



PENGARUH ARUS PENGELASAN GMAW PADA PLAT BAJA ST 42 TERHADAP UJI KEKERASAN DAN MIKROSTRUKTUR

Mohamad Syaifudin¹, Wisma Soedarmadji²

^{1,2}Universitas Yudharta Pasuruan

E-mail : mohamadsyaifudin70@gmail.com

Masuk : 26 Agustus 2023

Direvisi : 18 September 2023

Disetujui : 8 Oktober 2023

Abstrak: Pengelasan dapat dibagi menjadi tiga kelompok menurut klasifikasi metode kerjanya, yaitu pengelasan cair, pengelasan tekanan dan mematri. Metode pengelasan yang paling banyak digunakan adalah las busur cair (las busur) dan las gas. Ada 4 jenis las busur, yaitu las busur elektroda, las pelindung gas (TIG, MIG, las busur CO₂), las tanpa pelindung gas, dan las busur terendam. Salah satu jenis las pelindung gas adalah Gas Metal Arc Welding (GMAW). Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh kuat arus pengelasan terhadap kekerasan dan struktur mikro plat baja ST.42 ketebalan 5 mm yang dibuat kampuh V dan dilas dengan arus 70A, 75A dan 80A dengan las GMAW. Pada hasil uji arus 70A memiliki nilai kekerasan rata-rata daerah HAZ 75,6 HRa. Pada arus 75A nilai kekerasan rata-rata daerah HAZ 75,3 HRa. Dan pada arus 80A nilai kekerasan rata-rata daerah HAZ 78,2 HRa. Dari hasil analisa yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa besar kuat arus pengelasan GMAW yang lebih baik terhadap sambungan las pada baja ST.42 yaitu pada kuat arus 80Ampere karena memiliki rata-rata tingkat kekerasan dan jumlah butir mikrostruktur yang tinggi. Hal ini diakibatkan karena pengaruh pengelasan terdistribusi sesuai jarak dan titik pusat las.

Kata kunci: Kuat arus, Kekerasan, Mikrostruktur

Abstract: Welding can be divided into three groups according to the classification of its working method, namely liquid welding, pressure welding and brazing. The most widely used welding methods are liquid arc welding (arc welding) and gas welding. There are 4 types of arc welding, namely electrode arc welding, gas shield welding (TIG, MIG, CO₂ arc welding), welding without gas shield, and submerged arc welding. One type of gas shield welding is Gas Metal Arc Welding (GMAW). The aim of this study was to determine the effect of the strong welding current on the hardness and microstructure of the ST.42 steel plate with a thickness of 5 mm which was made of V seam and welded with currents of 70A, 75A and 80A with GMAW welding. The results of the 70A current test have an average hardness value of the HAZ area of 75.6 HRa. At a current of 75A the average hardness value of the HAZ area is 75.3 HRa. And at a current of 80A the average hardness value of the HAZ area is 78.2 HRa. From the results of the analysis that has been carried out, it can be concluded that the magnitude of the GMAW welding current is better for welding joints on ST.42 steel, namely at a current strength of 80 Ampere because it has an average level of hardness and a high number of microstructure grains. This is due to the distribution of welding effects according to the distance and the center point of the weld.

Keywords: Current strength, Hardness, Microstructure

PENDAHULUAN

Berdasarkan definisi dari DIN (Deutch Industrie Normen) pengelasan adalah proses metallurgi yang digunakan untuk menghubungkan beberapa batang logam paduan dengan cara melelehkannya dalam keadaan cair. Dalam proses ini, logam dasar dan logam pengisi dapat dilelehkan dengan atau tanpa pemberian tekanan, serta dapat melibatkan penggunaan logam tambahan. Hasil akhir dari proses pengelasan adalah sambungan logam yang bersifat kontinu. Dengan kata lain, pengelasan adalah teknik penyambungan logam yang menciptakan ikatan permanen dengan memanfaatkan energi panas. Penggunaan teknik pengelasan memiliki aplikasi yang sangat luas dalam berbagai sector, termasuk konstruksi dan mesin. Teknik ini digunakan dalam berbagai proyek seperti pembuatan kapal, konstruksi jembatan. Struktur baja, pembuatan bejana tekan, instalasi system perpipaan, industri otomotif dan berbagai bidang lainnya. Teknik pengelasan berperan penting dalam menghubungkan komponen logam untuk membentuk struktur yang kuat dan tahan lama dalam berbagai aplikasi. Penggunaan sambungan las sangat umum dalam konstruksi karena memberikan keuntungan berupa konstruksi yang ringan, ekonomis, dan cepat dalam pelaksanaannya [1]

Las GMAW (Gas Metal Arc Welding) adalah suatu metode penyambungan logam yang menggunakan energi listrik untuk menghasilkan panas yang diperlukan. Dalam proses pengelasan Gas Metal Arc Welding (GMAW), digunakan kawat las yang dibentangkan pada roll dan gas pelindung untuk melindungi logam las yang mencair selama proses. Energi panas dihasilkan melalui perpindahan ion anoda dan katoda pada logam dasar dan pengisi, menyebabkan logam induk dan filler metal mencair. Proses ini khususnya menggunakan gas pelindung CO₂ saat pengelasan baja karbon rendah, seperti pada baja ST 42. Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh kuat arus pada pengelasan GMAW. Namun, setiap penelitian dapat memiliki variabel dan metodologi yang berbeda-beda, sehingga hasilnya juga dapat bervariasi. Adapun beberapa contoh penelitian yang telah dilakukan sebelumnya tentang pengaruh arus pada pengelasan GMAW. Pengelasan GMAW baja tahan karat austenitik dipengaruhi kuat arus. Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan kuat arus dapat meningkatkan kekuatan tarik dan kekerasan, namun juga dapat menyebabkan retak pada daerah pengelasan. Pengaruh kuat arus pada pengelasan GMAW baja karbon rendah menunjukkan bahwa peningkatan kuat arus menghasilkan kekuatan tarik yang lebih tinggi, namun juga dapat meningkatkan kekerasan daerah logam dasar dan meningkatkan risiko terjadinya porositas [2,3].

Penelitian tentang material baja ST42 dilakukan untuk mempelajari sifat-sifatnya dan bagaimana cara mengoptimalkan penggunaannya dalam berbagai aplikasi industri. Penelitian ini dapat mencakup pengujian kekuatan, kekerasan, keuletan, ketahanan, korosi, dan sifat-sifat mekanik lainnya. Dengan memahami sifat-sifat material baja ST.42 dengan lebih baik, bagi seorang produsen dapat mengembangkan teknik pembuatan yang lebih efisien dan efektif, dan mampu meningkatkan kualitas produk mereka, serta mengurangi biaya produksi. Selain itu, penelitian ini juga membantu seorang teknisi dalam mendesain struktur baja yang lebih aman dan efisien. Dengan mengetahui pengaruh kuat arus yang berbeda terhadap pengelasan GMAW, dapat membantu para ahli pengelasan dalam memilih nilai kuat arus yang tepat untuk setiap jenis logam dan aplikasi pengelasan yang berbeda, sehingga dapat menghasilkan hasil pengelasan yang berkualitas dan efisien.

Berdasarkan hasil penelitian untuk menghasilkan kualitas sambungan las yang baik, salah satu faktor yang harus diperhatikan yaitu memerlukan pengontrolan secara *kontinou*, sehingga saat dilakukan pengelasan arus sering berubah-ubah. [4] Distribusi kekerasan dan struktur mikro yang terbentuk pada hasil las akibat kuat arus pengelasan dan tebal plat. [5]

Beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh kuat arus pada pengelasan GMAW. Namun, setiap penelitian dapat memiliki variabel dan metodologi yang berbeda-beda, sehingga hasilnya juga dapat bervariasi. Dari beberapa penelitian tersebut mengevaluasi kuat arus pada pengelasan GMAW baja karbon rendah. Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan kuat arus menghasilkan kekuatan tarik yang lebih tinggi, namun juga dapat meningkatkan kekerasan daerah logam dasar dan meningkatkan resiko terjadinya porositas.

Pada penelitian kali ini, peneliti mengambil hasil pengelasan dari plat baja ST.42 terhadap pengelasan GMAW, Untuk mengetahui besar kuat arus pengelasan GMAW yang lebih baik terhadap sambungan las pada baja St.42. selanjutnya di lakukan pengujian kekerasan dan mikrostruktur. Penentuan besarnya arus dalam pengelasan ini mengambil 70A, 75A dan 80A. Pengambilan Amper dimaksudkan sebagai pembanding dengan variabel arus yang akan di uji. Hasil dari penelitian ini memberikan informasi tentang analisa pengaruh kuat arus pengelasan GMAW (Gas Metal Arc Welding) pada plat ST.42. Memberikan masukan sebagai bahan pertimbangan penentuan bahan material yang digunakan dan pengaruh variasi arus yang cocok untuk diterapkan pada pengelasan GMAW (Gas Metal Arc Welding) ditinjau dari hasil uji kekerasan dan mikro struktur. Bahan yang digunakan adalah plat baja ST.42.

METODOLOGI

Pengelasan merupakan bagian yang tidak dipisahkan dari pertumbuhan industri karena memegang peranan utama dalam rekayasa, konstruksi dan reparasi produksi logam. Pada penelitian ini dilakukan pengujian kekerasan dengan mesin merk CARSON MOPA03 menggunakan indentor *diamond cone/steel ball* dengan standar uji kekerasan Rockwell skala B, dan struktur mikro menggunakan mikroskop logam dengan pembesaran foto 200x sesuai standar uji ASTM. Untuk bahan menggunakan plat baja ST.42 ketebalan 5 mm yang dibuat kampuh V tunggal dan dilas dengan arus 70A, 75A dan 80A dengan pengelasan GMAW.

2.1 Metode Analisa Data

Analisis data yang digunakan dalam Penelitian ini adalah mengolah data yang di dapatkan dari hasil pengujian. Kemudian diolah dalam persamaan statistika yaitu mencari rata-rata (*mean*) sebagai berikut :

$$\text{Rata - rata (mean)} = \sum \frac{n}{N}$$

Dimana :

n = nilai

N = jumlah data tiap variable

Data yang diperoleh merupakan data yang bersifat kuantitatif berarti data berupa angka-angka yang selanjutnya disajikan dengan diagram. [6]

2.2 Analisa Mikrostruktur

Pengujian mikrostruktur diameter lingkaran diukur dan perhitungan dilakukan untuk menentukan garis interior (n_1) dan garis bersinggungan (n_2) pada lingkaran tersebut dengan memanfaatkan tabel pengali Jefferies untuk pembesaran foto. Untuk menghitung butir-butir struktur yang hadir, rumus-rumus di bawah ini dapat digunakan. [7]

$$G = [3,32 \log(Na) - 2,95]$$

$$Na = f(n_1 + \frac{n_2}{2})$$

$$\text{Luas } 5000 \text{ mm}^2$$

$$L = \pi r^2$$

$$D = 2.r$$

$$L = 3,14 \cdot 4 = 50,24 \text{ m}^2$$

$$D = 2 \cdot 4 = 8 \text{ cm}$$

Sehingga diketahui :

G = (Besar butir dirujuk ke tabel jefferies untuk mencari nilai diameter butir μm)

N_a = (Jumlah butir perlite)

f = (Faktor pengali pada tabel *Jefferies*)

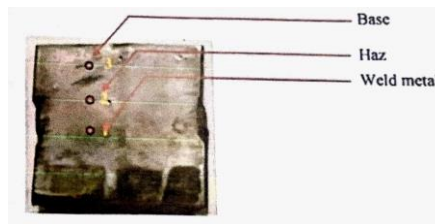
N_1 = (Jumlah butir yang didalam lingkaran)

N_2 = (Jumla butir yang diluar dan didekat garis lingkaran)

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Kekerasan

Dalam penelitian ini dilakukan proses pengelasan baja karbon rendah (ST.42) Proses pengelasan dilakukan dengan bervariasi arus yaitu 70A, 75A dan 80A. Dari hasil pengelasan tersebut untuk setiap parameter dilakukan pengujian kekerasan pada daerah Weld Metal, HAZ, dan Base Metal. Untuk lokasi titik uji kekerasan Rockwell ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 1. Lokasi titik uji kekerasan Rockwell pada setiap specimen.

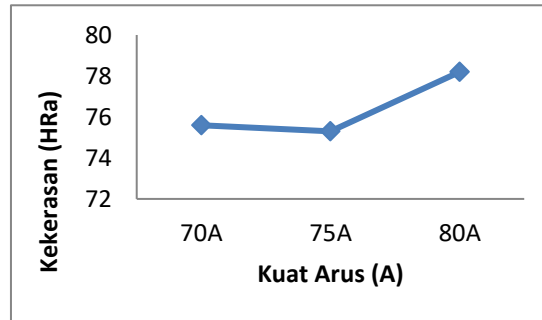
Zona terpengaruh (HAZ) adalah area logam dasar yang berdekatan dengan sambungan las, dan selama proses pengelasan, mengalami suhu yang cepat, baik pemanasan maupun pendinginan. Ini adalah bagian yang paling kritis dari sambungan las karena siklus termal ini dapat mempengaruhi struktur mikro logam las dan HAZ. Selama pendinginan, logam las akan mengalami serangkaian perubahan fasa dari keadaan cair menjadi perlite dan ferlite. [8]

Dari hasil uji kekerasan kuat arus 70A, 75A, dan 80A pada daerah HAZ, diperoleh data pada tabel berikut:

Tabel 1. Hasil dari uji kekerasan pada daerah HAZ

Jenis kekerasan	Beban /Kg	Identor	Waktu	Kuat arus	Hasil kekerasan
Rockwell	100	Diamond Cone/ Steel Ball	5 detik	70	75,6
				75	75,3
				80	78,2

Berdasarkan Tabel 1. di atas diketahui rata-rata uji kekerasan pada daerah HAZ. Selanjutnya dibuatlah grafik untuk mengetahui perubahan kekerasan pada tiap arus sebagai berikut:



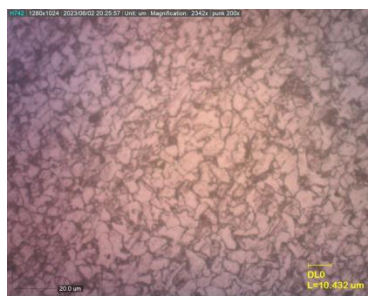
Gambar 2. Pengaruh Arus Pengelasan GMAW terhadap Kekerasan

Pada kuat arus 70A daerah HAZ diketahui rata-rata kekerasannya sebesar 75,6 HRA. Pada kuat arus 75A daerah HAZ diketahui rata-rata kekerasannya sebesar 75,3 HRA. Pada kuat arus 80A daerah HAZ diketahui rata-rata kekerasannya sebesar 78,2 HRA. Maka Perbedaan kekerasan pusat las terbentuk karena temperatur pada saat pengelasan mempengaruhi daerah sekitarnya, di mana bagian yang berdekatan dengan pusat las akan mengalami pemanasan lebih tinggi dibandingkan dengan daerah yang lebih jauh. Hal ini memicu tercapainya temperatur rekristalisasi yang mengakibatkan perubahan fasa saat pemanasan. Hal ini sejalan dengan penelitian dari [4], dalam penelitian ini, dilakukan analisis terhadap hasil pengelasan pada zona yang terpengaruh oleh panas (*Heat Affected Zone* atau HAZ) dari baja karbon rendah jenis S45C. Zona terpengaruh panas (*Heat Affected Zone* atau HAZ) merujuk pada area pada logam yang mengalami pengaruh panas saat proses pengelasan. Selama proses pengelasan, terjadi perubahan suhu yang signifikan dan pendinginan cepat disekitar samungan las, yang berdampak pada struktur mikro logam di HAZ. Proses ini mengakibatkan transformasi fasa pada logam selama proses pendinginan.

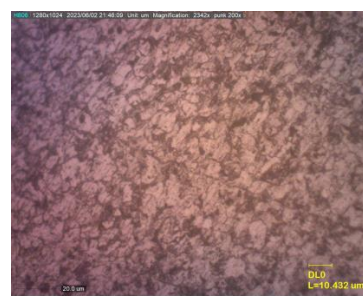
3.2 Uji Mikrostruktur

3.2.1 Raw material

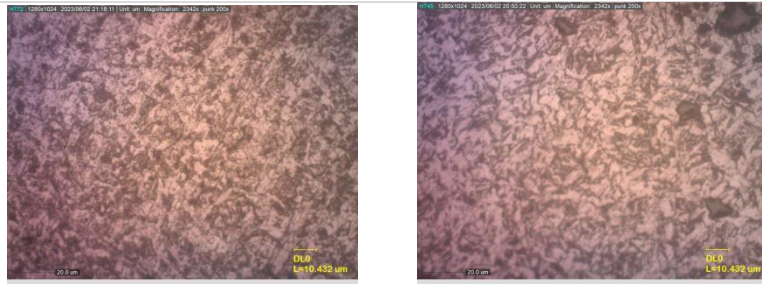
Dari hasil pengujian yang dilakukan pada Laboratorium Uji Logam, diketahui data tentang Uji Mikro dengan pembesaran 200 x dengan satndart uji ASTM (*American For Testing and materi al*) jenis bahan baja karbon rendah (ST.42), dengan bervariasi arus 70A, 75A dan 80A. Adapun data hasil uji Mikro diperlihatkan pada gambar di bawah ini:



Raw material



70Ampere



75Ampere

80Ampere

Gambar 3. Hasil Strukturmikro dengan pembesaran foto 200x sesuai standar uji ASTM.

Tabel 2. Pengali jefferies

Pembesaran	<i>f</i>
1	0,002
25	0,125
50	0,5
75	1,125
100	2,0
200	8,0
300	18,0
500	50,0
1000	200,0

Tabel 3. Grain Size ASTM E112

Grain Size No. G	N_n Grains/Unit Area		\bar{A} Average Grain Area		\bar{D} Average Diameter		\bar{L} Mean Intercept		N_L No./mm
	No./in. ² at 100X	No./mm ² at 1X	mm ²	μm ²	mm	μm	mm	μm	
00	0.25	3.88	0.2581	258064	0.5080	508.0	0.4525	452.5	2.21
0	0.50	7.75	0.1290	129032	0.3592	359.2	0.3200	320.0	3.12
0.5	0.71	10.96	0.0912	91239	0.3021	302.1	0.2691	269.1	3.72
1.0	1.00	15.50	0.0645	64518	0.2540	254.0	0.2283	228.3	4.42
1.5	1.41	21.92	0.0456	45620	0.2136	213.6	0.1903	190.3	5.26
2.0	2.00	31.00	0.0323	32258	0.1796	179.6	0.1600	160.0	6.25
2.5	2.83	43.84	0.0228	22810	0.1510	151.0	0.1345	134.5	7.43
3.0	4.00	62.00	0.0161	16129	0.1270	127.0	0.1131	113.1	8.84
3.5	5.66	87.68	0.0114	11405	0.1068	106.8	0.0951	95.1	10.51
4.0	8.00	124.00	0.0086	8065	0.0896	89.6	0.0800	80.0	12.50
4.5	11.31	175.36	0.00610	5703	0.0755	75.5	0.0673	67.3	14.87
5.0	16.00	248.00	0.00403	4032	0.0635	63.5	0.0566	56.6	17.68
5.5	22.63	350.73	0.00285	2851	0.0534	53.4	0.0476	47.6	21.02
6.0	32.00	496.00	0.00202	2016	0.0449	44.9	0.0400	40.0	25.00
6.5	45.25	701.45	0.00143	1426	0.0378	37.8	0.0336	33.6	29.73
7.0	64.00	992.00	0.00101	1008	0.0318	31.8	0.0283	28.3	35.36
7.5	90.51	1402.9	0.00071	713	0.0267	26.7	0.0238	23.8	42.04
8.0	126.00	1984.0	0.00050	504	0.0225	22.5	0.0200	20.0	50.00
8.5	181.02	2805.8	0.00036	356	0.0189	18.9	0.0168	16.8	59.46
9.0	256.00	3968.0	0.00025	252	0.0159	15.9	0.0141	14.1	70.71
9.5	362.04	5611.6	0.00018	178	0.0133	13.3	0.0119	11.9	84.09
10.0	512.00	7936.0	0.00013	126	0.0112	11.2	0.0100	10.0	100.00
10.5	724.08	11232.2	0.000089	89.1	0.0094	9.4	0.0084	8.4	118.9
11.0	1024.00	15872.0	0.000063	63.0	0.0079	7.9	0.0071	7.1	141.4
11.5	1448.15	22446.4	0.000045	44.6	0.0067	6.7	0.0060	5.9	168.2
12.0	2048.00	31744.1	0.000032	31.5	0.0056	5.6	0.0050	5.0	200.0
12.5	2896.31	44892.9	0.000022	22.3	0.0047	4.7	0.0042	4.2	237.8
13.0	4096.00	63488.1	0.000016	15.8	0.0040	4.0	0.0035	3.5	282.8
13.5	5792.62	89769.8	0.000011	11.1	0.0033	3.3	0.0030	3.0	336.4
14.0	8192.00	126976.3	0.000008	7.9	0.0028	2.8	0.0025	2.5	400.0

Berdasarkan Gambar 3 di atas, setelah diameter lingkaran ditetapkan sebesar 8 cm, dilakukan perhitungan untuk menentukan garis dalam lingkaran (n_1) dan garis bersinggungan (n_2) dengan pembesaran 200x. Hal ini sesuai dengan Tabel 2 Pengali Jefferies. [2]

Diketahui :

n_1 :125

n_2 :45

Maka :

$$Na = f \left(n_1 + \frac{n_2}{2} \right)$$

$$Na = 8 \left(125 + \frac{45}{2} \right)$$

$$Na = 8(125 + 22,5)$$

$$Na = 8(147,5)$$

$$Na = 1,180$$

$$G = (3,32 \log(Na) - 2,95)$$

$$G = (3,32 \log(147,5) - 2,95)$$

$$G = 3,32 \cdot 2,168 - 2,95$$

$$G = 4,247$$

$$G = 4,2$$

Berdasarkan pada Tabel 3. ASTM E112, maka nilai G yang paling mendekati dari nilai $G = 4,2$ adalah $4,0$ jadi yang dipilih $G = 4,0$. Dari tabel ASTM E112 untuk nilai $G = 4,0$ maka diperoleh ukuran butir yang terbentuk pada RAW material memiliki diameter rata-rata sebesar $0,0898 \text{ mm}$ atau $89,8 \mu\text{m}$. [9]

3.2.2 Kuat Arus 70 Ampere

Berlاندaskan Gambar 3 di atas, setelah menetapkan diameter lingkaran sebesar 8 cm , dilakukan perhitungan guna menentukan garis internal (n_1) dan garis yang bersentuhan (n_2) dengan tingkat pembesaran sebesar $200x$. Hasil perhitungan ini mengacu pada Tabel 2 Pengali Jefferies. [2]

Diketahui :

$n_1 : 194$

$n_2 : 48$

Maka :

$$Na = f \left(n_1 + \frac{n_2}{2} \right)$$

$$Na = 8 \left(194 + \frac{48}{2} \right)$$

$$Na = 8(194 + 24)$$

$$Na = 8(218)$$

$$Na = 1.744$$

$$G = (3,32 \log(Na) - 2,95)$$

$$G = (3,32 \log(218) - 2,95)$$

$$G = 3,32 \cdot 2,338 - 2,95$$

$$G = 7,759 - 2,95$$

$$G = 7,759$$

$$G = 7,7$$

Berdasarkan pada Tabel 3. ASTM E112, maka nilai G yang paling mendekati dari nilai $G = 7,7$ adalah $7,5$ jadi yang dipilih $G = 7,5$. Dari tabel ASTM E112 untuk nilai $G = 7,5$ maka diperoleh ukuran butir yang terbentuk pada kuat arus 70Ampere memiliki diameter rata-rata sebesar $0,0267$ mm atau $26,7 \mu\text{m}$. [9]

3.2.3. Kuat Arus 75Ampere

Berdasarkan ilustrasi pada Gambar 3, setelah diameter lingkaran telah ditetapkan sebesar 8 cm, dilakukan perhitungan guna menentukan garis internal (n_1) dan garis yang bersinggungan (n_2) dengan tingkat pembesaran sebesar 200x. Hal ini mengacu pada Tabel 2 Pengali Jefferies. [2]

Diketahui :

$n_1:204$

$n_2 :51$

Maka :

$$Na = f \left(n_1 + \frac{n_2}{2} \right)$$

$$Na = 8 \left(204 + \frac{51}{2} \right)$$

$$Na = 8(204 + 25,5)$$

$$Na = 8(229,5)$$

$$Na = 1.836$$

$$G = (3,32 \log(Na) - 2,95)$$

$$G = (3,32 \log(229,5) - 2,95)$$

$$G = (3,32 \cdot 2,360 - 2,95)$$

$$G = 7,835 - 2,95$$

$$G = 4,885$$

$$G = 4,8$$

Berdasarkan pada Tabel 3. ASTM E112, maka nilai G yang paling mendekati dari nilai $G = 4,8$ adalah $4,5$ jadi yang dipilih $G = 4,5$. Dari tabel ASTM E112 untuk nilai $G = 4,5$ maka diperoleh ukuran butir yang terbentuk pada kuat arus 75Ampere memiliki diameter rata-rata sebesar $0,0755$ mm atau $75,5 \mu\text{m}$. [9]

3.2.4. Kuat Arus 80 Ampere

Berdasarkan Gambar 3 di atas, setelah mengukur diameter lingkaran sebesar 8 cm, dilakukan perhitungan untuk menentukan garis yang berada di dalam lingkaran (n_1) dan garis yang bersinggungan (n_2) dengan tingkat pembesaran 200x. Hasil perhitungan ini merujuk pada Tabel 2 Pengali Jefferies. [2]

Diketahui :

$n_1:205$

$n_2 :51$

Maka :

$$Na = f \left(n_1 + \frac{n_2}{2} \right)$$

$$Na = 8(205 + \frac{51}{2})$$

$$Na = 8(205 + 25,5)$$

$$Na = 8(230,5)$$

$$Na = 1.844$$

$$G = (3,32 \log(Na) - 2,95)$$

$$G = (3,32 \log(230,5) - 2,95)$$

$$G = 3.32 \cdot 2,362 - 2,95$$

$$G = 7,841 - 2,95$$

$$G = 4,891$$

$$G = 4,8$$

Berdasarkan pada Tabel 3. ASTM E112, maka nilai G yang paling mendekati dari nilai G = 4,8 adalah 5,0 jadi yang dipilih G = 5,0. Dari tabel ASTM E112 untuk nilai G = 5,0 maka diperoleh ukuran butir yang terbentuk pada kuat arus 80Ampere memiliki diameter rata-rata sebesar 0,0635 mm atau 63,5 μm . [9]

Berdasarkan data tabel dan grafik kuat arus 70 Ampere dengan rata-rata kekerasan pada daerah HAZ sebesar 75,6 HRA. Pengamatan pada daerah las memperlihatkan bahwa terjadi perubahan struktur mikro dengan butir mikrostruktur berjumlah 1744 dengan ukuran butir sebesar 7,5, kemudian diacu ke dalam tabel ASTM E112 untuk menentukan ukuran butir yang sesuai, sehingga diperoleh nilai ukuran butirnya 26,7 μm . Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan [10]. bahwa semakin kecil arus las maka *heat input* akan semakin besar, sehingga laju pendinginan semakin besar dan membuat tingkat kekerasan logam semakin tinggi.

Berdasarkan data tabel dan grafik kuat arus 75 Ampere dengan rata-rata kekerasan pada daerah HAZ sebesar 75,3HRA. Pengamatan pada daerah las memperlihatkan bahwa terjadi perubahan struktur mikro dengan butir mikrostruktur berjumlah 1836 dengan ukuran butir sebesar 5,5, kemudian merujuk pada tabel ASTM E112 untuk menentukan ukuran butir yang sesuai, hasilnya menunjukkan bahwa ukuran butirnya adalah 75,5 μm . Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan [5] Kekerasan didaerah weld metal dan base metal bisa lebih rendah dibandingkan kekerasan di daerah HAZ, hal ini diakibatkan oleh logam las yang bercampur dengan logam induk mempunyai kekerasan yang tinggi, sedangkan pada HAZ kekerasan lebih tinggi karena mengalami perubahan struktur.

Berdasarkan data tabel dan grafik kuat arus 80 Ampere dengan rata-rata kekerasan pada daerah HAZ sebesar 78,2 HRA. Pengamatan pada daerah las memperlihatkan bahwa terjadi perubahan struktur mikro dengan butir mikrostruktur berjumlah 1844 dengan ukuran butir sebesar 5,0, kemudian merujuk pada tabel ASTM E112 untuk menentukan ukuran butir yang sesuai, didapatkan informasi bahwa besar butirnya adalah 63,5 μm . Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh [11], bahwa kekerasan yang terjadi akibat pengaruh pengelasan terdistribusi sesuai jarak dan titik pusat las, semakin besar arus yang dipakai saat pengelasan, maka semakin kasar bentuk butiran logamnya.

Hasil pengamatan mikro memperlihatkan struktur pada logam induk. Pengamatan memperlihatkan bahwa penambahan arus pengelasan 70A, 75A, dan 80A terlihat bahwa perubahan struktur mikro terutama terjadi pada HAZ dan daerah las. Terbentuknya butir yang besar pada masing-masing arus pengelasan pada daerah HAZ menjadikan daerah ini memiliki kekerasan yang lebih rendah dibandingkan dengan daerah las. [10] Dilihat dari jumlah butir yang terus mengalami peningkatan.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini yang telah dilakukan mengenai kuat arus terhadap uji kekerasan dan struktur mikro dapat diambil kesimpulan bahwa kuat arus setiap specimen di ketahui hasil uji kekerasan dengan metode Rockwell terhadap sambungan las pada baja ST.42 mengalami peningkatan kekerasan pada masing-masing kuat arus dengan menggunakan metode pengelasan GMAW. Dari hasil uji mikrostruktur terhadap sambungan las pada baja ST.42 diketahui bahwa perubahan struktur mikro terjadi pada daerah HAZ dengan besar butir yang berbeda dan jumlah butir yang mengalami peningkatan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. M. B. Respati, "Analisis Pengelasan Smaw Tegangan Dc Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan, Foto Makro Dan Mikro Pada Stainless Steel 304," *J. Pengelasan*, vol. 15, p. 5, 2019, doi: 2406-9329.
- [2] Pungky setyawan, "Peningkatan Kekuatan Tarik Sambungan Single V-Groove Baja St37 Dengan Variasi Arus Pengelasan Smaw terhadap uji mikrostruktur," *J. Pengelasan*, vol. 14, p. 11, 2021.
- [3] Zou Dongting Wu a, "Corrosion resistance of stainless steel layer prepared by twin-wire indirect arc surfacing welding," *J. Vac.*, vol. 177, p. 10, 2020, doi: 109348.
- [4] S. Wisma, "Pengaruh Variasi Kampuh V Tunggal Dan Kampuh Tirus Ganda Terhadap Kekuatan Tarik Dan Mikrostruktur Pada Proses Metal Inert Gas (Mig)," *J. Tek.*, vol. 1, p. 9, 2022.
- [5] H. Irawan, "Studi Eksperimental Efek Kuat Arus Terhadap Distribusi Kekerasan Di Daerah Las Pada Pengelasan GMAW Secara Manual," *Jur. Tek. Mesin ITATS*, vol. V, pp. 229–234, 2017.
- [6] A. Hamid, "Analisa Pengaruh Arus Pengelasan Smaw Pada Material Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Material Hasil Sambungan," *J. Pengelasan*, vol. 7, no. 15018, pp. 1–23, 2016.
- [7] A. Setyawan, "Analisa Ketangguhan Dan Struktur Mikro Pada Daerah Las Dan Haz Hasil Pengelasan Sumerged Arc Welding Pada Baja Sm 490," *J. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, p. 12, 2006.
- [8] M. Rizsaldy Sugestian, "Pengaruh Besar Arus Listrik Dengan Menggunakan Elektroda Smaw Terhadap Kekuatan Sambungan Las Butt Joint Pada Plat Mild Steel," *J. Tek. Perkapalan Fak. UNDIP.*, vol. 67, p. 12, 2006.
- [9] Wawan Karmawan, "Analisa Kekuatan Variasi Arus Las SMAW Dengan Elektroda E 7018 Bahan Baja ST 42 Terhadap Sifat Mekanis," *Oktober 2020 J. JMMME*, vol. 1, no. 2, p. 19, 2020.
- [10] H. Purwanto, "Analisa Pengaruh Kuat Arus Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan, Kekuatan Tarik Pada Baja Karbon Rendah Dengan Las Smaw Menggunakan Jenis Elektroda E7016," *J. Ilm. cendekia eksakta*, vol. 1, no. 1, p. 7, 2017, doi: 2528-5912.
- [11] M. Saripuddin, "Pengaruh Hasil Pengelasan Terhadap Kekuatan Dan Kekerasan," *ILTEK J. Teknol.*, vol. 11, no. 02, pp. 1658–1663, 2016, doi: 10.47398/iltek.v11i02.433.