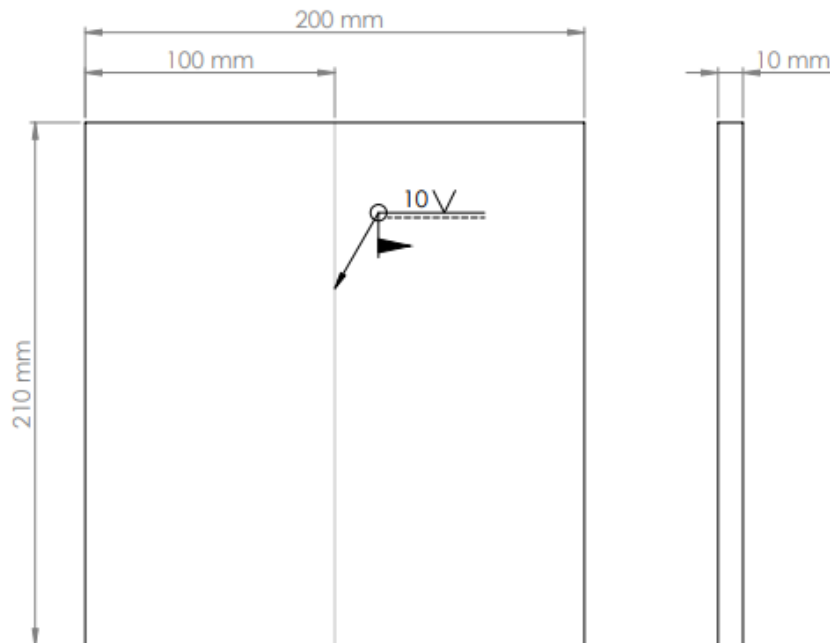
Alat	Kuantitas
Mesin las GTAW	1 unit
Mesin gerinda	1 unit
Mesin uji radiografi	1 unit
Mikroskop dan lensa optic	1 set
Jangka sorong	1 unit
Stopwatch	1 unit
Ciping	1 set
<i>Image J Software</i>	1 unit
Cawan patri	1 set
Sikat baja	1 buah
Palu	1 buah
Mesin <i>Bevel</i>	1 unit

2.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini berdasarkan Gambar 1 diagram alir, yang merupakan penggambaran secara detail dari segala runtutan pengerjaan yang dilakukan selama penelitian.

Persiapan material uji JIS SS 304

Material yang digunakan sebagai spesimen uji adalah material baja dengan kode JIS G3101 SS400. Pada **Gambar 3** spesimen uji dibentuk persegi panjang dengan skema sebagai berikut:



Gambar 3. Spesimen.

3. HASIL DAN DISKUSI

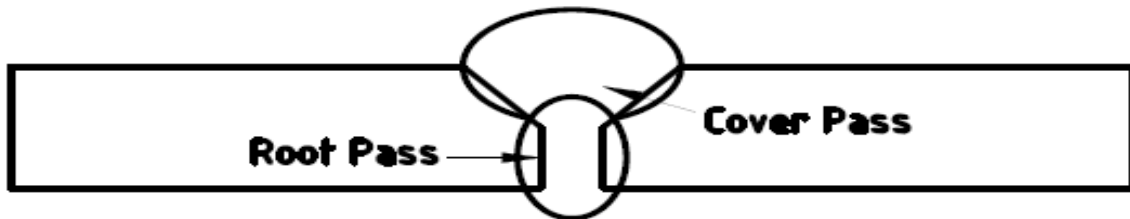
Gambar 4 proses *beveling* atau mengikis sudut dengan menggunakan gerinda telah dilakukan, material harus melalui proses pemasangan *stopper/sapot* sementara, pemasangan material ini menjadi penting karena pada proses penetrasi pengelasan terdapat tegangan dan regangan *thermal* yang terjadi pada dua sisi sambungan material, *stopper* ini berguna untuk memastikan posisi kedua material tetap pada kondisi semula [9].



Gambar 4. Stopper pada spesimen baja.

3.1 Proses Pengelasan

Proses pengelasan merupakan suatu metode penggabungan dua plat menjadi suatu material utuh dengan spesifikasi dan karakteristik sambungan material yang baru. Pada hasil pengelasan ini terdapat daerah HAZ (*Heat Affected Zone*) yang akan diteliti lebih lanjut [11]. Prosedur pengelasan mengacu pada WPS (*Welding Procedure Specification*) berdasarkan standar AWS D1.1 2004 tentang prosedur pengelasan [12]. Berikut merupakan skema pengelasan yang dilakukan sesuai **Gambar 5**.



Gambar 5. Bentuk spesimen dan kampuh single v-groove [7].

mengatur mesin las *Miller Maxstar XMT 350CC*, tekanan gas pada regulator yang terpasang pada tabung, penyesuaian nozzle dengan tungsten, elektroda pengisi ER70SG (*Familiarc Filler/Rods TG-S51T*), socket massa dan polaritas sesuai dengan **Gambar 6**.



Gambar 6. Elektroda dan gambar mesin las GTAW.

Pembersihan jalur pengelasan dari segala kotoran, *crack*, dan karat menggunakan gerinda. Arus dan voltage pada mesin las diatur sesuai dengan parameter penelitian yang ditentukan pada bab sebelumnya.

Tabel 4. Variasi arus pada mesin las GTAW bagian capping 120 A, root 80 A, filler 100 A.

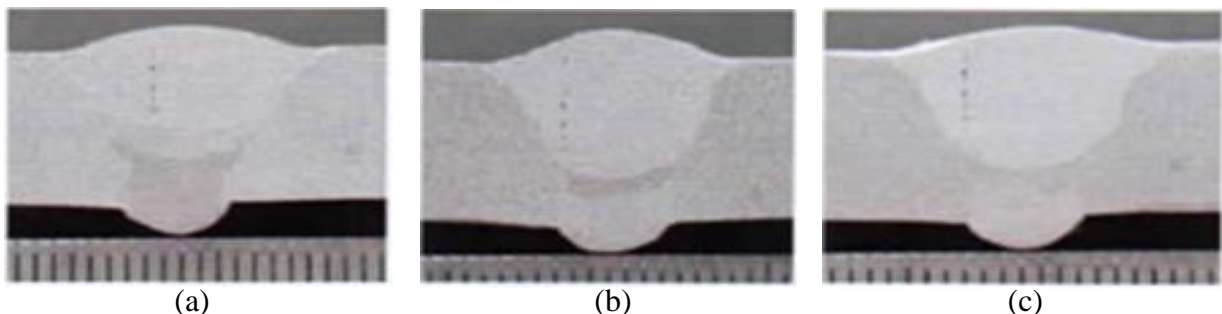
GTAW	ARUS	Bagian Capping	Root	Filler
		120 A	80 A	100 A

Gambar 7 hasil visual memakai format arus listrik 80 A, 100 A, 120 A, dalam metode pengelasan GTAW. Hasil pengelasan pada material material berpengaruh pada parameter utama untuk mencari efisiensi kualitas pengelasan yang terdampak dari arus listrik besar atau kecilnya pada area *welding* [13].



Gambar 7. Visual pengelasan GTAW.

Pengamatan struktur makro dilakukan tiga kali dengan lokasi berurutan pada ketiga posisi tahapan, pada *root*, *filler*, *capping*. Pengamatan tersebut bertujuan untuk mengetahui daerah-daerah spesifik untuk kemudian menentukan daerah pengujian, mikrostruktur dan mendeteksi *porosity* yang terdapat terhadap bagian dalam sambungan weldingan. Standarisasi pengujian ini adalah E 18-08 (*Standard Test Method for Macroetching Metal and Alloys*). Berikut hasil pengujian struktur makro pada **Gambar 8** (a), (b), dan (c).



Gambar 8. Hasil pengamatan struktur makro pada bagian (a) root 80A, (b) filler 100 A, (c) capping, 120 A.

Ketiga foto tahapan menggambarkan hasil dari pengecekan struktur mikro dan kesimpulan bahwasannya hasil pengujian bisa dikatakan sangat baik karena tidak didapati cacat-cacat seperti cacat *porosity* (kantong gas), cacat tembusan (*penetration*), cacat undercut (*undercut*) dan cacat retakan (*crack*). Dalam bagian *root*, *filler* maupun *capping* dalam kondisi baik tepat seperti posisi yang diharapkan pada skema penelitian [6].

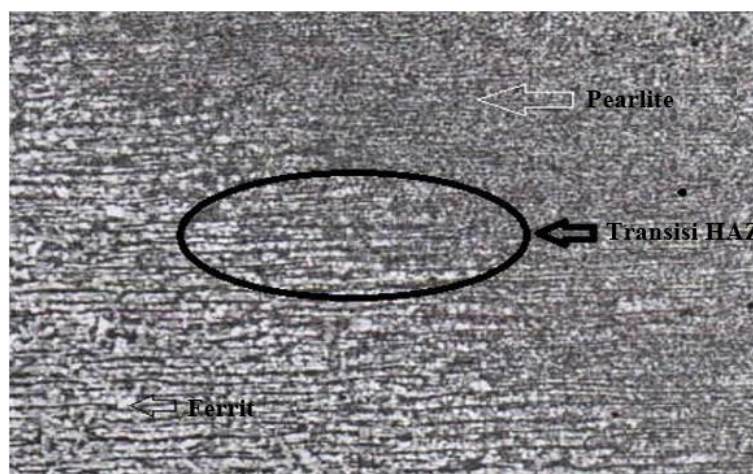
3.2 Hasil Uji Pengamatan Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro sangat diperlukan guna mencari cacat *porosity* dalam material juga menentukan sifat alami yang dimiliki suatu material setelah diberlakukan treatment tertentu pada material tersebut [14]. Pengetsaan yang dilakukan pada pengujian ini memakai konsentrasi HNO_3 sebesar 2% dan alkohol sebesar 98%. Pengujian menggunakan *Microscop Metalurgy Olympus BX53M* dengan standar uji E 406 – 06, pembesaran yang digunakan $50\ \mu\text{m}$ dan $100\ \mu\text{m}$ setiap spesimen baja, setiap foto yang tertangkap mikroskop pada titik pengujian akan diolah kembali pada aplikasi *image j* untuk mencari persentase komposisi unsur yang terdapat didalamnya [3], sesuai dengan **Gambar 9**.



Gambar 9. Struktur mikro pada based metal perbesaran $50\ \mu\text{m}$.

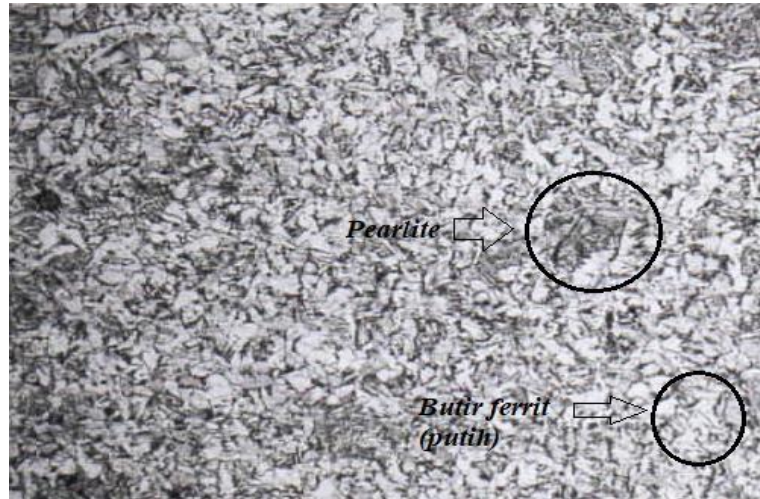
Fasa yang terbentuk pada baja SS JIS 304 seharusnya berbentuk *ferrit*, namun pertumbuhan *pearlite* ini adalah suatu hal yang lumrah terjadi karena pada proses pengelasan, *raw material* berubah struktur mikronya akibat imbas dari pengaruh panas pengelasan yang terjadi pada bagian *fusion*. Keduanya memiliki angka perbandingan yang tidak jauh dalam komposisinya, pada pembesaran $50\ \mu\text{m}$ didapati *ferrit* 58% sedangkan *pearlite* 52%, *base metal* tidak mendapatkan perlakuan apapun sehingga mempunyai tingkat keuletan yang tinggi. *Ferrit* berwarna putih terang berbentuk butir kristal padat, dan *pearlite* berwarna kehitaman berbentuk pipih. Analisa menggunakan gambar pembesaran $50\ \mu\text{m}$ setiap sampelnya. Berikut merupakan kumpulan gambar analisis dari pengamatan struktur mikro di setiap bagian [4].



Gambar 10. Struktur mikro pada bagian HAZ root (GTAW).

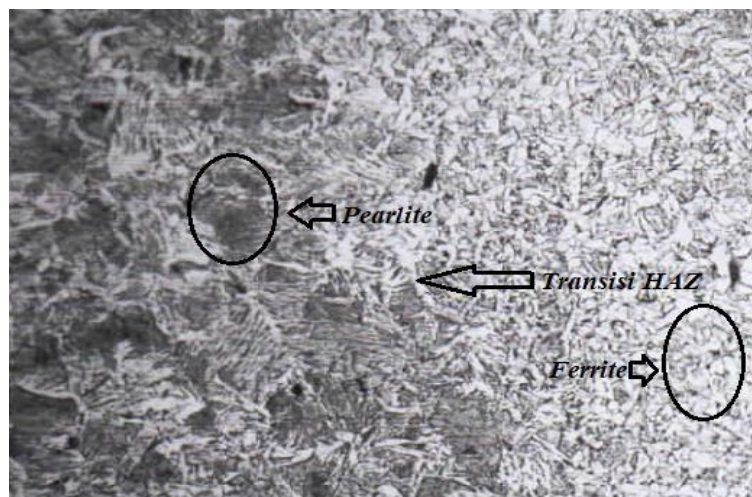
3.3 Hasil Gambar Pengamatan Struktur Mikro *Root* (Arus Rendah).

Terlihat transisi antara *ferrit* dan *pearlite*. pada *based metal* dan *weld metal* yang sangat dominan pada gambar struktur mikro bagian *haz root* **Gambar 10**, terlihat pada **Gambar 11** pertumbuhan *pearlite* kasar yang cukup *signifikan* antara butir-butir *ferrit* sampai ke daerah *weld metal*.



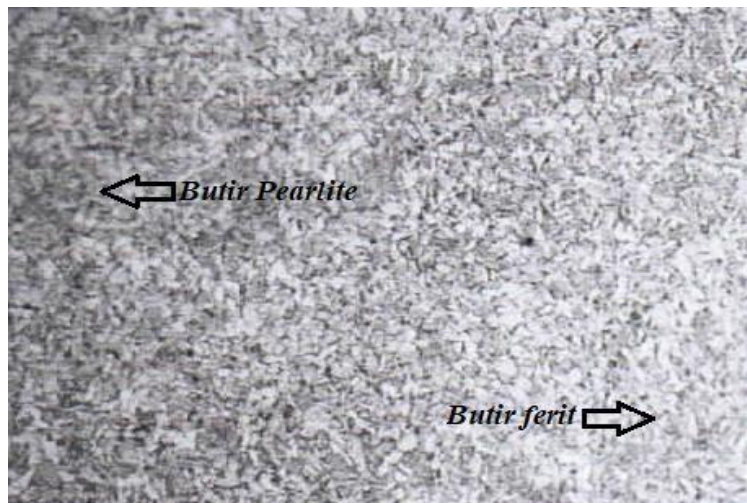
Gambar 11. Struktur mikro pada bagian weld metal root (GTAW).

Struktur mikro pada *weld metal root* / GTAW yang terbentuk pada *root* didominasi oleh butir-butir *ferrit* (50,8%) yang tersebar di seluruh bidang diikuti oleh pertumbuhan *pearlite* (42,2%) namun belum signifikan.



Gambar 12. Struktur mikro pada bagian haz filler (GTAW).

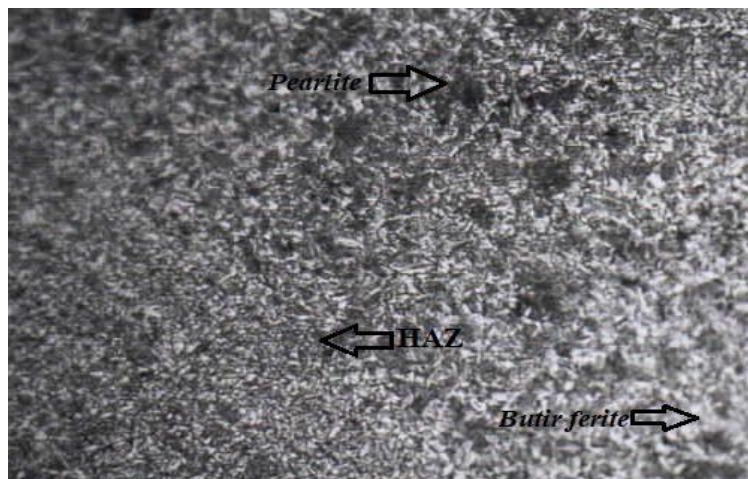
3.4 Hasil Gambar Pengamatan Struktur Mikro *Filler* (Arus Sedang).



Gambar 13. Struktur mikro pada bagian weld metal filler (GTAW).

Gambar 12 struktur mikro pada bagian HAZ *filler* ini terdiri dari struktur mikro *ferrite* dan *pearlite*, yang pada bagian *base metal* dominan terbentuk fasa *pearlite*, sedangkan pada **Gambar 13** bagian *weld metal* dominan terbentuk fasa *ferrit*, pada foto pembesaran 50 μm didapat persentase *ferrit* (60%) dan *pearlite* (52%), fenomena perbedaan fasa pada suatu material seperti ini sangat lazim ditemui pada proses penyambungan dua material baja pada pengelasan yang membuat 3 sisi bagian ini mempunyai sifat yang berbeda satu sama lain [15].

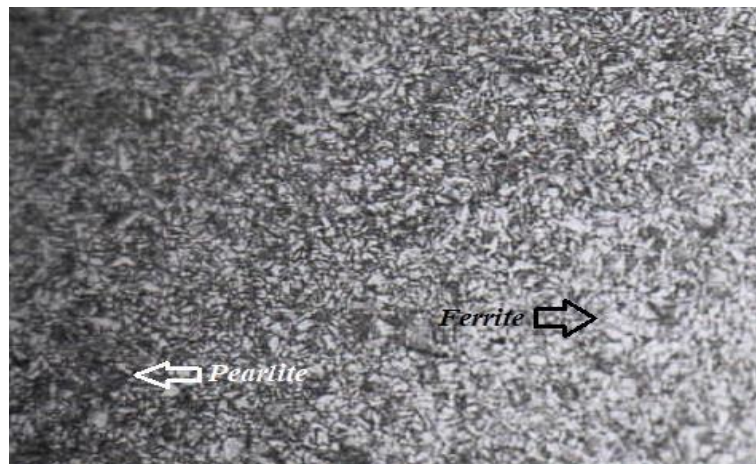
Struktur mikro pada bagian ini didominasi oleh fasa *ferrite* dengan persentase (68,33 %) dan fasa *pearlite* (51,67 %) yang menyebabkan sifat-sifat dominan yang muncul adalah fasa *ferrite*.



Gambar 14. Struktur mikro pada bagian HAZ capping (GTAW).

3.5 Hasil Gambar Pengamatan Struktur Mikro *Capping 3* (Arus Tinggi).

Struktur mikro pada **Gambar 14** hasil pengelasan *plate 3* terbentuknya fasa *pearlite* yang sangat berlebih, ini termasuk pada bagian *HAZ Capping* dimana *pearlite* menyusun lebih dari (52,9 %) bagian.



Gambar 15. Struktur mikro pada bagian weld metal GTAW

Tabel 1 dan **Gambar 15** pada *weld metal* GTAW bagian ini terbentuknya fasa *pearlite* di keseluruhan dengan persentase komposisi kandungan fasa hasil pengelasan. Adapun nilai yang paling rendah di bagian *root ferrit* 50.8%, *pearlite* 42.2%, sedangkan nilai yang tertinggi pada bagian *capping pearlite* sebesar (55,85 %) dan fasa *ferrite* sebesar (69,16 %).

Tabel 4. Persentase komposisi kandungan fasa pada hasil pengelasan.

Root		Filler		Capping	
Ferrit %	Pearlite %	Ferrit %	Pearlite %	Ferrit %	Pearlite %
50, 8 %	42, 2 %	60 %	52 %	-	52 %
-	-	68,33 %	51,67 %	69,16 %	55,85 %

4. KESIMPULAN

Dalam tahapan proses las semakin besar tingkat arus yang digunakan berbanding lurus dengan persentase pertumbuhan fasa *pearlite* yang semakin besar dan menyeluruh yang diakibatkan dari rambatan pertumbuhan *stainless steel* akibat besaran suhu yang tinggi, hal ini berhubungan secara langsung dengan hasil nilai material yang cenderung tidak memiliki kerusakan atau cacat, mengakibatkan material *Stainless steel* menjadi semakin keras dan getas. Arus tinggi juga sangat berguna untuk material-material *Stainless steel* dengan pengaplikasian di dunia industri yang membutuhkan tingkat kekerasan yang cukup tinggi dan sangat baik peruntukan material *Stainless* pada arus besar atau tinggi yang tidak menimbulkan suatu cacat las. Penentuan arus listrik sangat berpengaruh terhadap tingkat kekerasan pada suatu material, plat *Stainless steel* yang diberikan arus GTAW pada *Root* (80 A) memiliki tingkat kekerasan yang paling rendah seluruh bagian dibanding pada tahap *filler* dan *capping* percobaan dengan GTAW sedang (100 A), berbeda dengan arus rendah fasa kuatnya dan GTAW arus tinggi (120 A), sedangkan arus sedang dan tinggi memiliki kesamaan di beberapa bagian dalam nilai kekerasannya, hanya saja persamaan kekuatan tidak bisa melampaui arus tinggi. sedangkan pada *based metal Root* juga yang memiliki nilai kekerasan paling rendah diantara kedua tahapan lainnya. Pada bagian *weld metal* pelat baja *Root* (arus rendah), memiliki nilai kekerasan yang berbeda antara *weld metal filler* (68,33 HRB) dan *weld metal capping* (69,16 HRB), hal ini sejalan dengan bentuk struktur mikro yang berbeda pada masing-masing bagian, pada *weld metal Root* terdapat penyimpangan struktur mikro ditandai terbentuknya fasa *ferrite widmanstatten* pada seluruh bagian yang membuat nilai kekerasan logam pengisi *root* tidak memiliki sifat-sifat kekerasan di dibandingkan pada tahapan las *filler* dan *capping*.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada lembaga penelitian dan pengabdian kepada masyarakat yang telah support dalam hal publikasi artikel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aljufri and R. Putra, "Pengaruh Porositas Las Terhadap Kekuatan Tarik Pada Material Aisi 1050 Yang Menggunakan Kampuh Las V 90 °," pp. 1–7, 2018.
- [2] M. Bin Afan, P. Purwantono, M. Muliandi, and B. Rahim, "Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Las Smaw Dengan Elektroda E7016," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 15, no. 1, p. 20, 2020.
- [3] A. Bakhori, "Perbaikan Metode Pengelasan Smaw (Shield Metal Arc Welding) Pada Industri Kecil Di Kota Medan," *Bul. Utama Tek.*, vol. 13, no. 1, pp. 14–21, 2017.
- [4] A. Arifin, "Proses Penyambungan Dan Peralatannya," *Buku Ajar Proses Produksi*, pp. 105–130, 2019.
- [5] S. Desmon, "Pengamatan Struktur Mikro Pada Baja Jis Ss400," *J. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 1, p. 27, 2021.
- [6] D. Adi Perwira, H. Widya Prasetya, M. Adib Kurniawan, P. Studi Teknologi Mekanika Perkeretaapian, and P. Studi Teknologi Bangunan Dan Jalur Perkeretaapian, "Pengaruh Variasi Diameter Filler Dan Kuat Arus Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan SMAW Material Stainless Steel 304," vol. 6, no. 2, pp. 61–66, 2021.
- [7] M. Y. Nasrul, H. Suryanto, and A. Qolik, "Pengaruh Variasi Arus Las Smaw Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Sambungan Dissimilar Stainless Steel 304 Dan St 37," *Tek. Mesin*, no. 1, pp. 1–12, 2016.
- [8] R. Fahmy, "Studi Pengaruh Root Gap Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Pada Sambungan Las Pelat ASTM A36," p. 91, 2015.
- [9] E. Widodo, M. Karim, A. Amin, D. Anggara, and I. L. Kusminah, "Pengelasan GTAW pada Stainless Steel Grade yang Berbeda untuk Aplikasi pada Power Plant," vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2020.
- [10] R. S. Utama, "Modifikasi Las Gtaw Semi Otomatis Dengan Penambahan Feeder Las Gmaw," *Libr. Politek. Negeri Bandung*, pp. 5–45, 2013.
- [11] A. S. Nugroho, G. Dwi Haryadi, and A. T. Hardjuno, "Pengaruh Proses Normalizing Terhadap Nilai Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Sambungan Las Thermite Baja Np-42," *J. Tek. Mesin S-1*, vol. 2, no. 3, pp. 249–257, 2014.
- [12] I. KHOLIS, "Kualifikasi Welding Procedure Specification (Wps) Dan Juru Las (Welder) Berdasarkan Asme Section Ix Di Industri Migas," *Forum Teknol.*, vol. 02, no. 3, 2010.
- [13] T. Tarmizi, Y. B. Nugraha, and I. Irfan, "Analysis of Current on Mechanical Properties and Microstructure of A53 Gr B Material with Gas Tungsten Arc Welding Process," *Teknik*, vol. 42, no. 1, pp. 20–28, 2021, doi: 10.14710/teknik.v42i1.33209.
- [14] I. Hatta, "Aplikasi Mikro Analisis Dan Fraktografi Untuk Menentukan Kualitas Produk Dan Penyebab Kerusakan Suatu Komponen," *Pros. Pertem. Ilm. Ilmu Pengetah. dan Teknol. Bahan*, vol. 30, no. C, pp. 175–180, 2012.
- [15] D. Pembimbing, B. A. Kurniawan, W. Jatimurti, and F. T. Industri, "Pengaruh Heat Input Dan Penambahan Tempering Pada Pengelasan Baja a516 Grade 55 Dengan Metode Smaw Terhadap Terbentuknya Asikular," 2016.