

PERILAKU AUS DAN KOROSI LAPISAN BAJA TAHAN KARAT 420 DENGAN METODE *ELECTRIC ARC SPRAY*

Rina Lusiani ¹⁾, Aris Munandar ¹⁾, Erny Listijorini ¹⁾, Iman Saefuloh ¹⁾, Shofiatul Ula ¹⁾, Sunardi ¹⁾ ✉

¹⁾Jurusan Teknik Mesin
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
3331081414@untirta.ac.id
ernylisty@untirta.ac.id
iman.saefuloh@untirta.ac.id
shofi@untirta.ac.id
sunardi@untirta.ac.id

Abstract

Thermal spray coating is a material protection process by depositing the coating material on the substrate material. Process parameters such as spray-off distance, surface roughness, and substrate preheat temperature, spray time, voltage, and arc current greatly influence the mechanical and tribological behavior. Selection of appropriate process parameters and coating materials must be carried out to obtain a coating that meets the design requirements. The coating method used is electric arc spray with parameters: spray-off distance of 200 mm, compressor air pressure of 7 bar, voltage of 32 volts, and layer thickness of 1 mm. At the same time, the independent variables are arc currents: 159, 185, and 299 amperes. The substrate material is AISI 1045 steel, PMET 885 intermediate material, and PMET 720 coating material. The tests carried out were observing the microstructure, hardness, wear rate, and corrosion rate. This research shows that the higher the arc current, the better the coating quality. At an arc current of 229 amperes, it is known that the hardness, the wear rate, and the corrosion rate are 398.10 VHN, 8.96×10^{-8} gram/mm².s, and 0.8911 mpy, respectively. This research's contribution is to provide a reference on the influence of the arc current of the electrical arc spray coating process on the tribological behavior of the surface layer so that suitable for the desired application.

Keywords: *Electric Arc Spray, Hardness, Wear Rate, Corrosion Rate, SS420.*

1. PENDAHULUAN

Thermal spray coating (TSC) merupakan proses pengendapan bubuk cair atau setengah cair yang membentuk lapisan pada permukaan substrat. Pembentukan lapisan dilakukan untuk memperbaiki sifat permukaan material substrat. Karakteristik pelapisan yang dibentuk sangat dipengaruhi oleh metode pelapisan yang digunakan, parameter proses pelapisan, dan material pelapis itu sendiri. Dalam aplikasi industri, beberapa sifat yang diamati untuk mengidentifikasi kualitas pelapisan adalah ketebalan lapisan, porositas, adhesi, laju pengendapan, dan permukaan akhir. Sehingga proses pelapisan yang dipilih agar optimal didasarkan pada sifat pelapisan yang diinginkan. Keuntungan lain pemakaian TSC adalah proses pelapisan yang relatif cepat dengan biaya yang lebih murah. Itu sebabnya mengapa TSC banyak digunakan di industry. Pratap dkk. ^[1] menyatakan bahwa TSC dapat menghasilkan lapisan dengan sifat ketahanan aus yang sangat baik, tetapi ketahanan korosinya tidak sebaik ketahanan ausnya.

Corresponding Author:

✉ **Sunardi**

Received on: 2021-11-29

Revised on: 2022-02-18

Accepted on: 2022-08-01

Proses TSC dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori utama berdasarkan (a) sumber panas pembakaran, (b) pembentukan plasma atau busur dengan menggunakan energi listrik, dan (c) proses suhu rendah yang menggunakan energi dari ekspansi gas. Meghwal dkk. [2] menunjukkan bahwa kombinasi TSC dan *high-entropy alloys* (HEA) merupakan metode baru yang menghasilkan lapisan dengan karakteristik yang unik. Metode ini sangat cocok digunakan untuk aplikasi suhu tinggi. Kualitas produk dan kemampuan adhesi yang dihasilkan dari TSC relatif sangat kuat jika dibandingkan dengan metode pelapisan lainnya. Ketebalan lapisan pada permukaan substrat dapat dikendalikan dan diperoleh dengan menyemburkan bahan pelapis melalui media gas panas [3].

Beberapa parameter penting yang mempengaruhi kualitas pelapisan, antara lain: jarak semburan, panas pada material, kekasaran permukaan material, ketebalan lapisan, karakteristik partikel dan gas yang digunakan. Jarak semburan merupakan parameter yang paling efektif untuk mengubah struktur mikro dan kekerasan lapisan. Jarak semburan sejauh 12 cm akan menghasilkan kekerasan yang paling tinggi, akan tetapi peningkatan ketebalan lapisan justru menurunkan kekerasannya [4]. Kekasaran permukaan lapisan yang dihasilkan oleh *electrical arc spray* (EAS) memiliki hubungan yang kuat dengan parameter proses. Kekasaran permukaan lapisan meningkat seiring dengan meningkatnya tegangan dan jarak semburan. Arif dkk. [5] menyatakan bahwa porositas dan retakan yang terbentuk disebabkan adanya proses oksidasi partikel cair atau pepadatan partikel cair. Dengan menggunakan metode yang berbeda, Alamsyah dkk. [6] menunjukkan bahwa semakin tinggi kekasaran permukaan meningkatkan ketebalan lapisan hasil *hot dipped galvanizing*.

Suhu dan waktu pemanasan material substrat akan berpengaruh terhadap karakteristik lapisan Ni-P pada baja tahan karat martensit SS 420. Peningkatan suhu dan waktu pemanasan menyebabkan butiran lapisan Ni-P yang terbentuk semakin seragam. Dalam riset ini juga diketahui bahwa kenaikan suhu dan waktu pemanasan meningkatkan ketahanan material terhadap korosi [7]. Sunardi dkk. [8] menunjukkan bahwa suhu pemanasan awal pada material substrat sangat berpengaruh terhadap kekerasan permukaan lapisan dan kekuatan lekat antarmuka substrat dan pelapisnya. Dari riset ini diketahui bahwa suhu yang optimum untuk menghasilkan kekerasan dan kekuatan ikatan antarmuka diperoleh pada suhu pemanasan awal 90 °C.

Struktur mikro, densitas, kekerasan mikro, tegangan sisa dan kekasaran permukaan sangat dipengaruhi oleh sudut penyemprotan. Penyemprotan dengan sudut 60-75° pada pelapisan WC-Co adalah sudut yang semburan yang direkomendasikan karena pelapisan yang dihasilkan dapat diterima baik dari segi fungsional maupun ekonomisnya [9].

Dejang dkk. [10] membandingkan teknik penyemprotan (a) *spray and fuse*, (b) *flame spray*, dan (c) *arc spray* terhadap struktur mikro dan sifat pelapisan. Dari riset ini diketahui bahwa pelapisan dengan *arc spray* menghasilkan struktur mikro yang lebih padat, kekuatan adhesi yang tinggi, kekerasan dan tingkat keausan yang rendah. Proses HVOF menggunakan suhu yang lebih rendah dan kecepatan yang lebih tinggi akan menghasilkan lapisan yang lebih kompak dan kualitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan proses penyemprotan termal lainnya [11].

Besaran arus busur pada proses *electrical arc spray coating* (EASC) sangat berpengaruh terhadap kualitas lapisan, seperti kekerasan, laju korosi dan laju keausannya. Pemilihan arus busur yang tepat dapat meningkatkan kualitas lapisan sehingga sesuai dengan kondisi aplikasinya. Kontribusi dari paper ini adalah untuk memberikan referensi bagi peneliti maupun praktisi dalam menentukan pengaruh besaran arus busur pada proses EASC sebagai salah satu parameter proses produksi. Dalam paper ini akan dibahas tentang pengaruh arus busur pada EASC terhadap kualitas lapisan yang dihasilkan, seperti kekerasan, laju keausan, dan laju korosinya.

2. METODE DAN BAHAN

2.1. Material

Material yang digunakan dalam riset ini terdiri dari: (a) baja AISI 1045 dengan diameter 30 x 50 mm sebagai material substrat, (b) kawat PMET 885 (95Ni5Al) dengan diameter 1.6 mm sebagai material antara pelapis dan material substrat, dan (c) Kawat PMET 720 (SS 420) dengan diameter 1.6 mm sebagai material pelapis.

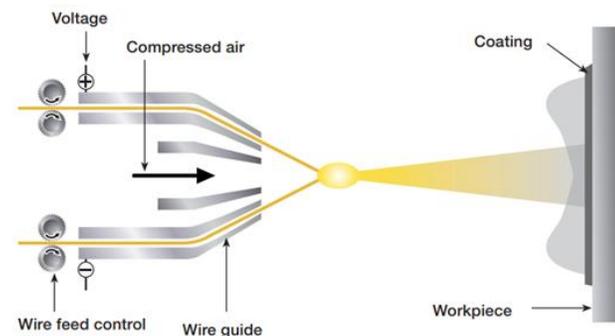
Karakteristik PMET 885: kekerasan HRB 75, kekuatan ikatan 10000 psi, laju pengendapan 10 lbs/jam/100A, efisiensi pengendapan 70%. Komposisi kimia: 4-5.5wt% Al, 93wt% Ni, 1.7wt% others^[12]. Karakteristik PMET 720: kekerasan HRC 35-45, kekuatan ikatan 7100 psi, laju pengendapan 10 lbs/jam/100A, efisiensi deposit 70%. Komposisi kimia: 13wt% Cr, 1wt% Si, 1wt% Mn, 0.3wt% C, dan Fe (*balance*)^[13].

2.2. Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk preparasi sampel dan pengujian material, antara lain: mesin *blasting* dan *gun blasting*, mesin *electric arc spray model* AT-400, mesin *grinding*, mesin *polishing*, mikroskop optis, mesin uji kekerasan (ASTM E92-82), mesin uji keausan abrasif (ASTM G99), dan uji korosi.

2.3. Set-up Peralatan

Peralatan *electric arc spray coating* memiliki skema seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 1. Pembuatan sampel dilakukan di PT. Mulya Bangun Sentosa, Tangerang. Parameter proses pelapisan dilakukan dengan ketentuan: jarak semburan 200 mm, tekanan udara kompresor 7 bar, voltase 32 volt, dan tebal lapisan 1 mm. Sedangkan variabel bebasnya adalah arus busur: 159, 185, dan 225 Ampere.



Gambar 1. Skema *electric arc spray*^[14]

2.4. Preparasi Sampel

Kualitas kekuatan ikatan antarmuka dan morfologi permukaan lapisan sangat dipengaruhi oleh perlakuan awal sebelum proses pelapisan. Tahapan yang sering digunakan, antara lain: (a) *cleaning and degreasing*, (b) *masking*, (c) *blasting*, dan (d) *coating*.

2.4.1. *Cleaning and degreasing.*

Permukaan sampel dibersihkan dengan *vapor degreasing*, *stem*, *hot detergent washing*, dan larutan pembersih lainnya. Proses ini dimaksudkan untuk menghilangkan kotoran, pelumas, minyak atau kontaminan lain dari permukaan sampel. Permukaan yang sudah bersih tidak

diperbolehkan disentuh dengan menggunakan tangan secara langsung. Hasil *cleaning and degreasing* ditunjukkan oleh Gambar 2.

2.4.2. Masking.

Proses ini untuk melindungi bagian yang tidak akan dilakukan pelapisan dengan menggunakan *seal-tape*.

2.4.3. Blasting.

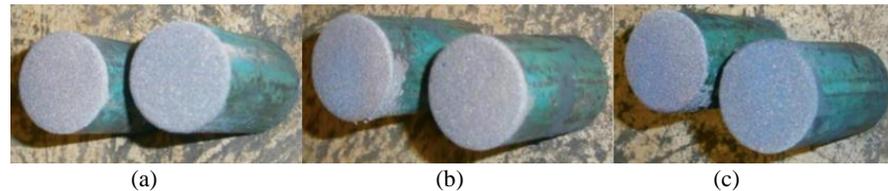
Pengasaran permukaan dilakukan dengan *blasting*. Tahapan ini dimaksudkan untuk menghasilkan profil permukaan dengan kekasaran tertentu sehingga akan membentuk ikatan antarmuka material substrat dan lapisan menjadi lebih kuat. Proses *blasting* menggunakan aluminium oksida dengan *grit 24 mesh*.



Gambar 2. *Cleaning and degreasing* permukaan sampel

2.4.4. Coating.

Proses pelapisan permukaan sampel pada berbagai arus busur yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 4. Parameter proses pelapisan dijelaskan pada sub bab 2.3.



3. HASIL DAN DISKUSI

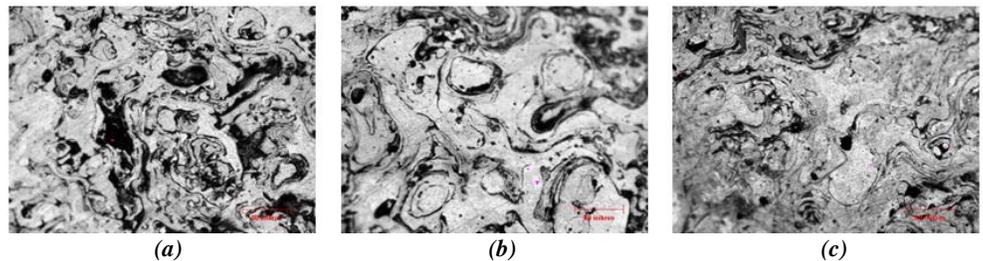
3.1. Struktur Mikro Permukaan Lapisan

Parameter proses (arus busur, tegangan dan jarak semburan) berpengaruh signifikan terhadap karakteristik lapisan yang diendapkan. Efisiensi pengendapan sangat dipengaruhi oleh parameter penyemprotan yang digunakan. Efisiensi pengendapan berbanding terbalik sebagai fungsi tegangan dan jarak semburan, tetapi berbanding lurus sebagai fungsi arus.

Gambar 5 menunjukkan morfologi permukaan lapisan yang dihasilkan karena perbedaan arus busur pada saat penyemburan material pelapis. Besaran arus yang digunakan dalam proses *electrical arc spray coating* memiliki pengaruh kuat terhadap morfologi permukaan lapisan. Arus 185A pada Gambar (5a) menunjukkan terbentuknya oksida dan porositas yang lebih banyak dengan ukuran yang lebih besar jika dibandingkan dengan Gambar (5b) dan Gambar (5c). Hal ini disebabkan oleh panas yang kurang memadai untuk membentuk lapisan yang homogen dan padat. Waktu yang digunakan untuk melakukan

pengisian ruang-ruang kosong tidak mencukupi karena kurang tersedianya energi panas. Gambar 5(c) menunjukkan bahwa arus busur 229A menghasilkan morfologi permukaan yang lebih halus dengan sedikit porositas yang terbentuk.

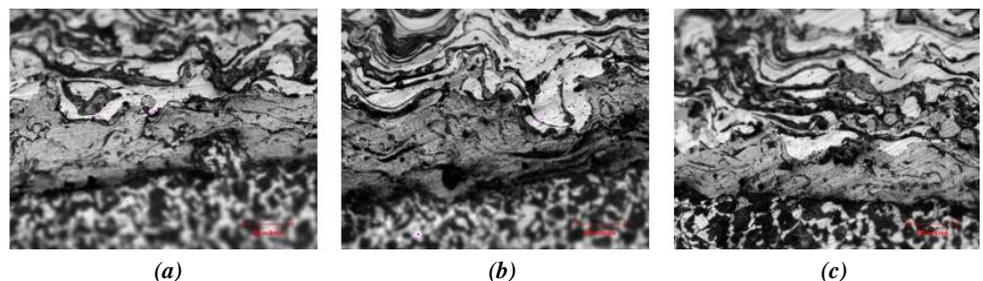
Hasil penelitian ini sejalan dengan yang dilakukan oleh Arif dkk. [5]. Semakin tinggi arus busur maka kekasaran permukaan mengalami penurunan atau permukaan menjadi lebih halus. Fenomena ini disebabkan oleh efisiensi pengendapan mencapai nilai tertinggi dengan parameter tegangan 24 *volt*, arus 240 *ampere*, dan jarak penyemprotan 100 mm. Arus busur yang tinggi memungkinkan lebih banyak partikel pelapis dalam kondisi cair atau semi-cair sehingga dapat meningkatkan efisiensi pengendapan logam. Sedangkan pada suhu rendah memiliki akibat buruk berupa tidak sempurnanya proses pelelehan partikel pelapis [15].



Gambar 5. Struktur mikro permukaan lapisan baja 720 pada arus busur (a) 159A, (b) 185A, dan (c) 229A.

3.2. Struktur Mikro Antar Muka Material

Jika dilihat dari Gambar 6 terlihat bahwa pada batas antar muka substrat dan pelapis terdapat porositas dan partikel pelapis yang tidak meleleh. Pada arus 185 A menunjukkan adanya banyak porositas. Kondisi ini akan berpengaruh terhadap kekuatan adhesi antar muka dan laju korosinya. Semakin rendah arus busur, maka semakin tinggi porositas dan retakan pada lapisan antarmuka. Keberadaan partikel yang tidak meleleh disebabkan karena waktu yang tersedia tidak cukup bagi partikel hingga meleleh secara sempurna. Kondisi ini menyebabkan terbentuknya porositas, sehingga dapat melemahkan ikatan antara permukaan substrat dan material pelapisnya. Pada kondisi ini juga akan berpengaruh terhadap kualitas morfologi yang berkaitan dengan kekerasan, laju korosi dan laju keausannya.



Gambar 6. Struktur mikro pada lapisan antar muka

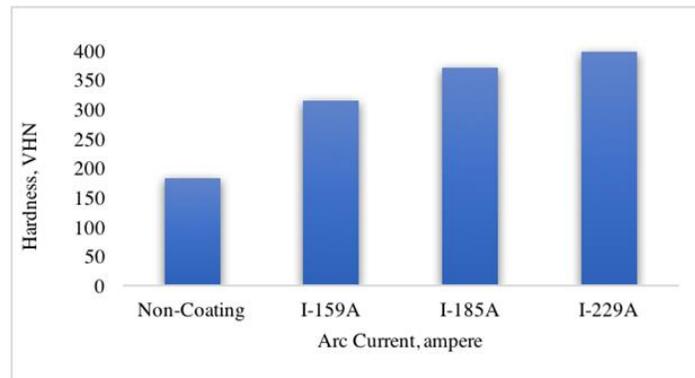
Arus busur yang tinggi menghasilkan lapisan antarmuka yang lebih homogen. Hal ini ditandai dengan terbentuknya struktur mikro yang lebih halus dengan pori-pori dan retakan yang lebih sedikit pada arus busur 229A. Hal ini sejalan dengan pernyataan Khandanjou dkk. [17] bahwa ketika waktu pelapisan meningkat, maka substrat yang ada di sekitarnya akan lebih panas. Kondisi ini menyebabkan perluasan lapisan cair dan mengurangi porositas dalam struktur mikro.

Struktur mikro lapisan *spray coating* berupa lamelar. Ozel [18] menunjukkan bahwa jumlah pori-pori menurun seiring dengan meningkatnya arus listrik yang digunakan selama

pelapisan. Peningkatan arus listrik menyebabkan suhu partikel meningkat. Kondisi ini menyebabkan terjadinya pembasahan permukaan partikel yang lebih baik dan partikel pelapis memiliki panas yang lebih tinggi, sehingga porositas berkurang tetapi densitas permukaan mengalami peningkatan.

3.3. Kekerasan Lapisan

Kekerasan lapisan baja tahan karat 420 sangat dipengaruhi oleh arus yang digunakan dalam proses *thermal spray coating*. Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin tinggi arus dalam proses EASC maka kekerasan permukaan lapisannya semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena porositas pada permukaan lapisan menurun. Penurunan porositas disebabkan oleh ketersediaan panas yang semakin besar sebagai energi pelelehan material pelapis secara sempurna pada arus busur yang semakin tinggi. Dari foto struktur mikro juga terlihat bahwa jumlah porositas semakin rendah jika arus busurnya semakin tinggi. Hal ini yang menjadi sebab mengapa kekerasan lapisan baja tahan karat 420 juga semakin meningkat.



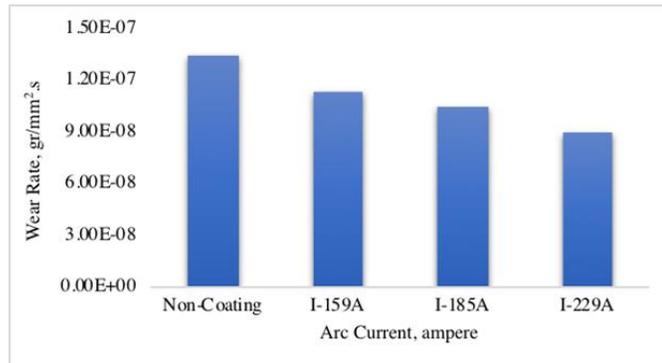
Gambar 7. Korelasi antara arus busur dan kekerasan lapisan

Hasil penelitian ini sejalan dengan yang dilakukan oleh Gerald dkk. [16], yang menyatakan bahwa pada arus busur yang tinggi menghasilkan struktur mikro yang lebih kompak sehingga meningkatkan kekerasan. Dalam penelitiannya, jumlah pori-pori, retakan mikro, dan partikel yang tidak meleleh lebih banyak pada suhu 550 °C dibandingkan dengan suhu 650 °C. Penelitian ini dikuatkan oleh Ozel [18] yang menggunakan metode pelapisan yang berbeda, yaitu *plasma spray technique* pada parameter proses yang berbeda. Semakin tinggi arus maka daya plasma juga akan meningkat. Kondisi ini menyebabkan porositas lapisan berkurang, sehingga meningkatkan kekerasan dan kekuatan lenturnya.

Lusiani dkk. [19] juga menunjukkan hal yang sama dengan variasi arus busur 130, 140, 150, dan 175 ampere dengan baja tahan karat 316 sebagai material pelapis. Dari riset ini diketahui bahwa semakin tinggi arus busur maka semakin tinggi kekerasan dan kekuatan ikatan antarmuka dengan laju korosi yang semakin rendah. Sahab dkk. [20] juga menyatakan hal yang sama. Arus busur yang tinggi memberikan lebih banyak energi sehingga lebih banyak partikel pelapis yang meleleh dan karenanya kekerasan lapisan meningkat. Kondisi ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Bond dan D'Oliveira [21], yang menyatakan bahwa semakin tinggi arus yang digunakan maka kekerasan lapisan permukaan mengalami penurunan. Hal ini disebabkan terjadinya pepadatan struktur kasar dalam pelapis.

3.4. Laju Keausan

Arus busur memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap laju keausan lapisan, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 8. Dari gambar dapat dinyatakan bahwa semakin tinggi arus busur listrik maka ketahanan ausnya semakin kecil. Hasil ini memiliki korelasi langsung dengan kekerasan lapisan. Artinya, semakin tinggi kekerasan lapisan maka ketahanan ausnya menjadi semakin rendah. Semakin tinggi arus busur maka energi yang tersedia untuk memanaskan dan melelehkan material pelapis pada material substrat.



Gambar 8. Korelasi antara arus busur dan laju keausan.

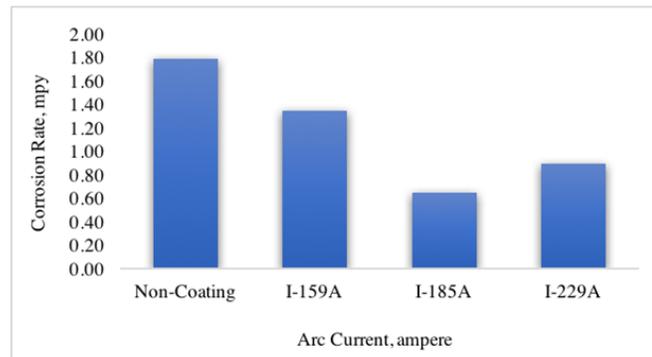
Hasil penelitian ini memiliki fenomena yang sama yang dilakukan oleh Gerald dkk. [15] yang menyatakan bahwa arus busur dapat mengendalikan karakterisasi tribologi lapisan. Perubahan sifat tribologi ini dijelaskan secara detail oleh Sahab dkk. [19]. Peningkatan energi plasma karena peningkatan arus busur dapat meningkatkan viskositas dan menurunkan tegangan permukaan. Kondisi seperti ini yang menyebabkan terjadinya penurunan tingkat porositas antara lamela, tetapi meningkatkan kohesi antar-lamela. Peningkatan kohesi antar-lamela memainkan peran penting dalam mempengaruhi ketahanan ausnya.

Mekanisme keausan dipengaruhi oleh batas butir, porositas dan struktur mikro. Ketahanan aus yang baik dapat terbentuk karena pelarutan material pelapis dalam butir maupun sepanjang batas butir yang membentuk struktur mikro intergranular dan intragranular. Pengendapan lapisan awal dan peningkatan ketebalan menyebabkan percikan dan tetesan berikutnya akan menutup rongga-rongga di lapisan bawahnya. Hafez dkk. [22] menyatakan bahwa peningkatan arus busur akan menurunkan laju keausan pada *calcia-stabilized zirconium oxide* dan *magnesia-stabilized zirconium oxide*.

3.5. Laju Korosi

Laju korosi lapisan sangat dipengaruhi oleh material pelapis yang digunakan. Dari Gambar 9 menunjukkan bahwa semakin tinggi arus busur maka laju korosinya semakin kecil. Hal ini berkaitan dengan peningkatan kekerasan permukaan material dan semakin rendahnya porositas. Semakin kecil porositas maka kontak permukaan dengan udara luar berkurang, sehingga laju korosi menjadi semakin terkendali.

Hasil ini identik dengan penelitian yang dilakukan oleh Khandanjou dkk. [17] dan Lusiani dkk [19]. Peningkatan arus busur cenderung memperbesar waktu penyemprotan dan mengurangi porositas sehingga struktur mikro menjadi lebih seragam dan kekerasan mikro lapisan meningkat. Kondisi ini berdampak pada penurunan laju korosi lapisan.



Gambar 9. Korelasi antara arus busur dan laju korosi

4. KESIMPULAN

Kualitas lapisan pada proses *electric arc spray* sangat dipengaruhi oleh banyak variabel, seperti jarak semburan, kekasaran permukaan, durasi penyemburan partikel, arus busur dan tipe material pelapis yang digunakan. Dari riset yang dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin tinggi arus busur yang digunakan, maka semakin kecil porositas dan ukuran pori-pori yang terbentuk.
2. Kekerasan lapisan meningkat seiring dengan peningkatan arus busur.
3. Peningkatan ketahanan korosi dan keausan semakin baik seiring dengan semakin tingginya arus busur.

PERNYATAAN TERIMAKASIH

Penelitian ini melibatkan banyak pihak. Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada Laboratorium Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Laboratorium *Cold Rolling Mill* PT. Krakatau Steel, PT. Mulya Bangun Sentosa Tangerang, dan Laboratorium Metalurgi LIPI Serpong.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PRATAP, B., BHATT, V., CHAUDHARY, V., “A Review on Thermal Spray Coating”, *International Journal of Science & Engineering Research*, v. 6, n. 5, pp. 53-61, May 2015.
- [2] MEGHWAL, A., ANUPAM, A., MURTY, B. S., BERNDT, C. C., KOTTADA, R. S., ANG, A. S. M., “Thermal Spray High-Entropy Alloy Coatings: A Review”, *Journal of Thermal Spray Technology*, v. 29, n. 5, pp. 857-893, May 2020.
- [3] SUNITHA, K., VASUDEV, H., “A short note on the various thermal spray coating processes and effect of post-treatment on Ni-based coatings”, *Materials Today: Proceedings*, v. 50, n. 5, pp. 1452-1457, Sept. 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2021.09.017.
- [4] KUCUKRENDECI I., YETGIN, S.H., “Coating Parameters Influences on Mechanical Properties of Coating”, *Journal of Applied Science*, v. 13, n. 4, pp. 645–649, 2013.
- [5] ARIF, Z.U., SHAH, M., REHMAN, E.U., TARIQ, A., “Effect of spraying parameters on surface roughness, deposition efficiency, and microstructure of electric arc

- sprayed brass coating”, *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, v. 7, n. 7, pp. 25–39, March 2020, doi: 10.21833/ijaas.2020.07.004.
- [6] ALAMSYAH, F.A., SETYARINI, P.H., GAPSARI, F., “Pengaruh Kekasaran Permukaan Terhadap Ketebalan Lapisan Hasil *Hot Dipped Galvanizing* (HDG)”, *Rekayasa Mesin*, v. 3, n. 2, pp. 327–336, 2012.
- [7] NURHAKIM, B., NIKITASARI, A., SUNARDI, S., MABRURI, E., “Pengaruh Suhu dan Waktu Pemanasan Terhadap Karakteristik Lapisan Elektrodes Ni-P pada Baja Tahan Karat Martensitik SS420”, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, v. 18, n. 4, pp. 167–172, Mei 2017.
- [8] SUNARDI, S., ERWIN, E., RAMADHAN, R.R., “Karakteristik Lapisan METCO 404NS dengan Variasi Pemanasan Awal Material Substrat pada Proses *Thermal Spray*”, In: Seminar Nasional Teknologi Manufaktur, pp. 123–128, Bangka Belitung, 27 November 2014.
- [9] HOUDKOVÁ, Š., ZAHÁLKA, F., KAŠPAROVÁ, M., “*The influence of the spraying angle on properties of thermally sprayed HVOF cermet coatings*”, *WIT Transaction on Engineering Sciences*, v. 62, pp. 59–69, 2009, doi: 10.2495/SECM090061.
- [10] DEJANG, N., KUNTASUDJAI, P., JIANSIRISOMBOON, S., “*Effect of thermal spray processes on microstructures and properties of Ni-20%Cr coatings*”, *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, v. 28, n. 3, pp. 677–686, May–Jun. 2006.
- [11] DEWANGAN R., YADAV, N.K., “*Thermal spraying of mild steel with stainless steel*”, *International Journal of Engineering and Technical Research*, v. 7, n. 5, pp. 97–99, May 2017.
- [12] POLYMET, *Technical Datasheet*: PMET 885, n. 885062. 2015.
- [13] POLYMET, *Technical Datasheet*: PMET 720, n. 720062. 2018.
- [14] SULZER METCO, *An introduction to thermal spray*, SULZER, 2017.
- [15] KHALID, M., MUJAHID, M., KHAN, A.N., RAWAT, R.S., MEHMOOD, K., “*Effect of arc current on microstructure, texturing and wear behavior of plasma sprayed CaZrO₃ coatings*”, *Ceramics International*, v. 39, pp. 2293–2302, 2013, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2012.08.076>
- [16] GERALD, O.J., WENGE, L., TAO, Z.Y., LONG, L.C., QIANG, L., “*Influence of plasma spraying current on the microstructural characteristics and tribological behaviour of plasma sprayed Cr₂O₃ coating*”, *Boletín de la Sociedad Espanola de Cerámica y Vidrio*, v. 60, n. 6, pp. 338–346, Nov–Dec. 2020, doi: 10.1016/j.bsecv.2020.03.007.
- [17] KHANDANJOU, S., GHORANNEVISS, M., SAVIZ, S., “*The detailed analysis of the spray time effects of the aluminium coating using self-generated atmospheric plasma spray system on the microstructure and corrosion behaviour*”, *Results in Physics*, v. 7, pp. 1440–1445, Apr. 2017, doi: 10.1016/j.rinp.2017.04.014.
- [18] ÖZEL, S., “*The effect of coating parameter on properties of plasma sprayed co based coatings*”, *Tehnicki Vjesnik*, v. 26, n. 2, pp. 318–322, 2019, doi: 10.17559/TV-20170704134134.
- [19] LUSIANI, R., SUNARDI, S., HAMIDI, H., “Sifat Mekanik Lapisan *Stainless Steel* 316 pada Baja Karbon Rendah dengan Proses *Electric Arc Spray*”, In: Seminar Nasional Industrial Services (SNIS III), pp. 429–434, Cilegon, 08–09 October 2013.
- [20] SAHAB, A.R.M., SAAD, N.H., KASOLANG, S., SAEDON, J., “*Impact of plasma spray variables parameters on mechanical and wear behaviour of plasma sprayed*

- Al₂O₃ 3%wt TiO₂ coating in abrasion and erosion application” *Procedia Engineering*, v. 41, pp. 1689–1695, 2012, doi: 10.1016/j.proeng.2012.07.369.*
- [21] BOND, D., D’OLIVEIRA, A.S.C.M., “*Effect of current and atomized grain size distribution on the solidification of plasma transferred arc coatings*”, *Materials Research*, v. 15, n. 5, pp. 770–774, Sept. 2012, doi: 10.1590/S1516-14392012005000101.
- [22] HAFEZ, M.A.E., AKILA, S.A., KHEDR, M.A., KHALIL, A.S., “*Improving wear resistance of plasma-sprayed calcia and magnesia-stabilized zirconia mixed coating: roles of phase stability and microstructure*”, *Scientific Report*, v. 10, n. 1, pp. 1–14, Dec. 2020, doi: 10.1038/s41598-020-78088-6.