

# PERILAKU DISTORSI, KEKERASAN DAN KOROSI HASIL *HARDFACING* PADA PERMUKAAN BAJA KARBON MENGGUNAKAN ELEKTRODA HV-800 DENGAN BERBAGAI KETEBALAN

*Distortion, Hardness and Corrosion Behavior of Carbon Steel Hardfacing using HV-800 Electrodes with Various Thicknesses*

**Syaripuddin<sup>1\*</sup>, Sopiyan<sup>1</sup>, Ahmad Nur Hisyam<sup>1</sup>, Rani Anggrainy<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Rawamangun, Jakarta, 13220, Indonesia.

\* Email Korespondensi : [syaripuddin\\_andre@unj.ac.id](mailto:syaripuddin_andre@unj.ac.id)

Artikel Info - : Diterima : 02-05-2024; Direvisi : 31-05-2024; Disetujui : 05-06-2024

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk melihat kekerasan dan korosi dari lapisan las. Sebagai tambahan, distorsi yang terjadi juga diamati pada spesimen pasca pengelasan. Lapisan las di buat dengan variasi satu, dua dan tiga lapis pengelasan menggunakan elektroda HV-800. Langkah pertama dalam penelitian ini adalah studi literatur, kemudian dilanjutkan dengan persiapan alat dan bahan, pemanasan elektroda, proses pengelasan, pengamatan distorsi, pemotongan spesimen untuk pengujian yang dilanjutkan dengan pengujian kekerasan dan korosi kemudian yang terakhir adalah analisis data dan kesimpulan. Dari hasil pengamatan distorsi dapat diketahui semakin tebal lapisan las maka akan semakin besar distorsi yang terjadi. Distorsi pada spesimen yang di las satu, dua dan tiga lapis masing-masing adalah 1,5, 4 dan 6°. Selanjutnya, berdasarkan hasil uji kekerasan dapat terlihat semakin tebal lapisan las maka akan semakin besar kekerasannya. Kekerasan pada spesimen yang di las satu, dua dan tiga lapis masing-masing adalah 550,2, 632,82 dan 650,68 HV. Kemudian berdasarkan hasil penimbangan dapat diketahui semakin lama waktu perendaman maka akan semakin besar pengurangan massa saat 120 jam perendaman. Terakhir, dari hasil perhitungan laju korosi dapat diketahui, semakin tebal lapisan las maka akan semakin menurun laju korosi yang terjadi. Laju korosi pada spesimen yang di las satu, dua dan tiga lapis masing-masing adalah 13,23, 11,02 dan 10,29 mpy. Ketiga spesimen memiliki ketahanan korosi yang baik karena masuk ke dalam kriteria "good".

**Kata Kunci:** Lapisan Las, Distorsi, Pengurangan Massa, NaCl

## ABSTRACT

*This research aims to look at the hardness and corrosion of the weld layer. In addition, distortions were also observed in the post-welding specimens. Weld layers were made with variations of one, two and three layers of welding using HV-800 electrodes. The first step in this research is a literature study, followed by preparing tools and materials, heating electrodes, welding process, observing distortion, cutting specimens for testing followed by hardness and corrosion testing, and data analysis and conclusions. From the results of observing the distortion, it can be seen that the thicker the weld layer, the greater the distortion that will occur. Distortions in specimens welded with one, two and three layers are 1.5, 4 and 6° respectively. Furthermore, based on the results of the hardness test, it can be seen that the thicker the weld layer, the greater the hardness. The hardness of the one, two and three layer welded specimens was 550.2, 632.82 and 650.68 HV respectively. Then, based on the weighing results, it can be seen that the longer the immersion time, the greater the reduction in mass during 120 hours of immersing. Finally, from the results of the corrosion rate calculation it can be seen that the thicker the weld layer, the lower the corrosion rate that will occur. The corrosion rates for specimens welded with one, two and three layers were 13.23, 11.02 and 10.29 mpy, respectively. All three specimens have good corrosion resistance because they fall into the "good" criteria.*

**Keywords:** *Welding Layer, Distorsion, Weight Loss, NaCl*

## 1. Pendahuluan

Kekerasan dan korosi merupakan dua properti yang perlu dipertimbangkan dalam hasil proses pengelasan. Karena dua hal ini dapat memperpanjang usia pakai dari komponen alat berat ketika beroperasi pada lingkungan korosif. Beberapa peneliti menyimulasikan lingkungan korosif dengan membuat larutan 3,5 % NaCl karena bisa di padankan dengan air laut [1], [2]. Selanjutnya beberapa peneliti mencoba meningkatkan kekerasan dan ketahanan korosi komponen alat berat dengan beberapa hal seperti: memberikan lapisan pelindung pada material yang dilindungi, melakukan proses perlakuan panas dengan metode *quenching*, melakukan variasi lapisan pengelasan dan meningkatkan arus pengelasan [3]–[7].

Saefulloh dkk. melakukan elektroplating pada baja karbon rendah menggunakan variasi arus listrik dengan tujuan untuk meningkatkan kekerasan, dan ketahanan korosi. Sampel yang dibuat dengan arus 6 A memiliki kekerasan paling tinggi dan ketahanan korosi yang paling baik [3]. Prayitno dan Indayanto melakukan *quenching* pada media air dan minyak kelapa untuk melihat ketahanan korosi pada baja S45C. Sampel yang di-*quenching* pada media air memiliki ketahanan korosi yang paling baik dan kekerasan yang paling tinggi jika dibandingkan dengan sampel yang tidak di-*quenching* maupun yang di-*quenching* dengan minyak kelapa [4]. Sopiyan dkk. juga melakukan penyelidikan variasi media *quenching* untuk melihat kekerasan dan korosi dari lapisan las. Dari penelitian dapat diketahui media *quenching* oli menghasilkan kekerasan dan ketahanan korosi yang paling tinggi [5]. Penelitian sebelumnya telah melakukan variasi lapisan pengelasan dengan menggunakan elektroda HV-450 dihasilkan semakin tebal lapisan las maka akan semakin keras dan semakin tinggi ketahanan korosinya [6]. Sopiyan dkk. menemukan, semakin tinggi arus yang digunakan saat proses pengelasan, maka akan semakin keras lapisan las yang terbentuk [7].

Dari apa yang telah disebutkan di atas, peningkatan ketebalan lapisan dengan proses pengelasan merupakan metode yang cukup menjanjikan. Karena mudah di aplikasikan pada alat berat ketika berada di lapangan. Akan tetapi ketika proses pengelasan dilakukan maka akan terjadi distorsi. Sehingga hal ini perlu diperhatikan ketika proses peningkatan ketebalan lapisan dengan proses pengelasan yang akan dilakukan. Menurut Miranda dan Made, ketebalan material dan panas saat pengelasan merupakan dua hal yang akan menyebabkan angka distorsi yang terjadi [8]. Meditama dkk. menemukan semakin tinggi arus pengelasan dan semakin tipis pelat yang digunakan sebagai *base metal* maka akan semakin besar distorsi angular yang terjadi pada sampel [9]. Mahbub menemukan semakin kecil *heat input* maka akan semakin kecil distorsi yang terjadi pada material yang dilas [10].

Berdasarkan paparan di atas maka dapat diketahui semakin tinggi arus pengelasan maka akan semakin keras lapisan yang terbentuk. Akan tetapi akan menyebabkan distorsi akan semakin besar karena *heat input* yang semakin besar seiring dengan bertambahnya arus pengelasan. Kemudian semakin tebal lapisan yang terbentuk maka akan semakin keras dan semakin tahan terhadap korosi. Oleh sebab itu akan dilakukan penyelidikan dari hasil pengelasan menggunakan elektroda HV-800 untuk melihat distorsi, kekerasan dan laju korosi yang terjadi. Proses pengelasan dilakukan dengan menggunakan arus di bawah rekomendasi pabrik pembuat elektroda untuk meminimalisir distorsi yang terjadi. Elektroda HV-800 dipilih karena memiliki kekerasan paling tinggi jika dibandingkan dengan produk sejenis yang dikeluarkan oleh pihak manufaktur elektroda yang sama.

## 2. Metodologi Penelitian

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah studi literatur untuk mengumpulkan referensi terkait riset yang sedang dikerjakan. Lalu dilanjutkan dengan mempersiapkan alat dan bahan yang meliputi perangkat *shielded metal arc welding* (SMAW) serta alat pendukungnya (alat bantu las dan K3), baja karbon ukuran 150×10×10 mm, oven pemanas elektroda, dan elektroda HV-800 (Merek *Nikko Steel*). Komposisi baja karbon yang digunakan pada penelitian ini sama dengan penelitian terdahulu [6]. Sedangkan komposisi lapisan las dengan elektroda HV-800 dapat dilihat pada Tabel 1 [11]. Alat dan bahan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

**Tabel 1.** Komposisi Lapisan Las dengan Elektroda HV-800 [11]

Keterangan	Unsur (Wt.%)					
	C	Mn	Si	Cr	Mo	Fe
Min.	3,5	-	-	24	0,5	
Max.	4,5	1,5	1,5	30	1,0	
Typical	3,8	1,2	1,0	28	0,8	Bal.



(a)



(b)



(c)



(d)

**Gambar 1.** Alat dan Bahan Penelitian (a) Mesin Las, (b) Oven Pemanas Elektroda, (c) Elektroda HV 800, dan (d) Baja Karbon Rendah

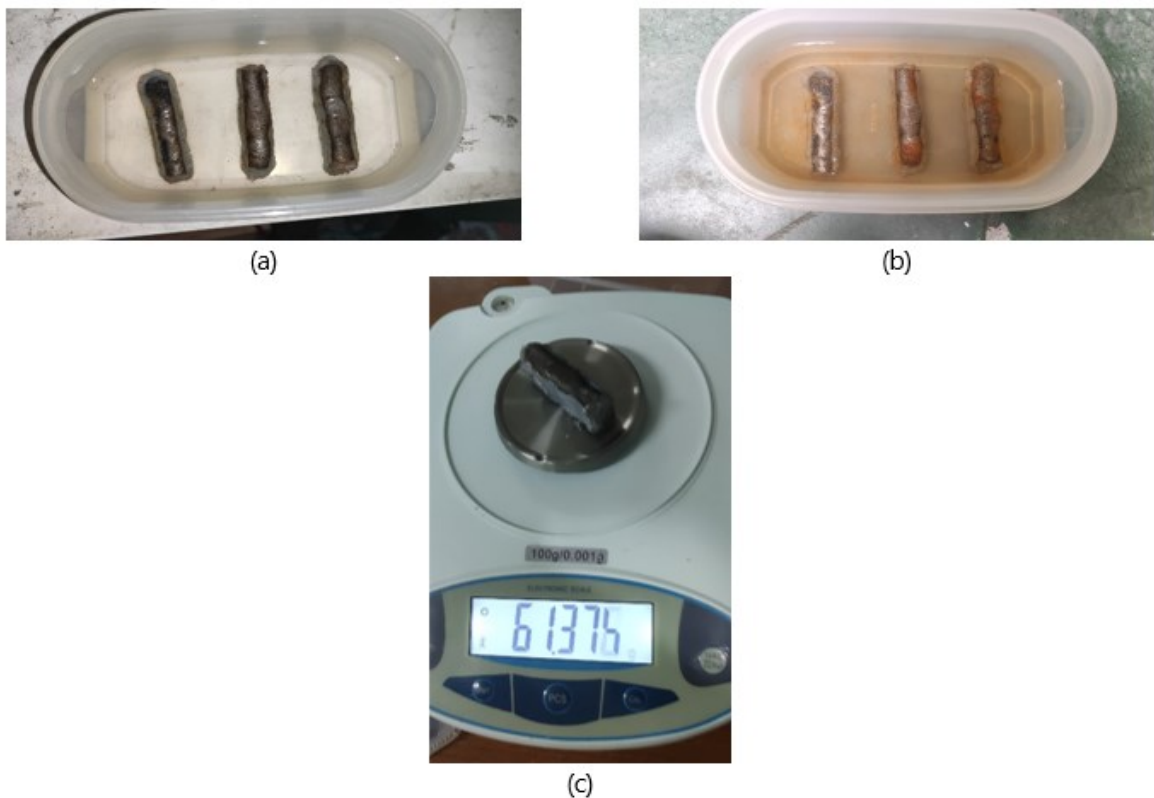
Setelah alat dan bahan telah siap, kemudian elektroda HV-800 dimasukkan ke dalam oven dan dipanaskan dengan suhu 150 °C selama dua jam. Setelah tercapai waktu pemanasan selama dua jam, maka dilanjutkan ke proses pengelasan. Proses pengelasan dilakukan dengan parameter-parameter yang sama dengan penelitian sebelumnya [6]. Proses pengelasan dilakukan dengan variasi satu lapis, dua lapis dan tiga lapis (Spesimen I, II dan III). Dokumentasi proses pengelasan dapat dilihat pada Gambar 2. Sedangkan hasil spesimen yang telah di las dapat dilihat pada Gambar 3.

**Gambar 2.** Proses Pengelasan Spesimen Penelitian



**Gambar 3.** Hasil Pengelasan Spesimen Penelitian

Setelah selesai proses pengelasan, spesimen dibersihkan kemudian diamati distorsi yang terjadi lalu di potong untuk pengujian kekerasan dan korosi. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *Vickers* menggunakan beban 20 kg dilakukan pada lima titik uji. Selanjutnya untuk pengujian korosi dilakukan dengan metode *weight loss*. Spesimen di tutupi dengan menggunakan lem tembak kemudian disisakan luas permukaan uji sebesar 5 cm<sup>2</sup> pada bagian lapisan las. Selanjutnya, spesimen direndam dalam larutan 3,5% NaCl selama 120 jam, kemudian secara periodik ditimbang per 24 jam untuk melihat pengurangan massa yang terjadi. Larutan 3,5% NaCl juga secara periodik (24 jam) diganti dengan larutan baru (*fresh solution*). Dokumentasi uji korosi dengan metode *weight loss* dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Dokumentasi Uji Korosi (a) Spesimen direndam dalam Larutan 3,5% NaCl (b) Sampel yang Telah Terkorosi Selama 24 Jam Perendaman, dan (c) Penimbangan Spesimen

Setelah data penimbangan didapatkan secara lengkap selama 120 jam kemudian dilakukan perhitungan laju korosi. Perhitungan laju korosi menggunakan persamaan (1) sebagai berikut [12].

$$\text{Laju Korosi (mpy)} = \frac{k \times w}{\rho \times A \times t} \quad (1)$$

dimana:

$k$  = konstanta korosi

$w$  = kehilangan massa lapisan las (g)

$\rho$  = berat jenis paduan lapisan las ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$A$  = luas spesimen uji korosi ( $\text{cm}^2$ )

$t$  = waktu total perendaman (jam)

### 3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### 3.1 Pengamatan Distorsi Spesimen Las

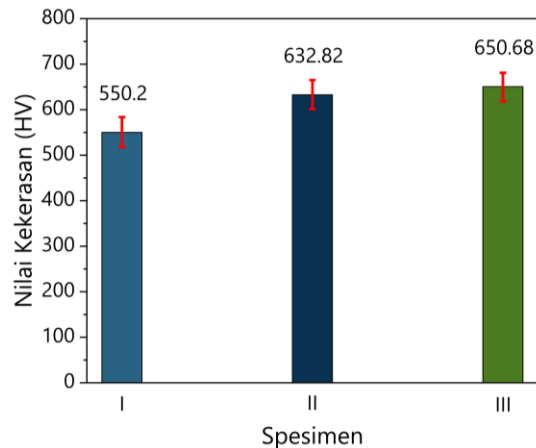
Hasil pengamatan distorsi dapat dilihat pada Gambar 5. Dapat terlihat semakin tebal lapisan las, maka akan semakin besar distorsi yang terjadi. Distorsi yang terjadi akibat panas yang dihasilkan dari proses pengelasan [10]. Semakin tebal lapisan las yang terbentuk itu dihasilkan dari proses pengelasan yang semakin berulang sehingga intensitas spesimen terkena panas akan semakin besar. Oleh sebab itu distorsi akan semakin besar. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya dimana dilakukan pengelasan dengan ketebalan satu sampai dengan tiga lapis ditemukan hal yang sama, yaitu semakin tebal lapisan las maka akan semakin besar distorsi yang terjadi [6]. Akan tetapi distorsi yang terjadi lebih besar pada penelitian saat ini, kemungkinan hal ini disebabkan karena komposisi elektroda yang digunakan berbeda.



**Gambar 5.** Distorsi Spesimen Pengelasan

#### 3.2 Uji kekerasan Lapisan Las

Hasil pengukuran kekerasan pada ketiga spesimen dapat dilihat pada Gambar 6. Dapat terlihat semakin tebal lapisan las maka akan semakin besar kekerasannya. Hal ini sesuai dengan standar yang dikeluarkan oleh pabrik elektroda [11]. Peningkatan kekerasan, mungkin disebabkan oleh *alloying* pada lapisan las antara elektroda dan *base metal* akan semakin dominan fasa-fasa elektroda jika dibandingkan dengan fasa-fasa *base metal* sehingga kekerasannya meningkat seiring dengan ketebalan lapisan yang bertambah. Sebagai mana diketahui HV-800 memiliki kandungan Cr yang relatif tinggi, sehingga dengan fasa-fasa elektroda yang mendominasi terutama Cr akan meningkatkan kekerasan lapisan las yang terbentuk. Pada penelitian sebelumnya, diketahui dengan adanya fasa Cr akan meningkatkan kekerasan dari lapisan las [13].



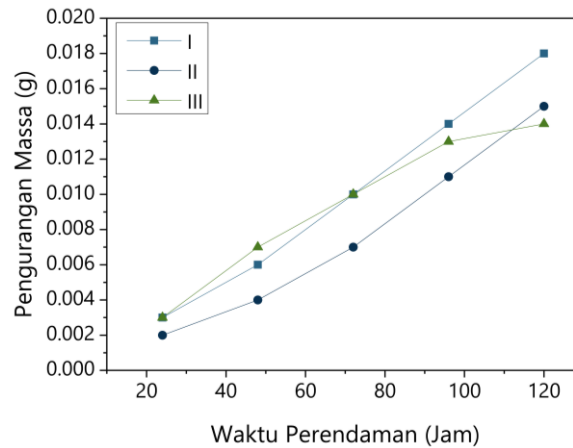
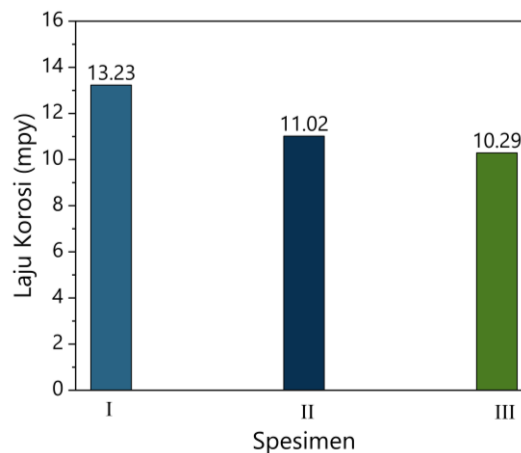
**Gambar 6.** Hasil Uji kekerasan Lapisan Las

Selain unsur Cr, faktor lain yang dapat mempengaruhi kekerasan yang terbentuk adalah arus dan polaritas. Soleh dkk. menemukan semakin tinggi arus las maka akan semakin keras lapisan las [14]. Hal yang sama juga ditemukan oleh Tambing dkk. yaitu semakin besar arus las yang digunakan maka akan semakin keras lapisan las yang terbentuk [15]. Dengan semakin tinggi arus pengelasan maka akan semakin besar *heat input*, sehingga akan menghasilkan kekerasan lapisan yang semakin besar. Selain kekerasan, arus yang lebih tinggi juga akan menyebabkan kedalaman penetrasi lapisan las akan semakin bertambah [16].

Susetyo dkk. menemukan *hardfacing* dengan menggunakan polaritas DC+ akan menghasilkan kekerasan lapisan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan lapisan yang dihasilkan dari *hardfacing* dengan polaritas AC [17]. Selanjutnya, Susetyo dkk. menemukan *hardfacing* dengan menggunakan polaritas DC+ akan menghasilkan kekerasan lapisan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan lapisan yang dihasilkan dari *hardfacing* dengan polaritas DC- [18]. Dari dua pernyataan di atas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan polaritas DC+ akan menghasilkan lapisan las yang memiliki kekerasan paling tinggi jika dibandingkan dengan polaritas DC- dan AC.

### 3.3 Uji Korosi Metode *Weight Loss*

Hasil penimbangan pengurangan massa yang terjadi selama 120 jam dalam larutan 3,5% NaCl dapat dilihat pada Gambar 7. Larutan 3,5% NaCl digunakan dalam penelitian ini dengan tujuan sebagai simulasi korosi dalam air laut [1], [2]. Berdasarkan Gambar 7 dapat terlihat semakin lama waktu perendaman maka akan semakin besar pengurangan massa saat 120 jam perendaman. Pada penimbangan 24 dan 72 jam terlihat pengurangan massa spesimen I relatif sama dengan spesimen III. Pada penimbangan 48 jam, pengurangan massa terbesar terjadi pada spesimen III. Berdasarkan tiga pernyataan di atas dapat diketahui, kemungkinan hal ini terjadi pada saat 120 jam perendaman, spesimen III telah terbentuk oksida pada permukaan yang melindungi dari serangan korosi.

**Gambar 7.** Laju Pengurangan Massa**Gambar 8.** Hasil Uji Korosi Metode *Weight Loss*

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan (1) didapatkan laju korosi dari semua spesimen yang di tunjukkan pada Gambar 8. Dari Gambar 8 dapat terlihat semakin tebal lapisan las maka akan semakin berkurang laju korosi yang terjadi. Artinya semakin tebal lapisan maka akan semakin tahan terhadap serangan korosi. Hal ini disebabkan karena semakin tebal lapisan maka akan semakin besar perlindungan terhadap serangan korosi [19]. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, dimana dilakukan pengelasan satu, dua dan tiga lapis dengan elektroda HV-450 masih lebih besar laju korosinya [6]. Hal ini disebabkan karena kandungan Cr pada HV-450 lebih rendah jika dibandingkan dengan HV-800. Kandungan krom dapat meningkatkan ketahanan korosi dari suatu material [20]. Selanjutnya, laju korosi yang terjadi pada ketiga spesimen antara 10,29–13,23 mpy. Menurut Azdkar dkk. laju korosi antara 5-20 mpy masuk ke dalam kriteria ketahanan korosi yang baik (*good*) [21]. Sehingga dapat diketahui dari ketiga spesimen memiliki ketahanan korosi yang baik karena masuk ke dalam kriteria "*good*".

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut. Semakin tebal lapisan las maka akan semakin besar distorsi yang terjadi, yang disebabkan oleh semakin banyak intensitas spesimen terkena panas akibat proses pengelasan yang berulang. Selanjutnya, Semakin tebal lapisan las maka akan semakin keras dan semakin tinggi ketahanan korosinya yang disebabkan akan semakin dominan fasa-fasa elektroda jika dibandingkan dengan fasa-fasa *base metal* pada lapisan las. Terakhir, ketiga spesimen memiliki ketahanan korosi yang baik karena masuk ke dalam kriteria "*good*".

## 5. Ucapan Terimakasih

Penelitian ini didanai oleh Dana BLU POK Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta Berdasarkan Surat Keputusan Rektor UNJ Nomor: 325/UN39/HK.02/2024 tanggal: 21 Maret 2024 dan Surat Perjanjian Penugasan Dekan FT UNJ Nomor: T/011/5.FT/Kontrak-Penelitian/PT.01.03/III/2024 tanggal: 22 Maret 2024.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] Y. Xu, Q. Zhou, L. Liu, Q. Zhang, S. Song, and Y. Huang, "Exploring The Corrosion Performances of Carbon Steel in Flowing Natural Sea Water and Synthetic Sea Waters," *Corros. Eng. Sci. Technol.*, vol. 55, no. 7, pp. 579–588, 2020, doi: 10.1080/1478422X.2020.1765476.
- [2] W. Wang, P. E. Jenkins, and Z. Ren, "Electrochemical Corrosion of Carbon Steel Exposed to Biodiesel/Simulated Seawater Mixture," *Corros. Sci.*, vol. 57, pp. 215–219, 2012, doi: 10.1016/j.corsci.2011.12.015.
- [3] I. Saefuloh, Haryadi, and M. G. Winisuda, "Studi Analisa Kuat Arus Proses Elektroplating dengan Pelapis Nikel Cobalt Terhadap Kekerasan, Ketahanan Korosi, dan Penambahan Tebal Baja Karbon Rendah ST 41," *Flywheel J. Tek. Mesin Untirta*, vol. III, no. 2, pp. 42–47, 2017.
- [4] D. Prayitno and P. P. Indayanto, "Pengaruh Hardening Terhadap Korosi pada Baja S45C," *Metr. Ser. Teknol. dan Sains*, vol. 2, no. 2, pp. 70–75, 2021.
- [5] Sopiyan, Syaripuddin, A. Ahmad, D. Nanto, S. D. Yudanto, and F. B. Susetyo, "Enhancement in The Hardness and Corrosion Resistance of Mild Steel Surfaces by Nickel-Chromium Addition and Rapid Cooling After Welding," *J. Appl. Sci. Eng.*, vol. 27, no. 6, pp. 2655–2666, 2024, doi: 10.6180/jase.202406\_27(6).0012.
- [6] Syaripuddin, Sopiyan, A. Cahyadi, S. D. Yudanto, M. Y. Hasbi, and F. B. Susetyo, "Pengaruh Tebal Deposit Lasan Terhadap Properti Lapisan Menggunakan Elektroda HV 450," *J. Asimetri J. Ilm. Rekayasa Inov.*, vol. 5, pp. 285–292, 2023, doi: 10.35814/asiimetrik.v5i2.4956.
- [7] Sopiyan, F. B. Susetyo, and Syamsuir, "Pengaruh Arus Terhadap Kenyamanan Welder, Cacat Las dan Kekerasan Hasil Hardfacing Baja Karbon," *J. Kaji. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 57–107, 2018.
- [8] Y. Miranda and A. M. Made, "Analisa Perbedaan Temperatur pada Material Baja Karbon Rendah S355JO Terhadap Distorsi pada Pengelasan SMAW," *Zo. Mesin*, vol. 9, no. 1, pp. 10–18, 2018.
- [9] R. F. Meditama, L. C. Permadi, and F. K. Asshidiqi, "Variasi Besar Arus Listrik dan Ketebalan Pelat pada Pengelasan SMAW Terhadap Distorsi Angular Sambungan T Baja ST37," *Metrotech (Journal Mech. Electr. Technol.)*, vol. 1, no. 2, pp. 70–75, 2022, doi: 10.33379/metrotech.v1i2.1406.
- [10] M. Z. Mahbub, "Pengaruh Masukan Panas Terhadap Distorsi dan Sifat Mekanik pada Pengelasan Dissimilar Baja AISI 304 dan Baja SS400 Menggunakan Metode GTAW," *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 24–33, 2023.
- [11] S. Nikko, "Manufacturers of a Diverse Range of Advanced Welding Consumables HV-800," 2018.
- [12] L. D. Yuono and U. S. Dharma, "Pengaruh Pendinginan Cepat Terhadap Laju Korosi Hasil Pengelasan Baja AISI 1045," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 76–83, 2017, doi: 10.24127/trb.v6i1.469.
- [13] Syaripuddin, S. F. Alamsyah, and F. B. Susetyo, "Pengaruh Krom pada Sambungan Las Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon dengan Elektroda E 6013," *J. Asimetri J. Ilm. Rekayasa Dan Inov.*, vol. 3, no. 1, pp. 9–16, 2021.
- [14] A. A. Soleh, H. Purwanto, and I. Syafa'at, "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. 2, pp. 29–35, 2017.
- [15] E. Tambing, T. Pagasis, O. T. Ranteallo, D. Mangallo, S. P. Siregar, and Agustinus, "Analisis Pengaruh Arus Listrik dan Elektroda Terhadap Kekuatan dan Kekerasan pada Proses Pengelasan SMAW Baja Karbon Rendah," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 6, no. 2, pp. 878–886, 2024.
- [16] S. I. Solehah, M. Nursaleh, and D. Supriyatna, "Pengaruh Polaritas DCEN dan DCEP Terhadap



- Kedalaman Penetrasi Las SMAW Menggunakan Elektroda E7016," *J. Pendidik. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 1, pp. 1–14, 2022.
- [17] F. B. Susetyo, I. Basori, and J. T. Simanjuntak, "Pengaruh Polaritas dan Temperatur Media Quenching Air Terhadap Kekerasan dan Korosi Deposit Lasan Baja Karbon Rendah yang Dihasilkan dari Proses SMAW Menggunakan Elektroda JIS Z 3251 DF2A-450-R," *J. Kaji. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 39–43, 2021, doi: 10.52447/jktm.v6i1.4395.
- [18] F. B. Susetyo, A. Kholil, and M. Fatihuddin, "Efek Polaritas dan Media Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan Permukaan Hardfacing Baja Karbon Rendah," *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 6, no. 1, pp. 1–5, 2019, doi: 10.21009/JKEM.6.1.1.
- [19] L. Agustriyana, H. P. Buwono, and Sulistiyono, "Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik dan Waktu Proses Anodizing pada Alumunium Terhadap Laju Korosi dalam Media Larutan Garam," *J. Tek. Ilmu Dan Apl.*, vol. 9, no. 2, pp. 39–45, 2020, doi: 10.33795/jtia.v9i2.31.
- [20] M. Adnan, N. Lukman, and N. Haniffudin, "Pengaruh Variasi Waktu Pencelupan Terhadap Ketebalan, Kekerasan dan Ketahanan Korosi Hasil Elektroplating Nikel-Hard Krom pada Baja AISI 4340," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, pp. 257–262, 2018.
- [21] M. S. Azdkar, H. Pratikno, and H. S. Titah, "Analisis Pengelasan SMAW pada Baja ASTM A36 dengan Variasi Elektroda Terhadap Sifat Mekanik dan Ketahanan Biokorosi di Lingkungan Laut," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, pp. G180–G185, 2018, doi: 10.12962/j23373539.v7i2.32118.