

Sifat Mekanik Lapisan Stainless Steel 316 pada Baja Karbon Rendah dengan Proses Electric Arc Spray

Rina Lusiani¹, Sunardi², Hamidi³

^{1,2}Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

³Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jend. Sudirman KM.3 Cilegon, 42435

miedy.miday@gmail.com¹

Abstrak

Electric arc spray dilakukan untuk berbagai tujuan, salah satunya adalah untuk meningkatkan kinerja dan umur pakai komponen. Electric arc spray merupakan suatu proses pelapisan yang menggunakan sumber panas dari energi listrik dimana material pelapis dalam bentuk kawat (wire) yang dicairkan dan disemprot dengan udara bertekanan pada material yang dilapisi. Sebelum dilakukan proses penyemprotan spesimen yang akan dilapisi (baja karbon rendah AISI 3115) harus dikasarkan dengan menggunakan blasting (Al₂O₃), setelah itu dilakukan proses penyemprotan. Untuk proses electric arc spray terdapat dua lapisan, lapisan pertama adalah NiAl dan lapisan kedua adalah stainless steel 316 dengan memvariasikan parameter pelapisan (arus). Untuk mengetahui pengaruh dari variasi arus dilakukan pengujian kekerasan, laju keausan dan kekuatan lekat. Semakin tinggi arus (130 A, 140 A, 150 A, 175 A) menyebabkan benda akan berubah wujud dari padat menjadi cair, kadar oksida dari lapisan disemprot relatif tinggi akibat oksidasi dari material kawat cair. Kadar oksida yang lebih tinggi dapat meningkatkan kekerasan lapisan sehingga abrasi menurun dan ketahanan aus dari lapisan meningkat. Namun, kadar oksida juga merugikan sifat pelapisan. Karena oksida dapat mengurangi kekuatan lekat antara lapisan dan substrat. Lapisan pada proses penyemprotan dengan arus 130 A memiliki nilai kekerasan 283,2 VHN, laju keausan $1,04 \times 10^{-7}$ gr/mm²s, dan kekuatan lekat 10,684 MPa. Pada arus 140 A memiliki nilai kekerasan 312,4 VHN, laju keausan $9,03 \times 10^{-8}$ gr/mm²s, dan kekuatan lekat 10,607 MPa. Pada arus 150 A memiliki nilai kekerasan 324,6 VHN, laju keausan $8,79 \times 10^{-8}$ gr/mm²s. Sedangkan pada arus 175 A memiliki nilai kekerasan 371,8 VHN, laju keausan $8,63 \times 10^{-8}$ gr/mm²s, dan kekuatan lekat 11,246 MPa.

Kata Kunci: electric arc spray, besaran arus, kekerasan, laju keausan, kekuatan lekat

1. PENDAHULUAN

Teknologi *thermal spray* telah digunakan secara intensif sebagai *thermal barrier coatings* untuk industri. *Thermal spray* merupakan gabungan dari beberapa proses. Prinsip kerjanya adalah suatu material (dalam bentuk *wire*, *rod* atau *powder*) dipanaskan oleh sumber panas (*flame* atau *arc*), setelah material meleleh langsung ditekan oleh udara tekan sehingga menempel pada permukaan benda kerja membentuk lapisan baru.

Secara umum proses *thermal spray* dilakukan untuk meningkatkan umur atau masa pakai komponen dan dilapisi agar tahan terhadap korosi, meningkatkan ketahanan terhadap aus dan kekuatan bahan, Alasan lain

dilakukan proses pelapisan adalah untuk tujuan dekoratif.

Sering Pelapisan dengan teknologi *thermal spray*, khususnya metode *electric arc spray* menggunakan bahan baku berupa baja karbon rendah AISI 3115 sebagai *base metal* dan *stainless steel 316* sebagai *coating wire*. Karena banyaknya faktor yang mempengaruhi kualitas lapisan pada permukaan material, maka pada penelitian ini akan difokuskan pada pengaruh arus yang berbeda pada proses *thermal spray coating*. Aplikasi pelapisan *stainless steel 316* yaitu untuk dudukan bearing pada shaft yang mengalami keausan, dan pelapisan anti korosi seperti pada pompa. Rumusan masalah dari uraian di atas, maka pada

penelitian ini akan dipelajari pengaruh besaran arus pada proses *electric arc spray* terhadap sifat mekanis lapisan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Riyanto dan Prawara (2010) mempelajari mikrostruktur dan karakterisasi sifat mekanik lapisan $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiAl-Al}_2\text{O}_3$ dengan menggunakan *High Velocity Oxygen Fuel Thermal Spray Coating*. Dari riset tersebut diperoleh kesimpulan bahwa ukuran partikel serbuk NiAl memiliki pengaruh terhadap sifat mekanik lapisan keramik matrik komposit yang dihasilkan. Semakin kecil ukuran partikel serbuk NiAl, nilai kekerasan lapisan $\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiAl-Al}_2\text{O}_3$ semakin meningkat dengan nilai kekasaran permukaan yang semakin rendah.

Saepulloh (2012) mempelajari perbandingan kualitas lapisan serbuk nikel kromium aluminium (METCO 443NS) dengan nikel aluminium (METCO 450NS) hasil proses *thermal spray*. Dari riset tersebut diperoleh kesimpulan bahwa temperatur preheating mempunyai pengaruh yang sangat signifikan terhadap kekerasan permukaan, kekuatan lapisan (*bonding strength*) dan struktur mikro lapisan. Semakin tinggi nilai temperatur preheating yang diberikan maka semakin tinggi pula nilai kekerasan dari lapisan. Namun pada serbuk METCO 443NS temperatur 160°C mengalami penurunan nilai kekerasan. Untuk hasil kekuatan tarik lapisan semakin tinggi temperatur preheating maka semakin tinggi pula kekuatan ikatan lekatnya, demikian sebaliknya.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dengan menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di laboratorium. Dimana untuk memudahkan dan juga mendapatkan hasil penelitian yang baik, maka dibuat desain eksperimen yang di dalamnya terdapat skema ataupun alur penelitian yang dilakukan. Langkah-langkah penelitian akan diuraikan pada bagian selanjutnya.

3.1 Tahapan Proses *electric arc spray*

Daya lekat pada *thermal spray coating* tergantung pada ikatan mekanis yang terbentuk antara lapisan *thermal spray coating* dengan permukaan benda kerja, maka persiapan permukaan menjadi sangat penting untuk mendapatkan hasil lapisan yang baik. Proses persiapan permukaan yang harus dilakukan sebelum proses *thermal spray coating* adalah sebagai berikut :

a. *Cleaning* dan *Degreasing*

Proses *cleaning* yang menggunakan bahan kimia dilakukan pada bagian - bagian yang terkontaminasi dengan material yang tidak dapat dihilangkan dengan cara lain. Permukaan dapat dibersihkan dengan cara *vapor degreasing*, *steam*, *hot detergent washing*

maupun dengan larutan pembersih lainnya yang biasa digunakan di industri. *Degreasing* adalah cara yang paling ekonomis dan aman untuk menghilangkan pelumas dan oli.

b. *Masking*

Masking bertujuan untuk melindungi bagian yang tidak memperoleh *coating*. Biasanya digunakan *seal-tape* atau bahan lainnya yang dapat melindungi bagian yang tidak dilakukan *thermal spray coating*.

c. *Blasting*

Proses ini merupakan prosedur persiapan permukaan yang sering dilakukan. *Blasting* yaitu proses pengasaran (*roughening*) pada permukaan yang akan dilakukan *thermal spray coating*. Proses pengasaran permukaan memiliki tujuan utama untuk membersihkan permukaan dari kontaminan yang akan menghalangi pembentukan ikatan mekanis serta menciptakan profil pada permukaan. Material *blasting* yang digunakan yaitu Aluminium Oxide (Al_2O_3) dengan ukuran grit 24 mesh dan tekanan 7 bar.

d. *Final Grinding* dan *Poleshing* untuk *Finishing*

Proses ini dilakukan untuk mengembalikan area yang telah di *thermal spray coating* ke kondisi atau ukuran standar.

3.2 Pengujian Lapisan Hasil *Electric Arc Spray*

Lapisan hasil *electric arc spray* diuji dengan menggunakan beberapa jenis uji sebagai berikut:

a. Struktur mikro

Masing-masing sample digrinding dengan amplas 80, 120, 220, 500, 1000 berturut-turut kemudian di poles dengan mesin polishing dari $3\ \mu\text{m}$ sampai $1\ \mu\text{m}$. Kemudian di etsa dengan nital 3 % lalu di foto dengan foto mikroskop.

b. Uji kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dari spesimen yang mengalami perlakuan, pengujian kekerasan menggunakan alat uji kekerasan *vickerswolpert type dia 2-RC* di lakukan di laboratorium BLD PT. Krakatau Steel.

c. Uji keausan

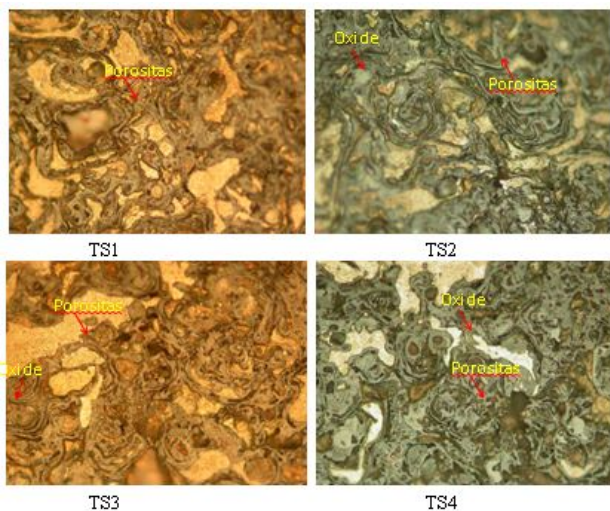
Pengujian keausan di lakukan di laboratorium metalurgi LIPI PUSPITEK Tangerang dengan merk *adamel thomargywear resistance*. Pada metode ini benda uji mendapatkan beban gesek dari permukaan yang berputar yg di beri beban, pembebanan gesek ini menghasilkan kontak yang berulang-ulang sehingga akan mengikis permukaan benda uji. Hasil yang didapat dari pengujian ini merupakan selisih berat spesimen sebelum dan sesudah pengujian.

d. Uji kekuatan lekat

Pengujian kekuatan lekat dilakukan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*) *Kristal Elmec 100k* di Laboratorium Pusat Penelitian Fisika – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) serpong. Sampel yang akan diuji tersusun atas 2 bagian yaitu *top part* dan *bottom part*, dimana *top part* merupakan material utama yaitu AISI 3115 dan *bottom part* merupakan material yang dilapisi dengan SS 316.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini dipaparkan hasil pengujian terhadap hasil *electric arc spray*.



Gambar 4.1 Foto Struktur Mikro Pada Surface Hasil Lapisan Stainless Steel 316 pada Arus (TS1) 130 A, (TS2) 140 A, (TS3) 150A, (TS4) 175 A

4.1 Hasil Struktur Mikro

Dari hasil pengamatan struktur mikro pada lapisan *wire stainless steel 316* hasil *electric arc spray*, didapatkan bahwa *oxide* yang terbentuk pada spesimen TS1 lebih sedikit dibandingkan dengan spesimen TS2, TS3 dan TS4. Hal ini yang mengakibatkan nilai kekerasan pada lapisan spesimen TS1 sangat rendah dibandingkan dengan spesimen TS2, TS3 dan TS4. Semakin banyak *oxide* yang terbentuk maka semakin tinggi pula nilai kekerasannya.

Oxide adalah reaksi dimana oksigen tertambahkan pada suatu unsur lain, munculnya oksida adalah hasil reaksi antara oksigen dengan kromium atau nikel pada waktu proses penyemprotan berlangsung. Hasil pengamatan untuk *oxide* yang dihasilkan pada spesimen TS1 paling sedikit dibandingkan dengan spesimen TS2, sedangkan pada spesimen TS4 *oxide* yang terbentuk lebih banyak dibandingkan dengan spesimen TS1, TS2 dan TS3. Karena jika dilihat dari hasil nilai kekerasan pada spesimen TS4 nilai kekerasannya paling tinggi.

4.2 Hasil Uji Kekerasan

Pada pengujian ini mula-mula permukaan spesimen ditekan pada indenter yang berbentuk piramida intan dengan beban 10 HV. Besar sudut antara permukaan piramida yang berhadapan adalah 136°. Angka kekerasan piramida intan atau angka kekerasan *Vickers* (VHN), secara teoritis diartikan sebagai beban luas penampang tekukan. Uji kekerasan dilakukan di laboratorium metalurgi PT. Krakatau Steel Hasil dan hasil pengujian kekerasan disajikan pada Tabel 1.

Gambar 1. Proses bisnis terminal petikemas

Sampel	Nilai Kekerasan <i>Vickers</i> HV 10					Rata-Rata
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	
BM	203	206	209	212	205	207,0
TS1	285	287	319	253	272	283,2
TS2	294	325	317	312	314	312,4
TS3	312	333	309	336	333	324,6
TS4	336	342	390	401	390	371,8

Keterangan :

- BM : *Base Metal* (AISI 3115)
- TS1 : *Thermal Spray*1 (Pelapisan *stainless steel 316* dengan arus 130 A)
- TS2 : *Thermal Spray*2 (Pelapisan *stainless steel 316* dengan arus 140 A)
- TS3 : *Thermal Spray*3 (Pelapisan *stainless steel 316* dengan arus 150 A)
- TS4 : *Thermal Spray*4 (Pelapisan *stainless steel 316* dengan arus 175 A)

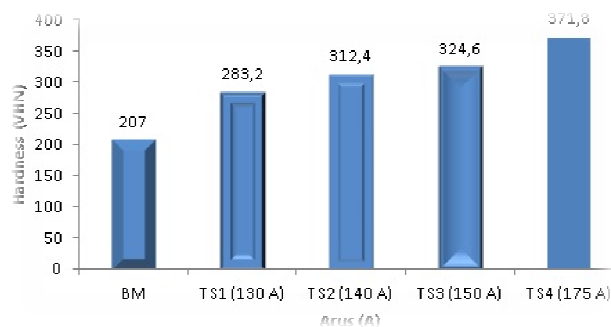
Terlihat pada Tabel 1 secara keseluruhan nilai kekerasan setelah dilapisi mengalami kenaikan dibanding *base metal* dengan nilai kekerasan 207 VHN. Akan tetapi pada setiap variasi arus mengalami nilai kekerasan yang berbeda. Untuk mempermudah pembacaan data hasil uji kekerasan akan ditampilkan pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan bahwa pelapisan dengan *wire stainless steel 316* mengalami peningkatan. Nilai kekerasan seiring dengan peningkatan arus proses electric arc spray pada arus 130 A, 140 A, 150 A dan 175 A masing – masing 283.2 VHN, 312.4 VHN, 324.6 VHN dan 371.8 VHN. Nilai kekerasan hasil pelapisan melebihi nilai kekerasan base metal. Nilai kekerasan yang paling tinggi terjadi pada arus 175 A dengan nilai kekerasan 371.8 VHN, dan yang paling rendah terjadi pada arus 130 A dengan nilai kekerasan 283.2 VHN. Hal ini terjadi dikarenakan variabel arus yang berbeda. Kekerasan lapisan thermal spray umumnya lebih rendah sebelum dilapiskan. Nilai kekerasan pada *wire stainless steel 316* sekitar 183 – 252 VHN. Sedangkan pada base metal AISI 3115 nilai kekerasannya maksimal 222 VHN.

Jika besaran arus listrik *thermal spray* meningkat maka kalor bertambah dan benda semakin panas maka terjadi kenaikan suhu. Bila suhu mencapai titik lebur suatu benda, maka benda akan berubah wujud dari padat menjadi cair. Sebagai akibatnya permukaan logam yang mencair semakin luas dan kecepatan pendinginan meningkat. Bahan cair *atomize* oleh udara terkompresi dan mendorong ke arah permukaan substrat. Partikel cair berdampak pada substrat dengan cepat mengeras untuk membentuk suatu lapisan.

Umumnya atomisasi udara digunakan dalam proses *wire arc spray*. Dalam atomisasi proses *wire arc spray*,

kadar oksida dari lapisan disemprot relatif tinggi akibat oksidasi dari material kawat cair. Kadar oksida yang lebih tinggi dapat meningkatkan kekerasan lapisan sehingga abrasi menurun dan ketahanan aus dari lapisan meningkat. Jadi semakin tinggi nilai arus maka semakin tinggi pula nilai kekerasan lapisan dengan *wire stainless steel 316*.



Gambar 2. Grafik Hasil Kekerasan Terhadap Arus

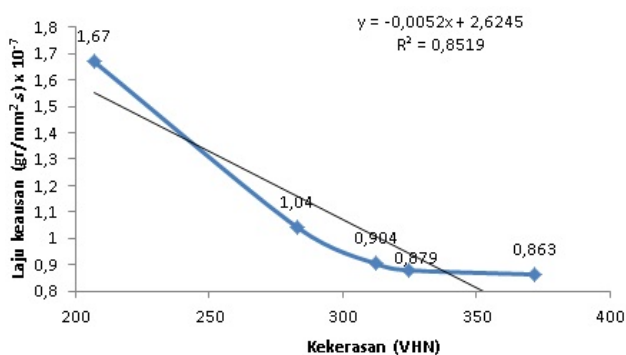
4.3 Hasil Uji Keausan

Pengujian laju keausan dilakukan di laboratorium pusat penelitian metalurgi – LIPI. Pengujian ini menggunakan standar pengujian ASTM G99 yaitu metode ogoshi. Pada metode ini benda uji mendapatkan beban gesek dari permukaan yang berputar dan di beri beban 200 gram, dengan menggunakan kecepatan putaran 100 rpm lalu memasang kertas abrasif (grit 220). Data yang diperoleh berupa reduksi berat spesimen uji sebelum dan sesudah terjadi gesekan. Hasil pengujian keausan yang terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Keausan

Kode Sampel	Berat (gram)			Nilai Rata-Rata (gram)
	Awal	Akhir	Kehilangan	
BM	69,3440	69,3380	0,0060	0,00710
	69,3380	69,3301	0,0079	
	69,3301	69,3227	0,0074	
TS1	97,7679	97,7634	0,0045	0,00440
	97,7634	97,7588	0,0046	
	97,7588	97,7547	0,0041	
TS2	101,3045	101,3003	0,0042	0,00383
	101,3003	101,2967	0,0036	
	101,2967	101,2930	0,0037	
TS3	132,7182	132,7140	0,0042	0,00373
	132,7140	132,7104	0,0036	
	132,7104	132,7070	0,0034	
TS4	78,3421	78,3382	0,0039	0,00366
	78,3382	78,3345	0,0037	
	78,3345	78,3311	0,0034	

Laju Keausan didapatkan dari hasil pembagian pengurangan berat dengan luas penampang dan waktu. Laju keausan diperlukan sebagai indikasi besarnya kekuatan material terhadap keausan, hasil perhitungan laju keausan pada spesimen *base metal* mempunyai nilai yang paling tinggi. Penurunan laju keausan terjadi pada sample yang mengalami peningkatan arus *electric arc spray*. Besarnya hasil pengujian keausan menunjukkan bahwa material memiliki keausan yang kecil menunjukkan material lebih tahan terhadap keausan.



Gambar 3. Hubungan Kekerasan Dengan Laju Keausan

Dari tabel dan grafik hasil penelitian dapat diketahui bahwa spesimen memiliki ketahanan terhadap keausan sebanding dengan peningkatan kekerasan pada permukaannya. Spesimen yang memiliki nilai kekerasan yang tinggi mempunyai nilai keausan yang rendah, sedangkan spesimen yang mempunyai nilai kekerasan yang rendah memiliki nilai keausan yang tinggi 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.

4.3 Hasil Uji Kekuatan Lekat

Pada pengujian ini menggunakan standar pengujian ASTM C-633 yang dilakukan di laboratorium pusat penelitian fisika – LIPI. Adapun hasil pengujian kekuatan lekat yang terlihat pada Tabel 3.

Dilihat dari tabel untuk *wire stainless steel 316* pada sample TS1 dengan arus 130 A nilai kekuatan tarik lapisannya sebesar 10.684 Mpa, pada sample TS2 dengan arus 140 A sebesar 10.607 MPa, dan pada sample TS3 dengan arus 175 A sebesar 11.246 MPa

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Kekuatan Lekat

Sample	Cross-Sectional Area (mm ²)	Max Load Bonding (N)	Bonding Strength (Mpa)
TS 1	720.7	7700	10.684
TS 2	720.7	7645	10.607
TS 3	720.7	8105	11.246

Umumnya atomisasi udara digunakan dalam proses *wire arc spray*. Dalam atomisasi proses *wire arc spray*, kadar oksida dari lapisan disemprot relatif tinggi akibat oksidasi dari material kawat cair. Namun, kadar oksida juga merugikan sifat pelapisan. Karena oksida dapat mengurangi kekuatan lekat antara lapisan dan substrat.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan data yang telah diuraikan pada bab sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Nilai kekerasan setelah dilapisi mengalami kenaikan dibanding BM (*base metal*) dengan nilai kekerasan 207 VHN. Grafik hubungan antara nilai kekerasan dengan arus dikatakan bahwa semakin tinggi nilai arus yang diberikan maka semakin tinggi pula nilai kekerasan pelapisannya. TS1 pada arus 130 A dengan nilai kekerasan lapisan 283,2 VHN, TS2 pada arus 140 A dengan nilai kekerasan lapisan 312,4 VHN, TS3 pada arus 150 A dengan nilai kekerasan lapisan 324,6 VHN dan TS4 pada arus 175 A dengan nilai kekerasan lapisan 371,8 VHN.
- Pada pengujian keausan dapat membandingkan antara spesimen *base metal* dengan spesimen *thermal spray*. Nilai laju keausan pada BM sebesar $1,67 \times 10^{-7}$ gram/mm².s. Dan pada spesimen *thermal spray* dengan meningkatnya arus proses *electric arc spray* berpengaruh pada penurunan tingkat laju keausan. Nilai laju keausan terendah diperoleh pada TS4 dengan arus 175 A sebesar $8,63 \times 10^{-8}$ gram/mm².s, TS3 dengan arus 150 A sebesar $8,79 \times 10^{-8}$ gram/mm².s, TS2 dengan arus 140 A sebesar $9,03 \times 10^{-8}$ gram/mm².s dan laju keausan tertinggi berada pada TS1 dengan arus 130 A sebesar $1,04 \times 10^{-7}$ gram/mm².s.
- Semakin tinggi nilai arus yang diberikan semakin tinggi pula kadar oksida yang diberikan. Namun,

kadar oksida juga merugikan sifat pelapisan. Karena oksida dapat mengurangi kekuatan lekat antara lapisan dan substrat. Hasil pengamatan yang dilakukan berbeda dengan teori di atas, TS2 pada arus 140 A dengan nilai kekuatan lekat lapisan 10,607 MPa lebih rendah daripada TS1 pada arus 130 A dengan nilai kekuatan lapisan 10,684 MPa. Dan kekuatan lekat lapisan tertinggi berada pada TS3 dengan arus 175 A sebesar 11,246 MPa.

5.2 Saran

Adapun saran yang bisa diberikan untuk penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut :

- Pada proses *electric arc spray* diusahakan spesimen dalam keadaan bersih dan rata pada permukaannya.
- Diharuskan memakai stand tegak lurus (90^0) pada proses *electric arc spray*.
- Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh parameter-parameter proses terhadap kekasaran dan laju korosi pada hasil *thermal spray coating*.

DAFTAR PUSTAKA

Riyanto dan Prawara, 2010, Mikrostruktur dan Karakterisasi Sifat Mekanik Lapisan Cr_3C_2 -NiAl- Al_2O_3 dengan menggunakan *High Velocity Oxygen Fuel Thermal Spray Coating*, Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik – LIPI, Bandung.

Saepulloh, 2012, Perbandingan Kualitas Lapisan Serbuk Nikel Kromium Aluminum (Metco 443NS) dengan Nikel Aluminum (Metco 450NS) Hasil Proses *Thermal Spray Coating*, Skripsi S1 Teknik Mesin FT UNTIRTA, Cilegon.

Pavel Ctibor, Viktor Benes, Radka Lecherova, 2009, *Invertigation of Porous Microstructure of Plasma Sprayed Coatings*, Czech Republic.

I. Gedzevicius, A.V. Valiulis, 2003, *Influence of The Particle Velocity on The Arc Spraying Coating Adhesion*, Lithuania.

I. Gedzevicius, A.V. Valiulis, 2003, *Analysis of Wire Arc Spraying Process Variables on Coatings Properties*, Lithuania.

Addendum, 2012, *Thermal Spray Methods*, This White Paper was Prepared by the ASM International Thermal Spray Society but is Available to Everyone.

Jiansirisomboon, S., 2005, *Effect of Thermal Spray Processes on Microstructures and Properties of Ni-20% Cr Coatings*, Thailand.