

Analisa Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Kombinasi SMAW dan GTAW Terhadap Pengujian Kekerasan, Kekuatan Impak serta Pengamatan Struktur Mikro pada Baja JIS SS400

Semuel Desmon^{*1}, Iwan Nugraha¹, Ratna Dewi¹

Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa, Indonesia

ABSTRAK

Sambungan las merupakan bagian sangat penting dalam sebuah konstruksi material yang didalamnya terdapat parameter-parameter penentu kualitas kekuatan dan ketangguhan material dalam menerima pembebanan tertentu. Untuk mendapatkan kualitas maksimal pengelasan, dilakukan kombinasi *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW). Variasi arus pada metode pengelasan SMAW yaitu 95 A (arus rendah), 110 A (arus sedang), dan 125 A (arus tinggi). Sedangkan pada metode pengelasan GTAW memakai arus 70 A. Material yang digunakan pada penelitian ini adalah pelat baja JIS SS400 dengan tebal 10 mm. Pengamatan struktur mikro dilakukan pada 4 titik bagian *HAZ* SMAW, *HAZ* GTAW, *weld metal* SMAW, dan *weld metal* GTAW sebagai bagian yang terpengaruh panas terbesar. Hasil uji kekerasan/*hardness* yang memiliki nilai kekerasan tertinggi pada *based metal* adalah pelat 1 dengan nilai 78,5 HRB, pada *HAZ* SMAW kiri adalah pelat 3 dengan nilai 78,66 HRB, pada *HAZ* GTAW kiri adalah pelat 3 dengan nilai 77,16 HRB. Pada *weld metal* SMAW adalah pelat 1 dengan nilai 82,16 HRB, pada *weld metal* GTAW adalah pelat 1 dengan nilai 83,66 HRB, pada *HAZ* SMAW kanan adalah pelat 3 dengan nilai 78,33 HRB, dan pada *HAZ* GTAW kanan adalah pelat 3 dengan nilai 77,83 HRB. Pada uji impak pelat 1 memiliki nilai kekuatan impak sebesar 130,8 J, pelat 2 sebesar 139,3 J, dan pelat 3 sebesar 103 J.

Kata kunci : *pengelasan kombinasi; struktur mikro; uji impak; uji kekerasan; variasi arus*

ABSTRACT

Welded joints are a very important part in a construction material in which there are parameters that determine the quality of strength and toughness of the material in accepting certain loads. To get the maximum quality, combination welding of Shielded Metal Arc Welding (SMAW) and Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) has been done. The current variations in the welding method SMAW are 95 A (low current), 110 A (medium current), and 125 A (high current). In GTAW welding method uses a current of 70 A, on the JIS SS400 steel plate material with 10 mm thickness. The microstructure observation was carried out at 4 points of HAZ SMAW, HAZ GTAW, weld metal SMAW, and weld metal GTAW as the parts of heat affected zone. The hardness test results that the highest hardness value on the based metal is plate 1 with a value of 78.5 HRB, on the left HAZ SMAW is plate 3 with a value of 78.66 HRB, on the left HAZ GTAW is plate 3 with a value of 77.16 HRB, on SMAW weld metal is plate 1 with a value of 82.16 HRB, on GTAW weld metal is plate 1 with a value of 83.66 HRB, on the right HAZ SMAW is plate 3 with a value of 78.33 HRB, and on the right HAZ GTAW is plate 3 with a value of 77.83 HRB. In the impact test plate 1 has an impact strength value of 130.8 J, plate 2 is 139.3 J, and plate 3 is 103 J.

Keywords : *current variation; hardness test; impact test; microstructure; welding combination*

* Penulis korespondensi

Email: semueldesmon1@gmail.com

Diterima 07 Juni 2021; Disetujui 25 Mei 2022

AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin 2022

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi kemaritiman di era ini, memaksa para pelaku industri untuk menemukan suatu formula penting dalam proses penyambungan dua buah baja dengan metode pengelasan (Hery dan Prihatno, 2015). Sambungan las merupakan bagian sangat penting dalam sebuah konstruksi material yang didalamnya terdapat parameter-parameter penentu kualitas kekuatan dan ketangguhan material dalam menerima pembebanan tertentu (Awali dan Choiron, 2014). Untuk mendapatkan kualitas maksimal perlu dilakukan kombinasi pada proses pengelasan. Kombinasi tersebut antara lain yaitu *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW). Pengelasan bukan tujuan utama dari konstruksi, tetapi merupakan sarana untuk mencapai pembuatan yang lebih baik, karena itu rancangan las dan cara pengelasan harus betul-betul memperhatikan kesesuaian antara sifat-sifat las dengan kegunaan konstruksi serta keadaan sekitarnya (Wiriyosumarto, 2004).

Metode pengelasan kombinasi merupakan sebuah metode pengembangan baru dalam penyambungan dua material baja sebagai alternatif untuk mendapatkan suatu sifat tertentu yang diharapkan memberikan efek baik terhadap industri penyambungan dua buah material baja dengan metode pengelasan. Pengaplikasian pengelasan metode kombinasi ini pada umumnya digunakan untuk penyambungan baja yang membutuhkan tingkat kekuatan dan ketangguhan yang tinggi dalam menopang pembebanan tertentu dalam suatu konstruksi.

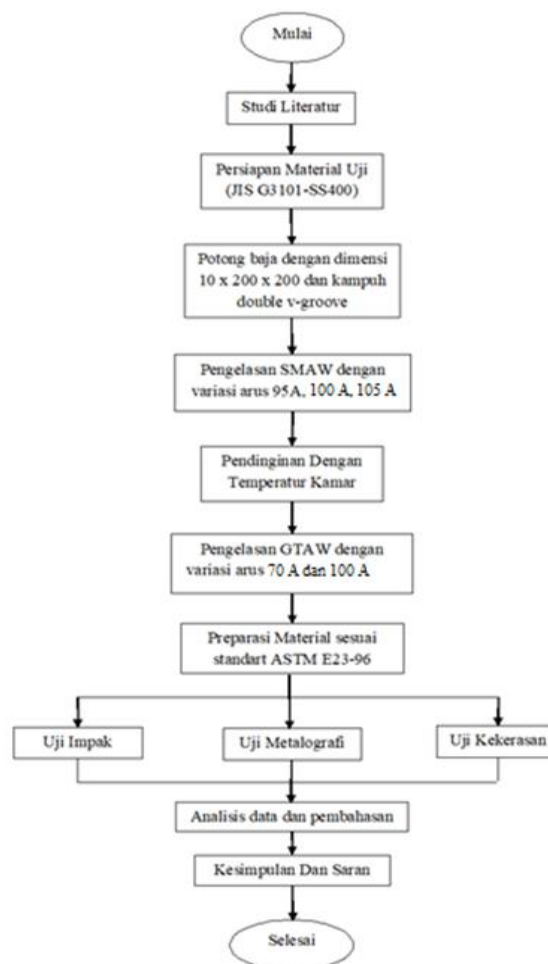
Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian experimental ini menganalisa efek variasi arus pengelasan kombinasi metode pengelasan SMAW dan GTAW pada baja jenis JIS SS400 dengan menggunakan 3 klasifikasi jenis arus yang dipilih untuk merepresentasikan sifat-sifat mekanik yang terdapat pada material tersebut.

METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap. Tahap pertama merupakan tahap observasi jenis material beserta penentuan logam pengisi yang digunakan (elektroda), penentuan *welder* yang berpengalaman dan bersertifikat, proporsi mesin las yang digunakan beserta penetapan besaran klasifikasi arus pengelasan yang akan dipakai

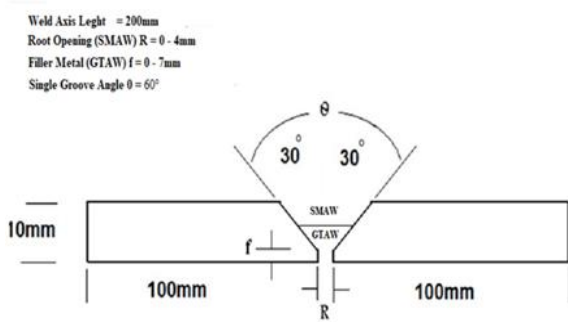
dalam penelitian. Berikut merupakan gambar diagram alir pada penelitian.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Skema Pengelasan

Pengelasan dilakukan pada pelat baja jenis JIS SS400 dengan ukuran panjang 200 mm, lebar 200 mm dan tebal 10 mm. Bagian *root* akan memakai metode pengelasan GTAW sedangkan bagian *filler* menggunakan metode las SMAW dengan penerapan kampuh *single v-groove*.



Gambar 2. Skema letak logam pengisi pengelasan

Proses dan Parameter Pengelasan

Proses metode pengelasan yang dilakukan pertama kali sebagai logam akar/root pada material baja adalah GTAW. Kemudian pengaturan mesin las Miller Maxstar XMT 350cc CC GTAW dan tekanan gas pada regulator yang terpasang pada tabung, penyesuaian nozzle dengan tungsten, mengatur elektroda pengisi ER70SG (*Familiarc Filler/Rods TG-S51T*) dan *socket* massa dan polaritas. Berikut merupakan parameter-parameter pengelasan yang dipakai pada metode GTAW yaitu : *welding process* GTAW (*gas tungsten arc welding*), *joint design* yang dipakai adalah *butt joint* dengan kampuh *single v-groove*, kode klasifikasi AWS (ER 7038 T1-MH14) dengan diameter elektroda 2,4 mm dan posisi pengelasan (*welding position*) 3G (*vertical position*), jenis polaritas yang dipakai adalah DCEN (*straight polarity*) dengan besar tegangan arus dikisaran angka 11,1 V-12,7 V dan dengan jenis arus AC (*alternating current*), kecepatan pengelasan dikisaran waktu 200 mm/4 menit untuk 2 *layer* pengelasan. Tabel 1 berisi arus pengelasan dengan metode GTAW.

Layer	Plate 1	Plate 2	Plate 3
Root	70A	70A	70A
Caving	100A	100A	100A

Setelah pengelasan GTAW selesai, alur pengelasan GTAW tersebut dibersihkan dan diratakan menggunakan gerinda sampai *flux-flux* sisa pengelasan GTAW hilang. Lanjut dengan mengatur arus, polaritas dan kabel massa mesin las POWCON Inverter AC/DC 200P beserta elektroda SMAW E7018 (*Kobe Steel Familiarc LB-52-18*). Parameter-parameter metode pengelasan SMAW yang dipakai pada penelitian yaitu : *welding process* SMAW (*shielded metal arc welding*), dengan diameter elektroda 2,6 mm dan posisi pengelasan (*welding position*) 3G (*vertical position*), polaritas yang

diterapkan pada penelitian ini adalah DCEP (*reserve polarity*) dengan besar tegangan arus di kisaran 11,1 V-12,7 V dan dengan jenis arus DC (*direct current*), kecepatan pengelasan dikisaran waktu 200 mm/4 menit untuk 3 *layer* pengelasan. Tabel 2 berisi arus pengelasan metode SMAW.

Layer	Plate 1	Plate 2	Plate 3
Filler	95 A	100 A	105 A
Filler	110 A	115 A	120 A
Caving	125 A	130 A	135 A

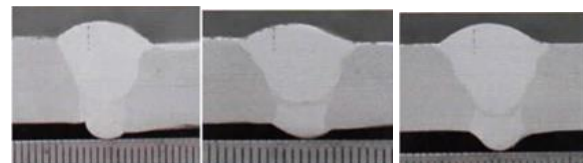
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Pengelasan

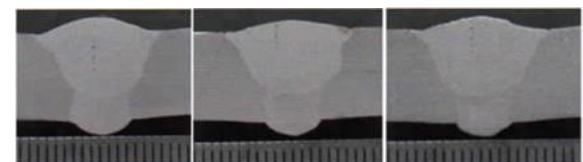
Pengamatan struktur makro dilakukan tiga kali dengan lokasi acak pada ketiga pelat baja. Hal ini bertujuan untuk mengetahui daerah-daerah spesifik untuk kemudian menentukan daerah pengujian *hardness*, mikrostruktur dan mendeteksi cacat yang terjadi pada bagian dalam sambungan pengelasan. Standar yang dipakai pada pengujian ini adalah E 18 – 08 (*Standar Test Method for Macroetching Metal and Alloys*). Gambar 3 hingga 5 merupakan hasil pengujian struktur makro.



Gambar 3. Hasil pengamatan struktur makro pelat 1



Gambar 4. Hasil pengamatan struktur makro pelat 2



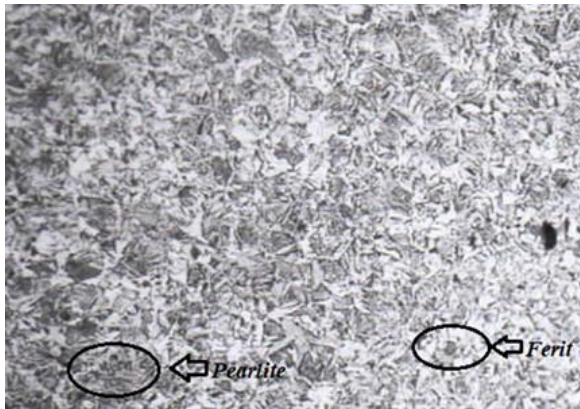
Gambar 5. Hasil pengamatan struktur makro pelat 3

Dari foto pengujian diatas menggambarkan hasil yang sama dari ketiga pelat. Dapat ditarik kesimpulan bahwasannya hasil pengujian bisa dikatakan sangat baik karena tidak didapati cacat-cacat seperti cacat pembakaran (*fusion*), cacat tembusan (*penetration*), cacat kantong gas (*gas pocket*), cacat *undercut* dan

cacat retakan (*crack*). *Filler* maupun *root* dalam kondisi sangat baik tepat seperti posisi yang diharapkan pada skema penelitian.

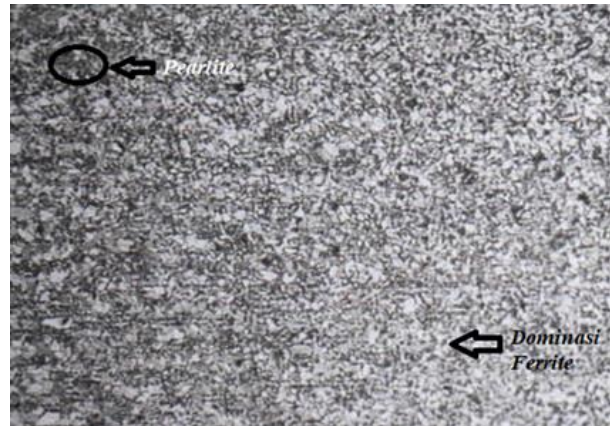
Analisa Pengamatan Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro sangat diperlukan guna menentukan sifat alami yang dimiliki suatu material setelah diberlakukan *treatment* pada material tersebut. Pengelasan yang dilakukan pada pengujian ini memakai konsentrasi HNO₃ sebesar 2%. Pengujian menggunakan *Microscop Metalurgy Olympus BX53M* dengan standart uji E 407 – 07, pembesaran yang digunakan 50 μm dan 100 μm setiap spesimen baja. Setiap foto yang tertangkap mikroskop pada titik pengujian akan diolah kembali pada aplikasi *image j* untuk mencari persetase komposisi unsur yang terdapat didalamnya.

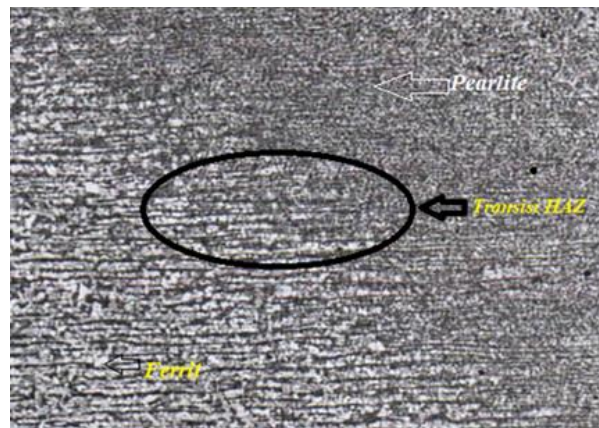


Gambar 6. Struktur mikro *based metal* baja JIS SS400

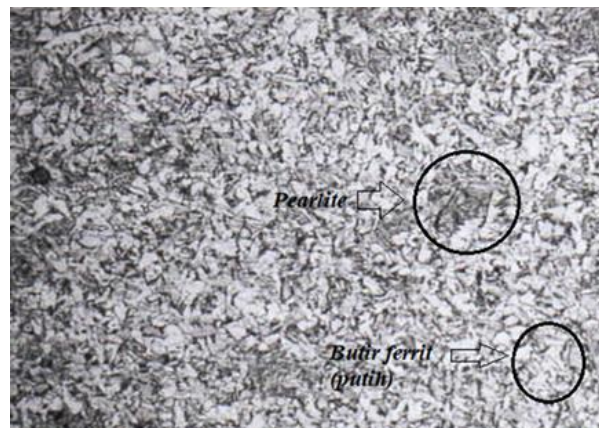
Bagian *based metal* tidak mendapat perlakuan langsung dari proses pengelasan, melainkan lewat rambatan panas yang diterima saat proses pengelasan di daerah sambungan kedua material yang membentuk struktur mikro seperti pada Gambar 6. Fasa yang terbentuk pada baja SS 400 yang terpengaruh panas hasil pengelasan adalah *ferrit* dan *pearlite* dengan persentase *ferrit* yang lebih mendominasi. Keduanya memiliki angka perbandingan fasa pada perbesaran 50μm didapati *ferrit* 58% sedangkan *pearlite* 42%. *Ferrit* berwarna putih terang berbentuk butir kristal padat sedangkan *pearlite* berwarna kehitaman berbentuk pipih. Gambar 7 hingga 10 merupakan hasil pengamatan struktur mikro pada pelat 1.



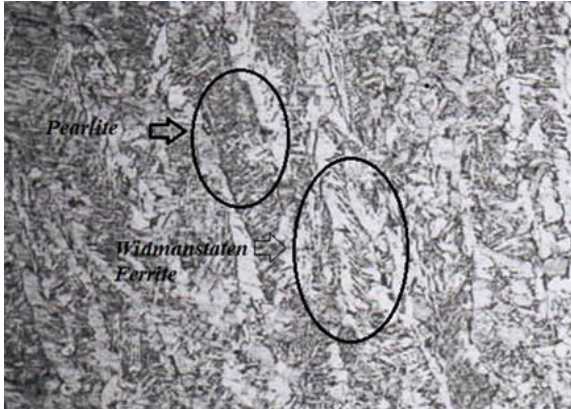
Gambar 7. Struktur mikro pada bagian HAZ *root*/ titik SMAW



Gambar 8. Struktur mikro pada bagian HAZ *root* / GTAW

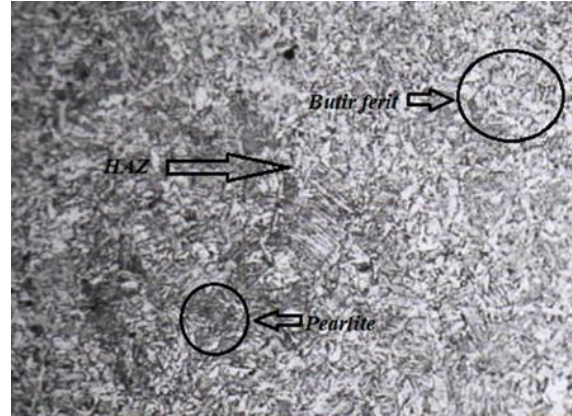


Gambar 9. Struktur mikro pada bagian *weld metal* GTAW

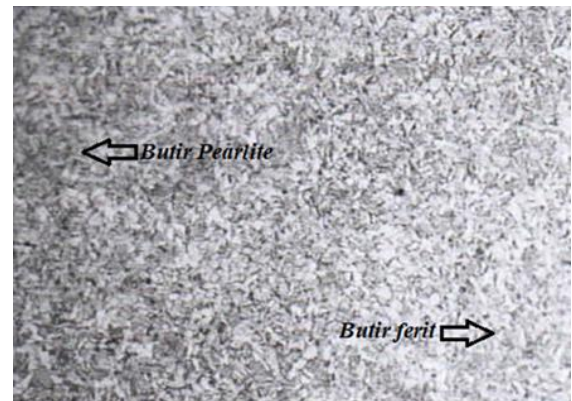


Gambar 10. Struktur mikro pada bagian *weld metal* SMAW

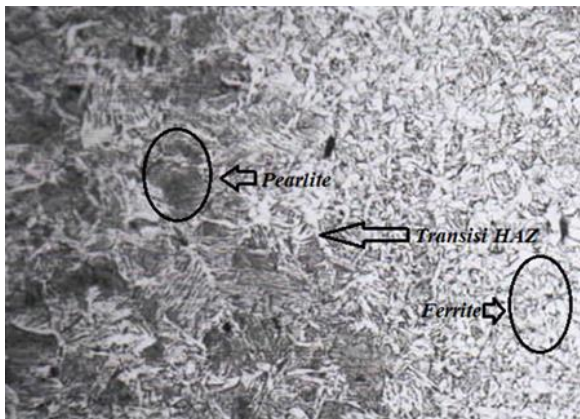
Jenis fasa yang terbentuk dalam keseluruhan bagian pengamatan adalah *ferrite* dan *pearlite*. Adanya fasa *widmanstatten* pada *weld metal* SMAW pelat 1 (Gambar 10) disebabkan oleh besarnya distribusi panas dan waktu pendinginan yang relative lebih lambat, semakin besar distribusi panas maka jumlah *ferrite* akan mulai mengalami penurunan dan mulai peningkatan *ferrit widmanstatten*. Hal ini disebabkan karena pada laju pendinginan yang agak tinggi *ferrite* sulit tumbuh sehingga mempercepat terbentuknya *widmanstatten* (Suharno, 2008). Gambar 11 sampai 14 merupakan hasil pengamatan struktur mikro pada pelat 2.



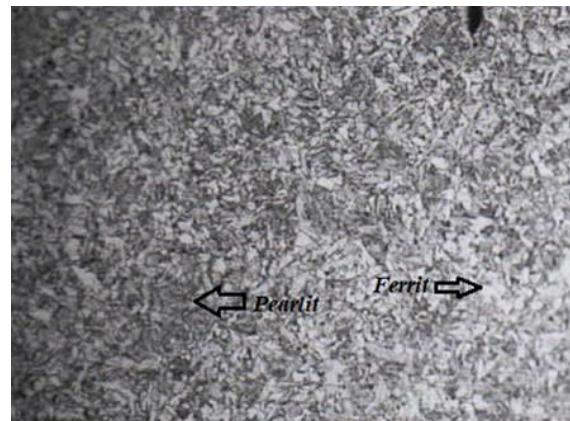
Gambar 12. Struktur mikro pada bagian *HAZ root/GTAW*



Gambar 13. Struktur mikro pada bagian *weld metal* GTAW

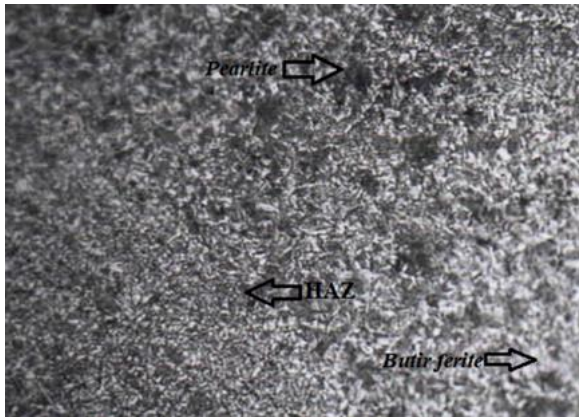


Gambar 11. Struktur mikro pada bagian *HAZ filler/titik* SMAW

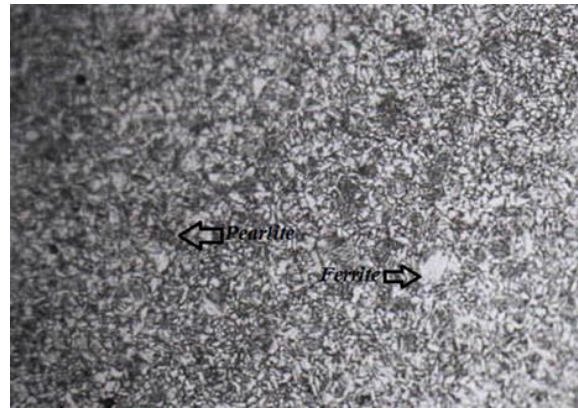


Gambar 14. Struktur mikro pada bagian *weld metal* SMAW

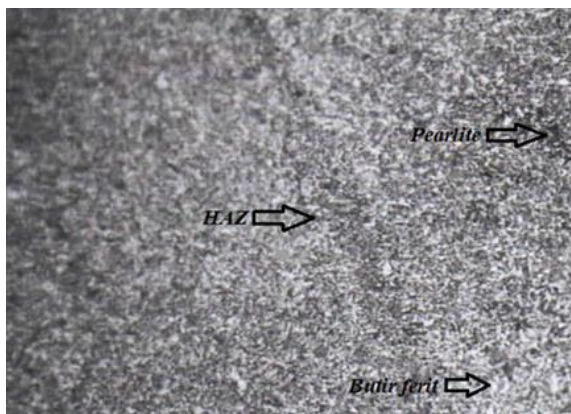
Gambar 15 sampai 18 merupakan hasil pengamatan struktur mikro pada pelat 3.



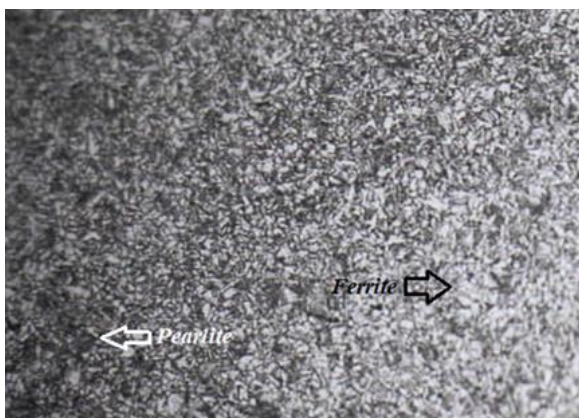
Gambar 15. Struktur mikro pada bagian *HAZ filler/ titik SMAW*



Gambar 18. Struktur mikro pada bagian *weld metal SMAW*



Gambar 16. Struktur mikro pada bagian *HAZ root/ GTAW*



Gambar 17. Struktur mikro pada bagian *weld metal GTAW*

Pada pengamatan struktur mikro diatas membuktikan bahwasannya semakin besar kuat arus berbanding lurus dengan terbentuknya fasa *pearlite* pada metode pengelasan kombinasi yang terlampir pada Gambar 15 sampai 18 struktur mikro pelat 3. Dapat dilihat fasa *pearlite* terbentuk lebih banyak dan menyeluruh dibandingkan dengan pelat yang dilas dengan arus dibawahnya. Hal ini terjadi akibat besarnya masukan panas dari arus yang tinggi membuat reaksi *eutectoid* (pembentukan perlit) semakin berkembang, yang didukung oleh tingkat pendinginan yang relatif rendah (32° /suhu ruangan).

Berikut merupakan komposisi kandungan fasa *ferrite* dan *pearlite* yang didapat dari gambar diatas dengan perangkat aplikasi *image j* yang merupakan sebuah perangkat yang sering digunakan untuk menganalisa partikel menggunakan metode SEM (*Scanning Electron Microscope*) dengan perbesaran tertentu.

Tabel 3. Persentase komposisi kandungan fasa

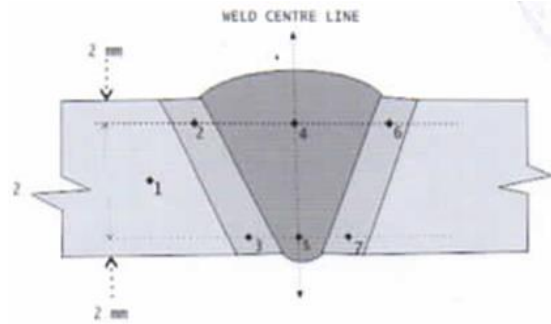
%	Plate 1 (%)		Plate 2 (%)		Plate 3 (%)	
	Ferrit	Perlit	Ferrit	Perlit	Ferit	Perlit
<i>Weld Metal SMAW</i>	52,7	47,2	53,5	46,4	41,3	58,7
<i>Weld Metal GTAW</i>	59,8	40,2	58,3	41,6	44,1	55,8
<i>HAZ Filler</i>	53,0	46,7	52,0	48,0	48,1	51,8
<i>HAZ Root</i>	41,6	58,3	51,2	48,8	43	57

Hasil Pengujian Kekerasan/*Hardness*

Pengujian dilakukan di laboratorium B4T menggunakan alat uji kekerasan *Rockwell* dengan spesifikasi indenter *B* yaitu *indenter* bola 1/16 inch beban minor 10 kg dan beban mayor 100 kg (*Wilson Hardnes Tester*). Berikut merupakan bagian-bagian titik pembebanan.

- 1 = (*Based Metal*)
- 2 = (*HAZ Filler/SMAW kiri*)

- 3 = (HAZ Root/GTAW kiri)
- 4 = (Weld Metal SMAW)
- 5 = (Weld Metal GTAW)
- 6 = (HAZ Filler/SMAW kanan)
- 7 = (HAZ Root/GTAW kanan)

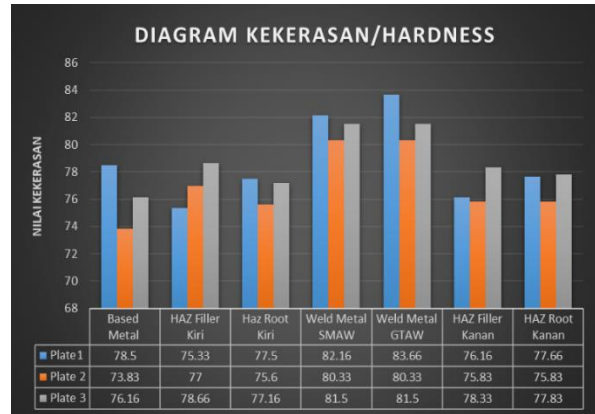


Gambar 19. Titik pengujian/pembebanan *hardness* Rockwell B

Tabel 4. Hasil keseluruhan nilai kekerasan

Pelat	Nilai Kekerasan Rockwell-B, Satuan HRB Lokasi Uji						
	1	2	3	4	5	6	7
1	78,5	75,3	77,5	82,1	83,6	76,1	77,6
2	73,8	77	75,6	80,3	80,3	75,8	75,8
3	76,1	78,6	77,1	81,5	81,5	78,3	77,8

Dari data keseluruhan pengujian kekerasan/*hardness* yang didapatkan (Tabel 4) dapat disimpulkan bahwasanya bagian *based metal* (1) paling keras dimiliki oleh pelat 1, bagian *HAZ filler/SMAW* kiri (2) paling keras dimiliki oleh pelat 3, bagian *HAZ root/GTAW* (3) kiri paling keras dimiliki oleh pelat 3, bagian *weld metal SMAW* (4) paling keras dimiliki oleh pelat 1, bagian *weld metal GTAW* (5) paling keras dimiliki oleh pelat 1, bagian *HAZ filler/SMAW* kanan (6) paling keras dimiliki oleh pelat 3, bagian *HAZ root/GTAW* kanan paling keras dimiliki oleh pelat 3.



Gambar 20. Diagram nilai kekerasan/*hardness*

Ditinjau dari besaran angka kekerasan total yang didapat dari percobaan, terlihat pada *weld metal* pelat 2 dan pelat 3 memiliki nilai kekerasan yang sama antara *filler* dan *root* yang diisi dengan 2 metode pengelasan yang berbeda. Hal ini dikarenakan sifat kekerasan pengelasan SMAW mengikuti nilai kekerasan logam akar/*root* yang menggunakan metode pengelasan GTAW. Namun pada baja pelat 1 menunjukkan perbedaan nilai kekerasan yang terdapat pada *weld metal* antara keduanya. Ini membuktikan bahwasannya terdapat korelasi secara langsung dari besaran nilai kekuatan material tertentu dengan bentuk struktur mikro yang dimilikinya (Gambar 10), dimana pada *weld metal* SMAW fasa *ferrit widmastatten* sangat dominan terbentuk sehingga memiliki bentuk struktur mikro yang sangat berbeda dengan bagian *weld metal* GTAW pada pelat tersebut (Trinova dan Prihanto, 2015).

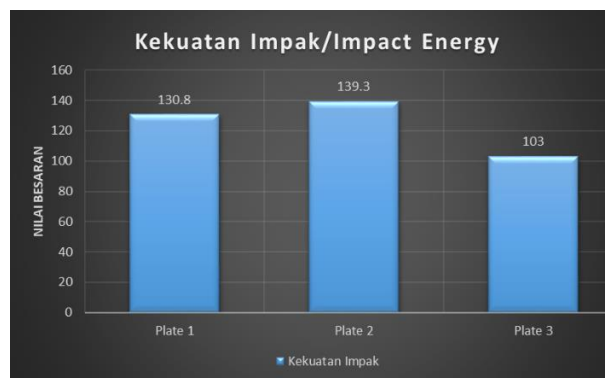
Pada diagram, pelat 2 menunjukkan nilai kekerasan terkecil dibandingkan yang lain. Ini menunjukkan bahwasannya pelat 2 memiliki angka ketangguhan terkecil untuk menopang deformasi plastis diantara pelat percobaan yang lain. Namun hasil ini belum merupakan hasil akhir dari penentuan performa material terhadap sifat-sifat mekanis yang terkandung dalam suatu material. Pada bagian *HAZ filler/root* baja pelat 3 yang mempunyai keunggulan nilai kekerasan. *Based metal/raw material* menjadi penting pada penelitian ini, walaupun bagian ini tidak mendapat kontak langsung terhadap panas. Namun pada praktiknya *base metal* mendapat perlakuan panas dari rambatan panas logam sambungan yang dapat mengubah struktur mikro pada daerah tersebut.

Hasil Pengujian Impak Charpy

Pada penelitian ini pengujian dilakukan dengan uji impak metode impak *charpy* dengan standart ASTM E23-18 (*Standart Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*), suhu yang dipakai adalah suhu standar ruangan 26°C.

Tabel 5. Hasil pengujian impak *charpy*

Pelat dan Nomor Spesimen		Energi Impak (Joule)	Energi Impak rata-rata (Joule)
Pelat 1	Spesimen 1	133,37 J	130,75 J
	Spesimen 2	129,45 J	
	Spesimen 3	129,45 J	
Pelat 2	Spesimen 1	136,31 J	139,58
	Spesimen 2	139,25 J	
	Spesimen 3	143,18 J	
Pelat 3	Spesimen 1	129,45 J	102,64 J
	Spesimen 2	66,68 J	
	Spesimen 3	111,8 J	



Gambar 21. Diagram nilai ketangguhan impak

Dari diagram tersebut, dapat dilihat pelat 3 memiliki nilai ketangguhan 103 J yang berarti nilai terendah untuk menerima beban tiba-tiba dan tidak stabil pada 3 bagian *spesimen* baja yang dipilih secara acak dikarenakan hasil yang didapat dari 3 percobaan menunjukkan hasil yang sangat variatif dengan perbedaan angka yang cukup signifikan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berikut merupakan kesimpulan yang telah dirangkum dalam penelitian ini yaitu :

1. Semakin besar tingkat arus yang digunakan berbanding lurus dengan persentase pertumbuhan fasa *pearlite* yang semakin besar dan menyeluruh yang diakibatkan dari rambatan pertumbuhan karbon akibat besaran suhu yang tinggi. Hal ini berhubungan secara langsung dengan hasil nilai kekuatan impak yang cenderung dan mengakibatkan material logam menjadi semakin keras dan getas. Arus tinggi juga sangat berguna untuk material-material logam dengan pengaplikasian di dunia industri yang membutuhkan tingkat kekerasan yang cukup tinggi.
2. Nilai ketangguhan impak sangat berpengaruh terhadap kuat arus yang dipakai pada suatu proses pengelasan. Penetapan arus harus disesuaikan dengan kebutuhan

pengaplikasian material tersebut. Arus sedang (plat 2) memiliki nilai kekuatan impak tertinggi (139 J), walaupun pada kenyataannya arus sedang memiliki nilai terendah pada uji kekerasan. Ini membuktikan bahwasannya untuk menentukan suatu material sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan tidak cukup hanya dengan 1 metode pengujian saja. Perlu dilakukan pengujian lebih mendalam untuk menentukan sifat pada material logam.

3. Pemilihan standar arus pengelasan harus berkesesuaian dengan performa mesin las yang dipakai karena mesin las yang berumur tua mempengaruhi laju distribusi pada mesin las yang akan berdampak langsung terhadap hasil pengelasan.
4. Pemilihan metode pendinginan yang harus menyesuaikan kuat arus pada pengelasan, agar nilai *heat input* sesuai dengan apa yang diinginkan.

REFERENSI

- Wiryosumarto, H. dan Okumura, T. (2004). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT. Pertja.
- Awali, J., Irawan, Y. S., & Choiron, M. A. (2014). Pengaruh kuat arus pengelasan dua layer dengan metode GTAW dan SMAW terhadap kekuatan tarik pada plat ASTM A 36. *Rekayasa Mesin*, 5(2), 107-112
- Welding Handbook (2011). *“Kobelco Welding Handbook Welding Consumables And Prosessec”*. Kobe Steel, LTD welding bussines, Shinigawa, Japan.
- Hery Sonawan dan Rochim Suratman. (2006). *Pengelasan Logam*. Bandung: CV. Alfabeta Bandung.
- ASME IX. (2010). *“Welding and Brazing Qualifications”*. American Society Mechanical Engineering, Three Park Avenue, New York, 10016 USA.
- Suharno, S. (2008). Struktur Mikro Las Baja C-Mn Hasil Pengelasan Busur Terendam dengan Variasi Masukan Panas. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 40-45.
- Trinova, B. S., Solichin & Prihanto, T. (2015). Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur mikro Las SMAW Dengan Elektroda E7016. *Jurnal Teknik Mesin Tahun* 23(1), 56-64.