

ANALISA PENGARUH VARIASI ARUS PENGELASAN KOMBINASI SMAW DAN GTAW TERHADAP PENGUJIAN KEKERASAN, KEKUATAN IMPAK SERTA PENGAMATAN STRUKTUR MIKRO PADA BAJA JIS SS400

Semuel Desmon¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang
Jl. HS. Ronggowaluyo, Telukjambe Timur, Karawang-Jawa Barat, 41361

E-mail: Semueldesmon1@gmail.com

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 penulis mencoba untuk mengangkat tema pengelasan kombinasi Shielded Metal Arc Welding (SMAW) dan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) dengan klasifikasi variasi arus metode pengelasan SMAW 95 A (arus rendah), 110 A (arus sedang), dan 125 A (arus tinggi), sedang pada metode pengelasan GTAW memakai arus 70 A, pada material pelat baja JIS SS400 dengan tebal 10 mm. Pada 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, Variasi Arus, Struktur Mikro, Uji Kekerasan, Uji Impak

Abstract--Welded joints are a very important part in a construction material in which there are parameters that determine the quality of the strength and toughness of the material in accepting certain loads, to get the maximum quality the writer tries to raise the theme of combination welding of Shielded Metal Arc Welding (SMAW) and Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) with the classification of current variations in the welding method SMAW 95 A (low current), 110 A (medium current), and 125 A (high current), while 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 that were heat affected zone. The hardness test results that have 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: Welding Combination, Current Variation, Microstructure, Hardness Test, Impact Test

1. 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. 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 penulis mencoba untuk mengangkat tema pengelasan kombinasi *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW).

Pengelasan bukuan tujuan utama dari konstruksi, tetapi hanya merupakan sarana untuk mencapai ekonomi 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 [1].

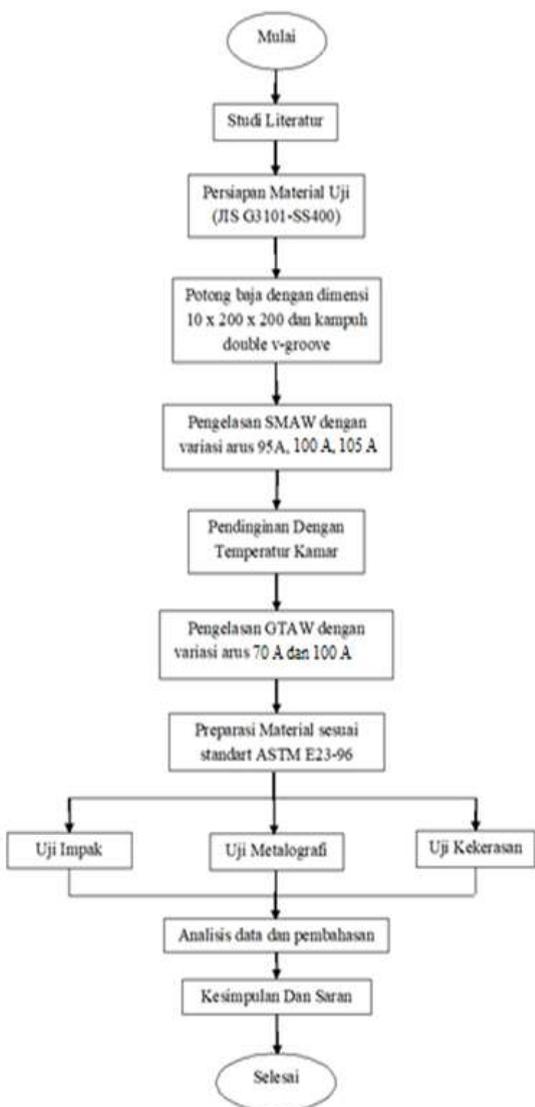
Metode pengelasan kombinasi merupakan sebuah metode pengembangan dalam penyambungan dua material baja untuk mendapatkan suatu sifat tertentu. Pengaplikasian pengelasan metode kombinasi ini dikhususkan untuk penyambungan baja yang membutuhkan tingkat kekuatan dan ketangguhan yang tinggi pada sambungannya.

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

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Diagram Penelitian

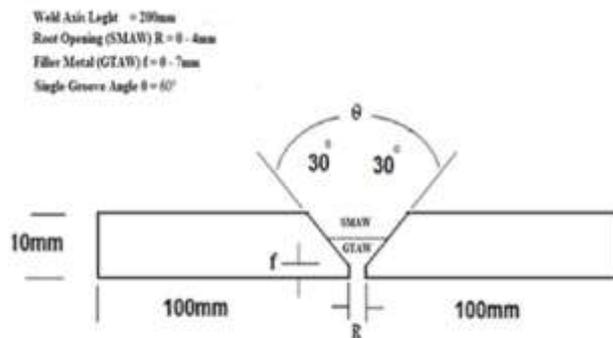
Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap, yang pertama merupakan tahap observasi jenis material beserta penentuan logam pengisi yang digunakan (elektroda), penentuan welder yang berpengalaman dan bersertifikat, proporsi mesin las yang digunakan beserta penetapan besaran klasifikasi arus pengelasan yang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



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2. Skema Pengelasan

Pengelasan dilakukan pada pelat baja jenis JIS SS400 dengan ukuran panjang 200 mm, lebar 200 mm dan tebal 10mm. 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

2.3. Proses dan Parameter Pengelasan

Proses metode pengelasan yang dilakukan pertama kali sebagai logam akar/*root* pada material baja adalah GTAW. Mensetting 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 (*Familarc Filler/Rods TG-S51T*) dan socket massa dan polaritas. Berikut merupakan parameter-parameter pengelasan yang dipakai pada metode GTAW: *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.

Tabel 1. Arus pengelasan GTAW

Layer	Pelat 1	Pelat 2	Pelat 3
Root	70A	70A	70A
Filler	100A	100A	100A

Pengelasan dengan metode GTAW terdiri dari 2 *layer* pengelasan yaitu bagian *root* sebagai logam akar dengan besar arus 70 A dan juga *filler* sebagai bagian pengisi pengelasan dengan kuat arus 100 A. Pada metode ini tidak diberlakukan variasi arus karna diharapkan ketangguhan logam pengisi/*filler* mengikuti dengan logam akarnya dengan arus yang stabil.

Setelah pengelasan GTAW selesai, alur pengelasan GTAW tersebut dibersihkan dan diratakan menggunakan gerinda sampai flux-flux sisa pengelasan GTAW hilang. Lanjut dengan mensetting arus, polaritas dan kabel massa mesin las POWCON Inverter AC/DC 200P berserta elektroda SMAW E7018 (Kobe Steel Familiarc LB-52-18). Berikut merupakan parameter-parameter metode pengelasan SMAW yang dipakai pada penelitian: *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 (*reverse 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.

Tabel 2. Variasi arus pengelasan SMAW

Layer	Pelat 1	Pelat 2	Pelat 3
Filler 1	95 A	100 A	105 A
Filler 2	110 A	115 A	120 A
Capping	125 A	130 A	135 A

Sedangkan pada metode pengelasan SMAW terdiri dari 3 *layer* pengelasan pada setiap pelat, dimana *layer filler* 1 dan 2 dijadikan logam pengisi dengan estimasi tebal 5 mm dan *capping* sebagai lapisan terluar dengan bentuk sabit beraturan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Hasil Pengelasan

Ketiga pelat baja dibawah ini memakai format pengelasan yang sama dari metode GTAW maupun SMAW, hanya saja kuat arus menjadi parameter utama untuk mencari efisiensi kualitas pengelasan yang terdampak dari besar/kecilnya arus pada mesin las.

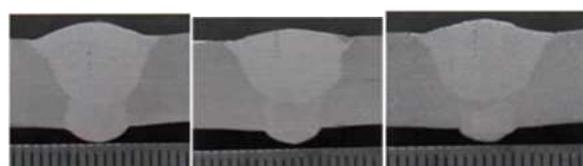
Pengamatan struktur makro dilakukan tiga kali dengan lokasi acak pada ketiga pelat baja, bertujuan untuk mengetahui daerah-daerah spesifik untuk kemudian menentukan daerah pengujian *hardness*, mikrostruktur dan mendeteksi cacat yang terjadi pada bagian dalam sambungan pengelasan, standar yang dipakai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



Gambar 3. Hasil pengamatan struktur makro pelat 1



Gambar 4. Hasil pengamatan struktur makro pelat 2

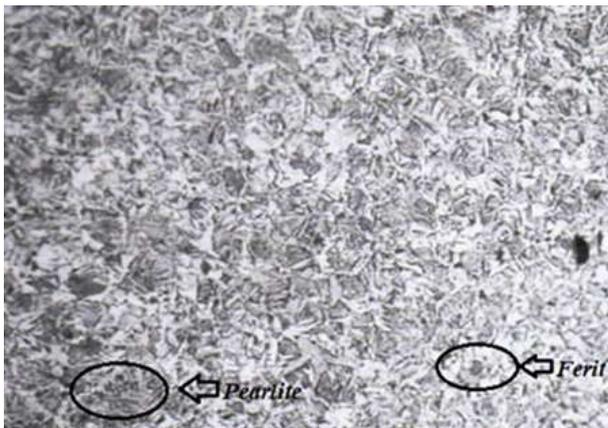


Gambar 5. Hasil pengamatan struktur makro pelat 3

Dari foto pengujian diatas menggambarkan hasil yang sama dari ketiga pelat dan 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 (*undercut*) dan cacat retakan (*crack*). *Filler* maupun *root* dalam kondisi sangat baik tepat seperti posisi yang diharapkan pada skema penelitian

3.2. Analisa Pengamatan Struktur Mikro

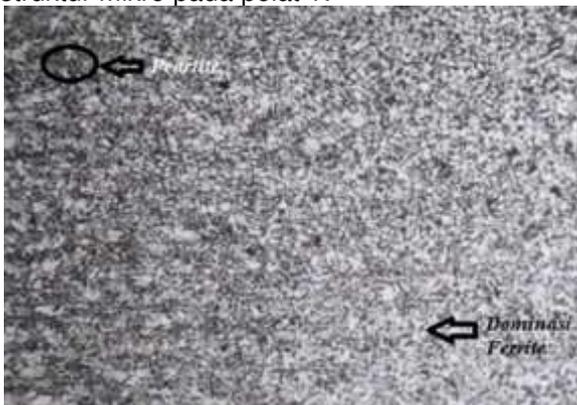
Pengujian struktur mikro sangat diperlukan guna menentukan sifat alami yang dimiliki suatu material setelah diberlakukan treatment tertentu pada material tersebut. Pengetsaan yang dilakukan pada pengujian ini memakai konsentrasi HNO₃ sebesar 2%. Pengamatan menggunakan *Microscop Metalurgy Olympus BX53M* dengan standart uji E 407 – 07, pembesaran yang digunakan 50 μ m dan 100 μ 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.



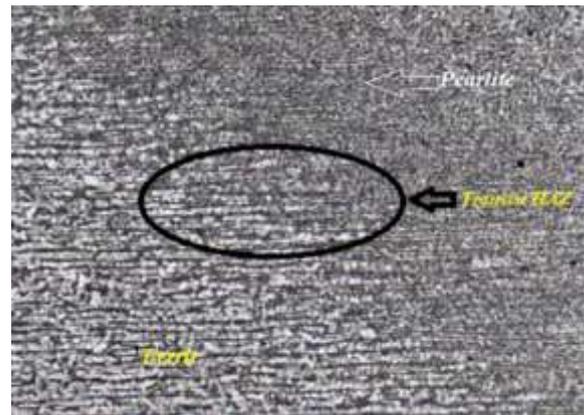
Gambar 6. Struktur mikro *based metal* baja JIS SS400

Bagian *based metal* tidak mendapat perlakuan langsung dari proses pengelasan, melainkan lewat rambatan panas yang diterima saat proses pengelasan didaerah 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 50 μ m didapati *ferrit* 58% sedangkan *pearlite* 42%. *Ferrit* berwarna putih terang berbentuk butir kristal padat sedangkan *pearlite* berwarna kehitaman berbentuk pipih.

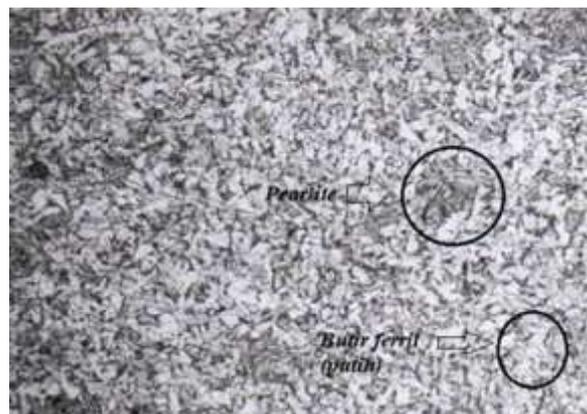
1. Berikut merupakan hasil pengamatan struktur mikro pada pelat 1:



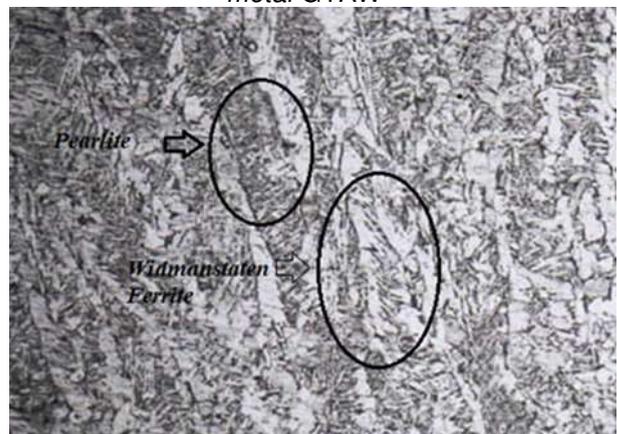
Gambar 7. Struktur mikro pada bagian HAZ root/titik SMAW



Gambar 8. Struktur mikro pada bagian HAZ root/GTAW



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

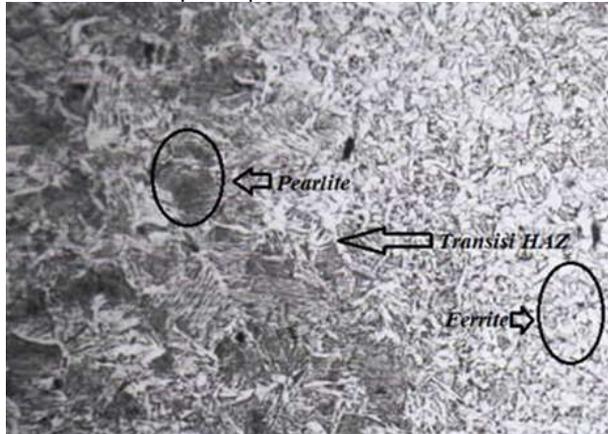


Gambar 10. Struktur mikro pada bagian *weld metal* SMAW

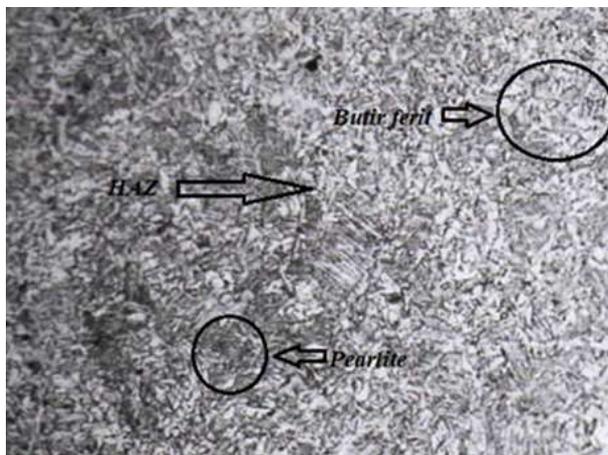
Pada struktur mikro pelat 1 (arus rendah) menunjukkan bahwasannya ada penyimpangan yang terjadi pada *weld metal* SMAW, yaitu pertumbuhan fasa *ferrit widmanstatten* (Gambar 10.) yang signifikan, fenomena ini terjadi karena besarnya masukan panas/*heat input* dan waktu pendinginan yang relative lambat. Ini sangat mungkin terjadi karena tiga parameter *heat input* tidak berkesesuaian satu sama lain (arus las, tegangan las dan kecepatan pengelasan). Fenomena ini mengakibatkan penurunan angka keuletan dan ketangguhan pada suatu material menurun seiring dengan pertumbuhan fasa *ferrit widmanstatten*, *bainit* dan juga *martensit*

[7]. Namun fenomena berlawanan terjadi pada bagian *weld metal root* yang diisi proses pengelasan GTAW (Gambar 9.), fasa *ferrit* dan *pearlite* tumbuh dengan komposisi wajar pada proses pengelasan. Bagian HAZ menggambarkan transisi komposisi fasa yang sangat terlihat antara kedua bagian yang terpengaruh tersebut (Gambar 7. dan 8.), pertumbuhan fasa *pearlite* sangat mendominasi pada sisi bagian *weld metal*, sedangkan HAZ base metal fasa *ferrit* sangat mendominasi pada strukturnya.

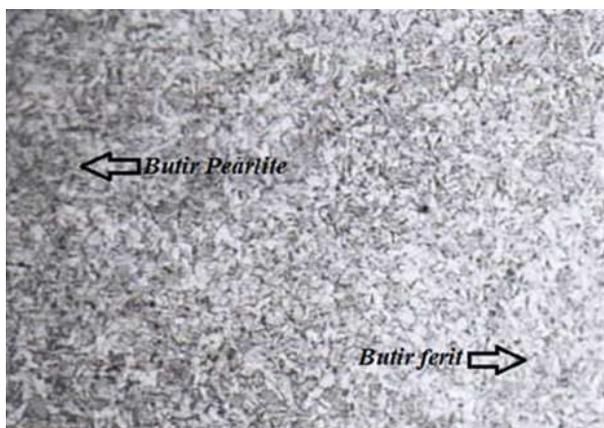
2. Berikut merupakan hasil pengamatan struktur mikro pada pelat 2:



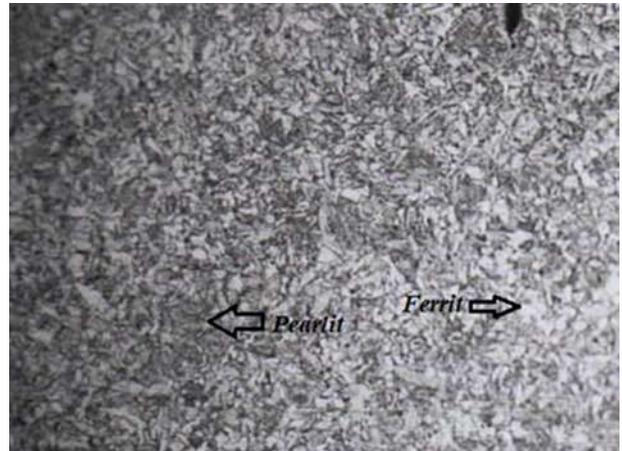
Gambar 11. Struktur mikro pada bagian HAZ filler/titik SMAW



Gambar 12. Struktur mikro pada bagian HAZ root/GTAW



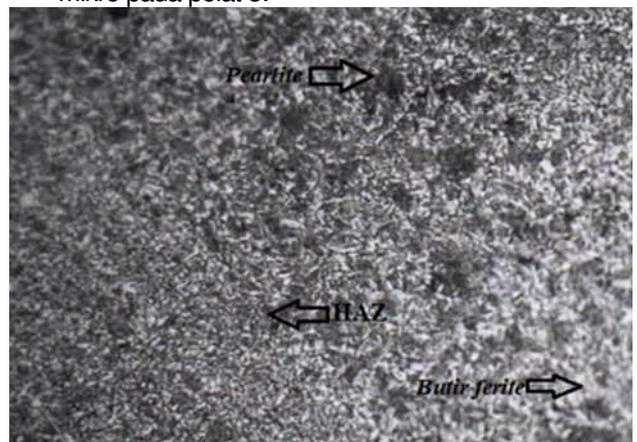
Gambar 13. Struktur mikro pada bagian *weld metal* GTAW



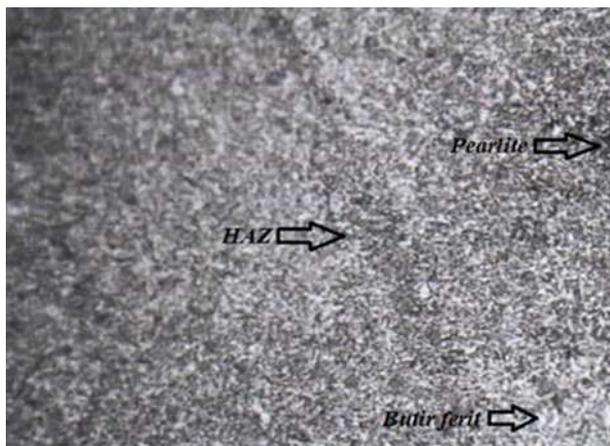
Gambar 14. Struktur mikro pada bagian *weld metal* SMAW

Pada struktur mikro pelat 2 (arus sedang), keseluruhan gambar struktur mikro (*weld metal* GTAW, *weld metal* SMAW, HAZ filler dan HAZ root) menunjukkan pertumbuhan *ferrit acicular* yang sangat dominan, fasa ini merupakan bentuk struktur mikro yang mempunyai angka ketangguhan dan keuletan paling tinggi dibanding yang lain [5]. Faktor terbesar terbentuknya fasa *ferrit acicular* adalah inklusi, yang merupakan partikel halus sebagai akibat dari reaksi oksidasi atau reduksi selama proses pengelasan dan tidak ikut larut dalam logam las cair. Pada (Gambar 11. dan 12.) terlihat bagian HAZ menjadi posisi transisi perubahan *based metal* yang didominasi *pearlite* ke arah *weld metal* yang didominasi fasa *ferrit*.

3. Berikut merupakan hasil pengamatan struktur mikro pada pelat 3:



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



Gambar 16. Struktur mikro pada bagian HAZ root/ GTAW



Gambar 17. Struktur mikro pada bagian weld metal GTAW



Gambar 18. Struktur mikro pada bagian weld metal SMAW

Pada struktur mikro pelat 3 (arus tinggi) terdapat penyimpangan pada *weld metal* maupun HAZ, penyimpangan tersebut adalah terbentuknya struktur *pearlite* yang berlebih pada struktur mikro pelat 3, hal ini terjadi karena peng-intian *sementit* pada batas butir-butir *austenite*, sehingga daerah *fusion* kekurangan karbon maksimum yang dapat diterima saat pemisahan inti, pertumbuhan *sementit* ini terjadi menyeluruh pada semua bagian yang diikuti

dengan *ferrit*, sehingga struktur dominan yang terbentuk yaitu *pearlite-pearlite* halus karena memakai laju pendinginan yang relative lambat (*normalizing*) yang membuat karbon mempunyai waktu untuk berdifusi secara lebih luas dan lebih lama [1]. *Pearlite* memiliki sifat yang relatif kuat dan keras sedangkan *ferrit* lemah, lunak dan ulet.

Pada pengamatan struktur mikro diatas membuktikan bahwasannya semakin besar kuat arus berbanding lurus dengan terbentuknya fasa *pearlite* [2] pada metode pengelasan kombinasi yang terlampir pada gambar struktur mikro pelat 3, dapat dilihat fasa *pearlite* terbentuk lebih banyak dan menyeluruh dibandingkan dengan pelat yang dilas dengan arus dibawahnya, hal ini disinyalir 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).

Dari gambar diatas, tabel (Tabel.3) berikut merupakan komposisi kandungan fasa *ferrite* dan *pearlite* yang didapat dari 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

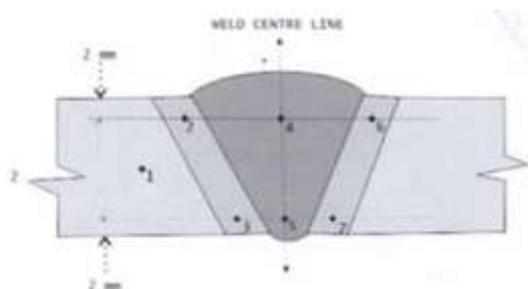
Persen fasa	Plate 1		Plate 2		Plate 3	
	Ferrit	Perlit	Ferrit	Perlit	Ferit	Perlit
Weld Metal SMAW	52,7%	47,2%	53,5 %	46,4%	41,3%	58,7%
Weld Metal GTAW	59,8%	40,2%	58,3 %	41,6%	44,1%	55,8%
HAZ Filler	53,0%	46,7%	52,0 %	48,0%	48,1%	51,8%
HAZ Root	41,6%	58,3%	51,2 %	48,8%	43%	57 %

3.3. 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)

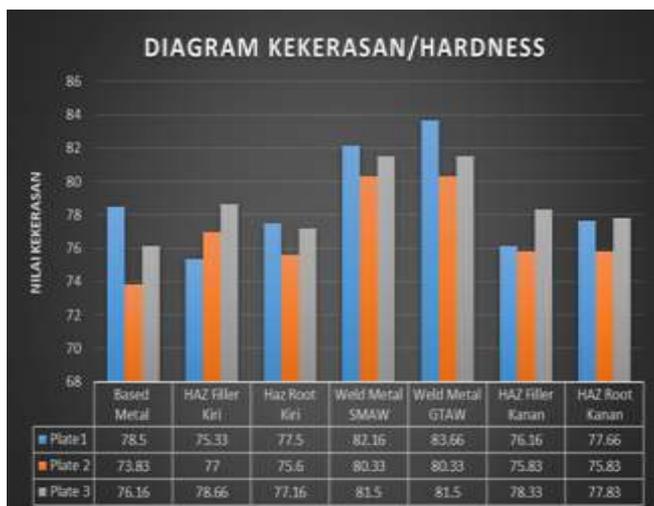


Gambar 19. Titik Pengujian/Pembebanan

Tabel 4. Hasil keseluruhan nilai kekerasan

Pelat	Nilai Kekerasan Rockwell-B, Satuan HRB Lokasi Uji						
	1	2	3	4	5	6	7
Pelat 1	78,5	75,3	77,5	82,1	83,6	76,1	77,6
Pelat 2	73,8	77	75,6	80,3	80,3	75,8	75,8
Pelat 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.) memiliki kesimpulan bahwasannya bagian *based metal* (1) ter-keras dimiliki oleh pelat 1, bagian *HAZ filler*/SMAW kiri (2) ter-keras dimiliki oleh pelat 3, bagian *HAZ root*/GTAW (3) kiri ter-keras dimiliki oleh pelat 3, bagian *weld metal* SMAW (4) ter-keras dimiliki oleh pelat 1, bagian *weld metal* GTAW (5) terkeras dimiliki oleh pelat 1, bagian *HAZ filler*/SMAW kanan (6) ter-keras dimiliki oleh pelat 3, bagian *HAZ root*/GTAW kanan ter-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, itu 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.

Pada diagram pelat 2 menunjukkan nilai kekerasan terkecil dari antara 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.

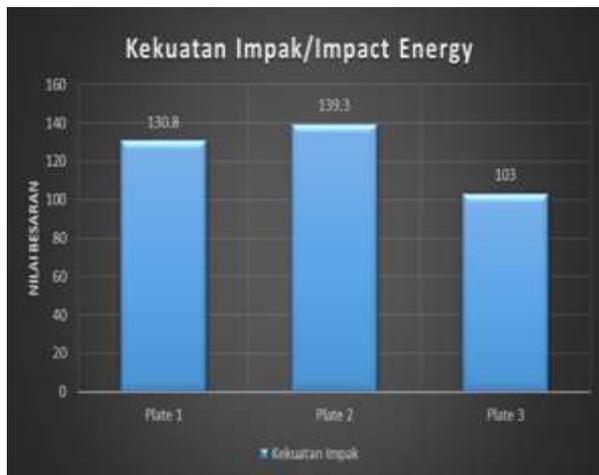
3.4. Hasil Pengujian Impak Charpy

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 impact

Dari diagram tersebut, dapat terlihat pelat 3 memiliki nilai ketangguhan 103 J yang berarti nilai terendah untuk menerima beban tiba-tiba dan bisa dibayangkan 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.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

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 impact 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 impact sangat berpengaruh terhadap kuat arus yang dipakai pada suatu proses pengelasan, penetapan arus harus disesuaikan dengan kebutuhan pengaplikasian material tersebut, arus sedang (*plate 2*) memiliki nilai kekuatan impact 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 dilakukannya 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.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Wiryosumarto, H. dan Okumura, T.(2004).Teknologi Pengelasan Logam. Jakarta: PT. Pertja.
- [2]. 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.
- [3]. Jalil, S. A., Zulkifli, Z., & Rahayu, T. (2017). Analisa kekuatan impact pada penyambungan pengelasan smaw material ASSAB 705 dengan variasi arus pengelasan. *Jurnal Polimesin*, 15(2), 58-63.
- [4]. Mawahib, M. Z., Jokosisworo, S., & Yudo, H. Pengujian Tarik Dan Impact Pada Pengerjaan Pengelasan SMAW Dengan Mesin Genset Menggunakan Diameter Elektroda Yang Berbeda. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 14(1), 26-32.
- [5]. Dailami, Hamdani & Jufriadi (2016). Kajian Pengaruh Pengelasan Terhadap Sifat Kekerasan dan Ketangguhan Baja ASSAB VANADIS HQ 705. *Jurnal Ilmiah "MEKANIK"*, 2(1), 39-44.
- [6]. 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.
- [7]. Hery Sonawan dan Rochim Suratman. (2006). *Pengelasan Logam*. Bandung: CV. Alfabeta Bandung.
- [8]. *Welding Handbook (2011). "Kobelco Welding Handbook Welding Consumables And Processes"*. Kobe Steel, LTD welding bussines, Shinigawa, Japan.
- [9]. ASME IX. (2010). *"Welding and Brazing Qualifications"*. American Society Mechanical Engineering, Three Park Avenue, New York, 10016 USA.

