

# The Influence of SMAW Welding Process Parameters on Hardness and Microstructure of AISI 1050 Steel [Pengaruh Parameter Proses Pengelasan SMAW Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Material AISI 1050]

Alvin Nashihin Nazih <sup>1)</sup>, Mulyadi<sup>\*2)</sup>, Edi Widodo<sup>\*3)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

<sup>2)</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: [mulyadi@umsida.ac.id](mailto:mulyadi@umsida.ac.id)

**Abstract.** This study evaluates the impact of SMAW welding process parameters on AISI 1050 steel, focusing on variations in welding current, cooling method, and capping on weld hardness and microstructure. Brinell hardness test results indicate that the cooling method has the greatest influence (55.02%) on hardness variation, followed by welding current (24.57%) and capping (9.57%). The optimal parameters are 2 capping with 100A current and air cooling, which result in the highest hardness (222 HRB), while the lowest hardness is observed with 2 capping, 80A current, and oil cooling (190 HRB). Microstructural analysis shows that the combination of 2 capping with 80A current and oil cooling yields a balanced microstructure with minimal defects, whereas 120A current and air cooling cause microstructural instability and increased defects. This study highlights the importance of controlling process parameters for achieving high-quality welds.

**Keywords** - SMAW welding, AISI 1050 steel, Brinell hardness, Microstructure, Welding process parameters, Welding current, Cooling method, Capping.

**Abstrak.** Penelitian ini mengevaluasi pengaruh parameter proses pengelasan SMAW pada baja AISI 1050 dengan fokus pada variasi arus pengelasan, pendingin, dan capping terhadap kekerasan dan mikrostruktur sambungan las. Hasil uji kekerasan Brinell menunjukkan bahwa pendingin memiliki kontribusi terbesar (55,02%) terhadap variasi kekerasan, diikuti oleh kuat arus (24,57%) dan capping (9,57%). Parameter optimal adalah 2 capping dengan arus 100A dan pendingin air, yang menghasilkan kekerasan tertinggi (222 HRB), sementara parameter terendah adalah 2 capping dengan arus 80A dan pendingin oli (190 HRB). Pengujian mikrostruktur mengindikasikan bahwa kombinasi 2 capping dengan arus 80A dan pendinginan oli memberikan mikrostruktur yang seimbang dengan sedikit cacat, sedangkan arus 120A dan pendingin udara menyebabkan ketidakstabilan mikrostruktur dan cacat yang meningkat. Penelitian ini menekankan pentingnya kontrol parameter proses untuk hasil pengelasan berkualitas tinggi.

**Kata Kunci** - Pengelasan SMAW, Baja AISI 1050, Kekerasan Brinell, Mikrostruktur, Parameter proses pengelasan, Arus pengelasan, Pendingin, Capping.

## I. PENDAHULUAN

Teknologi dalam industri konstruksi semakin canggih dan berkembang pesat terutama pada desain dan konsep produk. Desain paling umum untuk adalah konstruksi baja[1]. Dalam pelaksanaannya, konstruksi baja ini biasanya tidak dapat dihindari dan memerlukan dilakukannya tahap penyambungan logam yang sering disebut dengan pengelasan[2]. Fenomena ini memainkan peran penting dalam perbaikan dan restorasi arsitektur dan logam. Elemen las sekarang umum digunakan pada struktur baja. Struktur las memerlukan kinerja teknis yang tinggi dari mesin las untuk mencapai sambungan berkualitas tinggi[3]. Cakupan teknologi las dalam bidang konstruksi cenderung luas meliputi jembatan, rel kereta api, rangka baja, sarana transportasi, saluran pipa, dll[4]. Dalam melakukan pengelasan struktur, banyak aspek yang harus diutamakan terutama dari segi keselamatan, baik bagi pengguna prasarana struktur maupun bagi para pekerja. Oleh karena itu, tukang las perlu memahami dasar-dasar dan memahami konstruksinya, seperti pemilihan bahan las, jenis sambungan, las yang digunakan, pengelompokan bahan pengisi sambungan menurut sifat bahan [5].

Hasil sambungan las dapat diuji dan dianalisis untuk mengetahui atau memverifikasi sifat mekanik dan fisik, seperti pengujian terhadap retak dan cacat las, serta pengujian kekerasan dan mikrostruktur. Metode pengelasan standar dihasilkan dari hasil pengujian, memungkinkan Anda memperluas jangkauan pengelasan dan memperluas struktur yang akan dilas. Ada berbagai jenis pengelasan, seperti pengelasan SMAW[6]. Pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) memainkan peran krusial dalam dunia manufaktur logam, memberikan metode yang handal untuk menyatukan material logam melalui pembentukan busur listrik[7]. Keberhasilan proses pengelasan ini sangat bergantung pada pemahaman mendalam tentang berbagai parameter pengelasan yang dapat memengaruhi hasil

akhirnya. Salah satu aspek kunci dari pengelasan SMAW adalah penyesuaian arus pengelasan, yang memiliki dampak signifikan terhadap sifat dan karakteristik sambungan las. Fokus utama penelitian ini adalah material AISI 1050, yang merupakan baja karbon medium yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi industri. Kualitas sambungan las pada AISI 1050 sangat menentukan untuk memastikan ketahanan struktural dan kinerja mekanis yang optimal[8].

Dalam rangka memberikan landasan teoritis yang kokoh, penelitian ini menggali literatur sebelumnya yang terkait dengan pengelasan SMAW, parameter proses pengelasan, dan karakteristik material AISI 1050. Pemahaman mendalam tentang keunikan pengelasan SMAW dan sifat-sifat material AISI 1050 menjadi esensial dalam merancang dan melaksanakan penelitian eksperimental yang akurat dan bermakna[9].

Ketika kita merinci konsep-konsep ini, perlu diingat bahwa keberhasilan sambungan las tidak hanya tergantung pada kemampuan teknis pengelas, tetapi juga pada pengaruh parameter proses pengelasan terhadap kekerasan material dan mikrostruktur. Oleh karena itu, penelitian ini memusatkan perhatian pada eksplorasi dampak variasi parameter proses pengelasan SMAW terhadap kekerasan material las dan mikrostruktur pada AISI 1050[10]. Tujuannya adalah untuk memberikan wawasan yang lebih dalam terkait parameter proses pengelasan yang optimal untuk mencapai hasil las terbaik sesuai dengan uji kekerasan dan mikrostrukturnya.

Dalam konteks yang lebih luas, keberhasilan penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan praktik pengelasan SMAW yang lebih efektif dan aplikatif dalam industri manufaktur logam. Dengan demikian, penelitian ini mewakili langkah maju dalam upaya untuk memahami dan memanfaatkan sepenuhnya potensi pengelasan SMAW dalam mencapai sambungan las berkualitas tinggi pada material logam yang umum digunakan di industri.

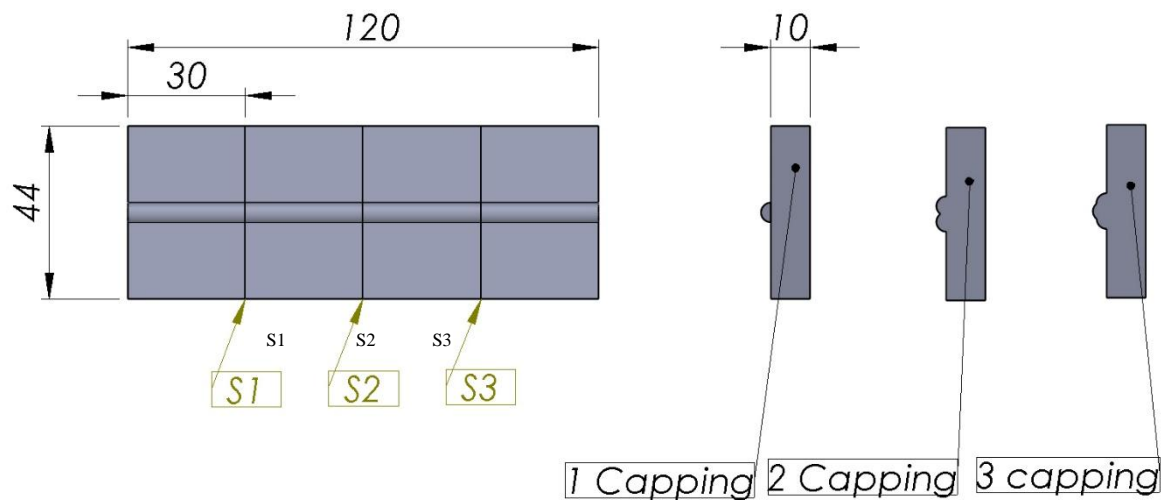
## II. METODE

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Pengelasan Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang beralamat di Jl. Mojopahit No.666 B, Sidowayah, Celep, Kec. Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Bahan dari spesimen yang akan digunakan adalah baja AISI 1050 dengan titik lebur 1401-1539 °C, kekuatan tarik 580-750 MPa, dan komposisi kimia pada **Table 2.1** [11].

**Tabel 2.1** Komposisi Kimia Baja AISI 1050

Unsur	Kadar (%)
Iron, Fe	98,46 – 98,92
Manganese, Mn	0,60 – 0,90
Carbon, C	0,470 – 0,55
Sulfur, S	≤ 0,050
Phosphorous, P	≤ 0,040

Spesimen Baja AISI 1050 akan dilas dengan posisi 1G menggunakan elektroda E6013 berdiameter 2 mm dengan beberapa parameter yang akan menjadi acuan variasi yaitu berupa variasi caping , variasi kuat arus pengelasan[12] , dan variasi pendinginan setelah pengelasan seperti pada **Tabel 2.2** dan **Gambar 2.1** menggambarkan bentuk spesimen yang akan digunakan.



**Gambar 2.1** Ukuran dan bentuk spesimen yang akan di las

**Tabel 2.2** Variasi Parameter Proses

No	Parameter Proses			Replikasi Section Uji		
	Kuat arus	Pendingin	Capping	S1	S2	S3
1.	80	Air	1			
2.	80	Oli	2			
3.	80	Udara	3			
4.	100	Air	1			
5.	100	Oli	2			
6.	100	Udara	3			
7.	120	Air	1			
8.	120	Oli	2			
9.	120	Udara	3			

Serta pada penelitian ini dilakukan 2 uji yaitu uji mikrostruktur dan uji tingkat kekerasan. Pengujian mikrostruktur dilakukan dengan menggunakan “Reflected Metallurgical Microscope” [13] dan pengujian kekerasan menggunakan alat uji kekerasan yang berpatok pada unit pengukuran brinell hardness test [14] yang mempunyai perhitungan uji yaitu :

$$L = N \times I \times B$$

Diketahui ;

L : Panjang diagonal

N : Hasil Pengurangan Luka Indikator antara Jarak Awal – Jara Akhir

I : Konstantas Perbesaran Mikroskop ( perbesaran yang digunakan 5x dengan nilai konstanta 0,002)

B : Diameter dari bola indentor yang digunakan (2,5 mm dengan beban 1839 N)

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Uji Kekerasan

Uji ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan baja AISI 1050 menggunakan skala perhitungan / unit pengukuran Brinell.

**Tabel 3.1** Hasil Pengujian Uji Kekerasan Brinell

No	Parameter Proses			Hasil Uji Kekerasan Brinell
	Kuat arus	Pendingin	Capping	Rata – rata
1.	80	Air	1	204.7
2.	80	Oli	2	190.0
3.	80	Udara	3	200.0
4.	100	Air	2	222.0
5.	100	Oli	3	207.3
6.	100	Udara	1	197.3
7.	120	Air	3	211.7
8.	120	Oli	1	197.7
9.	120	Udara	2	201.7

Sesuai data pada **Tabel 3.1** hasil pengujian kekerasan brinell dapat disimpulkan bahwa dari 9 parameter proses yang di uji diperoleh nilai tertinggi pada parameter 2 Capping dengan kuat arus 100A menggunakan pendingin Air (222 HRB) serta nilai terendah ada pada parameter 2 Capping dengan kuat arus 80A menggunakan pendingin Oli memperoleh hasil kekerasan 190 HRB.

**Tabel 3.2** Analisa Varian Menurut 3 Faktor Utama

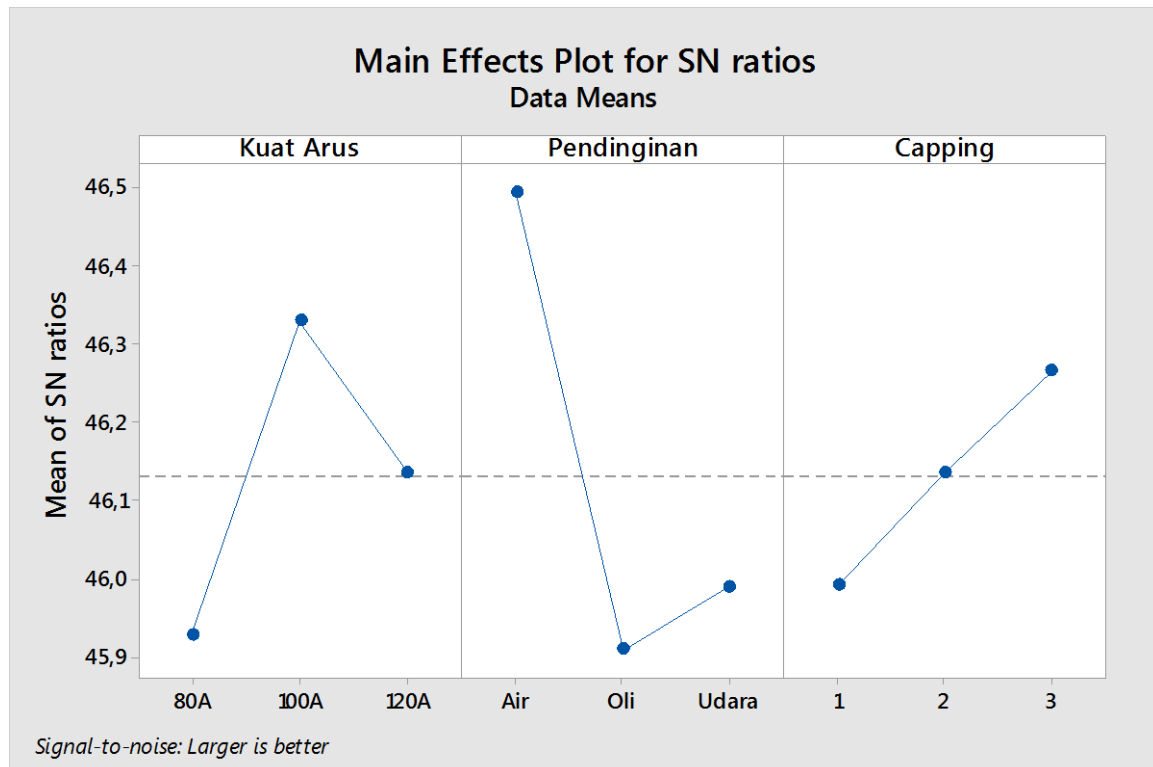
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Kuat Arus	2	170,69	24,57%	170,69	85,35	2,27	0,306
Pendingin	2	382,32	55,02%	382,32	191,16	5,07	0,165
Capping	2	66,47	9,57%	66,47	33,23	0,88	0,531
Error	2	75,36	10,85%	75,36	37,68		
Total	8	694,84	100,00%				

Berdasarkan **Tabel 3.2** analisa varian, faktor pendingin memberikan kontribusi terbesar terhadap variasi yang diamati dalam penelitian ini, dengan kontribusi sebesar 55,02%. Faktor kuat arus memberikan kontribusi kedua terbesar sebesar 24,57%, sementara faktor capping hanya menyumbang 9,57%. Kesalahan atau error dalam model ini menyumbang 10,85% dari total variasi. Hal ini menunjukkan bahwa pengendalian faktor pendingin adalah yang paling penting dalam menentukan hasil uji kekerasan, dan diikuti oleh faktor kuat arus, sedangkan faktor capping memiliki dampak yang lebih kecil.

**Tabel 3.3** Hasil Prediksi Uji Kekerasan Brinell dalam Metode Taguchi

S/N Ratio	Mean	StDev	Ln(StDev)
46,8274	220,815	18,0847	2,68887

Serta dapat diperoleh prediksi kombinasi dari variasi terbaik sesuai dengan **Gambar 3.1** yaitu terdapat pada spesimen 3 capping dengan kuat arus 100A serta menggunakan pendingin air dengan Nilai rata rata dari ketiga section yaitu 202,815 HRB yang sesuai dengan **Tabel 3.3**.



**Gambar 3.1** Prediksi Kombinasi Variasi Menggunakan Metode Taguchi

### B. Uji Mikroskopis

Pengujian Mikrostruktur dilakukan dengan alat “*Reflected Metallurgical Microscope*” menggunakan mikroskop 20x dengan 5 bagian yang di foto. Ferrite adalah fasa larutan padat yang memiliki struktur BCC Ferrite ini akan terbentuk pada proses pendinginan lambat dari austenite baja hipoeutectoid. Sedangkan pearlite merupakan satu fas yang terbentuk dari gabungan dua fasa, yaitu ferrite dan cementite [11].



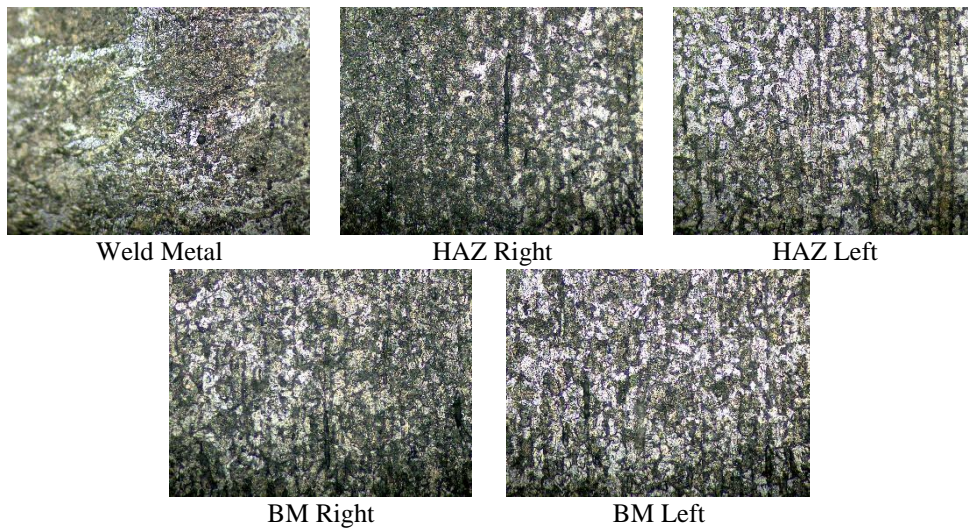
**Gambar 3.2** Perbatasan antara HAZ dan Base Metal

Sesuai dengan **Gambar 3.2** diatas diketahui bahwa ada perbedaan struktur yang terlihat antara area *Base metal* (gambar sebelah kiri) yang memiliki sedikit *ferrite* dan lebih didominasi oleh *pearlite* dan sebaliknya pada area HAZ (gambar sebelah kanan) memiliki komposisi perpaduan antara *pearlite* dan *ferrite*.

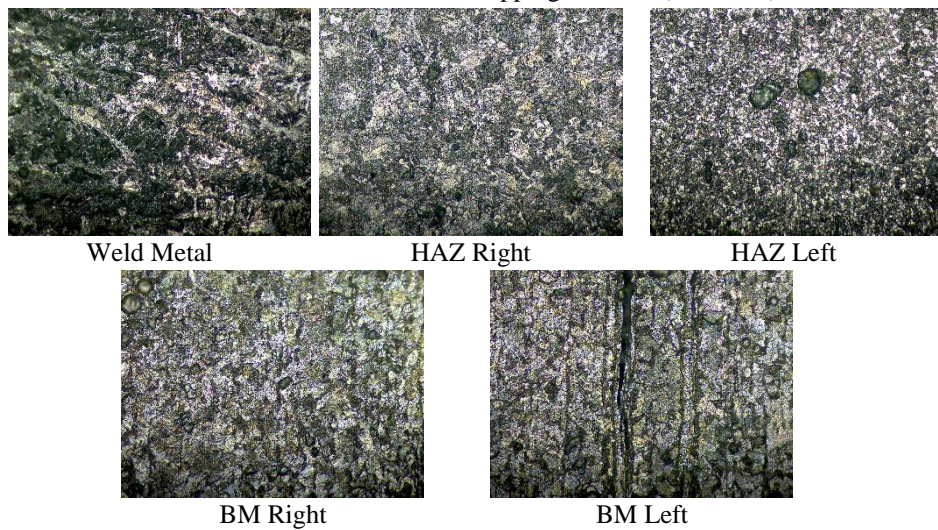
Pengelasan SMAW dengan elektroda E6013 dapat diketahui bahwa semua spesimen terdapat ferrite, perlite dan cementit tetapi semakin besar arus yang di berikan pada pengelasan maka struktur ferrite dan perlite semakin

mengikat. Struktur mikro cementit terbetuk dari kandungan unsur logam pengisi yang di padukan dengan base metal [11].

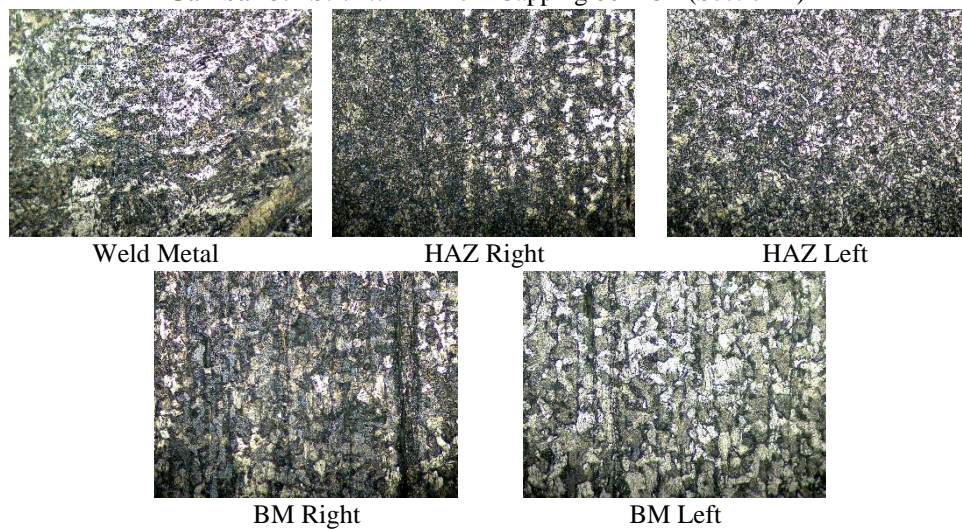
❖ 2 Capping 80A Oli



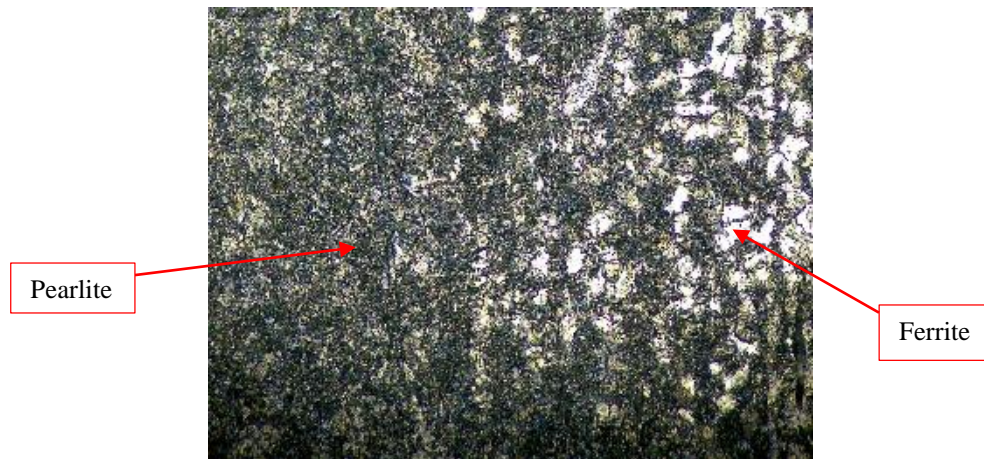
**Gambar 3.3** Struktur Mikro 2 capping 80A Oli (Section 1)



**Gambar 3.4** Struktur Mikro 2 Capping 80A Oli (Section 2)



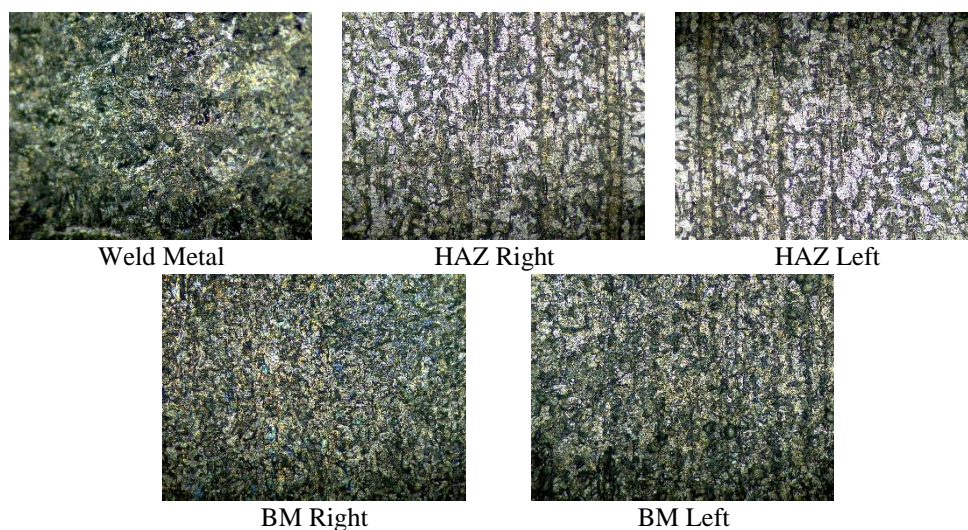
**Gambar 3.5** Struktur Mikro 2 Capping 80A Oli (Section 3)



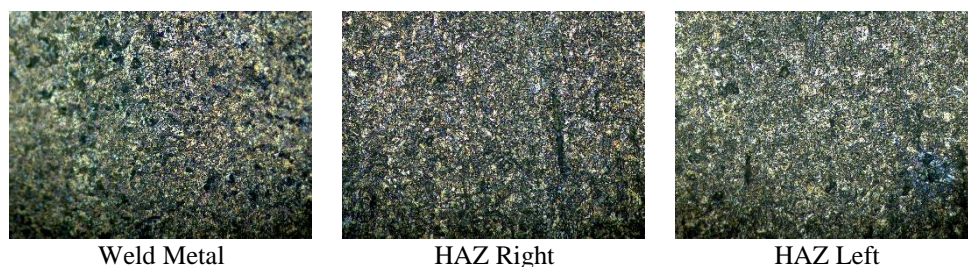
**Gambar 3.6** Hasil uji Mikro Terbaik

Pada hasil mikrostruktur sendiri diperoleh hasil terbaik pada parameter proses pengelasan 2 Capping dengan kuat arus 80A menggunakan pendinginan oli karena hasil mikrostruktur nya memiliki komposisi ferrite dan pearlite yang seimbang. Dari hal tersebut dapat disimpulkan bahwa parameter proses pengelasan tersebut memiliki sifat mekanik (kekuatan, keuletan, dan ketahanan aus) yang baik. Serta pada parameter proses tersebut jarang ditemuinya cacat las yang berarti.

❖ 2 Capping 120A Udara

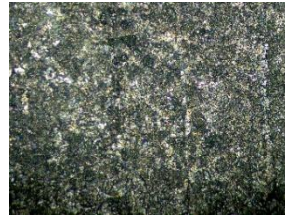


**Gambar 3.7** Struktur Mikro 2 Capping 120A Udara (Section 1)

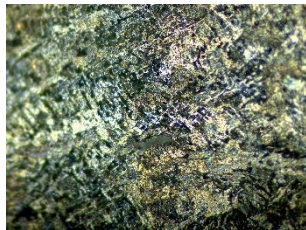




BM Right



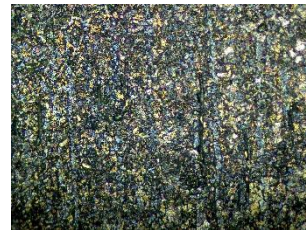
BM Left

**Gambar 3.8** Struktur Mikro 2 Capping 120A Udara (Section 2)

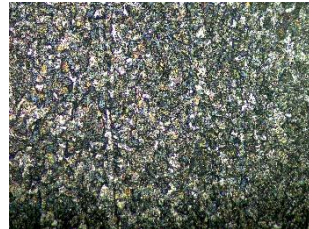
Weld Metal



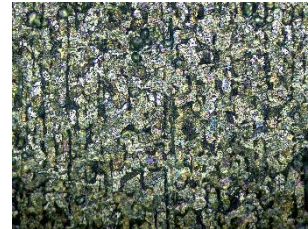
HAZ Right



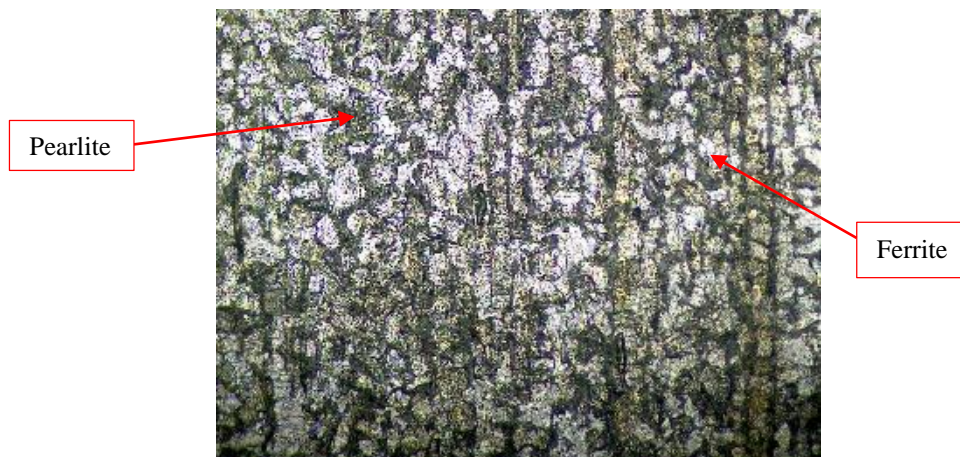
HAZ Left



BM Right



BM Left

**Gambar 3.9** Struktur Mikro 2 Capping 120A Udara (Section 3)**Gambar 3.10** Hasil uji Mikro Terburuk

Berkebalikan dengan parameter proses pengelasan diatas, hasil terburuk ada pada parameter proses pengelasan 2 capping dengan kuat arus 120A menggunakan pendinginan udara dikarenakan komposisi ferrite dan pearlite pada mikrostruktur nya kurang seimbang diketiga section nya dan banyaknya cacat las yang terjadi dikarenakan kuat arus yang terlalu besar.



#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan Brinell yang disajikan, analisis varian menunjukkan bahwa faktor pendingin memiliki kontribusi terbesar terhadap variasi kekerasan, dengan kontribusi sebesar 55,02%, diikuti oleh faktor kuat arus (24,57%) dan capping (9,57%). Dan nilai kekerasan tertinggi tercatat pada parameter dengan 2 capping, kuat arus 100A, dan pendingin air, mencapai 222 HRB, sedangkan nilai terendah ditemukan pada parameter dengan 2 capping, kuat arus 80A, dan pendingin oli, yaitu 190 HRB. Hal ini menegaskan pentingnya kontrol faktor pendingin dalam mempengaruhi kekerasan material, diikuti oleh kuat arus, sementara faktor capping memiliki dampak yang lebih kecil.

Serta Berdasarkan data mikrostruktur yang telah di analisa, parameter proses pengelasan 2 capping dengan kuat arus 80A dan pendinginan oli menghasilkan mikrostruktur yang optimal, dengan komposisi ferrite dan pearlite yang seimbang, serta menunjukkan sifat mekanik yang baik seperti kekuatan, keuletan, dan ketahanan aus, serta minim cacat las. Sebaliknya, pada parameter proses pengelasan 2 capping dengan kuat arus 120A dan pendinginan udara, terjadi kurangnya ketidakstabilan komposisi ferrite dan pearlite di ketiga section, serta peningkatan jumlah cacat las akibat kuat arus yang terlalu besar, yang mengindikasikan penurunan kualitas dan performa mekanik pada hasil pengelasan tersebut.

#### V. Saran

Pada penelitian kali ini memang belum memperoleh hasil yang sempurna, banyak hal yang menjadi evaluasi bagi penulis salah satunya pada hal uji kekerasan brineell. Penulis telah memperoleh evaluasi berupa prediksi kombinasi parameter proses pengelasan berdasarkan metode Taguchi menunjukkan bahwa kombinasi yang paling optimal adalah pada 3 capping, kuat arus 100A, dan pendingin air, dengan nilai rata-rata kekerasan 202,815 HRB. Serta pada hasil mikrostruktur sendiri memiliki evaluasi pada arus pengelasan yang harus dikembangkan lebih lanjut karena hal tersebut memiliki berkontribusi paling besar jika ingin memperoleh hasil pengelasan yang mendekati sempurna.

## REFERENSI

- [1] Z. Purba, S. Bahri, and J. Syarif Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe JIBanda Aceh-Medan Km, “Pengaruh variasi kampuh las terhadap ketangguhan sambungan hasil pengelasan material baja AISI 1050 The effect of weld groove variations on the toughness of welding joints of AISI 1050 material,” *J. Weld. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 27–33, 2022.
- [2] N. Islamuddin and W. Soedarmaji, “ANALISA UJI TEKAN, KERAPATAN DENSITAS DAN MIKROSTRUKTUR TERHADAP KOMPOSIT BAHAN BAKU TEAKWOOD SERBUK GERGAJI KAYU Nurkholis Islamuddin 1) , Wisma Soedarmadji 2) Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin Universitas Yudharta Pasuruan,” *J. Mech. Manuf. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 58–65, 2020.
- [3] T. B. Santoso, Solichin, and P. T. Hutomo, “Pengaruh kuat arus listrik pengelasan terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro las SMAW dengan elektroda E7016,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 15, no. 1, p. 20, 2020.
- [4] J. Teknik, M. Politeknik, and N. Lhokseumawe, “Analisa Pengaruh Proses GTAW Dan SMAW Terhadap Ketangguhan Sambungan Pengelasan Material AISI 1050 Pengelasan adalah proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas dan menggunakan bahan tambah atau elektroda yang di,” vol. 2, no. 1, pp. 19–25, 2020.
- [5] N. Chairul, I. Irzal, M. Mulianti, and H. Nurdin, “Pengaruh Variasi Kuat Arus Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Smaw Pada Baja Karbon Rendah Dengan Elektroda E-7018,” *J. Vokasi Mek.*, vol. 4, no. 4, pp. 167–172, 2022, doi: 10.24036/vomek.v4i4.470.
- [6] U. Pandapotan and M. Mulyadi, “Pengaruh Media Pendingin terhadap Porositas dan Kekuatan Tarik menggunakan Pengelasan SMAW DCSP pada Material Pipa Baja Karbon SCH40,” *Innov. Technol. Methodical Res. J.*, vol. 3, no. 3, p. 8, 2024, doi: 10.47134/innovative.v3i3.108.
- [7] A. Mauliza and S. Usman, “Analisa Pengaruh Arus Terhadap Kekuatan Tarik Material Baja Karbon AISI 1050 Hasil Pengelasan SMAW,” *J. Weld. Technol. Vol.*, vol. 4, no. 1, pp. 22–26, 2022, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/436420-analysis-of-the-effect-of-current-on-ten-e4d77915.pdf>
- [8] A. Hamid, “Analisa Pengaruh Arus Pengelasan Smaw Pada Material Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Material Hasil Sambungan,” *J. Teknol. Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 26–36, 2016, doi: 10.22441/jte.v7i1.813.
- [9] Azwinur, A. Saputra Ismy, R. Nanda, and Ferdiansyah, “Pengaruh arus pengelasan SMAW terhadap kekuatan sambungan las double lap joint pada material AISI 1050,” *J. Weld. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2020.
- [10] A. Ainur Rosidah, S. Suheni, and E. Wisnu Anarki, “Analisis Pengaruh Diameter Elektroda dan Kecepatan Las terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Makro pada Baja AISI 1050 dengan Proses Pengelasan TIG,” *Pros. SENASTITAN Semin. Nas. Teknol. Ind. Berkelanjutan*, vol. 1, no. 1, p. 414, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal.itats.ac.id/senastitan/article/view/1669>
- [11] M. Metode, L. A. S. Smaw, and D. A. N. Tig, “Edisi Cetak Jurnal Dinamis , Juni 2020 ( ISSN : 0216-7492 ),” no. 1, pp. 1–7, 2020.
- [12] A. Purwanto, W. Wijoyo, and A. Fajar Riyadin, “Pengaruh Polaritas Mesin Las pada Pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Baja Karbon Rendah,” *J. Tek. Indones.*, vol. 2, no. 4, pp. 150–158, 2023, doi: 10.58860/jti.v2i4.238.
- [13] S. Anwar and M. Mulyadi, “Pengaruh Media Pendingin terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan SMAW Pegas Daun Mitsubishi PS 120,” *Innov. Technol. Methodical Res. J.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–11, 2024, doi: 10.47134/innovative.v3i2.103.
- [14] Gusti R. F. Syahrillah, M. Firman, and M. A. Sugeng .P, “Analisa Uji Kekerasan pada Poros Baja ST 60 dengan Media Pendingin yang Berbeda,” *Al-Jazari J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 01, no. 02, pp. 21–26, 2016.