

## Pengaruh Jarak Penembakan pada Pelapisan 95MXC Terhadap Sifat Kekerasan dan Keausan Material SS 304 dengan metode *Twin Wire Arc Spray* (TWAS)

Deni Fajar Fitriyana\*, Gunawan Dwi Haryadi, Sulardjaka, Norman Iskandar, Abdi Gilang Amrizal

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: deniifa89@gmail.com

### Abstract

The coating process on SS 304 with thermal spray method can be considered as a method for increasing wear resistance. In this study aims to determine the effect of spraying distance on the SS 304 coating process with the twin wire arc spray coating method on increasing wear resistance with 95MXC coating material. The range of spraying distances used was 100 mm, 200 mm, 300 mm and 400 mm with a air pressure 4 bar. From the results of the study, at 100 mm spraying distance produced hardness on coated of material 1227 HV, the value of wear rate was  $4.0 \times 10^{-4}$  mm<sup>3</sup>/s, percentage of porosity and unmelt 9.27% and strength of coating adhesion is 22.62 MPa. The shorter the spraying distance, will increase the hardness so that the value of the wear rate obtained decreases. This is because the percentage of porosity and unmelt is smaller.

**Keywords:** *Twin Wire Arc Spray*, SS 304, Hardness, Wear.

### Abstrak

Proses pelapisan pada SS 304 dengan metode *thermal spray* dapat di pertimbangkan sebagai metode untuk peningkatan ketahanan aus. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jarak penembakan pada proses pelapisan SS 304 dengan metode *twin wire arc spray coating* terhadap peningkatan ketahanan aus dengan material *coating* 95MXC. Variasi jarak penembakan yang digunakan adalah 100 mm, 200 mm, 300 mm dan 400 mm dengan *air pressure* 4 bar. Dari hasil penelitian, pada jarak penembakan 100 mm menghasilkan nilai kekerasan 1227 HV, nilai laju keausan  $4,0 \times 10^{-4}$  mm<sup>3</sup>/s, nilai presentase porositas dan *unmelt* 9,278% dan kekuatan lekat *coating* sebesar 22,62 MPa. Semakin dekat jarak penembakan, nilai kekerasan yang dihasilkan akan semakin tinggi sehingga nilai laju keausan yang didapatkan menurun. Hal tersebut dikarenakan rendahnya nilai presentase porositas dan *unmelt*.

**Kata Kunci:** *Twin Wire Arc Spray*, SS 304, Kekerasan, Keausan.

### 1. Pendahuluan

Dalam merancang suatu komponen, kegagalan material sangat dihindari. Kegagalan material dapat menyebabkan ketidakpresisian ukuran yang lebih lanjut menyebabkan fungsi komponen tidak berjalan dengan baik. Salah satu kegagalan material adalah keausan atau *wear*. Keausan adalah hilangnya materi dari permukaan benda padat sebagai akibat dari gerakan mekanik [1]. Keausan dapat menyebabkan komponen profil berubah, performa kinerja komponen menurun, hingga pada akhirnya memperpendek umur kerja komponen [2]. Salah satu alternatif yang digunakan untuk mengatasi keausan adalah dengan mengganti komponen mesin. Namun hal tersebut terkendala bahan yang perlu diimpor sehingga waktu yang dibutuhkan menjadi cukup lama dengan biaya yang cukup besar pula.

Saat ini telah dikembangkan suatu metode untuk mengatasi keausan dengan menggunakan proses *thermal spray coating*. Metode ini tidak perlu mengganti seluruh mesin saat terjadi keausan, hanya perlu mengganti komponennya saja [2]. Prinsip dasar dari proses *thermal spray* adalah pembentukan lapisan permanen dengan meleburkan suatu material dalam suatu ruang pembakaran, kemudian dari ruang pembakaran ini material disemprotkan ke permukaan substrat dan kemudian menempelkannya di atas substrat [3]. *Thermal spray coating* merupakan metode pelapisan yang telah diterima dengan baik di kalangan industri. Hal tersebut dikarenakan kemudahannya untuk diaplikasikan pada pelapisan material dalam skala besar. Selain itu *thermal spray coating* merupakan teknologi yang ramah lingkungan. Metode *thermal spray coating* yang lazim digunakan yaitu *High Velocity Oxygen Fuel* (HVOF), *Powder Oxy-Fuel Spraying* dan *Electrical Twin Wire Arc Spraying* (TWAS). Proses pelapisan dengan metode TWAS dipilih dalam penelitian ini, karena biaya yang lebih murah, kemudahan dalam aplikasi, waktu aplikasi yang lebih cepat, serta kemudahan dalam proses perbaikan *coating* [4].

Oleh karena itu penelitian ini sangat diperlukan, karena pelapisan logam adalah suatu cara yang dilakukan untuk memberikan sifat mekanik dan ketahanan laju aus pada permukaan substrat, dimana substrat tersebut diharapkan mengalami peningkatan kekerasan dan ketahanan aus maupun perbaikan pada struktur mikro.

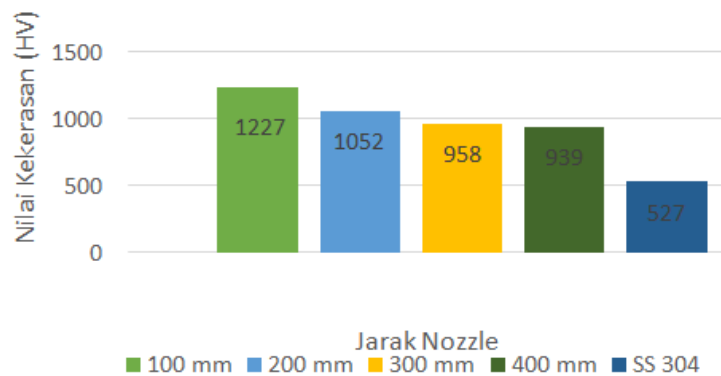
## 2. Material dan Metodologi

Spesimen SS304 silinder dan plat dipotong menurut dimensi yang ditentukan sebanyak 8 buah. Melakukan proses *abrasive grit blasting* menggunakan *aluminium oxide 24 mesh* dengan tekanan sebesar 4 bar dan jarak penembakan 100 mm. Hal ini bertujuan agar permukaan substrat menjadi kasar serta untuk meningkatkan ikatan mekanik antara material substrat dengan pelapisan. Sebelum melakukan proses *coating* terlebih dahulu melakukan *spraying bond coat 75B (NiAl)* dengan tekanan 4 bar dan jarak nozzle 100 mm [5]. *Bond coat* ini berfungsi sebagai lapisan perekat antara substrat dengan lapisan *top coat*. Selanjutnya melakukan *spraying 95MXC*, dengan variasi jarak yang digunakan 100 mm, 200 mm, 300mm dan 400 mm. Setelah dilakukan *coating*, dilakukan pengujian keras dengan metode *microhardness vickers*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan pada permukaan dan 3 lapisan dengan kondisi sebelum dan setelah pelapisan. Pengujian ini menggunakan mesin *microhardness vickers* digital Standar pengujian menggunakan ASTM 92-82 tahun 2003. Pengujian *Pin On Disk* dilakukan dengan menggunakan alat *pin on disk*. Standar pengujian menggunakan ASTM G99-95A tahun 2000. Pengujian mikrografi untuk melihat hasil pelapisan yang ditunjukkan pada penampang melintang dan tiga lapisan yaitu *top coat*, *bond coat* dan substrat. Standar pengujian menggunakan ASTM E3 tahun 2007. Proses SEM dilakukan untuk melihat hasil pelapisan yang ditunjukkan pada penampang melintang. *Scanning Electron Microscope (SEM)* dengan merek *Phenom ProX Desktop SEM*. Pengujian *pull off bonding* dilakukan untuk mengetahui daya lekat *coating* terhadap substrat. Pengujian ini menggunakan lem *araldite* yang berfungsi sebagai perekat antara pin dengan spesimen yang akan diuji. Pengujian akan berhenti ketika lem sudah terlepas dari spesimen, dengan menarik sebagian permukaan *coating*. *Pull off bonding* ini menggunakan alat *posiTest AT-M Adhesion Tester* dengan standar ASTM D-4541. Nilai dari kelekatan akan ditunjukkan dari alat dalam satuan MPa.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan lapisan *coating* dengan menggunakan *microhardness vickers tester* (Model Mitutoyo HM-21) di lapisan permukaan dan di tiga lapisan *coating top coating, bond coating* dan substrat ditunjukkan Gambar 1. Beban yang digunakan sebesar 500 gf dengan lama indentasi 10 s.

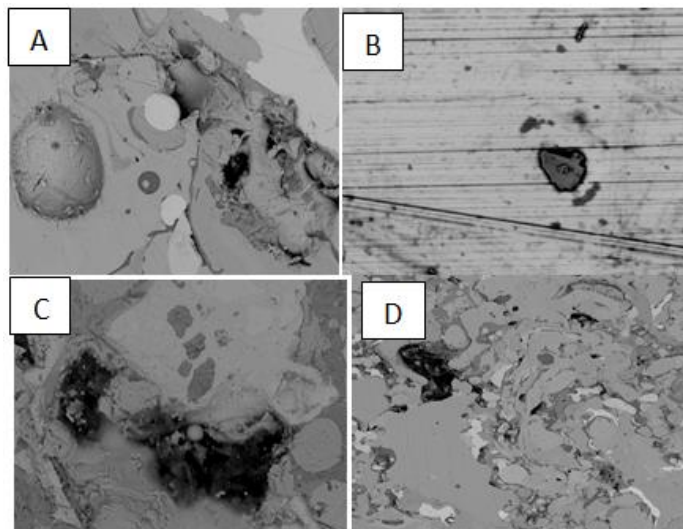


Gambar 1. Grafik Mikrohardness Vickers

Gambar 1 yang menunjukkan hasil uji kekerasan permukaan sebelum dan sesudah pelapisan, dimana substrat yang tidak dilapisi memiliki kekerasan sebesar 527 HV sedangkan yang telah dilapisi memiliki kekerasan sebesar 900-1250 HV. Perbedaan substrat sebelum dilapisi dengan substrat yang sudah dilapisi memiliki nilai kekerasan yang cukup signifikan karena material pelapis memiliki kekerasan yang lebih tinggi daripada substrat material. Dari Gambar 3.1 terlihat bahwa nilai kekerasan cenderung menurun dengan peningkatan jarak penembakan dari *spray gun Twin Wire Arc Spray*, hal ini disebabkan oleh meningkatnya nilai presentase porositas dan *unmelt* pada lapisan *coating*, selain itu *marstensite* yang terkandung di dalam lapisan di pengaruhi oleh jarak penembakan. Ukuran partikel yang dihasilkan juga semakin kecil sehingga struktur mikro pada pelapisan semakin padat dan homogen, hal ini juga dapat meningkatkan nilai kekerasan *coating* [6].

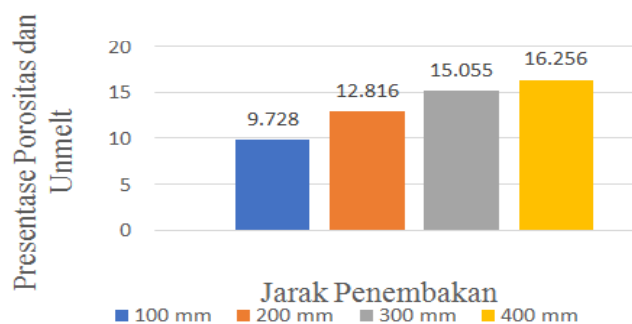
### 3.2 Pengujian SEM

Hasil pengujian *Scanning Electron Microscope (SEM)* ditunjukkan pada Gambar 2. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jumlah porositas dan *unmelt* yang terbentuk pada penampang melintang (*cross section*).



Gambar 2. Hasil SEM (A) 100 mm, (B) 200 mm, (C) 300 mm dan (D) 400 mm

Analisa porositas dan *unmelt* pada bagian *cross section* menggunakan hasil pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) dengan perbesaran 4000x yang ditunjukkan pada Gambar 3.2 dengan menggunakan *software image J*. Hasil perhitungan porositas dan *unmelt* pada bagian *cross section* dengan *image J* ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3. Grafik Besar Persentase Porositas dan Unmelt

Gambar 3 menunjukkan hasil perhitungan % porositas dan %*unmelt* setelah pelapisan dengan variasi jarak 100 mm, 200 mm, 300 mm dan 400 mm. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut didapat nilai % porositas dan %*unmelt* pada substrat dengan jarak 100 mm, 200 mm, 300 mm dan 400 mm masing-masing sebesar 9,728%; 12,816%; 15,055%; dan 16,256%. Gambar 3.3 menunjukkan peningkatan % porositas dan %*unmelt* terhadap jarak penembakan dari 100 mm ke 400 mm, hal inilah yang menyebabkan adanya penurunan nilai kekerasan terhadap peningkatan jarak penembakan dari *spray gun* [7].

### 3.3 Hasil Pengujian Pin on disk

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai ketahanan aus pada material setelah dilakukan *coating*. Material diletakan menjadi pin dengan diberi beban 300 gram dan dilakukan proses abrasif menggunakan amplas yang menjadi *disk* dengan kecepatan 100 m/s. Pengujian ini dilakukan selama 10.000 putaran setiap 500 putarannya diganti dengan amplas yang baru. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan Perhitungan laju keausan dimana dilakukan dengan mengukur berat yang hilang (*weight loss*) selama proses dan kemudian dikurangi dengan luas area yang tergerus pada substrat. Nilai hasil pengujian *weight loss* dan laju keausan dilihat Tabel 1.

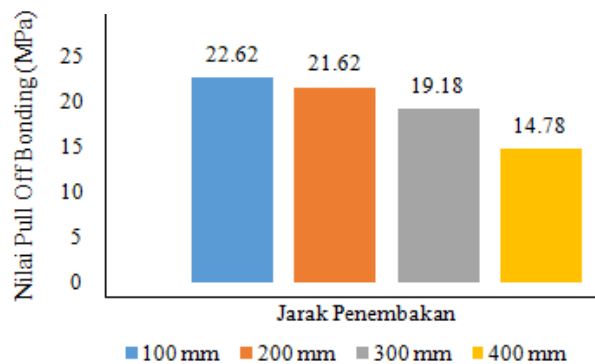
Tabel 1. Pengujian *Weight loss* dan laju keausan

Spesimen	Jarak Penembakan (mm)	Nilai kekerasan (HV)	Massa Awal (gram)	Massa Akhir (gram)	<i>Weight Loss</i> (gram)	Laju Keausan (mm <sup>3</sup> /s)
Sebelum Pelapisan	-	527,3	25,3046	19,3674	59×10 <sup>-1</sup>	2,0×10 <sup>-2</sup>
1	100	1226,6	33,0694	33,0089	6,0×10 <sup>-2</sup>	4,0×10 <sup>-4</sup>
2	200	1052	27,7585	27,6720	6,7×10 <sup>-2</sup>	4,6×10 <sup>-4</sup>
3	300	958	28,5095	28,4416	8,6×10 <sup>-2</sup>	5,9×10 <sup>-4</sup>
4	400	938,9	31,1411	31,0375	1,0×10 <sup>-1</sup>	6,8×10 <sup>-4</sup>

Pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa *weight Loss* dan laju keausan yang terjadi pada material yang tidak dilapisi lebih besar dibandingkan material yang dilapisi. Pada Tabel 3.1 juga menunjukkan peningkatan *weight loss* dan laju keausan jika jarak penembakan diperbesar. Dari penelitian ini diketahui spesimen yang memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi mempunyai volume keausan yang rendah, sedangkan spesimen yang mempunyai nilai kekerasan yang rendah memiliki volume keausan yang tinggi [8]. artinya spesimen yang memiliki kekerasan yang tinggi memiliki ketahanan aus yang tinggi pula begitupun sebaliknya spesimen yang kekerasan rendah memiliki nilai ketahanan aus yang rendah [9].

### 3.4 Pengujian Pull Off Bonding

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui daya lekat *coating* terhadap substrat. Pengujian ini menggunakan lem *araldite* yang berfungsi sebagai perekat antara pin dengan spesimen yang akan diuji. Pengujian akan berhenti ketika lem sudah terlepas dari spesimen, dengan menarik sebagian permukaan *coating*. *Pull off bonding* ini menggunakan alat *posi Test AT-M Adhesion Tester* dengan standar ASTM D-4541. Nilai daya lekat *coating* terhadap substrat ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Hasil Pull Off Bonding

Gambar 4 menunjukkan pengaruh jarak penembakan terhadap kekuatan *adhesi coating*. Berdasarkan gambar tersebut semakin jauh jarak penembakan menurunkan kekuatan daya lekat (*adhesi coating*) terhadap substrat. Pengaruh jarak penembakan menyebabkan menurunnya kekuatan daya lekat antara *coating* dengan substrat dan *kohesi* antar *coating* yang disebabkan adanya difusi 95MXC dari substrat ke *coating* dan 75B dari *coating* ke substrat [5]. Semakin jauh jarak penembakan akan meningkatkan %porositas dan %*unmelt*. Peningkatan %porositas dan %*unmelt* mengakibatkan penurunan daya lekat *coating* [10]. Hal ini sesuai dengan hasil uji SEM yang dianalisa menggunakan *software imageJ* didapat nilai % porositas dan %*unmelt* pada substrat dengan jarak 100 mm, 200 mm, 300 mm dan 400 mm masing-masing sebesar 9,728%; 12,816%; 15,055%; dan 16,256%.

### 4. Kesimpulan

Nilai kekerasan sebelum dilakukan pelapisan 527 HV, setelah dilakukan pelapisan dengan jarak 100 mm, 200 mm, 300 mm dan 400 mm didapatkan masing-masing nilai kekerasan *cross section* 1227 HV, 1052 HV, 958 HV dan 939 HV. Semakin jauh jarak penembakan, nilai kekerasan yang dihasilkan akan semakin kecil karena % porositas dan %*unmelt* semakin besar. Didapatkan hasil laju keausan pada SS304 sebelum pelapisan  $2 \times 10^{-2} \text{ mm}^3/\text{s}$ , setelah pelapisan pada material SS 304 jarak penembakan 100 mm, 200 mm, 300 mm dan 400 mm masing-masing memiliki nilai laju keausan  $4 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{s}$ ;  $4,6 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{s}$ ;  $5,9 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{s}$ ; dan  $6,8 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{s}$ . Semakin jauh jarak penembakan nilai laju keausan semakin meningkat dan ketahanan aus semakin menurun karena nilai kekerasan yang semakin kecil.

### Referensi

- [1] Rabinowicz, E., 1995, Friction and Wear of Materials, 2nd Edition. New York: John Wiley and Sons, INC.
- [2] Pawlowski, L., 2008, The Science and Engineering of Thermal Spray Coatings Edisi Kedua, London: John Wiley & Sons Ltd.
- [3] Lusiani, R., Sunardi, Hamidi, 2013, Sifat Mekanik Lapisan Stainless Steel 316 pada Baja Karbon Rendah dengan Proses Electric Arc Spray, Seminar Nasional Industrial Services (SNIS) III, Cilegon 13 Oktober 2013.
- [4] Fu Bin-you, 2009, Effect of heat treatment on the microstructure and mechanical properties of Fe-based amorphous coatings, A College of Materials Science and Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China.
- [5] Madaeni, S.S., Aalami, M.E., Daraei, P., 2008, Preparation and characterization of metallic membrane using wire arc spraying, Journal of membrane Science 320, pp. 541-548.

- [6] Sarikaya, O., 2005, Effect of the Substrate Temperature SS 304L On Properties of Plasma Sprayed Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Coatings. *Materials and Design*. pp. 53-57.
- [7] Tucker, Jr., 1994. *Thermal Spray Coatings, Surf. Eng.*, Vol.5, ASM Handbook, P. 497–509.
- [8] Veselin, B., 2010. “Slurry Pump Impeller Wear: Testing”. *Journal of Tribology*. Vol. 132.
- [9] McCaul, C., Roger, K., 2004, Evaluation of Coating for Resistance to Abrasive and Adhesive Wear in Pump Components, *Proceedings of the ninth international pump users symposium*. New Jersey.
- [10] Tillmann, W., Hagen, L., Luo, W., 2017, Process Parameter Settings and Their Effect on Residual Stresses in WC/W<sub>2</sub>C Reinforced Iron-Based Arc Sprayed Coatings, *Coatings* 2017, 7, 125. P.1-18.