

PENGARUH JARAK PELAPISAN PADA PROSES *THERMAL SPRAY ALUMINIUM* (TSA) TERHADAP KEKUATAN IKATAN COATING DAN KETEBALAN LAPISAN PADA BAJA AISI 1020

- 1,2,3) Program Studi
Teknik Mesin,
Universitas Tidar
- 4) Program Studi
Teknologi Rekayasa
Perancangan
Manufaktur,
Universitas Tidar
- 5) Program Studi
Teknologi Informasi,
Universitas Tidar
- 6) Program Studi
Teknologi Rekayasa
Perancangan
Manufaktur, Politeknik
Manufaktur Ceper
- 7) Program Studi
Pengecoran Logam,
Politeknik Manufaktur
Ceper
- 8) PT Lastek Dwijasarana
Indonesia, Surakarta

**Pitrah Rapi Ismail¹⁾, Sri Hastuti²⁾, Catur Pramono³⁾,
Nurhadi Nurhadi⁴⁾, Rheza Ari Wibowo⁵⁾, Akhmad Nurdin⁶⁾,
Ibnu Rosyid Al Hassany⁷⁾, Bramono Pandupradityo⁸⁾**

Corresponding email¹⁾ :
fitrahrafi123@gmail.com

Received: 23.04.2024
Accepted: 10.05.2024
Published: 28.06.2024

©2024 Politala Press.
All Rights Reserved.

Abstrak. *Thermal spray arc merupakan metode coating yang familiar dipakai sekitar 100 tahun lalu. Teknik pelapisan ini dipilih untuk mengurangi kerusakan dan meningkatkan kualitas permukaan material dengan ikatan pelapis yang berhubungan langsung dengan lingkungan laut ekstrim. Ketebalan coating TSA sendiri minimal berkisar 100 – 500 µm. Menurut NACE/AWS/SSPC, lapisan coating yang terendam air laut akan berkuang 20 µm setiap tahunnya, untuk kekuatan ikatannya sendiri minimal 6,89 Mpa. Penelitian bertujuan menganalisis pengaruh jarak coating pada baja AISI 1020. Pengujian yang dilakukan yaitu dry film thickness, pull of adhesive, dan uji bending. Penelitian ini menggunakan variasi jarak 150 mm, 250 mm, 350 mm. hasil penelitian menunjukkan penggunaan jarak berpengaruh pada kekuatan ikatan lapisan dengan substrat. Nilai kekuatan ikatan dan kemampuan bending terbaik terdapat pada variasi jarak 350 mm, dengan kekuatan coating 10,81 Mpa dan tidak ada retak hasil bending. Peningkatan variasi jarak pada proses thermal spray meningkatkan kekuatan ikatan serta kemampuan bending.*

Kata Kunci: *Thermal spray, baja, jarak, kekuatan ikatan.*

Abstract. *Thermal spray arc is a coating method used around 100 years ago. This coating technique was chosen to reduce damage and improve the surface quality of materials with coating bonds in direct contact with extreme marine environments. The minimum thickness of the TSA coating is around 100 – 500 µm. According to NACE/AWS/SSPC, a coating layer submerged in seawater will lose 20 µm yearly for a minimum bond strength of 6.89 Mpa. The research aims to analyze the effect of coating distance on AISI 1020 steel. The tests carried out are dry film thickness, pull of adhesive, and bending tests. This research uses distance variations of 150 mm, 250 mm, and 350 mm. The research results show that distance affects the bond strength of the layer and the substrate. The best bond strength and bending ability values were found at a distance of 350 mm, with a coating strength of 10.81 Mpa and no bending cracks. Distance variations in the thermal spray process increase bond strength and bending ability.*

Keywords: *Thermal spray, steel, distance, bond strength.*

To cite this article: <https://doi.org/10.34128/je.v11i1.275>

1. Pendahuluan

Baja merupakan logam dengan paduan utama berupa besi (Fe) dan karbon (C), baja masuk dalam kategori logam *ferro*, karena kandungan utamanya besi (*ferro*). Baja mengandung karbon bervariasi dari kandungan sangat rendah (0,005%) sampai kandungan tertinggi (2,0%). Baja digunakan secara luas karena biaya yang relatif murah dalam proses pembuatan dan beragam sifat yang dimiliki baja [1]. Baja banyak digunakan dalam sektor industri

logam, perhubungan, pertambangan, perkapalan. Penggunaan baja yang berinteraksi dengan lingkungan menyebabkan kualitasnya mengalami penurunan seperti kerusakan material, terutama penggunaan baja pada perkapalan [2].

Kerusakan permukaan dapat menyebabkan kerugian pada material yang terdampak, diantaranya seperti biaya perawatan dan penggantian material. Kerusakan tersebut biasanya disebabkan oleh *fouling* dan *high cycle fatigue*. Berbagai cara dilakukan untuk mengurangi tingkat kerusakannya, termasuk dengan cara menambahkan lapisan pelindung atau *coating* [3].

Pelapisan merupakan cara yang dilakukan untuk memberikan sifat tertentu pada suatu permukaan benda kerja dengan perlakuan tambahan, dengan harapan benda akan mengalami perbaikan dalam hal struktur maupun ketahanannya, dan tidak menutup kemungkinan pada perbaikan terhadap sifat fisiknya [4]. Dimana salah satu jenis pelapisan material yaitu dengan metode *thermal spray*.

Thermal spray coating merupakan proses pemberian endapan yang membentuk lapisan pada permukaan. Penambahan lapisan ini berguna untuk melindungi dan memperbaiki permukaan material. Dalam prosesnya, metode dan parameter yang digunakan akan mempengaruhi hasil lapisan termasuk pada ketebalan, porositas, adhesi, laju endapan, dan permukaan akhir. Penggunaan TSC ini memberikan keunggulan pada prosesnya yang cepat dan biayanya murah. Itulah mengapa penggunaan TSC ini banyak diaplikasikan di dunia industri [5]. Penggunaan aluminium sebagai bahan tambahan untuk bagian pelapis pada proses *arc spray* karena lapisannya mampu memberikan lapisan film pasif yang dapat mengendalikan laju korosi [6]. Beberapa metode *thermal spray coating* yang umum dipakai seperti *High Velocity Oxygen Fuel (HVOF)*, *Powder Oxy-Fuel Spraying* dan *Electrical Twin Wire Arc Spraying (TWAS)* [7].

Parameter proses yang digunakan seperti pengaturan *spray*, jarak *spray* atau *Stand of Distance (SoD)*, sudut dan *spray travelling speed* akan berpengaruh pada hasil penyemprotan [8]. Dalam penelitian yang dilakukan oleh [3] tentang pengaruh jarak *coating* pada FeCrBMnSi didapatkan hasil semakin jauh jarak penembakan yang digunakan, semakin tinggi hasil kekuatan rekat yang didapatkan. Kemudian, semakin dekat jarak penembakan yang digunakan akan berpengaruh terhadap nilai ketebalan lapisan pada materialnya. Hal ini terjadi karena dengan meningkatnya ketebalan juga berpengaruh terhadap peningkatan tegangan antara permukaan substrat dan *coating*.

Dari penelitian sebelumnya yang telah dikaji mengenai pengaruh jarak pelapisan *coating*, belum ada referensi tentang kajian penggunaan proses TSA pada baja AISI 1020. Baja dengan spesifikasi AISI 1020 termasuk jenis baja karbon rendah dengan komposisi karbon antara 0,20-0,30 % [9]. Penelitian ini akan berfokus untuk mengetahui pengaruh jarak terhadap sifat kekuatan ikatan dan ketebalan *coating Thermal Spray* aluminium pada baja karbon rendah AISI 1020.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka akan dilakukan penelitian tentang analisis jarak semprotan *filler* aluminium terhadap *pull-off adhesive* dan ketebalan lapisan pada permukaan baja karbon rendah dengan *electric arc thermal spray welding*. Maka penelitian ini akan mengkaji variasi jarak *spray* yaitu 150 mm, 250 mm dan 350 mm, diharapkan hasil penelitian dapat memberi pengetahuan serta manfaat untuk diaplikasikan dan dikembangkan khususnya pada industri perkapalan, serta dapat meningkatkan sifat mekanik pada baja yang dilapisi dan memperpanjang umur pemakaiannya.

2. Metodologi

Metode Penelitian

Metode dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Penelitian dilakukan dengan pengujian sebanyak 24 spesimen dengan bentuk strip plat, 9 spesimen dengan ukuran 300 x 30 x 3 mm dan 15 spesimen ukuran 50 x 50 x 3 mm. Material substrat digunakan baja AISI 1020. Pada proses *thermal spray* menggunakan 3 variasi jarak penyemprotan yaitu 150 mm, 250 mm, dan 350 mm. Pengambilan nilai kekuatan ikatan lapisan dengan *pull of adhesive*, ketebalan lapisan dengan *coating thicknes*, serta bentuk penampang ikatan menggunakan uji *bending*.

Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan 3 parameter variable, sebagai berikut:

a) Variabel bebas

Variabel bebas disebut variabel pengaruh, hal tersebut dikarenakan fungsinya mempengaruhi variabel lain. Variabel bebas dalam penelitian mengambil jarak yang digunakan selama penyemprotan *thermal spray aluminium (TSA)*.

b) Variabel terkait

Variabel terikat ini dipengaruhi variabel lain, oleh karena itu variabel ini biasa disebut variable terpengaruh. Variabel terikat ini berupa karakteristik lapisan *coating* pada ketebalan lapisan, daya lekat, dan hasil permukaan penampang *bending*.

c) Variabel control

Variabel kontrol adalah variabel yang membatasi (sebagai kendali) dari pembandingan penelitian yang dilakukan. Variabel control penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mesin *Thermal spray* SX 400.

2. Material lapisan menggunakan aluminium 99,5%.
3. Baja substrat yang digunakan berupa Baja *AISI 1020*.
4. Voltase yang digunakan yaitu 38 v.
5. Arus 200 Amper.
6. Tekanan udara semprot sebesar 4 bar.
7. Substrat dilapisi dengan jumlah 3 lapisan.

Bahan

Penelitian ini menggunakan 2 jenis bahan, yaitu bahan untuk *coating* dan bahan *substrat*. Baja *AISI 1020* akan digunakan sebagai substrat, sementara untuk bahan *coating* yaitu aluminium dengan kemurnian 99,5% dengan diameter 1.5 mm.



Gambar 1. Baja *AISI 1020* dan wire aluminium

Tahap Penelitian

a. Preparasi sampel

Persiapan permukaan menggunakan metode *hand tool* mengacu pada standar *SSPC SP.2* yang telah diterangkan pada bab 2 point *Surface Preparation*. Pembuatan permukaan substrat dalam penelitian ini menggunakan *sandpapering grade #60*. Persiapan permukaan bertujuan untuk menghasilkan permukaan yang abrasif. Metode inspeksi atau pengecekan visual menggunakan gambar dari standar *ISO 8501*, bertujuan supaya permukaan yang akan di *coating* tercipta dengan baik dan maksimal. Kriteria yang harus dicapai yaitu terhindar dari kontaminasi minyak, oksida, karat, dan bahan pengotor non logam lainnya [10]. Kegagalan pada lapisan *coating* disebabkan karena persiapan permukaan yang tidak sesuai.

b. Proses *thermal spray*

Proses penyemprotan *thermal spray* dan hasilnya ditunjukkan pada Gambar 2.

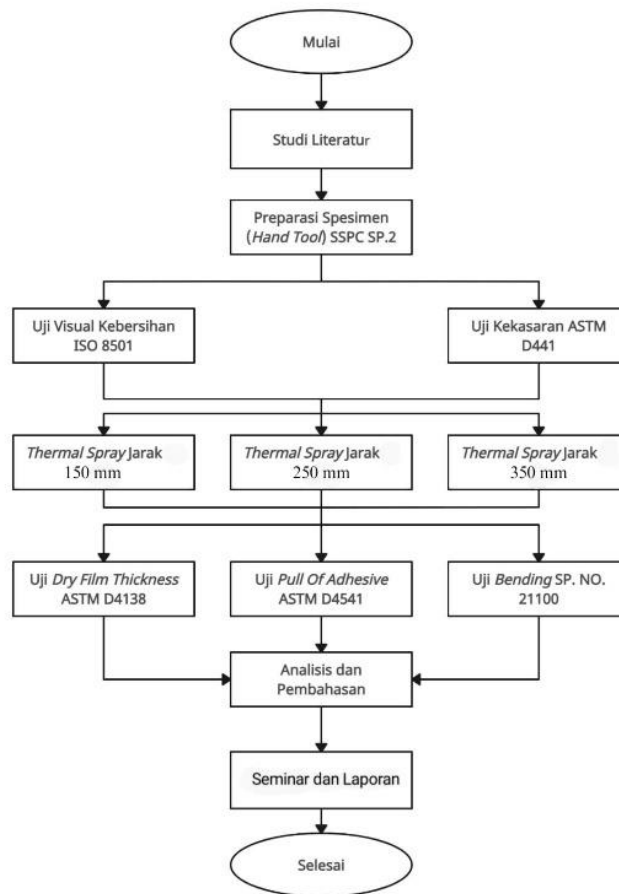


Gambar 2. Proses *thermal spray* dan hasilnya

Penyemprotan ini dilakukan dengan menggunakan 3 variasi jarak yaitu 150 mm, 250 mm dan 350 mm. dimana seluruh spesimen yang dilakukan penyemprotan sebelumnya telah dilakukan proses *surface preparation* terlebih dahulu.

c. Proses pengujian

Pengujian yang dilakukan yaitu uji *dry film thickness* menggunakan alat *coating thickness gauge* dengan acuan standar *ASTM D4138*, uji *pull off adhesive* menggunakan alat *adhesion tester* dengan mengacu pada standar *ASTM D4541*, kemudian uji *bending* dengan kelengkungan 180° sesuai standar *SP.NO. 21100*.



Gambar 3. Diagram alir penelitian

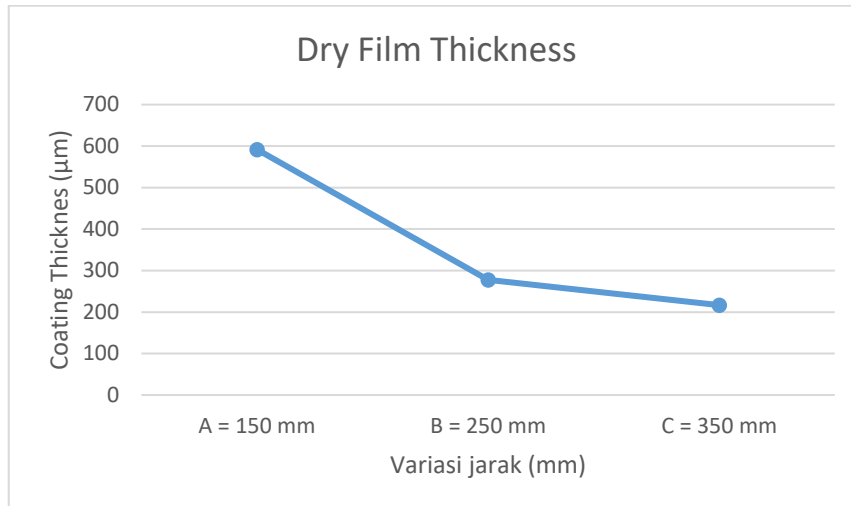
3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian *Dry Film Thickness*

Pengujian *dry film test* dilakukan pada setiap spesimen, masing masing spesimen diambil 3 titik berbeda dengan kode A, B, dan C. Pengambilan 3 data pada setiap spesimen berbeda bertujuan untuk mengumpulkan data dan dirata-rata, dengan semakin banyaknya data hasil uji maka data akan semakin akurat. Ketebalan coating sendiri biasanya sekitar 200 – 500 μm , tergantung pada prosesnya [11]. Setiap variasi menggunakan 3 spesimen untuk mengetahui ketebalan film TSA menggunakan alat *coating thickness gauge*. Dari 3 spesimen akan diambil rata-ratanya sehingga data *thickness* semakin akurat dan tepat. Hasil pengujian *dry film test* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Grafik nilai uji DFT

Variasi	No Spesimen	Titik Pengambilan Nilai DFT			Rata-Rata
		A	B	C	
15 Cm	1	594	678	528	600
	2	652	710	451	604,33
	3	448	619	647	571,33
Rata-Rata Nilai DFT Jarak 15 Cm					591,88
25 Cm	1	333	283	214	276,67
	2	256	276	289	273,66
	3	244	319	283	282
Rata-Rata Nilai DFT Jarak 25 Cm					277,44
35 Cm	1	154	251	236	213,67
	2	207	243	215	221,67
	3	235	210	198	214,67
Rata-Rata Nilai DFT Jarak 35 Cm					216,67



Gambar 4. Grafik nilai rata-rata uji DFT

Berdasarkan data hasil uji pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa nilai hasil TSA pada spesimen dengan variasi 150 mm yaitu 619,22 µm. Pada hasil rata-rata spesimen dengan variasi 250 mm menghasilkan nilai rata-rata 278,22 µm, serta hasil pada spesimen variasi 350 mm yaitu 216,67 µm. Terdapat penurunan nilai dari 150 mm ke 250 mm sebesar 441 µm. Pada perbedaan variasi 250 mm menuju variasi 350 mm mengalami penurunan sebesar 61,55 µm. Dapat diambil kesimpulan bahwa semakin jauh jarak penyemprotan coating TSA maka ketebalan lapisan film akan berkurang atau menipis, rata-rata kenaikan tebal pada ketiga jarak ini terjadi pada angka 441 µm dan 61,55 µm.

Menurut [12] ketebalan dari coating dipengaruhi oleh butiran partikel yang dihasilkan dari proses *thermal spray*, dimana pada pengaplikasiannya dengan menggunakan parameter berpengaruh yang diinginkan.

Pengujian Pull Off Adhesive

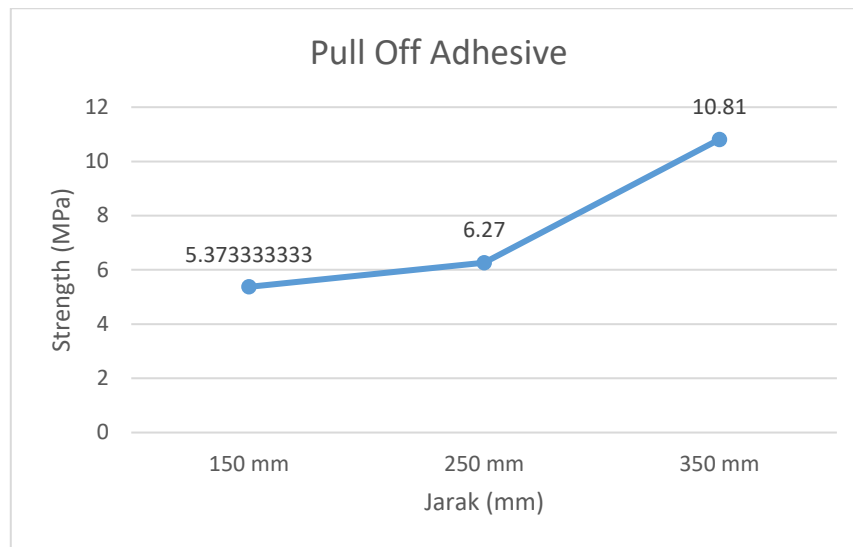
Setelah spesimen diukur ketebalannya menggunakan alat *dry film thickness* (DFT), kemudian dilakukan uji daya rekat untuk mengetahui pengaruh dari ketebalan lapisan TSA dengan kekuatan ikatannya. Beberapa metode uji untuk mengetahui daya lekat coating yaitu *X cut tape test*, *cross cut tape*, dan *pull off* [13]. Pada penelitian ini menggunakan uji *pull off* berdasarkan standar ASTM D4541, untuk coating *thermal spray aluminium* (TSA). Data yang dihasilkan berupa data kualitatif (berkaitan dengan *failure mode*) serta data kuantitatif (berdasarkan *pull off strength*).

Alat yang digunakan yaitu *pull of tester* dengan diameter *dolly* 20 mm, masing-masing spesimen ditempelkan satu *dolly* pada bagian tengah spesimen. Penempelan *dolly* menggunakan lem *epoxy* (1:1) dengan waktu 24 jam sebelum dilakukan pengujian dapat dilihat pada gambar 4.10 Hal tersebut bertujuan agar lem *epoxy* dapat melekat dengan sempurna ke spesimen. Setelah 24 jam dari penempelan lem *epoxy* sampai mengering, bersihkan sisa *epoxy adhesive* yang keluar dari area *dolly* dengan alat *dolly cutter*. kemudian pasang *base support ring* pada alat *adhesion tester*. Tekan tuas tester secara perlahan sampai *dolly* terlepas.

Tabel 2. Nilai *pull off adhesive*

Diameter Dolly 20 mm						
Pull of Adhesive Test						
Variasi	No Spesimen	Adhesive Failure Mode (%)	Cohesive Failure Mode (%)	Glue Failure Mode (%)	Pull of Strength (MPa)	Average (MPa)
15	A	100 %	-	-	8,19	5,37
	B	100 %	-	-	4,14	
	C	100 %	-	-	3,79	
25	A	90 %	10 %	-	5,37	6,27
	B	70 %	30 %	-	6,84	
	C	80 %	20 %	-	6,60	
35	A	65 %	-	35 %	11,10	10,81

B	80 %	-	20 %	10,36
C	70 %	-	30 %	10,97



Gambar 5. Nilai *pull off adhesive*

Tabel 2 menunjukkan data kualitatif dan kuantitatif pada hasil pengujian *pull off*, pada variasi jarak 150 mm menunjukkan nilai paling rendah yaitu sebesar 5,37 MPa. Kekuatan *pull off* mengalami kenaikan pada variasi spesimen 250 mm dengan rata-rata nilai 6,27 MPa. Sementara kenaikan signifikan terjadi pada spesimen dengan variasi 350 mm dengan nilai rata-rata 10,81 MPa, lebih tinggi dibandingkan variasi lainnya.

Dari data rata-rata tersebut dapat disimpulkan bahwa terjadi kenaikan kekuatan daya rekat TSA pada variasi 150 – 250 – 350 mm. Dengan adanya data tersebut dapat disimpulkan bahwa kekuatan optimal pada *thermal spray aluminium* (TSA) baja AISI 1020 dengan preparasi *hand tool* terjadi pada variasi jarak 350 mm dengan daya lekat sebesar 10,81 MPa. Hal ini terjadi karena naiknya tingkat ketebalan lapisan justru akan menimbulkan tegangan permukaan yang besar antara hasil *coating* dengan *substrat* [14].




Pada hasil pengujian *pull off*, spesimen dapat diamati secara visual untuk mengetahui hasil TSA yang terangkat. Data kualitatif berupa tampak visual pada variasi 150 mm terdapat mode kegagalan kohesi, pada variasi 250 mm sepenuhnya *adhesi*, dan pada variasi 350 mm terdapat mode kegagalan pada lem. Namun seluruh spesimen mengalami kegagalan adhesi, hal tersebut dapat ditandai dengan warna base metal yang tidak tercampur dengan aluminium. Tidak terjadi penetrasi ion TSA menuju base metal carbon steel, hal tersebut karena perbedaan jenis antara logam ferro dan non ferro yang sifatnya tidak dapat dipadukan.

Hasil *pull off* ini didapatkan bahwa jarak penyemprotan yang membuat setiap TSA mempunyai ketebalan yang berbeda, berpengaruh terhadap *pull of streng thermal spray aluminium*.

Pengujian Bending

Karakteristik pada ikatan adhesi lapisan *coating* dengan base metal dapat dilihat pada pengujian *pull off adhesive*, namun selain itu pada pengujian bending juga bisa dilihat tampak ikatan apabila terkena beban [6]. Pengujian *bending* akan menghasilkan tampak permukaan yang dapat di amati secara visual mata, dan dapat diklasifikasikan kepada 3 kriteria yaitu tidak retak, retak kecil, dan retak dengan pengelupasan. Penampang yang memiliki ikatan *coating* baik ditandai dengan lapisan *coating* yang tidak mengalami retak. Hasil uji *bending* ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji *bending*
Spesimen Uji

Variasi Jarak	Spesimen Uji	Keterangan
150 mm		Retak
250 mm		Retak Kecil
350 mm		Tidak Retak

Berdasarkan uji bending yang telah dilakukan, pengujian bending menunjukkan pada spesimen dengan jarak 150 mm yaitu adanya retakan pada bagian yang terkena bengkokan khususnya di area samping, namun tidak terjadi pengangkatan lapisan *coating*. Untuk variasi jarak 250 mm terdapat retakan kecil pada bagian samping yang bisa diamati, tetapi jumlah atau panjangnya cenderung kecil dan tidak ada indikasi pengangkatan. Sementara untuk variasi 350 mm merupakan hasil yang paling baik dimana lapisan *coating* memiliki ikatan adhesi yang kuat pada substrat dan tidak terjadi retakan pada permukaannya. Berdasarkan uji *bending* pada 3 variasi jarak, semua spesimen memenuhi persyaratan dengan memiliki kemampuan ikatan yang baik tanpa adanya pengangkatan *coating* dari *substrat* nya. Namun, hasil terbaik dari ke 3 variasi terdapat pada variasi jarak 350 mm yaitu jarak penyemprotan terjauh, dengan pengamatan bahwa ikatan menempel sempurna pada permukaan tanpa adanya retak setelah dilakukan pengujian bending.

sesuai dengan standar [15] tentang kelayakan kemampuan *bending* pada *coating thermal spray aluminium*, hasil ketiga variasi diatas memenuhi syarat dalam pengaplikasiannya dengan hasil retak, retak kecil, dan tidak retak. Tanpa adanya indikasi pengelupasan pada lapisannya.

4. Kesimpulan

Hasil pengujian *dry film thickness* (DFT) pada *coating thermal spray aluminium* menunjukkan semakin jauh jarak penyemprotan maka ketebalan lapisan akan semakin tipis, begitupun sebaliknya. Nilai tertinggi pada variasi 150 mm yaitu sebesar 591,88, variasi 250 mm sebesar 277,44 dan variasi 350 mm sebesar 216,67. Ketiga variasi sudah memenuhi standar kriteria minimum ketebalan lapisan untuk TSA yaitu diatas 100 μm .

Hasil pengujian *pull of adhesive* menunjukkan peningkatan kekuatan rekat coating pada substrat berdasarkan dari jarak terdekat ke jarak terjauh. pada variasi 150 mm sebesar 5,37 Mpa, variasi 250 mm sebesar 6,27 Mpa, dan variasi 350 mm sebesar 10,81 Mpa. Dapat disimpulkan bahwa peningkatan jarak justru menambah kekuatan lekat coating dan sudah memenuhi standar kekuatan AWS minimal 6,89 Mpa.

Hasil pengujian *bending* menunjukkan bahwa pada variasi 150 mm terdapat retak namun tidak ada pengangkatan lapisan coating, pada variasi 250 mm terdapat retak kecil pada bagian samping, sedangkan untuk

variasi 350 mm merupakan variasi terbaik tanpa adanya indikasi retak. Berdasarkan standar [15] ketiga variasi sudah memenuhi kategori diperbolehkan.

Dalam penelitian yang dilakukan [16] menyatakan bahwa hal penting yang menjadi pengukur kualitas *thermal spray* yaitu kekuatan rekat dan kemampuan bengkokan *bending* lapisannya. Sehingga hasil terbaik dalam penelitian ini yaitu jarak variasi 350 mm.

Daftar Pustaka

- [1] Suyitno, *BAHAN TEKNIK UNTUK REKAYASA (Logam Ferro)*. Yogyakarta: Penerbit Pustaka Pranala, 2021.
- [2] A. P. Sandi, E. G. Suka, and Y. I. Supriyatna, "Pengaruh Waktu Elektroplating Terhadap Laju Korosi Baja AISI 1020 Dalam Medium Korosif NaCl 3%," *J. Teor. dan Apl. Fis.*, vol. 05, no. 02, pp. 205–212, 2017.
- [3] Suswanto and M. Suchaimi, "Pengaruh Jarak," pp. 35–40, 2017.
- [4] C. Prilyanto and R. M. M. G. G, "Pengaruh Variasi Jumlah Lapisan Thermal Spray Coating Menggunakan Silicon carbida (SiC) Terhadap Kekerasan Permukaan Baja Karbon S45C," *ITEKS(Intuisi Teknol. Dan Seni*, no. 1, pp. 44–52, 2019.
- [5] 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," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 1, pp. 127–136, 2023, doi: 10.21776/jrm.v14i1.1101.
- [6] M. A. Hidayanto, C. Pramono, S. Hastuti, A. Nurdin, and I. R. Al, "Pengaruh Voltage Pada Proses Thermal Spray Aluminium Terhadap Kekuatan Ikatan Lapisan Coating Pada Baja St 60," vol. 6, no. 2, pp. 27–35, 2023.
- [7] D. F. Fitriyana, G. D. Haryadi, S. Sulardjaka, N. Iskandar, and A. G. Amrizal, "Pengaruh Jarak Penembakan pada Pelapisan 95MXC Terhadap Sifat Kekerasan dan Keausan Material SS 304 dengan metode Twin Wire Arc Spray (TWAS)," *Rotasi*, vol. 20, no. 4, p. 202, 2019, doi: 10.14710/rotasi.20.4.202-206.
- [8] T. S. Sidhu, S. Prakash, and R. D. Agrawal, "Studies on the properties of high-velocity oxy-fuel thermal spray coatings for higher temperature applications," *Mater. Sci.*, vol. 41, no. 6, pp. 805–823, 2005, doi: 10.1007/s11003-006-0047-z.
- [9] M. Nasution and R. H. Nasution, "Analisis Ekerasan Dan Struktur Mikro Baja Aisi1020 Terhadap Perlakuan Carburizing Dengan Arang Batok Kelapa," *Bul. Utama Tek.*, vol. 15, no. 2, p. 165, 2020.
- [10] ISO 8501, "ISO 8501-1:2007(E) Contents / Preparation of steel substrates before application of paints and related products Visual assessment of surface cleanliness," vol. 27, no. 0, pp. 123–128, 2020.
- [11] L. Berger, "Int . Journal of Refractory Metals and Hard Materials Application of hardmetals as thermal spray coatings," *Rmhm*, vol. 49, pp. 350–364, 2014, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2014.09.029>
- [12] A. International, *Hand Book Thermal Spray Technology*. 2004.
- [13] C. T. Nugroho, H. Pratikno, and A. Purniawan, "Analisa Pengaruh Material Abrasif Pada Blasting Terhadap Kekuatan Lekat Cat dan Ketahanan Korosi di Lingkungan Air Laut," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. 231–235, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.18090.
- [14] F. J. Antunes, V. R. dos S. de Sá Brito, I. N. Bastos, and H. R. M. Costa, "Characterization of FeCr and FeCoCr alloy coatings of carbon steels for marine environment applications," *Appl. Adhes. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2013, doi: 10.1186/2196-4351-1-3.
- [15] N. 2110. Standar Practice Item, "Specification for the application of thermal spray coatings (metallizing) of aluminum, zinc, and their alloys and composites for the corrosion protection of steel," vol. 4656, no. 21100, p. 37, 2016.
- [16] Y. Pang, C. Zhang, H. Zhou, and L. Liu, "On the bonding strength in thermally sprayed Fe-based," *surf Coat. teckno*, vol. 218, 2013, [Online]. Available: On the bonding strength in %0Athermally sprayed Fe-based