

Analisis Lapisan Aluminium Pada Permukaan Baja Dengan Metode *Twin-Wire Arc Spray* Terhadap Laju Korosi

Wibi Adrian Fahrezi^{1*}, Nurhadi², Sri Hastuti^{3**}, Catur Pramono⁴, Rheza Ari Wibowo⁵, Akhmad Nurdin⁶, Ibnu Rosyid Al Hassany⁷, & Bramono Pandupradityo⁸

^{1,2,3,4}. Program Studi Teknik Mesin dan Industri, Universitas Tidar

⁵. Program Studi Teknik Elektro, Universitas Tidar

⁶. Program Studi Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Ceper

⁷. Program Studi Pengecoran Logam, Politeknik Manufaktur Ceper

⁸. Inlastek Welding Institute, Surakarta

*Email: wibiadrianfahrezi01@gmail.com, ** hastutisrimesin@untidar.ac.id

ABSTRACT

Electrical twin-wire arc spray is often used as protection from material components. The coating process aims to protect the coating from environmental disturbances. The quality of the coating yield is indicated by corrosion resistance. The spraying distance in the thermal spray process will affect the corrosion rate, morphological structure, and thickness. The purpose of this study is to analyze the effect of distance variations in the electrical twin-wire arc spray process with an aluminum coating on corrosion rate, morphological structure, and layer thickness in AISI 1020 steel. Tests are carried out for corrosion tests, scanning electron microscope (SEM), and layer thickness. The implementation of the study used experimental methods using distance variations of 150 mm, 250 mm, and 350 mm. The results of the study of the lowest corrosion rate value at a distance of 150 mm are included in the good category with a value of 0.13667 mmpy, the morphological structure of the layer using a closer distance obtains a smooth and dense layer, then for the highest layer thickness at a distance of 150 mm with an average of 317.16 μm .

Keywords: AISI 1020 steel, electrical twin wire arc spray, corrosion test, SEM, coating thickness

PENDAHULUAN

Penggunaan material baja sering digunakan di dalam industri perkapalan, peralatan persenjataan, bagian utama mesin kapal maupun bagian bantu mesin kapal. Baja telah lama digunakan sebagai komponen plat badan atau lambung kapal. Pada industri kapal penggunaan baja sebagai urutan pertama dalam komponen struktur kapal. Disisi lain material baja yang sering digunakan pada kapal beresiko terkena kerusakan berupa korosi menyebabkan kualitas dari kapal tersebut menurun [1]. Metode pelapisan (*coating*) merupakan suatu metode sering digunakan karena cukup mudah dalam penerapannya. Teknologi pelapisan ini adalah salah satu cara untuk memberikan terutama pada permukaan benda kerja memberi sifat tertentu yang diharapkan dapat mengalami perbaikan pada struktur mikro maupun ketahanannya, dan dapat juga perbaikan bagi sifat fisik dari permukaan material [2], [3].

Thermal Spray banyak digunakan selama bertahun-tahun di seluruh sektor industri terutama untuk perlindungan dari komponen dan reklamasi. *Thermal Spray* adalah suatu metode rekayasa permukaan pada material dengan mendepositkan partikel berbentuk cairan, semi-cairan, atau padat ke permukaan material atau proses material pelapisan (*feedstock*) dengan cara pemanasan dan pendorongan sebagai partikel individu atau *droplets* ke permukaan pada material (*base material*) [4], [5].

Twin wire arc spray adalah proses mengendapkan bubuk cairan atau semi cair yang menghasilkan lapisan pelindung di permukaan substrat. Keuntungan dari *coating* ini juga dapat melakukan proses pelapisan relatif cepat dan menghemat biaya [6].

Aluminium sering digunakan dalam proses penyemprotan *arc spray* sebagai pelindung pelapis pada permukaan. Keunggulan dari penggunaan pelapisan aluminium memiliki kemampuan membentuk lapisan film bersifat pasif sehingga dapat mempengaruhi terkait laju korosi pada material yang rendah dan tahan terhadap suhu yang tinggi [7], [8].

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dijelaskan bahwa material pelapis sangat mempengaruhi dari laju korosi pada pelapisan. Peneliti juga menjelaskan bahwa kualitas lapisan dipengaruhi oleh jarak semburan, kekerasan, durasi, arus busur, dan tipe dari material yang digunakan [6].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian memiliki tujuan menganalisis pengaruh variasi jarak proses *coating* dengan proses *twin-wire arc spray* terhadap laju korosi di permukaan material setelah dilakukan proses pelapisan aluminium. Disamping itu juga bertujuan mengetahui struktur morfologi dan ketebalan lapisan dengan hasil pengamatan mikroskop SEM. Penelitian diharapkan diketahui dari nilai laju korosi, struktur morfologi, dan ketebalan terbaik sehingga dapat diaplikasikan pada bidang industri terutama industri perkapalan.

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data

Data yang didapatkan diperoleh dari berbagai artikel, beragam jurnal, buku, modul, internet, dan studi di lapangan secara langsung menggunakan metode eksperimental. Dari semua metode pengumpulan data tersebut didapat memiliki hasil yang valid dan semua data dapat dipertanggung jawabkan.

Instrumen Dan Bahan

1. Instrumen yang digunakan:

a. Mesin *Twin Wire Arc Spray*

Mesin yang digunakan pada proses pelapisan menggunakan dua buah *wire* yang bertemu dan menggunakan tekanan udara untuk mendorong penyemprotan ke benda kerja. Mesin *twin wire arc spray* yang digunakan adalah dengan tipe SX-400 dengan model *double wire spray*.

b. Mesin Gerinda Tangan

Untuk memotong material sesuai ukuran dari SOP pengujian.

c. Amplas

Amplas yang digunakan adalah *sandpaper* #60. Berfungsi untuk preparasi permukaan pada material sebelum dilakukan proses pelapisan aluminium.

d. Potensiostat

Alat ini digunakan untuk pengujian laju korosi dengan jenis alat CorTest CS tipe CS350.

e. *Scanning Electron Microscope*

Digunakan untuk menganalisis dari struktur morfologi material dan ketebalan dari lapisan.

2. Bahan yang digunakan:

a. Baja AISI 1020

Baja AISI 1020 adalah besi paduan karbon dengan komposisi normal 0,20% kandungan karbon [9]. Untuk ukuran menggunakan ukuran 50 x 50 x 3 dan 10 x 10 x 3 mm.

b. *Wire Spray Aluminum* 1100

Jenis kawat menggunakan aluminium murni dengan komposisi Al 99% dengan diameter 1,5 mm.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian bertujuan untuk menentukan alur penelitian yang runtut dan mengikuti kaidah penelitian yang benar.

1. Preparasi sampel

Bahan yang disiapkan adalah baja AISI 1020 yang memiliki dimensi sesuai dengan SOP dalam pengujian. Pembuatan permukaan pada material menggunakan acuan standar SSPC No.2 dimana dalam standar ini menggunakan perlakuan *hand tool* dengan *sandpaper* #60 [10]. Setelah itu spesimen dibersihkan menggunakan *aseton* (C_6H_6O) yang berguna untuk membersihkan debu atau kotoran pada permukaan.

2. Proses pelapisan dengan *twin wire arc spray*

Parameter yang digunakan dalam proses pelapisan dengan *twin-wire arc spray* sesuai pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter twin wire arc spray

No	Parameter	Nilai
1	Jenis <i>spray</i>	<i>Thermal spray aluminium</i>
2	Jenis material	Aluminium 99%
3	Voltase	26 V
4	Tekanan udara	4 Bar
5	Jarak <i>spray</i>	150 mm, 250 mm, 350 mm
6	<i>Wire speed</i>	15 m/s

Hasil dari proses *thermal spray* berdasarkan ukuran dengan kriteria pengujian yang akan dilakukan.



Gambar 1. Hasil proses TWAS jarak 150 (A), 250 (B), dan 350 (C) mm

3. Pengujian spesimen

Sebelum dilakukan proses pelapisan aluminium dilakukan uji kategori baja dan visual *cleanliness* sesuai dengan standar ISO 8501 menggunakan perbandingan gambar SA 2,5 [11]. Setelah dilakukan proses *coating* dilakukan pengambilan nilai laju korosi dengan uji potensiodinamik mengacu standar ASTM G102-89 [12]. Pengujian laju korosi mengacu standar ASTM G102-89. Uji laju korosi metode potensiodinamik polarisasi dari potensial korosi bebas dihitung sesuai rumus:

$$CPR = K \frac{a \cdot i}{n \cdot D} \text{ mmpy} \quad (1)$$

Keterangan:

K = Konstanta (0,129 untuk mpy, 0,00327 untuk mmpy).

a = Berat atom logam terkorosi (gram).

i = Kuat arus ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$).

n = Jumlah elektron valensi logam terkena korosi.

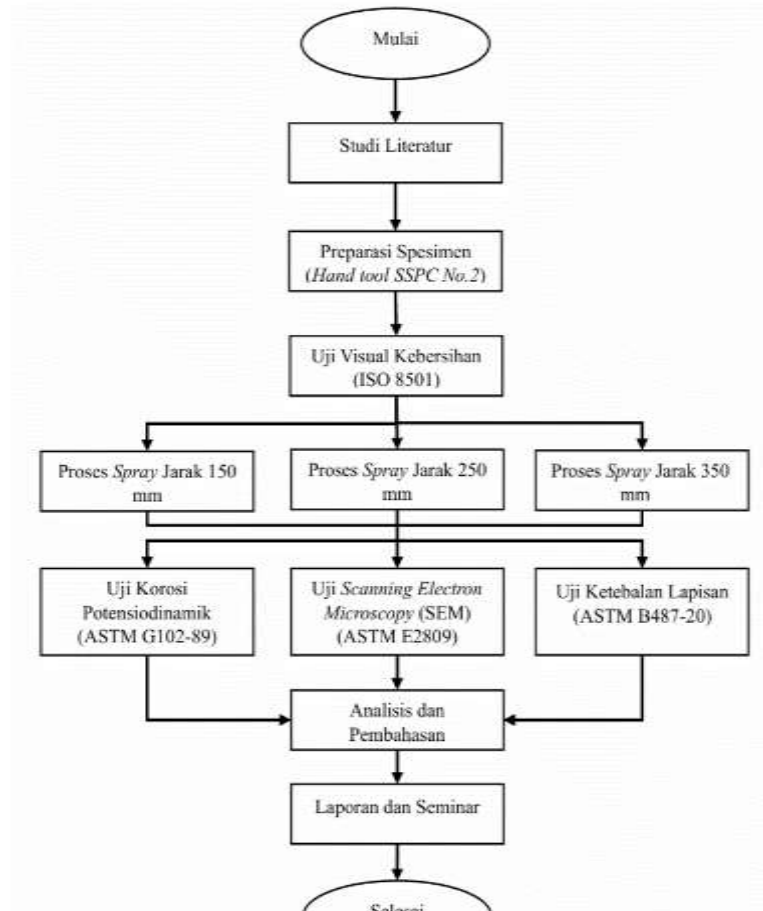
D = Massa jenis logam (gram/cm^3)

Menganai hasil perhitungan yang didapat dari uji laju korosi metode potensiodinamik pendapat D.A Jones ketahanan korosi dikategorikan sebagai berikut [13].

Tabel 2. Ketahanan korosi

<i>Relative Corrosion Resistance</i>	<i>mmpy</i>
<i>Outstanding</i>	<0,02
<i>Excelent</i>	0,02-0,10
<i>Good</i>	0,10-0,50
<i>Fair</i>	0,50-1,00

Pengamatan *scanning electron microscope* mengacu standar ASTM E2809 [14]. Uji ketebalan lapisan dengan aluminium mengacu standar ASTM B487-20 [15].



Gambar 2. Diagram alir penelitian

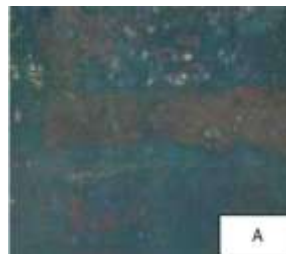
HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Sampel

Kondisi kategori baja AISI 1020 menurut ISO 8501:

Tabel 3. Kategori kondisi baja



Material Baja AISI 1020	ISO 8501 Grade A
-------------------------	------------------



Baja yang digunakan dari pabrikan memiliki lapisan *adhering mill* dan terdapat sedikit korosi pada permukaannya sesuai dengan ISO 8501 yang termasuk dalam kategori *grade A* [11].

Visual Cleanliness

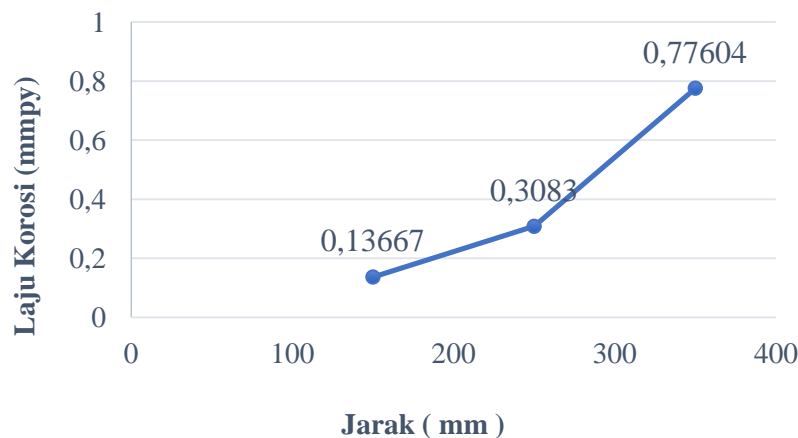
Tabel 4. Uji visual *cleanliness*

Visual Cleanliness	Standar ISO 8501
	

Hasil pengamatan visual *cleanliness* menurut standar ISO 8501 menggunakan perbandingan gambar SA 2,5 sebagai acuan kebersihannya dengan kondisi baja AISI 1020 yang telah dilakukan preparasi menggunakan *hand tool* menurut SPPC No.2 dengan menggunakan *sandpaper* #60. Dilihat pada tabel 3 kondisi perbandingan baja sesuai dengan uji kebersihan menurut ISO 8501 dengan perbandingan SA 2.5 [10], [11].

Pengujian Korosi Potensiodinamik

Pengujian dilakukan sebanyak dua kali setiap variasi spesimen, dari dua data hasil pengujian tersebut diambil nilai yang terbaik dari spesimen tersebut. Hasil pengujian laju korosi potensiodinamik sesuai pada gambar 3.

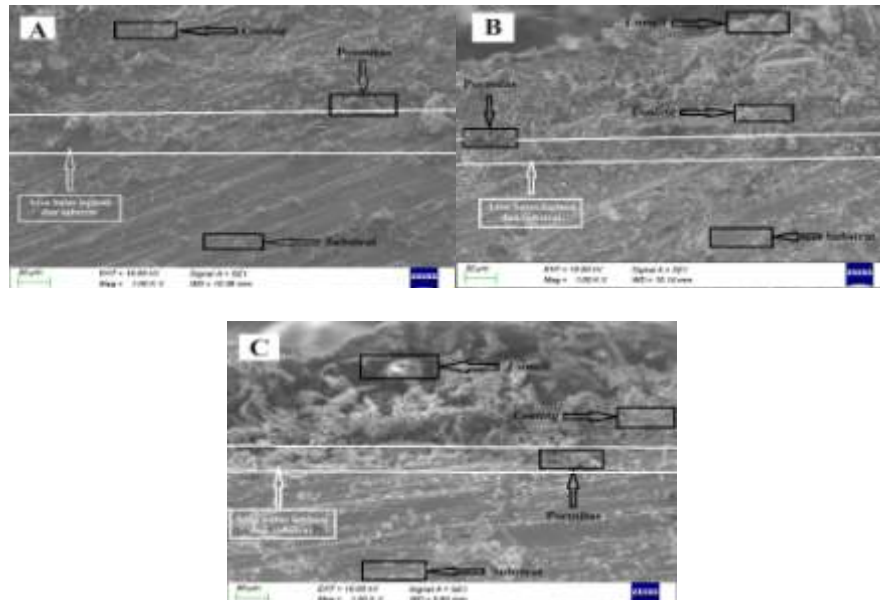


Gambar 3. Hasil pengujian laju korosi potensiodinamik

Berdasarkan gambar 3 menunjukkan laju korosi pada variasi jarak 150 mm dengan nilai laju korosinya paling rendah adalah 0,13667 mmpy. Dari data yang diperoleh bahwa semakin dekat jarak penyemprotan pelapisan aluminium dengan proses *electrical twin wire arc spray* maka semakin rendah nilai laju korosinya. Kemudian semakin jauh jarak penyemprotan pelapisan aluminium dengan proses *electrical twin wire arc spray* maka semakin tinggi nilai laju korosinya. Berdasarkan gambar grafik hasil pengujian laju korosi dan tabel ketahanan korosi didapat nilai laju korosi hasil pengujian yang diperoleh termasuk dalam kategori *good* untuk ketahanan korosi dengan variasi jarak 150 mm dan 250 mm, sedangkan pada variasi jarak 350 mm termasuk dalam kategori *fair* dari kategori dalam tabel ketahanan korosi *relative corrosion test*. Penelitian ini sesuai terhadap penelitian yang telah dilakukan oleh [5] bahwa laju korosi dapat dipengaruhi oleh jumlah lapisan, semakin tebal dari ukuran *coating* dapat memperkecil nilai laju korosi pada material yang telah dilapisi.

Pengujian *Scanning Electron Microscope*

Uji SEM bertujuan mengamati dan menganalisis hasil dari struktur morfologi pada spesimen. Hasil pengamatan dari SEM ini dilihat dari hasil penampang lapisan. Standar acuan terkait pengujian SEM yaitu ASTM E2809. Uji struktur morfologi menggunakan *scanning electron microscope* menggunakan skala pembesaran 1000 kali yang bertujuan untuk mengetahui rongga atau porositas yang terdapat pada spesimen baja AISI 1020 yang telah dilakukan proses *coating*. Hasil uji struktur morfologi sesuai pada gambar 4.



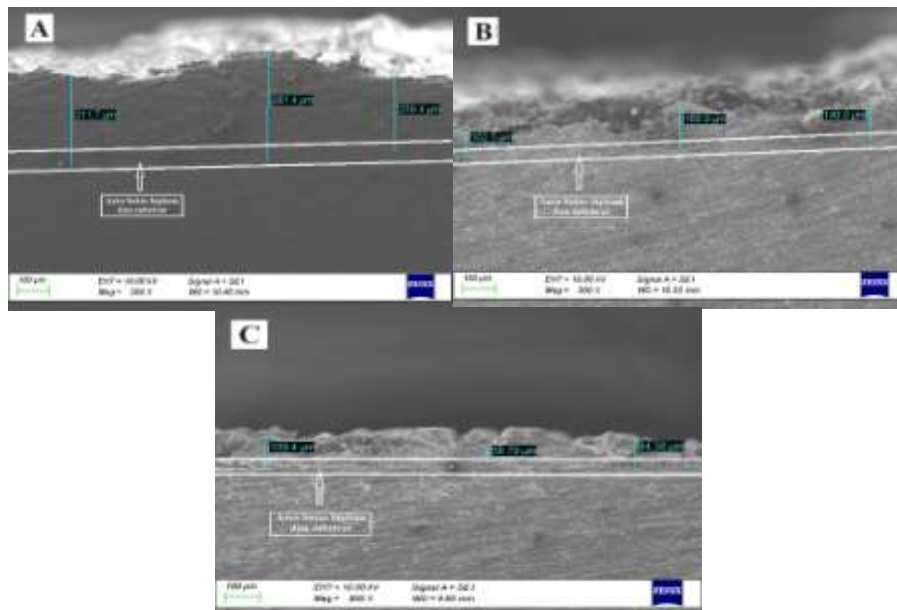
Gambar 4. Hasil pengamatan SEM pembesaran 1000 kali 150 mm (A), 250 mm (B), 350 mm (C)

Hasil dari proses *coating* terhadap struktur morfologi terlihat setiap variasi memiliki karakteristik yang berbeda pada lapisan *coating*. Pada gambar 4 dengan pembesaran 1000 kali struktur morfologi pada lapisan *coating* dengan jarak 150 mm (A) terlihat jarang sekali adanya porositas dan *unmelt* karena dalam proses *coating* material pelapis aluminium sudah terdeposisi secara banyak dan mengalami *melting* dengan sempurna. Sehingga menjadi lebih padat dan substrat terlapsi dengan baik. Pada pembesaran 1000 kali bahwa struktur morfologi pada lapisan *coating* dengan jarak 250 mm (B) terlihat terdapat *unmelt* dan porositas, namun sedikit lebih banyak dibandingkan dengan jarak 150 mm. Pada pembesaran 1000 kali bahwa struktur morfologi pada lapisan *coating* dengan jarak 350 mm (C) terlihat banyak sekali *unmelt* dan porositas dibandingkan dengan jarak variasi yang lain karena proses deposisi dan tumbukan lapisan (*melting*) yang tidak sempurna.

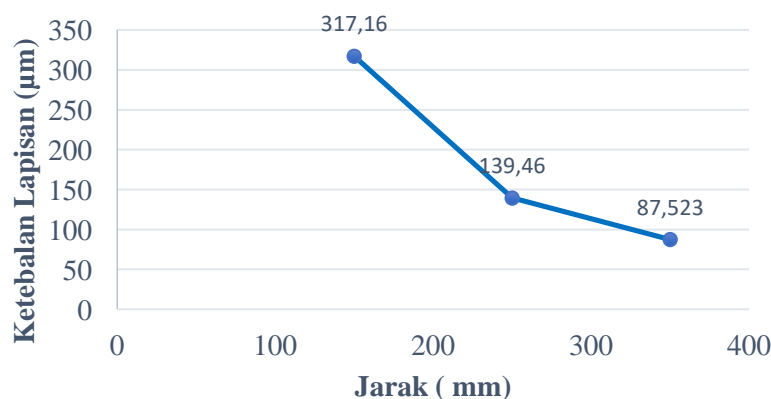
Penelitian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa dengan besar tekanan gas berpengaruh ke permukaan lapisan, selain itu porositas dari lapisan *coating* berpengaruh pada jarak dan tekanan gas yang digunakan [16].

Pengujian Ketebalan Lapisan

Uji ketebalan lapisan dilakukan dengan pembesaran skala 200 kali. Dari setiap spesimen dilakukan pengukuran dengan 3 titik yang berbeda dengan hasil akhir diperoleh rata-rata ketebalan pada setiap spesimen. Hasil pengujian ketebalan lapisan sesuai pada gambar 5.



Gambar 5. Hasil pengujian ketebalan lapisan 150 mm (A), 250 mm (B), 350 mm (C)



Gambar 6. Grafik nilai rata-rata ketebalan lapisan dengan variasi jarak

Berdasarkan penelitian ketebalan lapisan pada baja AISI 1020 ditunjukkan pada gambar 5 dan 6 disimpulkan bahwa semakin jauh pada jarak penyemprotan maka nilai dari ketebalan semakin rendah, sedangkan semakin dekat pada jarak penyemprotan nilai dari ketebalan lapisannya semakin tinggi. Didapat nilai rata-rata ketebalan lapisan paling tinggi adalah pada jarak 150 mm(A) sebesar 317,16 μm , ketebalan sebesar 139,46 μm pada jarak 250 mm(B), dan ketebalan terendah pada jarak 350 mm(C). Penelitian ini sesuai dengan penelitian lain dijelaskan semakin dekat jarak maka hasilnya semakin tebal, dan semakin jauh jaraknya hasil menjadi kasar dan lapisan tipis [5].

KESIMPULAN

Kesimpulannya, hasil pengujian laju korosi potensiodinamik variasi jarak yang digunakan dalam proses *thermal spray* mempengaruhi laju korosi pada material yang telah di *coating* aluminium. Hasil penelitian yang dilakukan semakin dekat jarak yang digunakan dapat memperkecil nilai dari laju korosi. Nilai dari laju korosi potensiodinamik jarak 150 mm 0,13667 mmpy, jarak 250 mm 0,3083 mmpy, dan jarak 350 mm 0,77604 mmpy. Sehingga nilai pengujian laju korosi potensiodinamik paling rendah didapat pada saat menggunakan jarak 150 mm sedangkan laju korosi tertinggi pada penggunaan jarak 350 mm. Dalam kategori ketahanan korosi pada jarak 150 mm termasuk dalam kategori *good*, pada jarak 250 mm termasuk dalam kategori *good*, sedangkan pada jarak 350 mm termasuk dalam kategori *fair*. Dari hasil SEM terhadap

struktur morfologi bahwa semakin dekat jarak yang digunakan dalam proses *thermal spray* maka menghasilkan lapisan yang halus dan padat. Dilihat dari pengujian ketebalan lapisan *coating* aluminium bahwa semakin dekat penggunaan jarak yang dipakai dalam proses penyemprotan, menyebabkan nilai ketebalan lapisan semakin tinggi. Didapat nilai rata-rata ketebalan lapisan *coating* aluminium tertinggi pada variasi jarak 150 mm rata-rata ketebalan lapisan 317,16 μm . Nilai rata-rata ketebalan lapisan *coating* aluminium terendah pada variasi jarak 350 mm rata-rata ketebalan lapisan sebesar 87,523 μm .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. P. Bayuseno and J. S. Soedarto, "Analisa Laju Korosi Pada Baja Untuk Material Kapal Dengan Dan Tanpa Perlindungan Cat," *ROTASI*, vol. 11, no. 3, pp. 32–37, 2009, doi: <https://doi.org/10.14710/rotasi.11.3.32-37>.
- [2] M. S. Ali, H. Praktikno, and W. L. Dhanistha, "Analisis Pengaruh Variasi Sudut *Blasting* Dengan Coating Campuran *Epoxy* dan Aluminium Serbuk terhadap Kekuatan *Adhesi*, Prediksi Laju Korosi, dan Morfologi pada Plat Baja ASTM A36," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 8, no. 1, Jun. 2019, doi: 10.12962/j23373539.v8i1.39068.
- [3] C. Prilyanto and R. M. MGG, "Pengaruh Variasi Jumlah Lapisan *Thermal Spray Coating* Menggunakan Silicon Carbida (SiC) Terhadap Kekerasan Permukaan Baja Karbon S45C," *ITEKS*, vol. 11, no. 1, pp. 44–52, Apr. 2019.
- [4] S. Amin and H. Panchal, "A Review on *Thermal Spray Coating Processes*," *International Journal of Current Trends in Engineering & Research*, vol. 2, pp. 556–563, 2016, [Online]. Available: <http://www.ijcter.com>
- [5] I. R. Setyawan and A. A. Rosidah, "Analisis Pengaruh Variasi Jumlah Pelapisan Dan Jarak Pelapisan *Spray Coating* Pada Baja AISI 1020 Terhadap Kekasaran Dan Laju Korosi Dengan Media Air Garam," *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, vol. 18, no. 2, pp. 10–14, Oct. 2023, doi: 10.36289/jtmi.v18i2.463.
- [6] R. Lusiani, A. Munandar, E. Listijorini, I. Saefuloh, S. Ula, and S. Sunardi, "Perilaku Aus Dan Korosi Lapisan Baja Tahan Karat 420 Dengan Metode *Electric Arc Spray*," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 1, pp. 127–136, May 2023, doi: 10.21776/jrm.v14i1.1101.
- [7] M. H. A. Malek, N. H. Saad, S. K. Abas, N. R. N. Roselina, and N. M. Shah, "Performance and Microstructure Analysis of 99.5% Aluminium Coating by *Thermal Arc Spray Technique*," *Procedia Eng*, vol. 68, pp. 558–565, 2013, doi: 10.1016/j.proeng.2013.12.221.
- [8] M. A. Hidayanto *et al.*, "Pengaruh *Voltage* Pada Proses *Thermal Spray Aluminum* Terhadap Kekuatan Ikatan Lapisan *Coating* Pada Baja ST 60," *Jurnal Foundry*, vol. 6, no. 2, pp. 27–35, 2023.
- [9] K. S. Hassan, A. I. Razooqi, and M. H. Ridha, "Mechanical, Pure Fatigue And Corrosion Fatigue Properties of Pack Carburizing Low Carbon Steel Aisi 1020 by Using Waste Organic Materials in 3.5% Nacl," 2020, doi: 10.21203/rs.3.rs-28892/v1.
- [10] SSPC, "The Society for Protective Coatings," pp. 57–58, Nov. 2004.
- [11] B. Standard, "International Standards," *Int Organ*, vol. 1988, pp. 12–15, 1988.
- [12] A. International, "G102-89-Standard Practice for Calculation of Corrosion Rates and Related Information from Electrochemical Measurements," 2015, doi: 10.1520/G0102-89R15E01.
- [13] S. A. M. I. Naufal, U. Budiarto, and S. J. Sisworo, "Pengaruh Variasi Arus Las SMAW Terhadap Laju Korosi dan Kekuatan Tarik Baja ST 40," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 09, no. 2, 2021, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [14] "Designation: E2809 – 22 Standard Guide for Using Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM/EDS) in Forensic Polymer Examinations," doi: 10.1520/E2809-22.
- [15] ASTM International, "Standard Test Method for Measurement of Metal and Oxide Coating Thickness by Microscopical Examination of Cross Section," 2020, doi: 10.1520/B0487.
- [16] M. Suchaimi, R. Rochiem, and H. Purwaningsih, "Pengaruh Jarak *Nozzle* dan Tekanan Gas pada Proses Pelapisan FeCrBMnSi dengan Metode *Wire Arc Spray* terhadap Ketahanan *Thermal*," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 6, no. 1, Mar. 2017, doi: 10.12962/j23373539.v6i1.21102.