

**SKRIPSI**  
**PENGARUH VARIASI TEKANAN UDARA PADA**  
**PELAPISAN BAJA DENGAN ALUMINIUM**  
**MENGGUNAKAN ELECTRIC ARC WIRE SPRAY**  
**TERHADAP LAJU KOROSI DALAM AIR RAWA**  
**DAN AIR SAMPAH**



**ASRUL RASYID REDHO**  
**03051181419055**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**2018**

**SKRIPSI**  
**PENGARUH VARIASI TEKANAN UDARA PADA**  
**PELAPISAN BAJA DENGAN ALUMINIUM**  
**MENGGUNAKAN ELECTRIC ARC WIRE SPRAY**  
**TERHADAP LAJU KOROSI DALAM AIR RAWA**  
**DAN AIR SAMPAH**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana**  
**Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH:**  
**ASRUL RASYID REDHO**  
**03051181419055**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**2018**

## HALAMAN PENGESAHAN

# PENGARUH VARIASI TEKANAN UDARA PADA PELAPISAN BAJA DENGAN ALUMINIUM MENGUNAKAN ELECTRIC ARC WIRE SPRAY TERHADAP LAJU KOROSI DALAM AIR RAWA DAN AIR SAMPAH

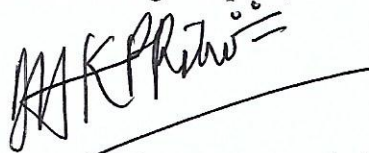
## SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

OLEH:  
ASRUL RASYID REDHO  
03051181419055

Indralaya, Juli 2018  
Diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing Skripsi I,



Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T  
NIP. 19630719 199003 2 001

Pembimbing Skripsi II,



Nurhabibah P. E. U., S.T., M.T  
NIP. 19891117 201504 2 003



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyad Yani, S.T., M.Eng., Ph.D  
NIP. 19711225 199702 1 001

JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

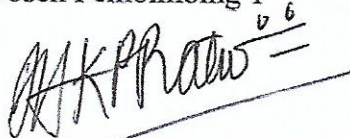
Agenda No. :  
Diterima Tanggal :  
Paraf :

## SKRIPSI

NAMA : ASRUL RASYID REDHO  
NIM : 03051181419055  
JURUSAN : TEKNIK MESIN  
JUDUL SKRIPSI : PENGARUH VARIASI TEKANAN UDARA  
PADA PELAPISAN BAJA DENGAN  
ALUMINIUM MENGGUNAKAN ELECTRIC  
ARC WIRE SPRAY TERHADAP LAJU  
KOROSI DALAM AIR RAWA DAN AIR  
SAMPAH  
DIBERIKAN : November 2017  
SELESAI : Mei 2018

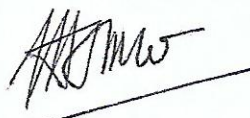
Palembang, Juli 2018  
Diperiksa dan disetujui oleh

Dosen Pembimbing 1



Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi M.T  
NIP. 19630719 199003 2 001

Dosen Pembimbing 2



Nurhabibah Paramitha Eka Utami, S.T M.T  
NIP. 19891117 201504 2 003

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin  
  
Irsyadi Yani, ST, M.Eng, Ph.D  
NIP. 19711225 199702 1 001

## HALAMAN PERSETUJUAN

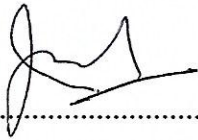
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Pengaruh Variasi Tekanan Udara pada Pelapisan Baja dengan Aluminium menggunakan Electric Arc Wire Spray terhadap Laju Korosi dalam Air Rawa dan Air Sampah” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 25 Juli 2018.

Indralaya, 25 Juli 2018

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

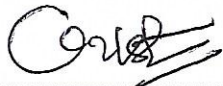
1. Gunawan S.T, M.T, Ph.D  
NIP. 19770507 200112 1 001



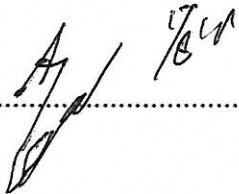
(.....)

Anggota :

1. Gustini S.T, M.T  
NIP. 19780824 200212 2 001
2. Agung Mataram S.T, M.T, Ph.D  
NIP. 19790105 200312 1 002

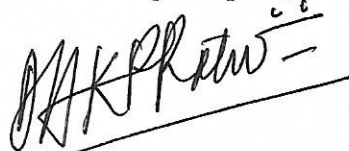


(.....)



(.....)

Pembimbing Skripsi I,



Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T  
NIP. 19630719 199003 2 001

Pembimbing Skripsi II,



Nurhabibah P. E. U., S.T, M.T  
NIP. 19891117 201504 2 003

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Ir. S.T, M.Eng, Ph.D  
NIP. 19711225 199702 1 001

## HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Asrul Rasyid Redho

NIM : 03051181419055

Judul : Pengaruh Variasi Tekanan Udara pada Pelapisan Baja dengan Aluminium menggunakan Electric Arc Wire Spray terhadap Laju Korosi dalam Air Rawa dan Air Sampah.

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, Juli 2018



Asrul Rasyid Redho  
NIM. 03051181419055

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Asrul Rasyid Redho

NIM : 03051181419055

Judul : Pengaruh Variasi Tekanan Udara pada Pelapisan Baja dengan Aluminium menggunakan Electric Arc Wire Spray terhadap Laju Korosi dalam Air Rawa dan Air Sampah.

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Juli 2018



[Asrul Rasyid Redho]

## KATA PENGANTAR

Pertama, penulis mengucapkan syukur dan berterimakasih kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat, karunia, dan anugerah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, adapun pihak tersebut:

1. Bapak Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya;
2. Bapak Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya;
3. Ibu Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T selaku dosen pembimbing ke 1 yang telah membimbing, mengarahkan, membantu dan memberikan ilmu serta motivasi yang baik sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini;
4. Ibu Nurhabibah Paramitha Eka Utami, S.T, M.T selaku dosen pembimbing ke 2 yang telah membimbing, mengarahkan, membantu dan memberikan ilmu serta motivasi yang baik sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini;
5. Bapak Dr. Fajri Vidian, S.T, M.T selaku Dosen pembimbing Akademik selama masa kuliah di Jurusan Teknik serta seluruh Bapak dan Ibu Dosen di Jurusan Teknik Mesin yang sudah memberikan ilmu yang bermanfaat dan pengarahan perihal jalannya masa perkuliahan;
6. Kedua Orang Tua saya A. Kadir Jailani dan Jamila yang telah mendidik, menyangi dan membesarkan saya sampai sekarang ini, serta keluarga-keluarga saya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu;
7. Para karyawan dan staff jurusan Teknik Mesin Kak Sapril, Kak Yanuar, Kak Yatno selaku koordinator Lab. Metallurgi Teknik Mesin, Kak Iwan selaku koordinator Lab. CNC/CAD Teknik Mesin yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini;



8. Kak Hengki Irawan, Kak Ikhsan, Kak Lipur, dan Kak Riza Affandi yang telah banyak memberi masukan dan wawasan kepada penulis;
9. Bapak Larasanto, Bapak Dedik, Bapak Iwan dan para karyawan CV. Cipta Agung Surabaya Jawa Timur yang telah menerima, memfasilitasi dan banyak membantu penulis dalam pembuatan spesimen;
10. Kompatriot asisten Lab. Metallurgi Teknik Mesin periode 2016-2017/2017-2018, Kak Yatno, Kak Fachrurozi S., Kak Estu Pujiono, Kak Pangoloan, Ahmad Fatoni, M. Iqbal Saputra, Nyai M. Adriansyah, Yogi Pratama, Fery Sastriawan, Didi Tri A. dan Raka Lanugra;
11. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin angkatan 2014 terutama yang sedang menggarap Skripsi, Habib Al Jufri, Furqon Alkahfi, Ahmad Fatoni, Beri Doyok, Redo Samba, Ilhamsyah Cengho, Iroki, Risky Up, Asep Sukety, Dwita Istiqomah serta konco-konco Komponen Teknik Mesin kelas A 2014;
12. Dan seluruh pihak yang telah membantu kelancaran dalam pengerjaan skripsi ini;

Dalam penulisan skripsi ini, penulis sadar masih terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran serta masukan yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk membantu dalam perbaikan. Penulis juga mengharapkan skripsi dengan judul “Pengaruh Variasi Tekanan Udara pada Pelapisan Baja dengan Aluminium menggunakan Electric Arc Wire Spray terhadap Laju Korosi dalam Air Rawa dan Air Sampah” dapat memberikan manfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi di negara Indonesia serta menjadi referensi bagi yang akan mengkaji dimasa yang akan datang.

Palembang, 25 Juli 2018

Penulis

Asrul Rasyid Redho  
NIM. 03051181419055

## RINGKASAN

Pengaruh Variasi Tekanan Udara Pada Pelapisan Baja Dengan Aluminium Menggunakan Electric Arc Wire Spray Terhadap Laju Korosi Dalam Air Rawa Dan Air Sampah

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, 25 Juli 2018

Asrul Rasyid Redho : Dibimbing oleh Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T dan Nurhabibah Paramitha Eka Utami, S.T, M.T

The Influence Of Air Pressure Variations On Metal Coating With Aluminium Using Electric Arc Wire Spray Against Corrosion Rate In Swamp Water And Waste Water

xliv + 68 halaman, 14 tabel, 51 gambar, 29 Lampiran

### RINGKASAN

*Electric arc wire spray* adalah salah satu metode *thermal spray* yang menggunakan energi *thermal* listrik serta tekanan udara untuk menyemprotkan partikel lelehan material *coating* menuju ke permukaan *substrate*. Material *coating* yang digunakan pada metode ini adalah 2 kawat yang mempunyai kutub berbeda. Material *coating* berbentuk kawat tersebut akan dilebur dengan busur listrik yang tinggi. Metode pelapisan logam *electric arc wire spray* secara teknis relatif mudah dilaksanakan, ekonomis serta dapat *diupgrade* atau diperbaiki. Pada penelitian ini pelapisan dilakukan pada *substrate* baja karbon rendah dengan dimensi  $D = 2 \text{ inch} \times T = 8 \text{ mm}$ . *Wire* yang digunakan adalah tafa *arc spray* 01T aluminium *wire* dengan komposisi aluminium murni. Parameter yang di variasikan adalah tekanan udara pada saat penyemprotan sebesar 5 dan 6 Bar, dengan tujuan untuk mengkaji dan memahami pengaruh variasi tekanan udara terhadap sifat fisik, mekanik dan laju korosi hasil *coating* aluminium. Parameter yang dianggap sama dan konstan menyesuaikan dengan mesin yang digunakan antara lain jarak penyemprotan 250 mm, sudut penyemprotan  $90^\circ$ , *nozzle* yang digunakan tipe *long cross*, waktu penyemprotan 1 menit, arus yang digunakan 150 A, voltase yang digunakan 28,1 V serta pola penyemprotan untuk semua spesimen yaitu *2 layer crossing*. Hasil pengujian komposisi kimia *substrate* merupakan baja karbon rendah dengan kandungan karbon 0,244% . Hasil pengujian ketebalan menunjukkan spesimen dengan tekanan udara 5 Bar lebih tebal dari spesimen dengan tekanan udara 6 Bar. Hasil pengujian kekerasan menggunakan alat *vickers hardness tester* menunjukkan spesimen tekanan udara 6 Bar nilai kekerasan lebih tinggi dengan nilai kekerasan rata-rata sebesar 33,4 VHN sedangkan nilai kekerasan rata-rata spesimen tekanan udara 5 Bar sebesar 29,9 VHN. Hasil Pengujian

korosi dengan metode *immersion total* pada media korosif air rawa dan air sampah dengan waktu 600 jam menunjukkan bahwa spesimen *raw material* atau tanpa proteksi mempunyai laju korosi tertinggi sedangkan laju korosi terendah terjadi pada spesimen tekanan udara 6 Bar. Hasil pengamatan struktur mikro sebelum etsa menunjukkan jumlah porositas pada spesimen tekanan udara 5 Bar lebih banyak sedangkan pada spesimen tekanan udara 6 Bar jumlah porositas lebih sedikit. Pengamatan setelah etsa menunjukkan ukuran dendrit spesimen tekanan udara 6 Bar lebih kecil sedangkan dendrit pada spesimen tekanan udara 5 Bar ukuran dendrit lebih besar. Pengamatan SEM menunjukkan bahwa spesimen tekanan udara 5 Bar mempunyai struktur lapisan berpori dengan dimensi yang besar serta ukuran dendrit juga besar sedangkan pada spesimen tekanan udara 6 Bar struktur lapisan lebih padat dengan dimensi porositas yang lebih kecil serta ukuran dendrit juga lebih kecil. Hasil EDX pada partikel aluminium yang menempel pada *substrate* menunjukkan pada spesimen tekanan udara 5 Bar terdapat unsur pengotor yang berasal dari debu dan kotoran hasil proses *sand blasting* sedangkan pada spesimen 6 Bar tidak terdapat unsur pengotor.

**Kata Kunci:** *Electric arc wire spray*, Tekanan udara, Aluminium, Ketebalan, Kekerasan, Laju Korosi, Struktur Mikro, *Scanning Electron Microscope*, *Energy Dispersive X-Ray*.

Kepustakaan : 36 (1982-2017)

## SUMMARY

The Influence Of Air Pressure Variations On Metal Coating With Aluminium Using Electric Arc Wire Spray Against Corrosion Rate Of Swamp Water And Waste Water

Final Project, 25 Juli 2018

Asrul Rasyid Redho : Guided by. Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T and Nurhabibah Paramitha Eka Utami, S.T, M.T

Pengaruh Variasi Tekanan Udara Pada Pelapisan Baja Dengan Aluminium Menggunakan Electric Arc Wire Spray Terhadap Laju Korosi dalam Air Rawa dan Air Sampah

xliv + 68 pages, 14 tables, 51 pictures, 29 attachmens

## SUMMARY

Electric arc wire spray is one of the methods of thermal spray that uses electric thermal energy and the air pressure for spraying molten coating material particles heading to the surface substrate. Coating material that is used in this method is a 2 wire that has a different pole. The wire shaped coating material will be melted with an electric arc. Metal coating method of electric arc wire spray is technically relatively easy to implement, economical and can be upgraded or repaired. Study on the coating made on low carbon steel substrate with dimension  $D = 2 \text{ inch} \times T = 8 \text{ mm}$ . Wire used is a tafa arc spray 01T aluminium wire with composition of pure aluminium. The parameters in the vary is the air pressure at the time of spraying of 5 and 6 Bar, with the aim to examine and understand the influence of variations in air pressure against the physical and mechanical properties, the rate of corrosion of aluminium coating results. The parameters being equal and constant adjusting with machines that are used among others spraying distance 250 mm, angle  $90^\circ$ , spraying nozzle used long cross type, spraying time 1 minute, the current used 150 A, voltage used 28.1 V as well as spraying pattern for all specimens, i.e. 2 layer crossing. The results of the testing of the chemical composition of the substrate is low carbon steel with a carbon content of 0,244%. The test results show the thickness of the specimen with the air pressure 5 Bar is thicker than the specimen with an air pressure 6 Bar. Hardness test results using vickers hardness tester indicates the specimen air pressure 6 Bar higher hardness values with average value of the hardness on 33.4 VHN while the average value of the hardness specimen air pressure 5 Bar of 29.9 VHN. Corrosion test results with the immersion total method in the corrosive medium of swamp water and waste water with 600 hours of time indicates that the specimen of

raw material or without protection have the highest corrosion rate whereas the lowest rate of corrosion occurred in specimen air pressure 6 Bar. Microstructure observation of results before etching showing the number of porosity on the specimen air pressure 5 Bar a lot more while on the specimen air pressure 6 Bar the amount of porosity less. Observations after etching shows the size of the dendrite specimen air pressure 6 Bar smaller while the dendrite in specimen air pressure 5 Bar size greater. SEM observation of specimen shows that air pressure 5 Bar has a porous layer of structure with large dimensions and the size of the dendrite are also great while on the specimen air pressure 6 Bar layers more solid structure with dimensions of porosity is smaller size and dendrite is also smaller. EDX results on aluminium particles that stick to the substrate shows the specimen air pressure 5 Bar there is an element of a pollutant comes from dust and dirt sand blasting process while the results on specimen 6 Bar there is no impurity elements.

**Keywords:** Electric arc wire spray, Air Pressure, Aluminium, Thickness, Hardness, Corrosion Rate, Microstructure, Scanning Electron Microscope, Energy Dispersive X-Ray.

Citations : 36 (1982-2017)

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN AGENDA .....	v
HALAMAN PERSETUJUAN .....	vii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	ix
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS .....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
RINGKASAN .....	xv
SUMMARY .....	xvii
DAFTAR ISI .....	xix
DAFTAR GAMBAR .....	xxiii
DAFTAR TABEL .....	xxv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxvii
DAFTAR SIMBOL.....	xxix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	3
1.3    Batasan Masalah.....	3
1.4    Tujuan Penelitian .....	3
1.5    Manfaat Penelitian .....	4
1.6    Sistematika Penulisan .....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1    Pelapisan Logam .....	5
2.1.1 <i>Electroplating</i> .....	5
2.1.2 <i>Clad Coating</i> .....	6
2.1.3 <i>Diffusion Coating</i> .....	6
2.1.4 <i>Hot Dipping</i> .....	6
2.1.5 <i>Thermal Spray</i> .....	7

2.2	<i>Thermal Spray Coating</i> .....	7
2.2.1	<i>Electric Arc Wire Spray</i> .....	9
2.3	<i>Material Coating</i> .....	11
2.3.1	<i>Aluminium Coating</i> .....	11
2.4	Pengaruh Tekanan Udara .....	13
2.5	<i>Sand Blasting</i> .....	15
2.6	Baja.....	16
2.7	Korosi .....	17
2.8	Dasar-Dasar Pengujian .....	18
2.8.1	Pengujian Komposisi Kimia.....	18
2.8.2	Pengujian Ketebalan .....	19
2.8.3	Pengujian Kekerasan .....	19
2.8.4	Pengujian Korosi .....	20
2.8.5	Pengamatan Struktur Mikro .....	21
2.8.6	Pengamatan SEM & EDX .....	22
BAB 3 METODELOGI PENELITIAN .....		23
3.1	Diagram Alir .....	23
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian .....	24
3.3	Alat Penelitian .....	24
3.4	Bahan Penelitian.....	30
3.4.1	Bahan <i>Substrate</i> .....	30
3.4.2	Bahan <i>Material Coating</i> .....	31
3.5	Persiapan Benda Uji .....	31
3.5.1	Dimensi Spesimen .....	31
3.5.2	Preparasi Spesimen.....	32
3.6	Proses Pelapisan .....	35
3.7	Prosedur Pengujian.....	36
3.7.1	Pengujian Komposisi Kimia.....	36
3.7.2	Pengujian Ketebalan .....	37
3.7.3	Pengujian Kekerasan .....	38
3.7.4	Pengujian Korosi .....	39
3.7.5	Pengamatan Struktur Mikro .....	39

3.7.6	Pengamatan SEM & EDX.....	40
3.8	Hasil Yang Diharapkan .....	41
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN .....		43
4.1	Hasil Pengujian Komposisi Kimia .....	43
4.1.1	Hasil Pengujian Komposisi Kimia <i>Substrate</i> .....	43
4.1.2	Komposisi Kimia Material <i>Coating</i> .....	44
4.1.3	Hasil Uji Komposisi Kimia Media Korosif.....	44
4.2	Hasil Pengujian Ketebalan .....	45
4.3	Hasil Pengujian Kekerasan .....	47
4.4	Hasil Pengujian Korosi .....	48
4.5	Pengamatan Struktur Mikro .....	51
4.5.1	Pengamatan Sebelum Etsa .....	51
4.5.2	Pengamatan Setelah Etsa.....	54
4.6	Pengamatan SEM & EDX.....	56
4.6.1	Pengamatan SEM Pada <i>Coating</i> Tekanan Udara 5 Bar .....	56
4.6.2	Pengamatan SEM Pada <i>Coating</i> Tekanan Udara 6 Bar .....	58
4.6.3	EDX <i>Coating</i> Tekanan Udara 5 Bar.....	59
4.6.4	EDX <i>Coating</i> Tekanan Udara 6 Bar.....	61
4.7	Pembahasan.....	63
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....		67
5.1	Kesimpulan .....	67
5.2	Saran.....	68
DAFTAR RUJUKAN .....		i
LAMPIRAN .....		i



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip dasar <i>thermal spray</i> .....	9
Gambar 2.2 Skema <i>electric arc wire spray</i> .....	10
Gambar 2.3 Pengaruh tekanan udara terhadap porositas .....	14
Gambar 2.4 Pengaruh jarak dan tekanan udara terhadap porositas, oksidasi dan kekerasan hasil pelapisan .....	15
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian .....	23
Gambar 3.2 Mesin <i>electric arc wire spray</i> miller deltaweld 602.....	24
Gambar 3.3 Mesin yang digunakan pada proses <i>sand blasting</i> .....	25
Gambar 3.4 <i>Positive material identification</i> (PMI).....	26
Gambar 3.5 Mikroskop optik olympus <i>zoom stereomicroscope</i> SZ61 .....	26
Gambar 3.6 Alat uji kekerasan <i>vickers hardness tester</i> tipe VKH-2E.....	27
Gambar 3.7 Neraca analitis dan peralatan uji korosi.....	27
Gambar 3.8 Mikroskop optik olympus STM6-LM .....	27
Gambar 3.9 Alat SEM & EDX zeiss evo MA10.....	28
Gambar 3.10 Mesin gergaji potong .....	28
Gambar 3.11 Mesin bubut .....	28
Gambar 3.12 Jangka sorong .....	29
Gambar 3.13 Amplas berbagai ukuran.....	29
Gambar 3.14 Media korosif (Air Rawa Gasing Tg. Api-Api) .....	29
Gambar 3.15 Media korosif (Air Sampah TPA Sukawinatan) .....	30
Gambar 3.16 Baja karbon rendah yang digunakan sebagai <i>substrate</i> .....	30
Gambar 3.17 Material <i>coating</i> tafa <i>arc spray</i> 01T aluminium <i>wire</i> .....	31
Gambar 3.18 Dimensi spesimen yang digunakan .....	32
Gambar 3.19 Proses pemotongan spesimen .....	32
Gambar 3.20 Proses bubut spesimen.....	33
Gambar 3.21 Spesimen yang sudah dipotong .....	33
Gambar 3.22 Proses <i>sand blasting</i> spesimen .....	34
Gambar 3.23 Spesimen yang sudah di <i>sand blasting</i> .....	35

Gambar 3.24 Proses pelapisan aluminium dengan menggunakan metode <i>electric arc wire spray</i> .....	36
Gambar 3.25 Alat uji komposisi kimia <i>positive material identification</i> (PMI)	37
Gambar 3.26 Alat uji ketebalan olympus <i>zoom stereomicroscope SZ61</i> .....	38
Gambar 3.27 Alat uji kekerasan <i>vickers hardness tester</i> tipe VKH-2E .....	38
Gambar 3.28 Pengujian laju korosi <i>immersion total</i> .....	39
Gambar 3.29 Pengamatan struktur mikro.....	40
Gambar 3.30 Pengamatan SEM & EDX .....	41
Gambar 4.1 Grafik hasil pengujian ketebalan spesimen 5 Bar dan 6 Bar .....	46
Gambar 4.2 Grafik pengujian kekerasan spesimen tekanan 5 Bar dan 6 Bar ..	47
Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian korosi.....	50
Gambar 4.4 Spesimen tekanan udara 5 Bar sebelum etsa 200x .....	51
Gambar 4.5 Porositas aluminium tekanan udara 5 Bar perbesaran 500x .....	52
Gambar 4.6 Spesimen tekanan udara 6 Bar sebelum etsa 200x .....	53
Gambar 4.7 Porositas aluminium tekanan udara 6 Bar perbesaran 500x .....	53
Gambar 4.8 Spesimen tekanan udara 5 Bar setelah etsa 200x .....	54
Gambar 4.9 Spesimen tekanan udara 6 Bar setelah etsa 200x .....	55
Gambar 4.10 Celah <i>substrate</i> dan lapisan aluminium 5 Bar perbesaran 100x .	57
Gambar 4.11 Pengamatan SEM aluminium <i>coating</i> 5 Bar perbesaran 1000x .	57
Gambar 4.12 Celah <i>substrate</i> dan lapisan aluminium 6 Bar perbesaran 100x .	58
Gambar 4.13 Pengamatan SEM aluminium <i>coating</i> 6 Bar perbesaran 1000x .	59
Gambar 4.14 Aluminium 5 Bar yang dilakukan pengujian EDX .....	60
Gambar 4.15 Grafik hasil pengujian EDX pada aluminium <i>coating</i> 5 Bar.....	60
Gambar 4.16 Aluminium 6 Bar yang dilakukan pengujian EDX .....	61
Gambar 4.17 Grafik hasil pengujian EDX pada aluminium <i>coating</i> 6 Bar.....	62

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik metode <i>thermal spray</i> .....	9
Tabel 3.1 Spesifikasi mesin miller deltaweld 602.....	25
Tabel 3.2 Spesifikasi mesin <i>sand blasting</i> .....	26
Tabel 3.3 Komposisi kimia <i>brown aluminium oxide</i> .....	34
Tabel 3.4 Parameter yang dianggap sama dan konstan.....	36
Tabel 4.1 Komposisi kimia <i>substrate</i> .....	43
Tabel 4.2 Komposisi kimia media korosif air rawa .....	44
Tabel 4.3 Komposisi kimia media korosif air sampah.....	45
Tabel 4.4 Nilai ketebalan dari spesimen 5 Bar dan 6 Bar .....	46
Tabel 4.5 Dimensi spesimen pengujian korosi.....	49
Tabel 4.6 Data penimbangan berat awal dan berat akhir .....	49
Tabel 4.7 Data hasil perhitungan laju korosi.....	50
Tabel 4.8 Persentase unsur dari aluminium <i>coating</i> 5 Bar.....	60
Tabel 4.9 Persentase unsur dari aluminium <i>coating</i> 6 Bar.....	62

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A-1 Dokumentasi Proses .....	i
---------------------------------------	---

## DAFTAR SIMBOL

Lambang	Keterangan	Satuan
VHN	<i>Vickers Hardness Number</i>	VHN
1.854	$2 \times \sin$ (Sudut piramida intan/2)	-
P	Beban yang digunakan	KG
$d^2$	Diagonal indentor	mm <sup>2</sup>
MPY	<i>Mils Per Year</i>	MPY
K	Konstanta untuk MPY	K
$\Delta W$	Kehilangan berat	Gram
A	Luas permukaan terkorosi	cm <sup>2</sup>
T	Rentan waktu yang digunakan	Hour
$\rho$	Massa jenis material	gram/cm <sup>3</sup>

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Ketika teknik manufaktur dan proses produksi baja menjadi lebih produktif dan efisien. Baja semakin menjadi primadona material utama berbagai sektor seperti konstruksi infrastruktur, jembatan, *chasis* kendaraan bermotor, kereta api, lambung kapal, dan macam-macam perkakas. Pemilihan baja karbon rendah sebagai material utama didasarkan atas mudahnya baja karbon rendah dijumpai dipasaran. Walaupun sifat dari baja karbon rendah relatif lunak dan lemah, tetapi baja karbon rendah mempunyai keunggulan seperti sifat ulet dan tangguh yang luar biasa. Selain itu, baja karbon rendah memiliki sifat mampu ditempa, mampu mesin, dan mudah di las. Musuh utama dari baja adalah korosi yang merupakan degradasi atau kerusakan material yang disebabkan reaksi dengan lingkungannya. Dampak dari korosi yaitu turunnya kualitas dari baja, sehingga menyebabkan baja tersebut rusak atau umur pakainya tidak sesuai dengan yang diperkirakan. Maka dari itu perlu dicari suatu cara untuk dapat merubah sifat dan karakteristik dari suatu logam atau material tersebut, salah satunya adalah dengan melakukan pelapisan logam (Afandi et al., 2015).

Aluminium adalah salah satu jenis logam yang paling banyak terdapat di bumi. Aplikasinya luas, mulai dari industri otomotif sampai kesehatan serta logam ini sangat penting dalam perkembangan dunia penerbangan. Aluminium mempunyai sifat menguntungkan yang tidak dimiliki oleh logam lain seperti ringan, tahan korosi, penghantar listrik serta panas yang baik. Massa jenis aluminium hanya 2,7 gram/cm<sup>3</sup> atau kira-kira sepertiga berat jenis baja. Salah satu hal yang perlu diperhatikan pada alat transportasi seperti harus dibuat dengan berat yang ringan sehingga dapat mengangkut beban lebih banyak. Oleh karena itulah aluminium sering sekali dipakai pada kendaraan bermotor, bagian-bagian pesawat terbang, dan alat transportasi lainnya (Rochman et al., 2010).

*Thermal spray* adalah pelapisan yang dirancang untuk meningkatkan kualitas produk original untuk dapat berumur lebih panjang maupun dapat bertahan terhadap erosi, abrasi, korosi dan oksidasi. Energi *thermal* yang digunakan untuk melelehkan material pelapis dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu pembakaran (*oxyfuel wire spray*, *oxyfuel powder spray*, dan *high velocity oxygen fuel*) dan panas listrik (*plasma spray*, dan *electric arc wire spray*) (Cotell et al., 1994).

*Electric arc wire spray* adalah salah satu metode pelapisan logam dengan cara menyemprotkan material *coating* yang meleleh dengan tekanan udara menuju permukaan *substrate*. Pada metode *electric arc wire spray* ini material *coating* yang digunakan adalah 2 kawat yang mempunyai kutub berbeda. Kawat tersebut dilebur menggunakan busur arus listrik yang tinggi. Metode pelapisan *electric arc wire spray* secara teknis relatif mudah dilaksanakan, ekonomis serta dapat diupgrade dan diperbaiki. Proses pelapisan yang hanya menggunakan panas listrik dan kompresi udara menyebabkan peralatan lebih mudah untuk dipindahkan dari satu instalasi ke yang lain, dan menghilangkan kebutuhan untuk oksigen dan pasokan bahan bakar gas. Kualitas produk hasil *electric arc wire spray* dapat dikendalikan dengan mengatur tekanan udara, jarak *nozzle*, bentuk *nozzle*, kondisi *feed control*, dan daya (Vuoristo, 2014).

Pada aplikasi *electric arc wire spray* kali ini penulis akan menggunakan material *coating* tafa *arc spray* 01T aluminium *wire* yang diharapkan dapat merubah sifat dari logam induk supaya lebih tahan terhadap korosi dengan biaya yang tergolong ekonomis. Parameter yang akan divariasikan pada penelitian kali ini yaitu tekanan udara saat penyemprotan. Pelapisan logam menggunakan metode *electric arc wire spray* dengan tekanan udara yang divariasikan sebesar 5 Bar dan 6 Bar dengan batasan masalah yang dianggap sama seperti jarak penyemprotan, kekasaran *substrate*, *nozzle*, dan waktu penyemprotan sedangkan *feed control*, arus dan voltase dianggap konstan sesuai mesin yang dipakai. Berdasarkan permasalahan diatas, penulis tertarik mengangkat dan membuat judul skripsi yang berjudul: **“Pengaruh Variasi Tekanan Udara Pada Pelapisan Baja Dengan Aluminium Menggunakan *Electric Arc Wire Spray* Terhadap Laju Korosi Dalam Air Rawa Dan Air Sampah”**.

## 1.2 Rumusan Masalah

Pada umumnya *electric arc wire spray* menggunakan tekanan 4-5 Bar pada saat penyemprotan. Pada penelitian ini metode *electric arc wire spray* memakai *wire* aluminium murni dengan memvariasikan tekanan udara saat penyemprotan sebesar 5 Bar dan 6 Bar, yang akan diaplikasikan pada *substrate* baja karbon rendah. Pada penelitian ini akan dipelajari pengaruh dari tekanan udara terhadap sifat fisik (dendrit dan porositas), sifat mekanik (nilai kekerasan) serta laju korosi dari lapisan aluminium hasil *electric arc wire spray*.

## 1.3 Batasan Masalah

Banyaknya permasalahan yang timbul maka diperlukan pembatasan masalah. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini, antara lain:

1. *Substrate* adalah baja karbon rendah yang tidak mengalami pemanasan awal.
2. *Feed control*, voltase dan arus dianggap konstan sesuai dengan mesin yang digunakan.
3. Jarak penyemprotan, waktu penyemprotan, kekasaran *substrate*, sudut, dan bentuk *nozzle* dianggap sama.
4. Media pengkorosif spesimen yaitu air rawa & air sampah.
5. Pengujian yang dilakukan adalah uji komposisi kimia, uji ketebalan, uji kekerasan, uji korosi, pengamatan struktur mikro, SEM dan EDX.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Mengkaji dan memahami pengaruh variasi tekanan udara pada hasil pelapisan baja dengan aluminium terhadap sifat fisik dan mekanik serta laju korosi menggunakan metode *electric arc wire spray*.



## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian skripsi ini antara lain:

1. Pengaplikasian ilmu teknik mesin.
2. Dapat dijadikan sebagai referensi metode pelapisan *electric arc wire spray* lainnya dengan variasi tekanan udara.
3. Sebagai masukan bagi industri yang bergerak pada bidang pelapisan.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini dilakukan dengan menggunakan sistematika untuk membuat konsep penulisan yang berurutan, sehingga didapat kerangka secara garis besar. Adapun sistematika penulisan tersebut digambarkan dalam bab-bab yang saling berkaitan satu sama lain:

- BAB 1 : Merupakan pendahuluan yang berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat dari penulisan serta sistematika penulisan.
- BAB 2 : Berisikan dasar teori yang berhubungan dengan penelitian ini.
- BAB 3 : Berisikan metodologi penelitian.
- BAB 4 : Berisikan analisa dan pembahasan dari data yang didapat selama penelitian.
- BAB 5 : Berisikan kesimpulan hasil penelitian dan saran tentang penelitian dari hasil yang didapat.

## DAFTAR RUJUKAN

- Afandi, Y.K., Arief, I.S., Amiadji, 2015. Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating. *Jurnal Teknik ITS*, 4 (1): 1–5.
- Ahnia, F., Demri, B., 2012. Surface & Coatings Technology Evaluation of Aluminum Coatings in Simulated Marine Environment. *Surface & Coatings Technology*, 220 (2013): 232–236. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2012.12.011>
- ASTM D 4417, 1999. Standard Test Methods for Field Measurement of Surface Profile of Blast Cleaned, in: ASTM Volume 06.02 Products and Applications Protective Coatings Pipeline Coatings. ASTM International, Pennsylvania, pp. 1–3. <https://doi.org/10.1520/D4417>
- ASTM G1-03, 1999. Standard Practice for Preparing , Cleaning , and Evaluating Corrosion Test, in: ASTM Volume 03.02 Wear and Erosion Metal Corrosion. ASTM International, Pennsylvania, pp. 1–9.
- ASTM G 31-72, 2004. Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals 1, in: ASTM Volume 03.02 Wear and Erosion Metal Corrosion. ASTM International, Pennsylvania, pp. 1–8.
- Callister Jr., W.D., 2007. Materials Science and Engineering, 7th ed. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Cotell, C.M., Sprague, J.A., Smidt Jr., F.A., 1994. Volume 5 Surface Engineering, in: Simon, J.G., Langer, E.L. (Eds.), ASM Handbook. ASM International, Ohio, p. 1056.
- Daengmool, R., Wirojanupatump, S., Jiansirisomboon, S., Sopadang, A., 2010. Effect of Spray Parameters on Stainless Steel Arc Sprayed Coating. *MPO3* 2–4.
- Fang, J.C., Xu, W.J., Zhao, Z.Y., 2005. Arc spray forming. *Journal of Materials Processing Technology*, 164–165 1032–1037. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2005.02.165>
- Foley, R.T., Nguyen, T.H., 1982. The Chemical Nature of Aluminum Corrosion (March): 464–467.
- Fontana, M.G., 1987. Corrosion Engineering, 3rd ed, McGraw-Hill. McGraw-Hill, Singapore.
- Hajati, N.L., Herbudiman, B., Hazairin, Suryanto, C., 2006. Kajian Pengaruh Tebal Lapisan Coating. *Media Teknik Sipil* 75–82.
- Hasa, M.H. Al, 2010. Pengaruh Temperatur Heat-Treatment terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Paduan Al-Fe-Ni. *Jurnal Rekayasa Proses*, 4 (2): 51–55.
- Julinawati, Marlina, Nasution, R., Sheilatina, 2015. Applying SEM-EDX

- Techniques to Identifying the Types of Mineral of Jades ( Giok ) Takengon, Aceh. *Jurnal Natural*, 15 (2): 44–48.
- Karyono, T., Budinto, Pamungkas, R.G., 2017. Analisis Teknik Pencegahan Korosi Pada Lambung Kapal dengan Variasi Sistem Pencegahan ICCP Dibandingkan dengan SACP. *Jurnal Pendidikan Profesional*, 6 (1): 7–17.
- Knight, R., 2009. Why thermal spray may be the most flexible industrial coating technology available today 1–30.
- Kosasih, A.N., Zainuri, M., 2012. Sintesis dan Karakterisasi Sifat Magnetik Serbuk Barium M-Heksaferrit dengan Doping Ion Zn pada Variasi Temperatur Rendah. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1 (1): 52–54.
- Lee, H.-S., Singh, J.K., Ismail, M.A., Bhattacharya, C., 2016. Corrosion Resistance Properties of Aluminum Coating Applied by Arc Thermal Metal Spray in SAE J2334 Solution with Exposure Periods. *Metals*, 6 (55): 1–15. <https://doi.org/10.3390/met6030055>
- Majanasastra, R.B.S., 2016. Analisis Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Hasil Proses Hydroforming pada Material Tembaga ( Cu ) C84800 dan Aluminium Al 6063. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 4 (2): 15–30.
- Malek, M.H.A., Saad, N.H., Abas, S.K., 2015. Mechanical Properties of Thermal Arc Spray Aluminium Coating in Atmospheric Condition. *Jurnal Teknologi (Science & Engineering)*, 76 (10): 53–57. <https://doi.org/10.11113/jt.v76.5795>
- Malek, M.H.A., Saad, N.H., Abas, S.K., Roselina, N.R.N., Shah, N.M., 2013. Performance and Microstructure Analysis of 99.5% Aluminium Coating by Thermal Arc Spray Technique. *Procedia Engineering*, 68 (MITC): 558–565. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.12.221>
- Metco, S., 2016. An Introduction to Thermal Spray (6): 1–24.
- Munasir, M., 2009. Laju Korosi Baja SC-42 dalam Medium Air Laut dengan Metode Immers Total. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan, dan Penerapan MIPA* 1–9.
- Pradana, R.B., Kromodiharjo, S., 2016. Studi Eksperimen Pengaruh Tekanan dan Waktu Sandblasting Terhadap Kekasaran Permukaan, Biaya, dan Kebersihan pada Pelat Baja Karbon Rendah di PT. Swadya Graha. *Jurnal Teknik ITS*, 5 (2): 2–6.
- Rochman, R., Hariyati, P., Purbo, C., 2010. Karakterisasi Sifat Mekanik dan Pembentukan Fasa Presipitat pada Aluminium Alloy 2024 – T 81 Akibat Perlakuan Penuaan. *Mekanika*, 8 (2): 165–171.
- Saputra, R.I., Kurniasari, R., Affandi, S., 2012. Pelapisan Baja dengan Nanosilika Secara Elektroforesis Untuk Perlindungan Terhadap Korosi. *Jurnal Teknik POMITS*, 1 (1): 1–3.
- Setiawan, S., Setiyorini, Y., 2013. Pengaruh Variasi Sudut Nozzle dan Jarak Nozzle Pada Arc Spray Coating Terhadap Ketahanan Abrasif Lapisan 13% Chrome Steel. *Jurnal Teknik POMITS*, 2 (1): 1–7.