

Contents list available at [Sinta](https://sinta)

# ARMATUR

: Artikel Teknik Mesin &amp; Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>

## Efektivitas *Multiple Repair* Pengelasan GMAW Terhadap Sifat Mekanik dan Metalografi Baja S355J2 Pada *Container Flat Top Wagon 50 Feet*

Ravendra Muhammad Galang Fikri<sup>1</sup>, Danny Pralaya Sukma<sup>2</sup>, Nur Laila Ramadhani<sup>3</sup>, Rohit Efendi Saputra<sup>4</sup>, Muhammad Surya Ramdhani<sup>5</sup>, Rahayu Mekar Bisono<sup>6</sup>, Alfi Tranggono Agus Salim<sup>7\*</sup>, Diki Hadi Pratama<sup>8</sup>

<sup>1,2,3,4,5,7</sup>Program Studi Perkeretaapian, Politeknik Negeri Madiun, Kota Madiun, 63162

<sup>6</sup>Program Studi Teknik Pembentukan Logam, Politeknik Negeri Madiun, Kota Madiun, 63162

<sup>8</sup>Departemen Pengelolaan Kualitas Produksi, Divisi Pengelolaan Kualitas dan Dukungan Produk PT INKA, Kota Madiun, 63122

### ARTICLE INFO

**Keywords:**  
*S355J2 Steel, Hardness, Tensile Strength, GMAW Welding Repair, Microstructure.*

### ABSTRACT

*During the inspection process of the UGL Wagon 50 Feet train, defects were found in the welded joints of the structural parts made of S355J2 steel material. Therefore, welding repairs were carried out to rectify these welding results. This issue commonly occurs, leading to repeated welding repairs that alter the mechanical properties of the material. This study involved re-welding or repairing the welds using the GMAW method on S355J2 steel material with the aim of analyzing and comparing tensile strength, hardness, and the structure of non-repaired and repaired weld joints. The welding repairs were conducted in variations of non-repaired, 1-time repair, 2-time repair, and 3-time repair scenarios. The research resulted in data from tensile tests, micro vickers hardness tests, macro examinations, and micro examinations. The findings of this study indicate a decrease in tensile strength and hardness values, a widening of the fusion weld with an increasing number of repairs, and the microstructure of the material remains as ferrite and pearlite.*

### Pendahuluan

Dalam proses produksi gerbong datar UGL *Wagon 50 Feet* tersebut PT INKA (Persero) menggunakan material baja S355J2 [1]. Baja S355J2 diaplikasikan pada proses produksi di industri karena memiliki

keunggulan dalam aspek ekonomis dan struktural dengan tegangan tarik yang tinggi [2]. Dalam proses produksi gerbong dilakukan proses pengelasan pada bagian *structural* untuk penyambungan dua logam atau paduan logam [1]. Pengelasan ini

\*Corresponding author: [alfitranggono@pnm.ac.id](mailto:alfitranggono@pnm.ac.id)

DOI: <https://10.24127/armatur.v6i1.6809>

Received 08 Agustus 2024; Received in revised form 15 March 2025; Accepted 18 March 2025

Available online 19 March 2025

menggunakan metode *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) menggunakan busur *filler* elektroda secara kontinu [3].

Dalam proses pengelasan GMAW memungkinkan terjadi kesalahan pada bagian pengelasan seperti ketidaksesuaian dan cacat pada sambungan, sehingga dilakukan perbaikan pada sambungan las tersebut [4]. Perbaikan pada sambungan las dilakukan dengan metode *repair gouging* pada material untuk selanjutnya dilakukan kembali pengelasan [5].

Proses *repair gouging* ini mempengaruhi tingkat kekerasan, kekuatan tarik, struktur makro dan mikro dari suatu material [6]. Pada proyek yang dikerjakan PT INKA (Persero) tidak dijelaskan terkait berapa banyak *repair* yang dilakukan pada suatu sambungan material, sehingga tidak diketahui batas maksimal *repair* yang dilakukan, hal ini memungkinkan terjadinya *repair* pengelasan secara berulang [1]. Ketika jumlah *repair* meningkat maka terjadi peningkatan nilai kekerasan pada daerah *Heat Affected Zone (HAZ)* [7]. Batas keberterimaan nilai kekerasan pada material baja S355J2 adalah 380 *Hardness Vickers (HV)* [8]. Peningkatan nilai kekerasan disertai perubahan struktur makro dan mikro akibat panas dari proses *repair gouging* berulang. Sehingga proses *multiple repair* mempengaruhi pada hasil struktur makro, struktur mikro, dan perubahan sifat mekanik pada material [6].

Pada hasil pengelasan *repair* dilakukan dua pengujian yang tidak merusak material atau biasa disebut *Non-Destructive Test (NDT)* dan pengujian merusak material atau biasa disebut *Destructive Test (DT)*. NDT yang dilakukan pada hasil pengelasan adalah *visual test* dan *ultrasonic test* untuk mengidentifikasi cacat pada hasil pengelasan [4]. *Destructive Test (DT)* dilakukan pada hasil pengelasan yang mencakup *tensile test*, *hardness micro vickers test*, *macro examination*, dan *micro examination*.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka dilakukan penelitian terkait pengaruh *multiple repair* dengan proses pengelasan

GMAW pada material S355J2 dengan melakukan pengujian *tensile test*, *hardness micro vickers test*, *macro examination*, dan *micro examination*. Variasi *repair* pada penelitian ini adalah *non-repair*, 1 kali *repair*, 2 kali *repair*, dan 3 kali *repair*. Diharapkan hasil dari penelitian ini diaplikasikan sebagai acuan dalam proses pengerjaan *repair* pada material baja S355J2 di PT INKA (Persero) untuk proyek selanjutnya.

### Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eksperimental pada proses *repair* pengelasan GMAW dengan elektroda ER 70 S-6 diameter 1,2 mm menggunakan baja S355J2 dimensi panjang 250 mm, lebar 125 mm, dan tebal 12 mm menggunakan sambungan V *groove* sudut 20° [9].



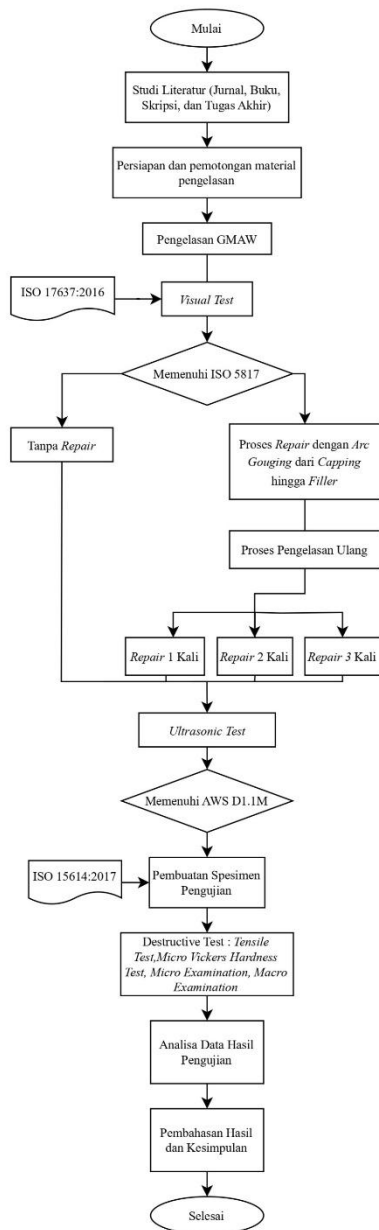
Gambar 1. Cutting Plan Hasil Pengelasan

Setelah proses pengelasan dilakukan *visual test* dan *ultrasonic test* dilanjutkan dengan proses *repair gouging* dengan menghilangkan *capping* hingga *filler*, berikutnya dilakukan proses pengelasan ulang dengan variasi *repair* yang dilakukan. Hasil dari pengelasan *repair* diuji kembali *visual test* dan *ultrasonic test* [10].

Setelah spesimen memenuhi *acceptance criteria* [11], dilakukan beberapa pengujian antara lain *macro examination* dan *micro examination* dilakukan *polishing* kemudian spesimen di etsa dengan menggunakan cairan nital 2%. *Macro examination* dilakukan pengamatan dengan pembesaran 20x untuk menganalisis diskontinuitas dan lebar *weld zone*, *micro examination* dilakukan pengamatan dengan pembesaran 500x untuk menganalisis jenis butir dan

persentase luasan area/area butir pasca pengelasan *repair* [12].

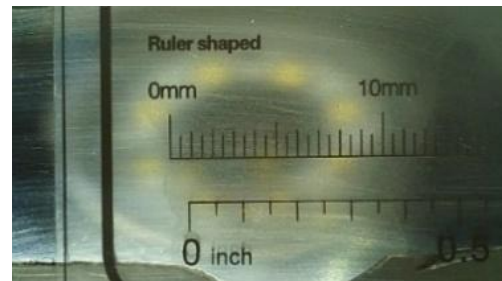
Dilakukan pengujian *hardness micro vickers* dengan pembebanan 0,98 N dan titik indentasi 15 titik [13]. Pengujian *hardness micro vickers* bertujuan untuk menganalisis nilai kekerasan (HV) spesimen dengan variasi *repair* [14]. Berikutnya dilakukan *tensile test* bertujuan untuk mengetahui nilai kekuatan tarik (MPa) yang dilakukan menggunakan standar ISO 6892:2009 [15]. Alur penelitian ini terlihat pada Gambar 2. *Flowchart* Penelitian.



**Gambar 2.** *Flowchart* Penelitian

## Hasil dan Pembahasan

*Macro examination* dilakukan dilakukan pada 4 spesimen (variasi *non-repair*, 1 kali *repair*, 2 kali *repair*, dan 3 kali *repair*) dengan standar ISO 17639:2013 terlihat pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5.



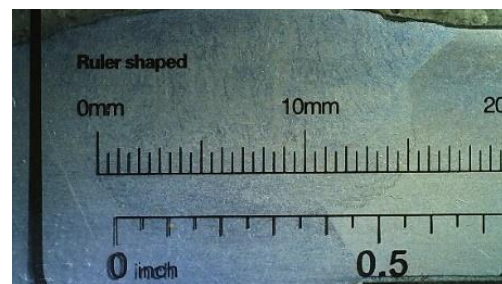
**Gambar 3.** *Weld Zone Non-Repair*

Gambar 3 menunjukkan lebar *weld zone* dari spesimen hasil pengelasan *non repair* sebesar 11,5 mm dan tidak terdapat diskontinuitas pada *weld zone*.



**Gambar 4.** *Weld Zone 1 Kali Repair*

Gambar 4 menunjukkan lebar *weld zone* dari spesimen hasil pengelasan *repair* 1 kali sebesar 13 mm dan tidak terdapat diskontinuitas pada *weld zone*.



**Gambar 5.** *Weld Zone 2 Kali Repair*

Gambar 5 menunjukkan lebar *weld zone* dari spesimen hasil pengelasan *repair* 2 kali sebesar 14,5 mm dan tidak terdapat diskontinuitas pada *weld zone*.



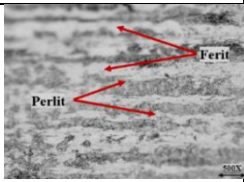
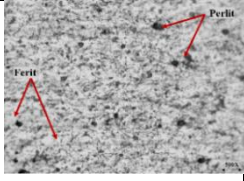
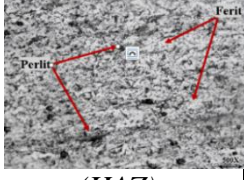
Gambar 6. Weld Zone 3 Kali Repair

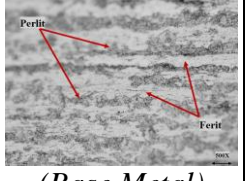
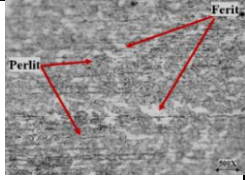
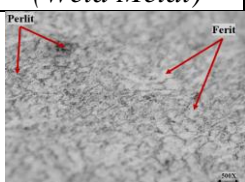
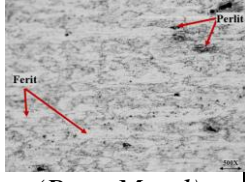
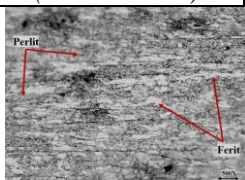
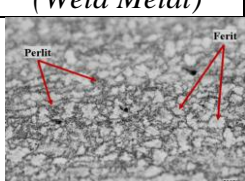
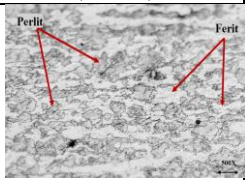
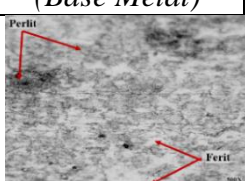
Gambar 6 menunjukkan lebar *weld zone* dari spesimen hasil pengelasan *repair* 3 kali sebesar 16,75 mm dan tidak terdapat diskontinuitas pada *weld zone*.

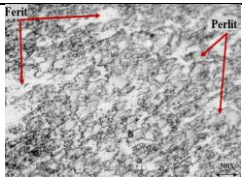
Dari gambar di atas setiap jenis variasi yaitu *no imperfection*, yang berarti tidak ada cacat las yang terjadi sehingga patahan dari *tensile test* tidak pada *weld metal*, serta dari data tersebut terjadi fenomena yaitu semakin banyak jumlah *repair*, maka hasil *weld zone* yang terbentuk semakin lebar yang mengakibatkan sifat kekuatan tarik menurun.

*Micro examination* dilakukan pada 4 spesimen (variasi *non-repair*, 1 kali *repair*, 2 kali *repair*, dan 3 kali *repair*) menggunakan standar ISO 17639:2013 [16]. Berikut hasil *micro examination* terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil *Micro Examination*

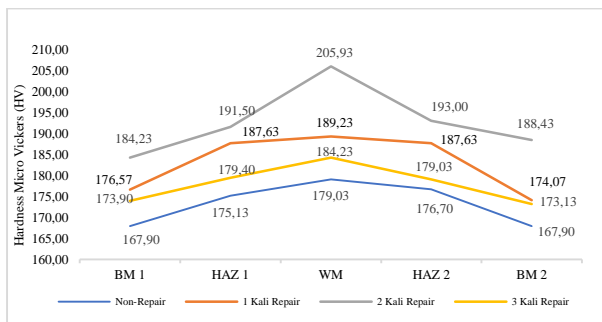
Spesimen	Hasil <i>Micro Examination</i>	Persentase Butir
Non- Repair	 (Base Metal)	Ferit 80,73% Perlit 19,27%
	 (Weld Metal)	Ferit 67,73% Perlit 32,27%
	 (HAZ)	Ferit 71,37% Perlit 28,63%

Spesimen	Hasil <i>Micro Examination</i>	Persentase Butir
1 Kali Repair	 (Base Metal)	Ferit 69,66% Perlit 30,34%
	 (Weld Metal)	Ferit 61,11% Perlit 38,89%
	 (HAZ)	Ferit 61,69% Perlit 38,31%
2 Kali Repair	 (Base Metal)	Ferit 67,30% Perlit 32,70%
	 (Weld Metal)	Ferit 60,84% Perlit 39,16%
	 (HAZ)	Ferit 61,22% Perlit 38,78%
3 Kali Repair	 (Base Metal)	Ferit 72,32% Perlit 27,68%
	 (Weld Metal)	Ferit 63,15% Perlit 36,85%

Spesimen	Hasil Micro Examination	Persentase Butir
	 (HAZ)	Ferit 65,09 % Perlit 34,91%

Berdasarkan Tabel 1 terjadi fenomena yaitu peningkatan persentase perlit yang terbentuk seiring dengan meningkatnya jumlah *repair* yang dilakukan [17]. Peningkatan persentase perlit disebabkan karena masukan panas yang berulang akibat *repair gouging* yang berulang [17]. Dari hasil analisis struktur mikro, jumlah *repair* berpengaruh terhadap ukuran butir dan struktur mikro baja S355J2. Struktur mikro pada variasi spesimen 2 kali *repair* memiliki lebih banyak persentase perlit dibandingkan dengan spesimen dengan variasi *non-repair*, 1 kali *repair*, dan 3 kali *repair*. Jika struktur mikro didominasi perlit maka spesimen bersifat keras dibandingkan dengan struktur mikro yang didominasi oleh ferit [18].

*Hardness micro vickers test* dilakukan pada 4 spesimen uji dengan standar ISO 6507:2006 [19] dengan beban yang digunakan sebesar 0,98 N. Titik indentasi spesimen sebanyak 15 titik dengan 6 pada *base metal*, 6 pada HAZ, dan 3 pada *weld metal*. Spesimen diuji untuk menganalisis nilai kekerasan dengan satuan HV. Grafik data hasil *hardness micro vickers test* terlihat pada Gambar 7.

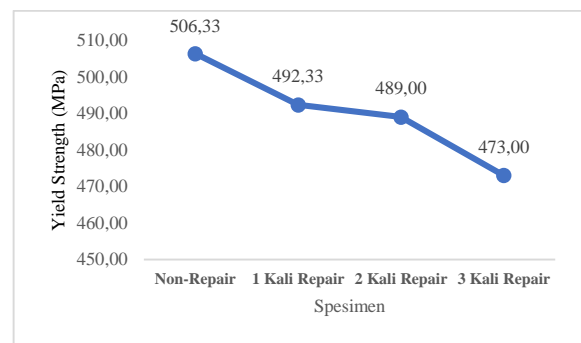


Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian *Micro Vickers Hardness Test*

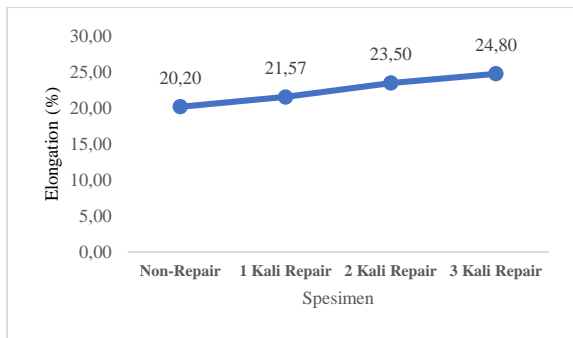
Berdasarkan Gambar 7 terlihat grafik perbandingan nilai kekerasan menunjukkan

nilai rata-rata hasil pengujian terlihat nilai kekerasan tertinggi pada daerah *weld metal*. Pada daerah *weld metal* variasi spesimen *non-repair* memiliki nilai kekerasan sebesar 179,03 HV, variasi 1 kali *repair* memiliki nilai sebesar 189,23 HV, variasi 2 kali *repair* memiliki nilai sebesar 205,93 HV, dan variasi 3 kali *repair* memiliki nilai sebesar 184,23 HV. Nilai kekerasan pada daerah *weld metal* lebih tinggi dibandingkan dengan daerah *base metal*, dan HAZ hal ini dikarenakan bahan tambahan kawat las yang mengisi celah spesimen yang menjadi daerah *weld metal* saat dilakukan proses pengelasan [7], sedangkan tingkat kekerasan paling rendah berada pada *base metal* karena daerah ini menerima pengaruh pemanasan berulang akibat *repair gouging* [20].

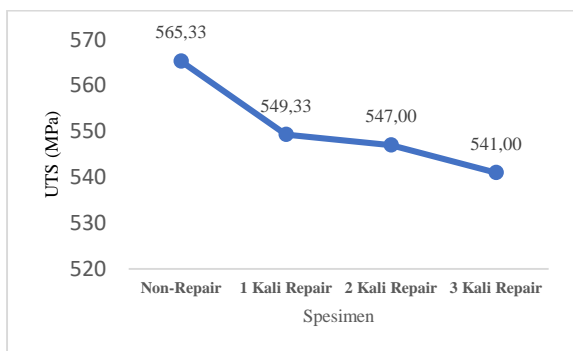
*Tensile test* adalah pengujian dengan pemberian gaya atau tegangan tarik material untuk mengetahui kekuatan suatu material, tingkat elastisitas, dan *elongation* dengan standar yang digunakan adalah ISO 6892:2009 [15]. Perbandingan data hasil *tensile* spesimen uji dengan variasi *non-repair* ditunjukkan oleh nilai *yield strength* (MPa), *Ultimate Tensile Strength* (UTS) (MPa), dan *elongation* (%) yang terlihat pada Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Rata-Rata Nilai *Yield Strength* Setiap Variasi *Repair*



**Gambar 9.** Grafik Perbandingan Rata-Rata Nilai Elongation Setiap Variasi Repair



**Gambar 10.** Grafik Perbandingan Rata-Rata Nilai UTS Setiap Variasi Repair

Terlihat pada Gambar 8 grafik *yield strength* menunjukkan penurunan rata-rata nilai kekuatan seiring dengan meningkatnya jumlah *repair* [21]. Gambar 9 menunjukkan peningkatan nilai regangan diikuti dengan meningkatnya jumlah *repair*. Pertambahan panjang material dipengaruhi proses perlakuan panas yang berlebih saat dilakukan *repair* yang mengurangi sifat keuletan material menjadi lebih getas [22]. Gambar 10 menunjukkan penurunan rata-rata nilai kekuatan tarik diiringi dengan peningkatan jumlah *repair* hal ini pula disebabkan karena masukan panas yang berlebih. Besarnya masukan panas mempengaruhi sifat mekanik material dikarenakan saat *repair* terjadi siklus *thermal* [23].

Hasil dari proses *multiple repair* pengelasan GMAW pada baja S355J2 menunjukkan adanya pengaruh terhadap struktur makro, struktur mikro, dan sifat mekanik material. Semakin banyak jumlah *repair* yang dilakukan pada baja S355J2 mengubah struktur makro dan mikro,

kekuatan tarik, dan kekerasan material. Proses *repair* berulang menyebabkan perubahan persentase fasa ferit dan perlit, hal ini diakibatkan oleh masukan panas yang berlebih pada material saat dilakukan proses *repair gouging* yang memungkinkan pergerakan atom yang mengarah pada pembentukan butir yang lebih besar dengan tingkat kekerasan yang semakin menurun [17]. Semakin banyak *repair* yang dilakukan membuat material semakin lunak [17]. Hasil penelitian *multiple repair* pengelasan GMAW pada baja S355J2 ini menunjukkan semakin banyak *repair* yang dilakukan maka nilai kekuatan tarik dan kekerasan semakin menurun dan nilai keuletan pada material semakin tinggi [24]. Hasil pengujian kekerasan dan kekuatan tarik yang terjadi ini menunjukkan bahwa nilai kekerasan material berbanding lurus dengan kekuatannya [25]. Material dengan variasi *non-repair* memiliki nilai kekerasan dan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan material dengan variasi 1 kali *repair*, 2 kali *repair*, dan 3 kali *repair* yang memiliki sifat yang lebih lunak dan ulet.

### Kesimpulan

Hasil pengujian tarik tertinggi dimiliki spesimen dengan variasi *non-repair* dengan nilai *ultimate tensile test* sebesar 565 MPa. Nilai UTS ini mengalami penurunan pada tiap variasi, pada variasi 1 kali *repair* sebesar 549,33 MPa, 2 kali *repair* sebesar 537 MPa, dan 3 kali *repair* sebesar 541 MPa dari nilai tersebut masih masuk dalam ketentuan kekuatan tarik minimum baja S335J2 dengan nilai sebesar 355 MPa sehingga sambungan las yang dilakukan hingga 3 kali *repair* bisa digunakan dalam industri kereta api. Nilai kekerasan *vickers* tertinggi terjadi pada bagian *weld* metal spesimen variasi 2 kali *repair* dengan nilai rata rata 205,93 HV. Nilai kekerasan mengalami peningkatan pada tiap variasi *repair* dengan *non-repair* sebesar 179,03 HV, 1 kali *repair* sebesar 189,23 HV, dan terjadi penurunan pada variasi 3 kali *repair* dengan nilai sebesar 184,23 HV. Berdasarkan hasil pengamatan struktur

mikro pada *weld metal* didominasi dengan struktur perlit yang berdampak pada meningkatnya nilai kekerasan pada spesimen. Berdasarkan hasil pengamatan struktur makro lebar *weld zone* meningkat seiring bertambahnya variasi *repair* dengan lebar terlebar sebesar 16,75 mm pada variasi 3 kali *repair*.

### Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Akademik Pendidikan Tinggi Vokasi (Dit. APTV) Program Kreativitas Mahasiswa Riset Eksakta (PKM-RE) Tahun 2024 atas dukungan finansial yang diberikan untuk penelitian ini melalui Program Kreativitas Mahasiswa, Program Studi Perkeretaapian, Politeknik Negeri Madiun, dan PT INKA yang telah berkontribusi dalam penelitian ini.

### Referensi

- [1] Pratama, D. H., 2023, Komunikasi Pribadi. Observasi PT INKA (Persero)
- [2] Sokolov, M., Salminen, A., Kuznetsov, M., Tsibulskiy, I., 2011, *Laser Welding And Weld Hardness Analysis Of Thick Section S355 Structural Steel. Material and Design.* 32(10), 5127-5131. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.05.053>
- [3] Anwar, B., Muhsin, Z., Arddiansyat, T., 2020, Analisis Ketangguhan Hasil Pengelasan GMAW Posisi Vertikal pada Baja ST 42 dengan Pola Gerakan Zig-Zag Elektroda. *Teknologi.* 21, 1-4.
- [4] Munir, M.M., M Thoriq W, Hendri Budi K, Anggara, D., 2019, Modul Praktik DT NDT. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [5] Wiryosumanto, H. 2000, *Teknologi Pengelasan Logam.* Erlangga. Jakarta.
- [6] CheLah, N., Hussin, M.H., *Fabrication & Joining*, University of Kuala Lumpur Malaysia France Institute (UNIKL MFI), Selangor, Malaysia., 2020. *Repeated Weld Repair and its Influence on Welded Carbon Steel.* *Int. J. Eng. Adv. Technol.* 9, 714–722. <https://doi.org/10.35940/ijeat.B3234.029320>
- [7] Jiang, W., Luo, Y., Zhang, G., Woo, W., Tu, S.T., 2013, Experimental to study the effect of multiple weld-repairs on microstructure, hardness and residual stress for a stainless steel clad plate. *Material and Design.* 51, 1052-1059. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2013.05.027>
- [8] ISO 15614-1, 2017, Specification and qualification of welding procedures for metallic materials - Welding procedure test. 2nd ed. Geneva, Switzerland.
- [9] PT. INKA Multi Solusi, 2022, *Welding Procedure Spesufication GM 211 0039*
- [10] Firdaus, M.W.I., 2022, *Pengujian Hasil Las SMAW pada Sambungan Rangka E-Motorbike dengan Metode Liquid Penetrant.* Universitas Tidar.
- [11] AWS D1.1M ., 2020, *Structural Welding Code-Steel.* American Welding Society.
- [12] Fahmi, M.S., 2021, Analisis Kombinasi Proses Pengelasan GTAW-SAW DAN GTAW-SMAW Setelah Proses *Build Up* Terhadap Uji *Impact, Hardness*, dan Struktur Mikro. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.
- [13] Amri, S., Kurniyanto, H.B., Suyono, Y.E., Rohmat, I.K., 2022, Analisis *Multiple Repair* pada Material Baja Karbon SA 333 *Grade 6* dengan Proses GTAW Terhadap Kekerasan, Ketangguhan, dan Ketangguhan, dan Struktur Mikro. *J. INOVTEK POLBENG.* 12, 15-22.
- [14] Rauf, F.A., Sappu, F.P., Lakat, A.M.A., 2018, Uji Kekerasan dengan Penggunaan Alat *Microhardness Vickers* pada Berbagai Jenis Material Teknik. *Jurnal Tekno Mesin.* 5, 21-24.
- [15] ISO 6892, 2009, *Metallic materials tensile testing method of test at room temperature.*
- [16] ISO 17639, 2013, *Destructive tests on welds in metallic materials Macroscopic and microscopic examination of welds.*
- [17] Pratama, D., Yuwono, I., Salim, A.T.A., Muzaki, M., 2023, Pengaruh Repair Las

- GMAW Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan, dan Struktur Mikro pada Material Baja A36. *Jurnal Energi dan Teknologi Manufaktur*. 06, 42-52.
- [18] Iswanto, Mulyadi, M., 2020, Buku Ajar Teknologi Pengelasan, ed. Umsida Press.  
<https://doi.org/10.21070/2020/978-623-6833-69-8>
- [19] ISO 6507, 2006, *Metallic materials Vickers hardness test Part 1: Test method*, 1st ed. Berlin, Germany.
- [20] Burhanudin, Chamim, M., Hidayah, F., Utomo, B., 2022, Efek Perbaikan Las Berulang (*Multilayer Repair Welding*) pada Baja Carbon SS400 terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan. *J. Creat. Res. Eng.* 2, 1–8.
- [21] Trisdianto, G., Choifin, M., 2020, Analisa Pengaruh Variasi *Multiple Repair* dan Tanpa *Repair* pada Pengelasan FCAW Baja Karbon JIS G3106 SM 490 YB Terhadap Sifat Mekanik. *J. Teknol. Terap. G-Tech* 2, 153–162.  
<https://doi.org/10.33379/gtech.v2i2.337>
- [22] Wirachi, Mulyadi, Y., 2017, Analisa Pengaruh *Multiple Repair Welding* pada Material *Properties Weld Joint Material* Pipa ASTM A106 GR.B SCH 80. *Jurnal Tugas Akhir*. 6, 1-9
- [23] Sardi, V.B., Jokosisworo, S., Yudo, H., 2018, Pengaruh *Normalizing* dengan Variasi Waktu Penahanan Panas ( *Holding Time*) Baja ST 46 terhadap Uji Kekerasan, Uji Tarik, dan Uji Mikrografi. *J. Tek. Perkapalan* 6, 142–149.
- [24] Zhao, P., Yu, B., Wang, P., Liu, Y., Song, X., 2023, *Influence of Repair Welding on the Fatigue Behavior of S355J2 T-Joints*. *Materials* 16, 3682.  
<https://doi.org/10.3390/ma16103682>
- [25] Agustiawan, R., 2018, Analisa Besar Arus Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan pada Sambungan Plat Baja Karbon ST 40 dengan Menggunakan Pengelasan SMAW. *Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT)*. 19, 141-150.