

Pengaruh Tekanan Udara Pada Proses Pelapisan 95MXC Dengan Metode *Twin Wire Arc Spray* Terhadap Kekerasan dan Ketahanan Aus Pada *Stainless Steel 304*

Deni Fajar Fitriyana^{1*}, Sri Nugroho², Maulana Rizal Barutama³

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang

²Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

³PT PLN (Persero), ULPL Indralaya, UPDK Keramasan, UIK Sumbagsel

*E-mail: deniifa89@mail.unnes.ac.id

Abstract

The effect of compressed air pressure during the coating process of 95 MXC material on the pump impeller made of 304 stainless steel with the *Twin Wire Arc Spray* (TWAS) coating method has been investigated. This study aims to determine the effect of compressed air pressure on the hardness and wear rate of the formed coating. The TWAS coating process is carried out with variations in compressed air pressure of 3 bar, 4 bar and 5 bar with a stand of distance of 100 mm. The hardness and wear rate of 304 stainless steel before coating were 374 HV and 2.0×10^{-2} mm³/s. The best results from this study were obtained at 3 bar compressed air pressure variations with hardness and wear rate of 1315 HV and 3.7×10^{-4} mm³/s, respectively. Analysis of SEM results using *imageJ* software shows that the percentage of porosity and unmelt after coating at 3 bar compressed air pressure variations has the smallest value compared to other variations, namely 8.21%.

Keywords: hardness, wear, twin wire arc spray, 95MXC

Abstrak

Telah dilakukan penelitian terhadap pengaruh tekanan udara saat proses pelapisan material 95 MXC pada impeler pompa berbahan *stainless steel 304* dengan metode *Twin Wire Arc Spray* (TWAS) coating. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tekanan udara terhadap kekerasan dan laju keausan pada lapisan coating yang terbentuk. Proses TWAS coating dilakukan dengan variasi tekanan udara sebesar 3 bar, 4 bar dan 5 bar dengan jarak penembakan 100 mm. Nilai kekerasan dan laju keausan material *stainless steel 304* sebelum pelapisan adalah 374 HV dan $2,0 \times 10^{-2}$ mm³/s. Hasil terbaik penelitian ini di dapatkan pada variasi tekanan udara 3 bar dengan kekerasan dan laju keausan yang dihasilkan sebesar 1315 HV dan $3,7 \times 10^{-4}$ mm³/s. Analisa hasil uji SEM menggunakan *software imageJ* menunjukkan presentase porositas dan unmelt setelah pelapisan pada variasi tekanan udara 3 bar memiliki nilai yang paling kecil yaitu sebesar 8,21%.

Kata kunci: kekerasan, keausan, twin wire arc spray, 95MXC

1. Pendahuluan

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan fluida cair dari tekanan rendah ke tekanan tinggi atau posisi yang rendah ke posisi yang tinggi. Salah satu komponen pompa adalah *impeller* yang berfungsi mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada fluida yang dipompakan secara *continue* (terus menerus). Jenis kegagalan pada *impeller* dapat berupa patahan, korosi, retakan, dan keausan [1]. Cara untuk mengurangi jenis kegagalan antara lain dengan melakukan pemilihan material, desain komponen, pemberian pelumas dan *hardfacing*. Pada penelitian ini menggunakan metode *hardfacing* dengan melapisi permukaan logam menggunakan metode *thermal spray coating*.

Twin wire arc spray merupakan merupakan salah satu teknik pelapisan logam (*coating*) dalam bentuk kawat. Busur antara dua kawat dalam proses *twin wire arc spray coating* ini digunakan untuk mencairkan bahan pelapis. Dalam *twin wire arc spray coating* tekanan gas sangat berpengaruh terhadap kualitas dari hasil coating. Proses ini akan menentukan karakteristik permukaan akhir material substrat [2]. Dalam penelitian ini dilakukan variasi tekanan gas ketika proses pelapisan 95MXC untuk memperoleh parameter yang paling optimal terhadap sifat kekerasan dan keausan pada *stainless steel 304*.

2. Material dan Metodologi

Material yang digunakan sebagai substrat yaitu material untuk bahan baku pembuatan *impeller* pompa. Masing-masing material dibuat menjadi 2 spesimen, spesimen pertama dengan bentuk silinder pejal untuk pengujian kekerasan dan pengujian aus sebelum dan setelah pelapisan. Spesimen kedua berbentuk plat digunakan untuk pengujian mikrostruktur dan kekerasan pada tiap lapisan. Alat yang digunakan untuk memotong spesimen adalah *band saw Everising S-12H*.

2.1 Proses *Twin Wire Arc Spray*

Sebelum proses *coating*, material substrat dilakukan *sandblasting* terlebih dahulu untuk membersihkan kotoran, debu, dan partikel yang melekat serta mengasarkannya permukaan. Setelah *sandblasting*, dilakukan *spraying bond coat* dengan material 75B (NiAl). *Bond coat* ini berfungsi sebagai lapisan perekat antara substrat dengan lapisan *top coat*. Selanjutnya melakukan *spraying 95MXC wire* dengan sudut 90°, jarak penembakan 100 mm dan variasi tekanan gas yang digunakan adalah 3 bar, 4 bar, dan 5 bar.

2.2 Proses Pengujian Aus

Proses ini dilakukan dengan menggunakan alat *pin on disc*. Pada proses ini spesimen silinder menjadi pin. Dan yang menjadi *disc* yaitu silika karbida (SiC) dengan grit 100. Pengujian ini menggunakan 4 spesimen pada setiap tekanan dan 10.000 siklus untuk putarannya. Standar pengujian menggunakan ASTM G99-95A tahun 2000.

2.3 Proses Pengujian *Microhardness Vickers*

Spesimen dicekam pada ragum, lalu dipilih bagian struktur yang akan diuji. Bagian yang diuji kekerasannya yaitu penampang melintang masing-masing spesimen dan tiga lapisan pelapisan yaitu *top coat*, *bond coat* dan substrat secara melintang. Standar pengujian menggunakan ASTM 92-82 tahun 2003. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui distribusi kekerasan pada lapisan.

2.4 Proses Pengujian Mikrostruktur dengan *Light Optical Microscope (LOM)*

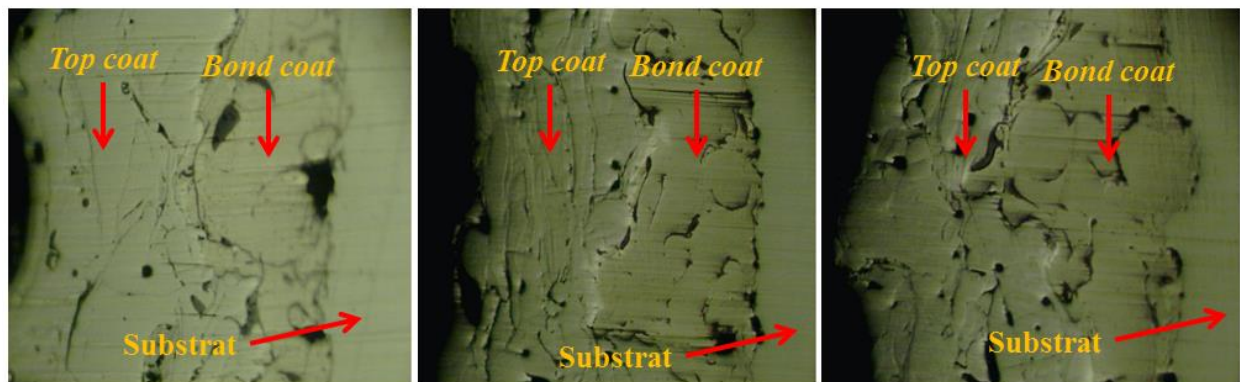
Proses ini hanya untuk melihat hasil pelapisan yang ditunjukkan pada tiga lapisan yaitu *top coat*, *bond coat* dan substrat. Standar pengujian menggunakan ASTM E3 tahun 2007.

2.5 Proses Pengujian *Scanning Electron Microscope (SEM)*

Proses ini dilakukan untuk melihat hasil pelapisan yang ditunjukkan pada penampang melintang. Spesimen dimasukan ke wadah uji, lalu dipilih bagian penampang yang akan diuji. Lalu dilakukan pengaturan parameter elektron seperti *high voltage*, *spot size*, bias dan *beam current* juga parameter *optic* seperti kontras, *focus* dan astigmatismus yang tepat sehingga diperoleh hasil gambar yang optimal. Standar pengujian mengikuti standar *Phenom Pro X desktop*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisa Pengujian Mikrografi



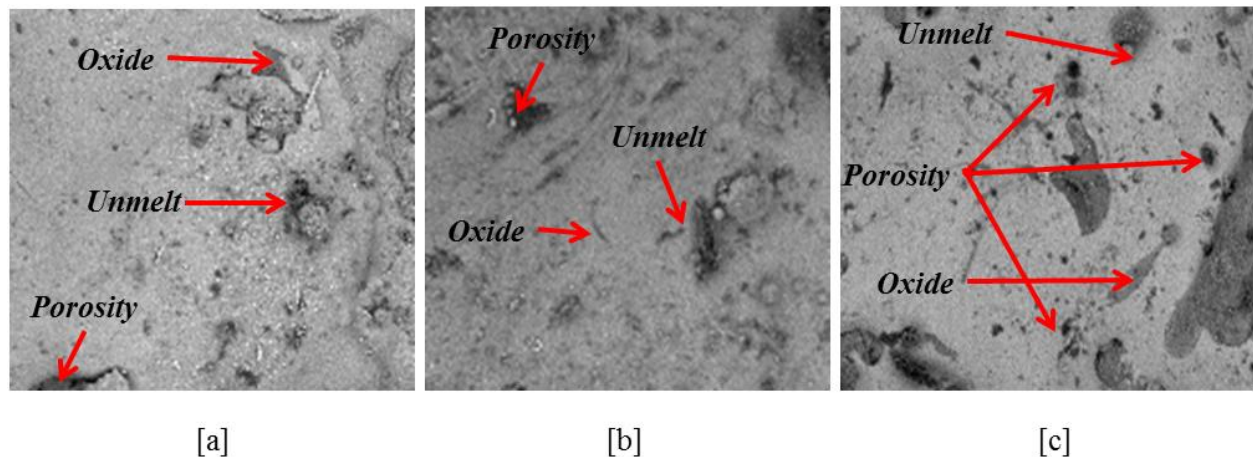
Gambar 1. Mikrografi setelah pelapisan dengan variasi *compressed air pressure* [a] 3 Bar, [b] 4 Bar, dan [c] 5 Bar

Gambar 1. menunjukkan mikrografi *Stainless Steel 304* setelah proses pelapisan dengan variasi tekanan udara sebesar 3 bar, 4 bar, dan 5 bar pada jarak 100 mm. Pada pengujian ini menggunakan perbesaran 100x yang menunjukkan adanya lapisan substrat, *bond coat*, dan *top coat*. Adapun nilai kekerasan penampang melintang yang dihasilkan setelah uji mikrografi 3 lapisan pada *top coat* nilai kekerasan terbaik adalah 1295 HV yang dihasilkan pada tekanan udara 3 bar. Nilai kekerasan *bond coat* berkisar 160-200 HV pada semua variasi. Sedangkan proses pelapisan tidak berpengaruh terhadap nilai kekerasan substrat karena hasil pengujian menunjukkan kekerasan sebesar 374 HV.

3.2 Analisa Pengujian SEM dan *ImageJ*

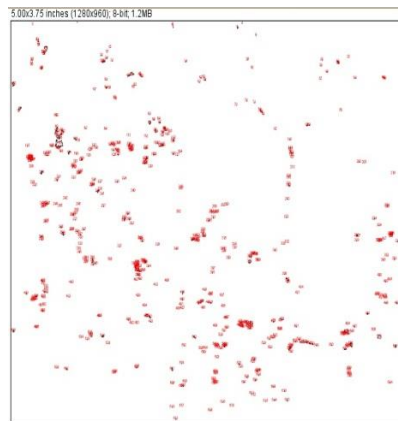
Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan untuk mengetahui porositas dan *unmelt cross section* yang terbentuk diantara substrat dan lapisan *coating*. Selain itu juga untuk mengamati dan menganalisis porositas dan *unmelt* yang terbentuk pada bagian hasil *coating*. Untuk mencari porositas dan *unmelt* pada bagian *cross section* menggunakan *Software ImageJ*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui nilai persentase setelah mengalami pelapisan menggunakan *Twin*

Wire Arc Spray (TWAS). Hasil SEM setelah dilakukan pelapisan menggunakan 95MXC pada tekanan udara 3 bar, 4 bar dan 5 bar dengan jarak penembakan 100 mm pada Gambar 2.



Gambar 2. SEM setelah pelapisan dengan variasi *compressed air pressure* [a] 3 bar [b] 4 bar dan [c] 5 bar

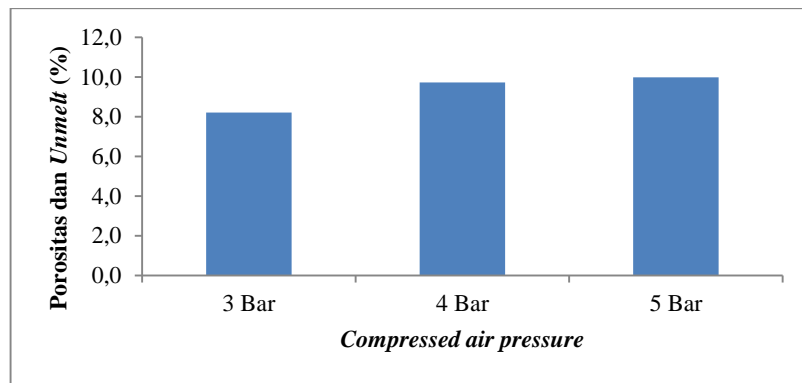
Gambar 2. menunjukkan terbentuknya porositas, *unmelt* dan oksida pada permukaan lapisan *coating*. Hal ini terjadi karena adanya partikel material *coating* yang tidak meleleh secara sempurna saat menempel kepermukaan substrat [3] [4]. Gambar 3.3 menunjukkan contoh penggunaan *software image analysis* (imageJ) yang digunakan untuk menentukan *porosity* dan *unmelt* material (%) pada penelitian ini. Pengaruh *compressed air pressure* terhadap terbentuknya *porosity* dan *unmelt* dapat dilihat pada Gambar 4. *Porosity* dan *unmelt* (%) pada variasi 3 bar, 4 bar dan 5 bar masing-masing sebesar 8,2%; 9,7%; dan 10,0%. *Porosity* dan *unmelt* (%) yang rendah ditemukan pada variasi *compressed air pressure* sebesar 3 Bar. Semakin besar *compressed air pressure* yang digunakan mengakibatkan banyak terbentuk *porosity* dan *unmelt* (%). Hal ini terjadi karena semakin besar *compressed air pressure* yang digunakan mengakibatkan semakin banyak material *coating* yang disemprotkan oleh *gun* sehingga menyebabkan material tidak meleleh secara sempurna saat menempel pada substrat. Hal inilah yang menyebabkan *porosity* dan *unmelt* meningkat pada lapisan *coating* [5] [6].



Gambar 3. Analisa menggunakan *software ImageJ* untuk menentukan banyaknya *porosity* dan *unmelt* (%) pada lapisan *coating*.

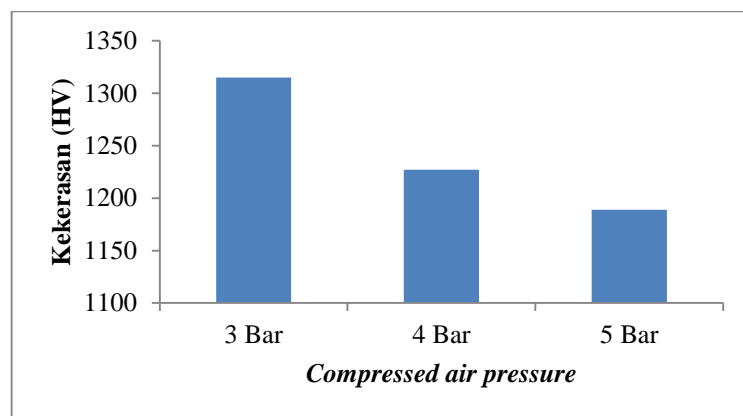
3.3 Analisa Microhardness Vickers

Peningkatan *porosity* dan *unmelt material* (%) akan meningkatkan ketebalan lapisan *coating* karena densitas yang dihasilkan pada lapisan *coating* semakin rendah [5] [7]. Ketebalan lapisan *coating* yang terbentuk akan sangat berpengaruh terhadap kekerasan lapisan *coating*. Semakin kecil *porosity* dan *unmelt material* (%) akan menghasilkan ketebalan lapisan *coating* yang semakin tipis sehingga akan meningkatkan kekerasan permukaan lapisan *coating* [5] [7] [8]. Pada pengujian kekerasan lapisan *coating* menggunakan *microhardness vickers tester* (Model Mitutoyo HM-21). Nilai kekerasan *stainless steel* 304 sebelum dilakukan pelapisan memiliki nilai kekerasan 374 HV. Setelah dilakukan pelapisan menggunakan 95MXC, dihasilkan nilai kekerasan pada variasi *compressed air pressure* 3 bar, 4 bar dan 5 bar masing-masing 1315 HV, 1227 HV dan 1189 HV seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Nilai kekerasan lapisan *coating* yang dihasilkan pada penelitian ini sudah sesuai dengan kriteria standar kekerasan impeler pompa setelah dilakukan *coating*, yaitu sebesar 60 Rockwell atau 700 HV [9]. Pada penelitian ini, penurunan nilai kekerasan yang disebutkan diatas berkorelasi dengan banyaknya nilai persentase *porosity* dan *unmelt* yang terbentuk pada lapisan *coating*.



Gambar 4. Grafik presentase porositas dan unmel_t (%) pada permukaan lapisan coating.

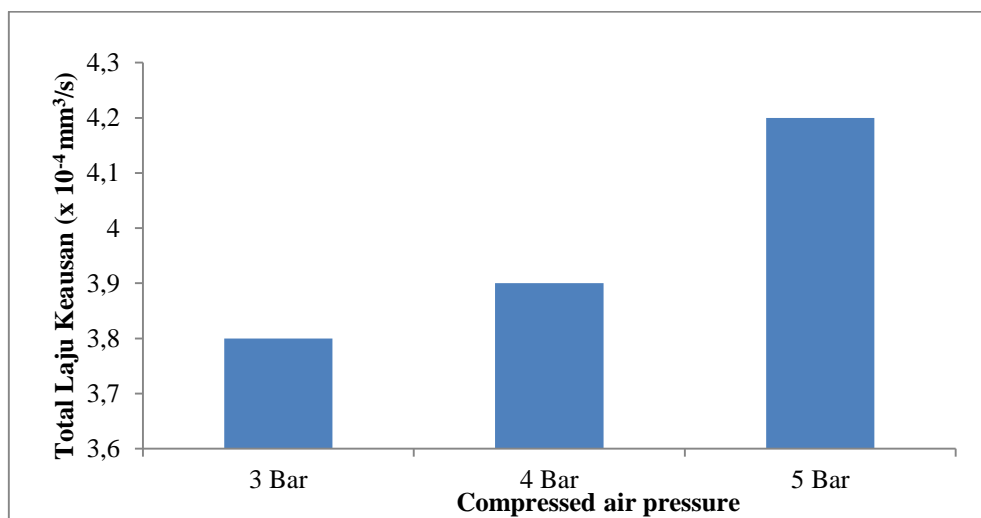
Peningkatan *compressed air pressure* akan meningkatkan kecepatan dan jumlah partikel yang disemprotkan ke substrat dan mengakibatkan terbentuknya *imperfect melting particle* sehingga menghasilkan banyak *porosity* dan *unmelt material* (%) yang akan menurunkan kekerasan lapisan *coating* [5]. Pada penelitian ini, lapisan *coating* dengan kekerasan tertinggi sebesar 1315 HV dihasilkan pada variasi *compressed air pressure* 3 bar, karena pada variasi tersebut memiliki *porosity* dan *unmelt* (%) yang paling kecil, yaitu sebesar 8,2%.



Gambar 5. Pengaruh *compressed air pressure* terhadap Kekerasan lapisan coating.

3.4 Analisa Hasil Pengujian Aus

Uji keausan dilakukan dengan metode *pin on disc* pada material sebelum dan sesudah dilakukan pelapisan. Laju keausan sebelum dilakukan pelapisan adalah $2,0 \times 10^{-2} \text{ mm}^3/\text{s}$ dan setelah pelapisan diperoleh hasil terbaik adalah $3,7 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{s}$ pada variasi *compressed air pressure* 3 bar dengan jarak 100 mm.



Gambar 6. Total Laju Keausan Setelah 10.000 putaran.

Gambar 6. menunjukkan semakin meningkatnya tekanan udara (*compressed air pressure*) yang digunakan selama proses *coating*, laju keausannya semakin meningkat. Hal ini terjadi karena semakin meningkatnya tekanan udara nilai kekerasan yang dihasilkan menurun sehingga total laju keausan meningkat atau menurunkan *wear resistance* [10] [11] [12] [13].

4. Kesimpulan

Nilai kekerasan *stainless steel* 304 sebelum dilakukan *coating* sebesar 374 HV. Setelah dilakukan *coating*, kekerasan yang paling maksimum sebesar 1315 HV yang didapatkan pada variasi *compressed air pressure* 3 bar. Total laju keausan pada material *stainless steel* 304 sebelum dilakukan *coating* sebesar 2×10^{-2} mm³/s. Setelah dilakukan *coating*, total laju keausan yang paling maksimum sebesar $3,8 \times 10^{-4}$ mm³/s yang didapatkan pada variasi *compressed air pressure* 3 bar. Pada penelitian ini, semakin kecil *compressed air pressure* yang digunakan pada proses *coating* akan menurunkan presentase poristas dan *unmelt* material pada permukaan lapisan *coating*, sehingga kekerasan yang dihasilkan meningkat. Selain itu, semakin kecil *compressed air pressure* yang digunakan pada proses *coating* akan meningkatkan kekerasan lapisan *coating* sehingga total laju keausan pada lapisan *coating* menurun dan *wear resistance* meningkat.

Daftar Pustaka

- [1] Bennekom, A.V., Berndt, F., Rassool, M.N., 2001, "Pump impeller failures – a compendium of case studies," *Engineering Failure Analysis*, 8: 145–156.
- [2] Suchaimi, Muhammad, 2017, "Pengaruh Jarak Nozzle dan Tekanan Gas pada Proses Pelapisan FeCrBMnSi dengan Metode Wire Arc Spray terhadap Ketahanan Thermal," *Jurnal Teknik ITS*, 6(1).
- [3] Cheng, J., Hong, S., Lin, J., Lin, P., Wang, Z., Zhang, X., 2015, "Effects of post annealing on the microstructure, mechanical properties and cavitation erosion behavior of arc-sprayed FeNiCrBSiNbW coatings," *Material & Design*, 65: 1035–1040.
- [4] Cheng, J., Hong, S., Lin, J., Lin, P., Wang, Z., Zhang, X., 2015, "Effects of post annealing on the microstructure, mechanical properties and cavitation erosion behavior of arc-sprayed FeNiCrBSiNbW coatings," *Material & Design*, 65: 1035–1040.
- [5] Tan, J.C., 1997, "Optimisation of the HVOF thermal spray process for coating, forming and repair of components," School of Mechanical and Manufacturing Engineering, Dublin City University, Doctor of Philosophy Thesis.
- [6] Daengmool, R., Jiansirisomboon, S., Sopadang, A., Wirojanupatump, S., 2016, "Effect of spray parameters on stainless steel Arc sprayed coating," Chiang Mai University.
- [7] Sarikaya, O., 2005, "Effect of some parameters on microstructure and hardness of alumina coatings prepared by the air plasma spraying proces," *Surface & Coatings Technology*, 190(2–3): 388–393.
- [8] Kucukrendeci, I., Yetgin, S.H., 2013, "Coating parameters influences on mechanical properties of coating," *Journal of Applied Science*, 13: 645–649.
- [9] Lobanoff, V.S., Ross, R.R., 1992, "Centrifugal Pumps Design and Application, 2nd edn," Gulf Publishing Company, United States of America.
- [10] Buchanan, V., Cooke, K., Oliver, G., Palmer, N., 2007, "Optimisation of the electric wire Arc-spraying process for improved wear resistance of sugarmill roller shells, surface and coating," *Surface & Coatings Technology*, 202(1): 185–188.
- [11] Fitriyana, D., Haryadi, G., Karomi, D., 2018, "Pengaruh Sudut Penembakan pada Pelapisan WC12Co Terhadap Sifat Kekerasan dan Keausan Material untuk Bahan Baku Pembuatan Impeller Pompa dengan Metode High Velocity Oxy-Fuel (HVOF)," *ROTASI*, 20(3): 165–171.
- [12] Amrizal A., Fitriyana, D., Haryadi, G., Iskandar, N., Sulardjaka, S., 2019, "Pengaruh Jarak Penembakan pada Pelapisan 95MXC Terhadap Sifat Kekerasan dan Keausan Material SS 304 dengan metode Twin Wire Arc Spray (TWAS)," *ROTASI*, 20(4): 202–206.
- [13] Fitriyana D.F. et al., 2020, "The Effect of Compressed Air Pressure and Stand-off Distance on the Twin Wire Arc Spray (TWAS) Coating for Pump Impeller from AISI 304 Stainless Steel," *NAC 2019 Springer Proceedings in Physics*, 242: 119–130.