

ANALISIS PENGARUH PERLAKUAN PANAS HASIL PENGELOASAN GMAW BAJA ST- 40 TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO

Muhammad Ikhwanul Munir^{1*}), Priyagung Hartanto², Artono Raharjo³

^{1*)}Universitas Islam Malang
email: munirwecles87@gmail.com

²⁾Universitas Islam Malang
email: priyagung@unisma.ac.id

³⁾Universitas Islam Malang
email: artonor@unisma.ac.id

*munirwecles87@gmail.com

ABSTRACT

Currently, many welding elements are involved in construction, especially in the field of design, because welding is one way of making connections, and to obtain good quality connections requires the skills of technically advanced welders. One welding method that is often used in the manufacturing industry is Gas Metal Arc Welding (GMAW). This welding uses noble gases and carbon dioxide gas as a shield for the arc and molten metal from atmospheric influences. After testing the micro Rockwell hardness and micro structure, data was obtained that could be analyzed further. In this study, the material was ST 40 steel with a thickness of 10 mm, welding was carried out using GMAW welding with butt joint welding and 1G position. Hardness testing uses the micro rockwell method at each time variation of 60 minutes, 90 minutes and 120 minutes at the Weld metal point and HAZ (Heat Affected Zone) with a maximum load of 650 g. Micro Rockwell hardness test results from the three time variations, the highest hardness value was found in welding with a time of 120 minutes with a value for weld metal of 71.3 HRN and a HAZ of 62.3 HRN. The lowest hardness value was found in welding using a time of 60 minutes with a value for weld metal of 68.6 HRN and HAZ of 59.1 HRN. Observation of the microstructure resulting from GMAW welding on ST 40 steel is used to see the phases formed and calculate their percentage. Taking photos of the microstructure using 500x magnification. After carrying out the GMAW welding process on ST 40 steel material by varying the tempering time, there was a change in the amount of pearlite and ferrite after observing the microstructure in the HAZ area. After welding, the resulting microstructure grains become smaller. The greater the variation in tempering time that is used, the more the percentage of pearlite increases and the percentage of ferrite decreases, where the increasing percentage of pearlite causes material properties that are stronger, harder and less brittle.

Keywords: GMAW Welding, Rockwell Hardness, Microstructure

ABSTRAK

Pembuatan sambungan dapat dilakukan melalui proses pengelasan, dan untuk menghasilkan sambungan yang berkualitas tinggi, diperlukan tukang las yang kompeten secara teknis. Akibatnya, beberapa komponen pengelasan kini digunakan dalam industri konstruksi, terutama di sektor desain. Dalam hal pengelasan, salah satu bentuk pengelasan yang paling sering digunakan di lingkungan industri adalah teknik pengelasan busur logam gas. Saat melakukan



pengelasan semacam ini, penggunaan gas mulia dan gas karbon dioksida membantu melindungi busur dan logam cair dari potensi dampak buruk terhadap lingkungan sekitar. Setelah pengujian kekerasan *micro rockwell* dan struktur *mikro* maka didapatkan data-data yang dapat dianalisa lebih lanjut, pada penelitian ini material baja ST 40 dengan tebal 10mm, pengelasan yang dilakukan dengan menggunakan las GMAW dengan sambungan las *butt join* dan posisi 1G. Pengujian kekerasan menggunakan metode *micro rockwell* pada masing-masing variasi waktu 60 menit, 90 menit, dan 120 menit pada titik *Weld metal* dan *HAZ (Heat Affected Zone)* dengan pembebanan maksimal 650 g. hasil pengujian kekerasan *micro rockwell* dari ketiga variasi waktu, nilai kekerasan tertinggi terdapat pada pengelasan dengan waktu 120 menit dengan nilai pada *weld metal* 71,3 HRN dan pada HAZ 62,3 HRN. Nilai 68,6 HRN ditemukan untuk logam las, sedangkan nilai 59,1 HRN ditemukan untuk HAZ setelah enam puluh menit pengelasan, yang merupakan metode dengan nilai kekerasan terendah. Pemeriksaan struktur mikro yang dihasilkan akibat proses pengelasan merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai persentase fasa yang dihasilkan pada baja ST 40 yang dilas GMAW. memotret struktur mikro dengan perbesaran 500 kali lebih besar dari biasanya. Setelah dilakukan proses pengelasan GMAW pada material baja ST 40, struktur mikro pada daerah HAZ menunjukkan adanya modifikasi jumlah perlit dan ferit. Modifikasi ini dilakukan dengan memvariasikan waktu proses tempering. Setelah proses pengelasan, ukuran butir pada struktur mikro yang dihasilkan mengecil. Ketika proporsi ferit dikurangi dan penggunaan perubahan waktu tempering ditingkatkan, hasilnya adalah peningkatan jumlah perlit, yang menghasilkan material yang memiliki sifat lebih kuat, tidak rapuh, dan lebih tahan terhadap retak.

Kata Kunci : *Pengelasan GMAW, Kekerasan Rockwell, Struktur Mikro*

PENDAHULUAN

Pengelasan digunakan di sektor konstruksi untuk berbagai keperluan perbaikan dan teknik logam. Seiring dengan kemajuan teknologi pengelasan yang pesat, kini dimungkinkan untuk menyatukan hampir semua jenis logam. Pembuatan sambungan dapat dilakukan melalui proses pengelasan, dan untuk menghasilkan sambungan yang berkualitas tinggi, diperlukan tukang las yang kompeten secara teknis. Akibatnya, beberapa komponen pengelasan kini digunakan dalam industri konstruksi, terutama di sektor desain[6][7].

Dalam hal pengelasan, salah satu bentuk pengelasan yang paling sering digunakan di lingkungan industri adalah teknik pengelasan busur logam gas. Ini adalah proses penyambungan logam yang memanfaatkan sumber panas yang dihasilkan oleh energi listrik. Metode ini sering disebut dengan pengelasan busur logam gas, atau disingkat GMAW. Dari sudut pandang ini, motor listrik digunakan untuk menggerakkan roller, yang kemudian menggulung kawat las. Saat melakukan pengelasan semacam ini, penggunaan gas mulia dan gas karbon dioksida membantu melindungi busur dan logam cair dari potensi dampak buruk terhadap lingkungan sekitar [1][3].

Perlakuan panas pada baja dapat dilakukan dengan dua cara berbeda: pemanasan ulang dan temper. Proses memanaskan logam yang mengeras hingga tingkat yang lebih rendah dari titik kritis, diikuti dengan membiarkannya menjadi dingin, disebut sebagai "tempered" dalam industri otomotif. Kerapuhan baja yang mengeras membuatnya tidak cocok untuk digunakan dalam produksi. Prosedur yang disebut tempering digunakan untuk menurunkan tingkat kekerasan dan kerapuhan suatu material ke tingkat yang sesuai untuk tujuan tertentu. Meskipun keuletan dan ketangguhan baja menjadi lebih baik, kekerasan dan kekuatan tariknya semakin buruk[2][4].

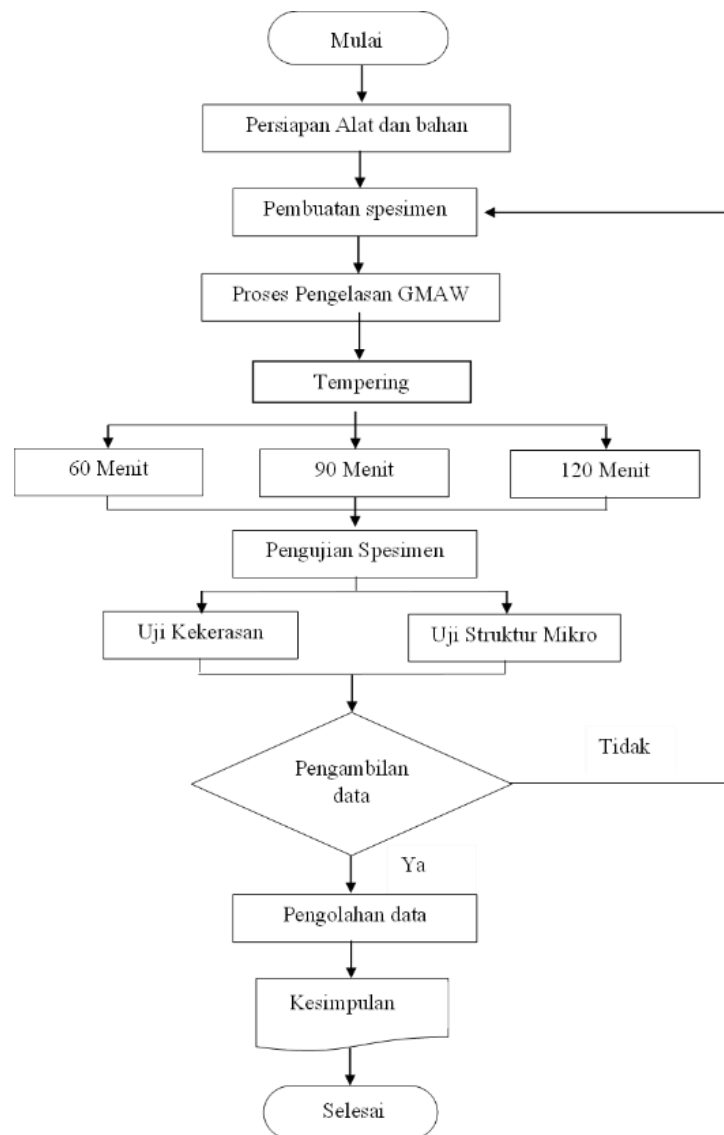
Karena baja merupakan bahan utama yang digunakan dalam konstruksi kapal, maka baja ST 40 menjadi produk vital di sektor ini. Baja karbon rendah merupakan jenis baja yang termasuk dalam kategori baja ST 40 karena memiliki kandungan karbon kurang dari 0,3%. Bahan pilihan untuk pembuatan kapal di industri pelayaran adalah baja karbon rendah, yang kadang-kadang juga disebut sebagai baja karbon kecil [2]. Untuk menyatakan kembali, pembuatan lambung kapal sering kali menggunakan baja dengan grade ST 40. Baja ST 40 digunakan secara luas dalam konstruksi geladak dan lambung kapal [3]. Hal ini sebagian besar disebabkan oleh fakta bahwa ia memiliki

kekuatan, kelenturan, dan ketahanan terhadap korosi yang tinggi.

Dalam melakukan uji kekerasan, perlu dilakukan pengukuran nilai kekerasan pada sejumlah bagian berbeda pada suatu benda untuk mengetahui sebaran dan rata-rata kekerasan benda tersebut. Kekerasan adalah sifat material yang mengacu pada kemampuannya menahan penetrasi atau goresan permukaan. Melalui penggunaan uji metalografi, kondisi struktur dan arah perubahan struktur mikro yang disebabkan oleh pengelasan dapat ditentukan. Teknik penelitian yang digunakan dalam karya ini adalah strategi penelitian eksperimen yang berbasis teori. Selama proses pengujian, kekerasan dan struktur mikro barang akan dievaluasi setelah dilakukan perlakuan panas tempering pada baja ST-40 selama enam puluh, sembilan puluh, dan dua puluh menit [5].

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode penelitian eksperimental yang berupa kajian teoritis. Pengamatan pada benda yang akan diuji, dimana akan dilakukan pengujian kekerasan dan struktur mikro akibat variasi waktu perlakuan panas *tempering* 60 menit, 90 menit, dan 120 menit hasil pengelasan GMAW pada baja ST – 40.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Prosedur Pengambilan Data

Peneliti menggunakan prosedur penelitian agar memperoleh hasil sesuai yang diinginkan, hasil yang valid, serta maksimal. Prosedur penelitiannya adalah sebagai berikut:

Apabila material yang akan digunakan sudah siap untuk dipotong, maka dilakukan pemotongan material sesuai dengan ukuran dan bentuk yang telah ditentukan.

Proses pengelasan dilakukan dengan proses las GMAW dengan polaritas DCEP. Desain sambungan butt joint 1G dengan sudut kampuh 30° pada material baja ST 40. Proses pengelasan dilakukan sebanyak 3 join, diantaranya pengelasan dengan parameter arus 100A.

Proses tempering dilakukan dengan terlebih dahulu dipanaskan di mesin furnace dengan variasi suhu 400°C dan ditahan selama 60 menit, 90 menit, 120 menit dengan pendinginan udara. Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui perubahan kekerasan spesimen sesudah dilakukan pengelasan pada spesimen. Pengujian kekerasan menggunakan standar ASTM E 92. Pada pengujian kekerasan kali ini jumlah spesimen yang diuji sebanyak 9 buah spesimen dengan menggunakan metode pengujian kekerasan *rockwell*. Berikut langkah-langkah kerja pengujian kekerasan:

1. Menyetel benda kerja tepat ditengah titik yang pertama dari spesimen dengan alat uji hardness.
2. Mengunci benda kerja, dan memutar batang ulir pengangkat hingga spesimen mengenai indenter, kemudian dilepaskan sehingga terlihat nilai HRC nya.
3. Mencatat nilai HRC dan melepaskan benda kerja, dan menjepit benda kerja ditengah titik selanjutnya, kemudian mereset nilai HRC pada monitor hardness test menjadi 0 dan mengembalikan ke HRC.
4. Setelah titik 2 selesai, melakukan hal yang sama pada titik 3 dan spesimen lainnya.
5. Setelah selesai matikan alat uji hardness dan membersihkan peralatan dan ruang sekitarnya.
6. Menganalisa data hasil percobaan uji kekerasan hardness test rockwell.

Pengujian struktur mikro dilakukan sesuai dengan standar ASTM E112. Pengambilan foto struktur mikro dilakukan pada daerah spesimen (plat) yang sudah diberi titik indentasi dengan perbesaran 500x. Spesimen yang digunakan untuk uji struktur mikro sama dengan spesimen yang digunakan untuk pengujian kekerasan. Sebelum dilakukan pengamatan struktur mikro, maka perlu dilakukan beberapa persiapan terhadap spesimen uji diantaranya:

1. Pemotongan material untuk dijadikan spesimen struktur mikro
2. Spesimen uji digrinding menggunakan kertas gosok agar permukaan menjadi halus.
3. Spesimen dipolishing dengan menggunakan kain yang telah dioleskan dengan pasta gosok. Pada tahap ini bertujuan untuk menghasilkan spesimen yang mengkilap bebas dari goresan.
4. Spesimen dicuci menggunakan alkohol kemudian lakukan proses pengetsaan. Tujuan dari proses etsa ini agar struktur mikro logam dapat terlihat jelas ketika diamati dengan menggunakan mikroskop.
5. Cuci kembali spesimen dengan menggunakan air mengalir keringkan dengan menggunakan tisu.
6. spesimen siap dilakukan pengamatan struktur mikro.
7. Lalu lakukan analisis dari data yang sudah didapatkan.

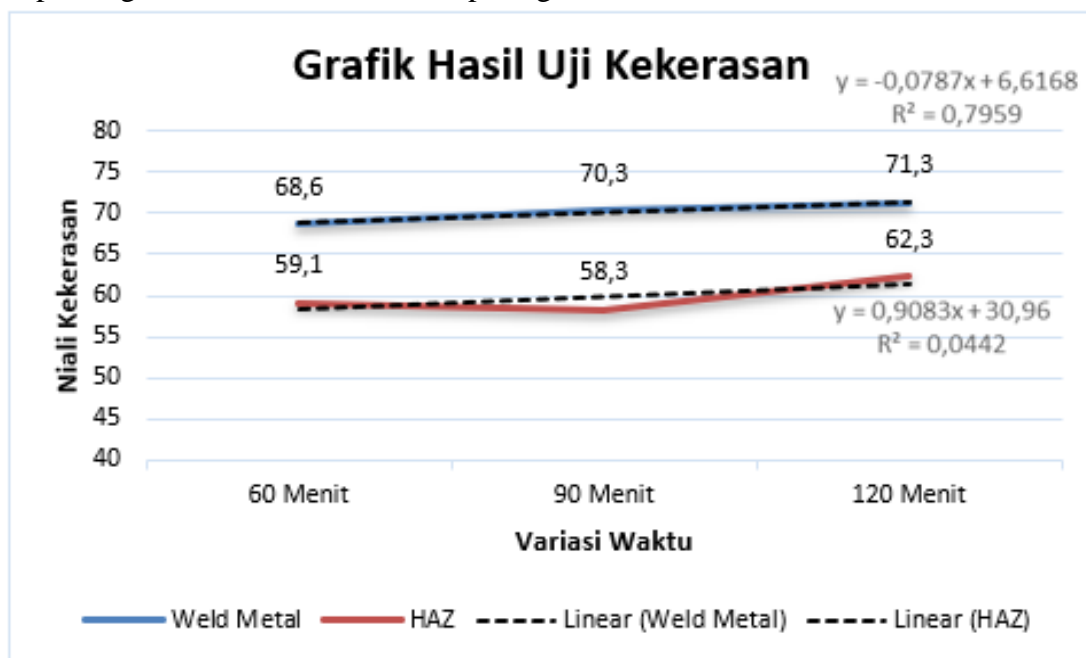
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penilaian kekerasan suatu material digunakan metode micro rockwell dengan interval waktu enam puluh, sembilan puluh, dan seratus dua puluh menit pada titik logam las dan zona terkena panas, dengan beban maksimum enam ratus lima puluh gram.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kekerasan

Waktu Titik Uji	60 menit	90 menit	120 menit
<i>Weld Metal</i>	65,5	69,5	68
	69,5	71	73
	71	70	73
Jumlah	206	211	214
Rata-rata	68,6	70,3	71,3
HAZ	54	58	62
	61	59	64
	62,5	58	61
Jumlah	177,5	175	187
Rata-rata	59,1	58,3	62,3

Berdasarkan data dari tabel 1, dapat dibuat grafik distribusi kekerasan dengan variasi waktu yang berbeda pada daerah *weld metal* dan HAZ hasil pengelasan baja ST 40. Berikut merupakan grafik distribusi kekerasan pada gambar 2.



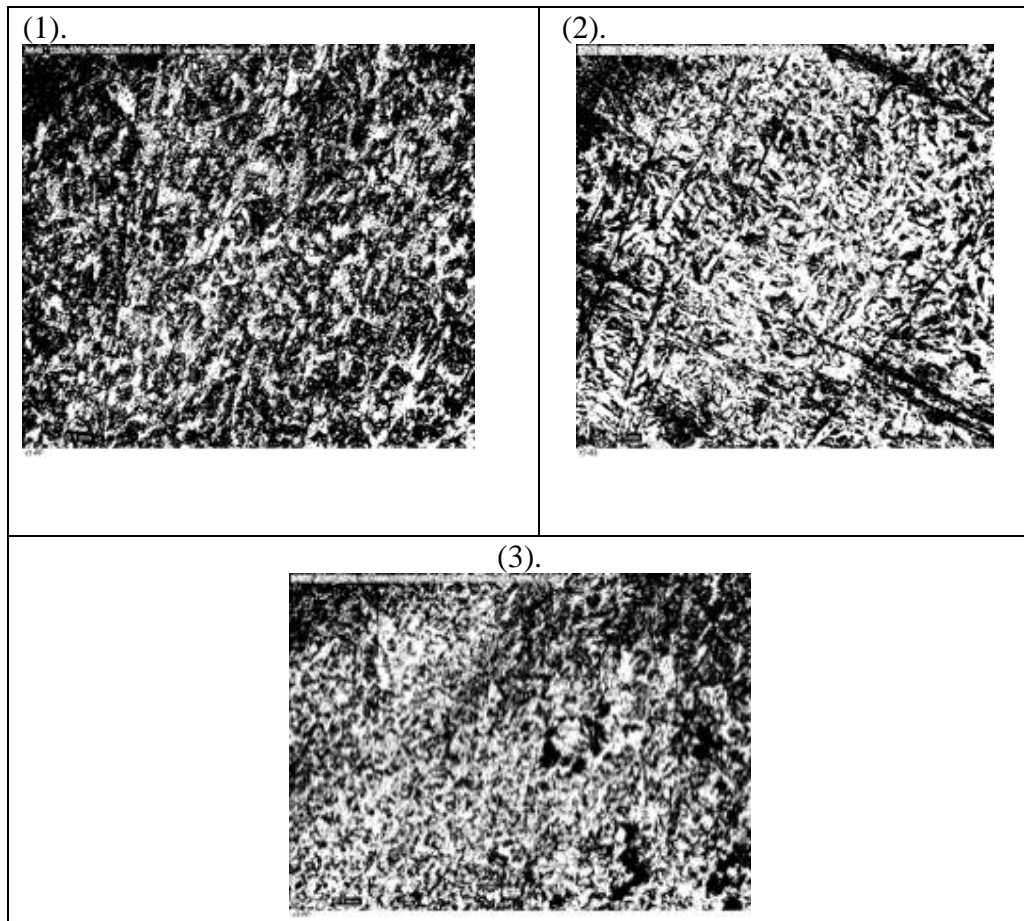
Gambar 2. Grafik Hasil Uji Kekerasan

Berdasarkan grafik diatas, hasil pengujian kekerasan *micro rockwell* dari ketiga variasi waktu, nilai kekerasan tertinggi terdapat pada pengelasan dengan waktu 120 menit dengan nilai pada *weld metal* 71,3 HRN dan pada HAZ 62,3 HRN. Angka kekerasan terendah ada di pengelasan mempergunakan waktu 60 menit dengan nilai pada *weld metal* 68,6 HRN dan HAZ 59,1 HRN. Dari pengelasan tersebut menggunakan pendinginan udara sehingga yang paling panas akan terjadi pendinginan yang cepat dikarenakan selisih suhunya dengan suhu ruang yang banyak. Sebagai konsekuensinya, struktur mikro butiran logam las mengalami perubahan, dan HAZ menjadi lebih halus, yang pada akhirnya menghasilkan peningkatan kekuatan las. Alasannya adalah karena arus yang lebih besar menyebabkan butiran logam dalam cairan menjadi lebih halus. Sebagai hasil dari kehalusan butiran, ikatan yang lebih kuat

terbentuk di antara butiran tersebut.

Kesimpulan:

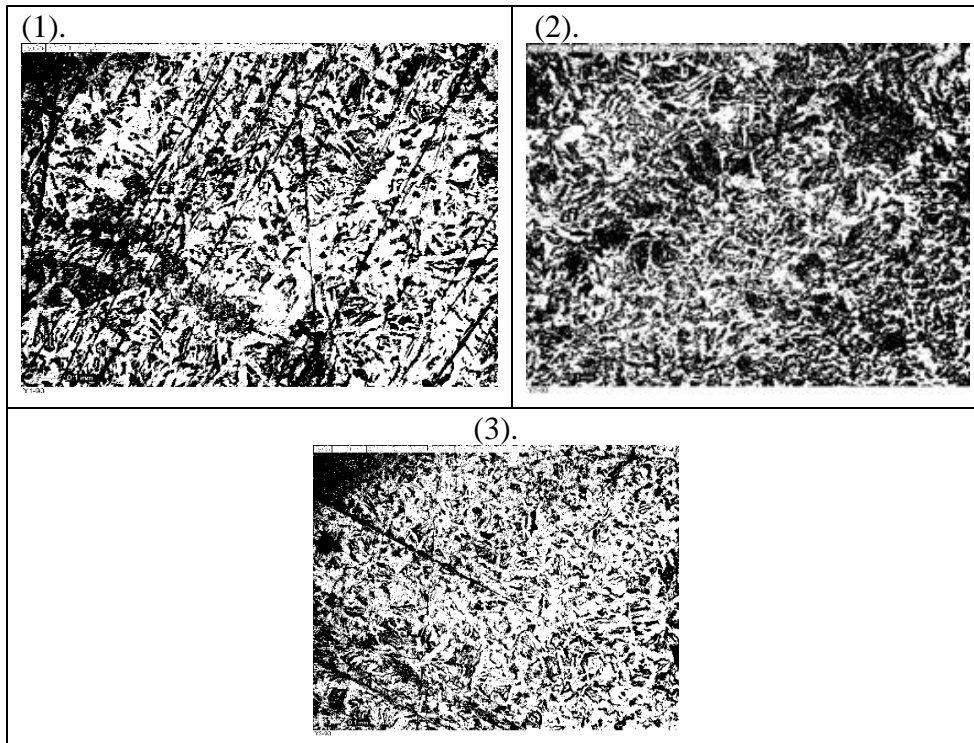
- Karena $F_{hit} = 0,076 < F_{0,1(1,12)} = 3,18$, maka H_0 diterima. Jadi tidak ada perbedaan hasil rata-rata untuk titik pengujian kekerasan didaerah HAZ dan *weld metal*.
- Karena $F_{hit} = 3,11 > F_{0,1(2,12)} = 2,81$, maka H_0 ditolak. Jadi terdapat perbedaan yang signifikan hasil rata-rata uji kekerasan untuk ketiga variasi waktu tempering yang digunakan.
- Karena $F_{hit} = 1,404 < F_{0,1(2,12)} = 2,81$, maka H_0 diterima. Jadi tidak ada interaksi antara variasi waktu tempering yang digunakan dengan titik pengujian kekerasan



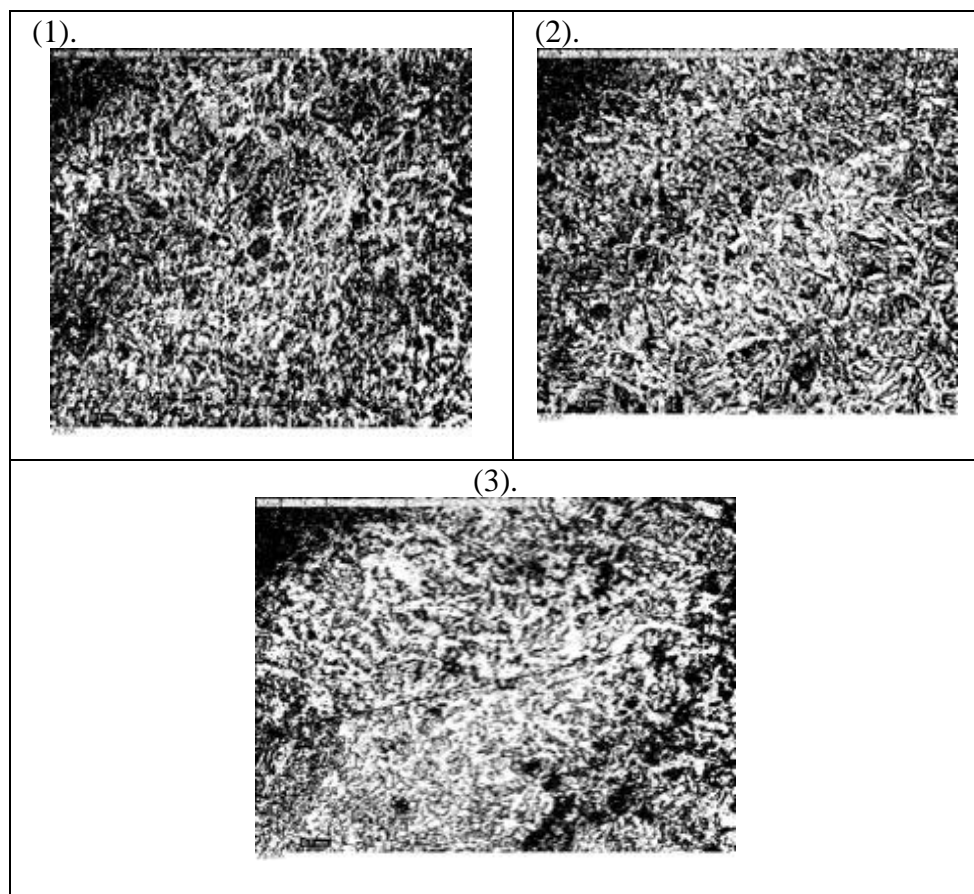
Gambar 3. Hasil Struktur Mikro Waktu 60 menit Pada Spesimen I, II, dan III

Struktur Mikro

Memotret struktur mikro dengan perbesaran 500 kali lebih besar dari biasanya. Pada gambar berikut, Gambar 3–5, hasil pengujian struktur mikro untuk setiap variasi arus ditunjukkan pada titik *Heat Affected Zone* (HAZ):



Gambar 4. Hasil Struktur Mikro Waktu 90 menit Pada Spesimen I, II, dan III



Gambar 5. Hasil Struktur Mikro Waktu 120 menit Pada Spesimen I, II, dan III

Tabel 2. Persentase Ferit dan Perlit

Eksp.	Jenis Pengelasan	Varuasi Arus	Nilai Struktur Mikro			
			500 X			
			Perlit	Ferit		
1.	GMAW	60 Menit	39,017	60,983		
			53,610	46,390		
			49,697	50,303		
2.		GMAW	90 Menit	54,621	45,379	
				46,858	53,142	
				61,092	38,908	
3.			GMAW	120 Menit	42,760	57,240
					48,937	51,068
					56,006	43,994

Setelah mendapatkan foto struktur mikro, selanjutnya dilakukan perhitungan persentase dari struktur mikro menggunakan aplikasi Image J. Sehingga mendapatkan nilai persentase ferit dan perlit nilai F hitung $\geq F$ table yaitu, $50,59 \geq 5,14$ maka H_0 ditolak. Akibatnya nilai persentase struktur mikro pada baja ST 40 berubah dengan variasi waktu enam puluh, sembilan puluh, dan seratus dua puluh menit.

KESIMPULAN

Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa nilai kekerasan material mengalami perubahan yang signifikan setelah dilakukan pengelasan. Perubahan arus pengelasan GMAW berdampak pada kekerasan yang diperhitungkan. Dengan memodifikasi lamanya waktu Anda melunakkan material setelah pengelasan busur logam gas, Anda memiliki kemampuan untuk menentukan kekerasan produk akhir. Ketika baja dipanaskan dan ditempa dalam jangka waktu yang lebih lama, hasilnya adalah tingkat kekerasan yang lebih besar karena peningkatan suhu. Karena memiliki nilai kekerasan yang tinggi, material tersebut kuat namun sekaligus rapuh.

Selama proses pengelasan GMAW pada material baja ST 40, struktur mikro pada daerah HAZ menunjukkan adanya perubahan jumlah perlit dan ferit. Hal ini dicapai dengan mengubah waktu tempering selama operasi. Setelah proses pengelasan, ukuran butir pada struktur mikro yang dihasilkan mengecil. Ketika proporsi ferit dikurangi dan penggunaan perubahan waktu tempering ditingkatkan, hasilnya adalah peningkatan jumlah perlit, yang menghasilkan material yang memiliki sifat lebih kuat, tidak rapuh, dan lebih tahan terhadap retak.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Liara, N. R. Y., Jokosiswor, S., & Untung Budiarto. (2022). Analisa Sifat Mekanik Pengelasan GMAW (Gas Metal Arc Welding) Alumunium 6061 dengan Variasi Holding Time pada Proses Normalizing. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 10(2), 1–9.
- [2] Laksono, E. N., Santosa, A. W. B., & Jokosisworo, S. (2021). Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik, Impak, dan Mikrografi Pada Sambungan Las Baja ST 40 Akibat

- Pengelasan Flux-Cored Arc Welding (FCAW) Dengan Variasi Suhu Normalizing. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 9(3), 285–293
- [3] N. Pradita, B. Suroso, and M. M, “Pengaruh Cairan Pendingin Minyak Dromus Pada Material Kuningan Terhadap Kekasaran Permukaan Dengan Menggunakan Mesin Bubut Bergerinda,” *J. Ekon. Vol. 18, Nomor 1 Maret 201*, vol. 2, no. 1, pp. 41–49, 2020
- [4] R. toat Wicaksono, Suharno, and B. Harjanto, “Pengaruh Kuat Arus Pada Pengelasan Paduan Aluminium 6061 Dengan Menggunakan Metode Las TIG Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro,” *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 10, pp. 37–44, 2019, [Online].
- [5] Sianturi, M. T. I., Budiarto, U., & Mulyatno, I. P. (2019). Analisa Kekuatan Tarik dan Impak Baja ST 40 Pengelasan Flux Cored Arc Welding (FCAW) Posisi 4G dengan Variasi Arus Pengelasan. *Teknik Perkapalan*, 7(2), 152–16
- [6] S. Seifeddine, G. Timelli, and I. L. Svensson, “Influence of Quench Rate on The Microstructure and Mechanical Properties of Aluminium Alloys A356 and A354,” *Int. Foundry Res.*, vol. 59, no. 1, pp. 2–10, 2007.
- [7] T. V. Christy, N. Murugan, and S. Kumar, “A Comparative Study on the Microstructures and Mechanical Properties of Al 6061 Alloy and the MMC Al 6061/TiB2/12P,” *J. Miner. Mater. Charact. Eng.*, vol. 09, no. 01, pp. 57–65, 2010, doi: 10.4236/jmmce.2010.91005.