

## ANALISIS PENGARUH VARIASI TEKANAN GAS DAN PERSENTASE KETEBALAN LAPISAN *BOUNDING* DAN *COATING* PADA PROSES *REBUILD-UP* MATERIAL BAJA AISI 1045 DENGAN METODE *ARC SPRAY* TERHADAP TINGKAT KEREKATAN ANTAR LAPISAN

Fathani Adhitya Mamang<sup>1</sup>, Bachtiar<sup>2</sup>, Imam Khoirul Rohmat<sup>3</sup>, Adri Fato<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

<sup>4</sup>Universitas Dian Nusantara

Email: fathaniadhitya@gmail.com<sup>1</sup>, bachtiar@ppns.ac.id<sup>2</sup>, imamkhoirulrohmat@ppns.ac.id<sup>3</sup>, adri.pato@undira.ac.id<sup>4</sup>

### Abstrak

Setiap komponen mesin memiliki daya tahan yang dapat menurun dan mengalami keausan karena gesekan secara terus menerus. Metode *thermal spray* merupakan salah satu alternatif rekayasa material yang dapat digunakan. Jenis *thermal spray* yang sering dijumpai dalam industri ialah *Arc Spray*. Namun, pada pelapisan ini memiliki kendala yaitu terjadi pengelupasan logam pelapis dengan *substrate*. Dalam penelitian ini, diambil salah satu variabel yang memiliki andil dalam mengelupasnya lapisan pelapis. Variabel yang dibandingkan ialah jumlah ketebalan lapisan *bounding* dan *coating* sebesar 1 mm dengan persentase 50% : 50% dan 30% : 70%. Variasi lainnya yang digunakan ialah tekanan gas sebesar 2 Bar, 3 Bar dan 4 Bar pada proses *rebuild-up* material AISI 1045. Spesimen dengan persentase ketebalan 30% : 70% memiliki perbedaan nilai kuat tarik yang signifikan dibanding dengan persentase ketebalan 50% : 50% dengan selisih rata – rata 5,02 MPa; 4,8975 MPa dan 3,29 MPa pada spesimen dengan tekanan gas 2 bar; 3 bar; 4 bar. Dimana pengaruh persentase ketebalan *bound coat* dan *top coat* memiliki persentase pengaruh sebesar 21,12% pada masing – masing lapisannya. Seiring peningkatan tekanan gas menghasilkan nilai kerekatan yang lebih tinggi sebab semakin tinggi gas, semakin kecil porositas yang dapat dibuktikan dalam uji mikrostruktur.

**Kata Kunci:** *Arc Spray, Tekanan Gas, Presentase Lapisan, Struktur Mikro, Tingkat Kerekatan*

### Abstract

*Each engine component has the durability that can decrease and wear due to continuous friction. The thermal spray method is an alternative that is used. The type of thermal spray that is found in the industry is Arc Spray. However, the peeling of the coating metal with the substrate is one of the problems. In this study, the variables that have contributed to the peeling of the coating layer were taken. The variables compared are the total thickness of the bounding and coating layers of 1 mm with a percentage of 50% : 50% and 30% : 70%. Another variation is gas pressure of 2 Bar, 3 Bar and 4 Bar in rebuild-up process of AISI 1045. Specimens with thickness percentage of 30% : 70% have significant difference in tensile strength value compared to the thickness percentage of 50% : 50% with an average difference of 5.02 MPa; 4.8975 MPa and 3.29 MPa in specimens with a gas pressure of 2 bar; 3 bars; 4 bars. The influences of thickness of bound and top coat have percentage effect 21.12% on each layer. As the gas pressure increases, the bonding value is higher because the higher gas, the smaller porosity which is proved by microstructural tests.*

**Keywords:** *Arc Spray, Gas Pressure, Layer Percentage, Microstructure, Adhesion Level*

## I. PENDAHULUAN

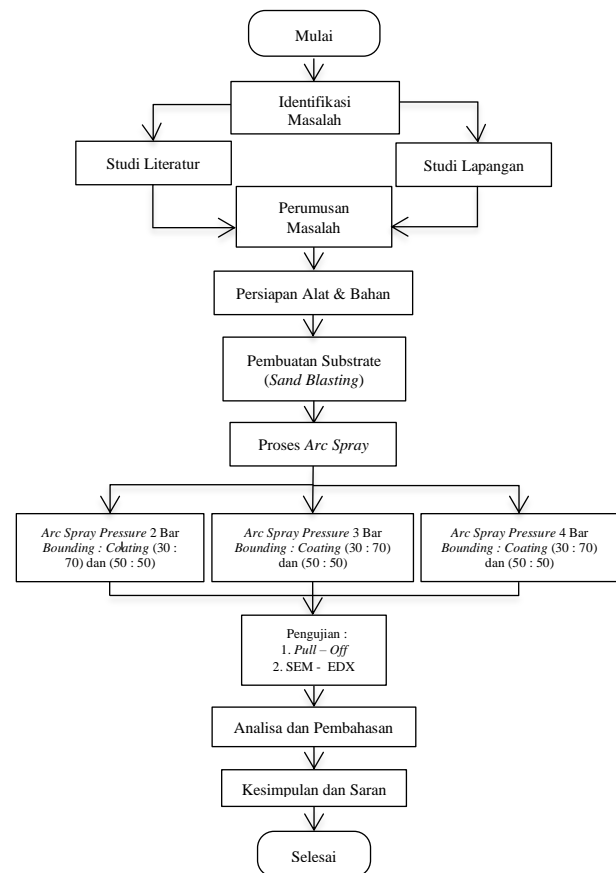
Sudah sewajarnya benda yang berputar secara terus menerus dan dengan kecepatan yang tinggi seperti poros dalam *root blower* ini mengalami masalah mekanikal yaitu keausan. Hal itu dapat terjadi karena gesekan antar material yang terjadi secara terus menerus dan dalam jangka waktu yang lama, lambat laun dapat mengikis material dan menyebabkan keausan. Secara definisi, keausan adalah hilangnya sejumlah lapisan permukaan material karena adanya gesekan antara permukaan padatan dengan benda lain. Hal tersebut harusnya dihindari dan sebisa mungkin untuk diminimalisir agar tidak menurunkan performa dari mesin itu sendiri (Prasetyo, 2012). Salah satu metode yang cocok digunakan dalam reparasi poros dari *rotor root blower* ini ialah dengan menggunakan metode *thermal spray* khususnya *arc spray*. Hal itu dikarenakan selain dapat menambah ketebalan dan merekonstruksi dimensi yang telah hilang karena keausan, proses ini tergolong dalam proses *coating* dimana proses bersifat nonfusi melainkan memanfaatkan gaya adhesi dalam kerekatan antara benda kerja dan lapisan pelapisnya. Karena menggunakan *heat input* yang kecil sehingga tidak menyebabkan deformasi maupun merubah karakteristik logam induk (*ASM Handbook of thermal spray technology, 2004*).

Pada pengaplikasian di lapangan, kerap kali terjadi pengelupasan lapisan, sehingga dapat disimpulkan adanya faktor yang menyebabkan penurunan tingkat kerekatan pada saat metode pelapisan. Banyak faktor yang dapat menjadikan hal ini mungkin terjadi dikarenakan mikrostruktur lapisan hasil *arc spray* tergantung pada banyaknya parameter *spray* yang digunakan, dimana tekanan semakin tinggi tekanan gas yang digunakan akan dapat menghasilkan susunan yang lebih rapat dan memperkuat daya rekat dalam ikatan yang terjadi (Fitriana, 2014). Salah satu faktor yang diindikasikan sebagai penyebab terjadinya tingkat kerekatan yang rendah pada pengaplikasian dilapangan ialah karena tidak adanya *standart* pasti berapa jumlah ketebalan antara lapisan *bounding* dan lapisan yang menjadi pelapis bagian luarnya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui analisa terkait komposisi antara tekanan gas dan persentase ketebalan antar lapisan yang memiliki tingkat kerekatan paling optimal berdasarkan pengujian *pull-off* dan mikrostruktur.

## II. METODE

Tahapan pada penelitian ini meliputi studi literatur dan studi lapangan, pengumpulan data dan persiapan spesimen, proses pelapisan menggunakan 3 variasi tekanan gas (2 bar, 3 bar dan 4 bar) dan 2 persentase ketebalan lapisan dengan jumlah ketebalan lapisan setebal 1 mm (*50% bound coat : 50% top coat* dan *30% bound coat : 70% top coat*), *pull off test*, pembuatan spesimen uji dan uji struktur mikro, analisa data, serta pembahasan juga kesimpulan. Tahapan dalam penelitian ini digambarkan secara skematis dalam bentuk diagram alir seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### Alat dan Bahan

Persiapan peralatan dan bahan yang digunakan sebagai penunjang dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Arc Spray Equipment*
2. *Sand Blasting Equipment*
3. *Abrasive grit blasting (Aluminum Oxide) 24 mesh*
4. *Polishing Machine*
5. Kertas gosok grit (100, 240, 360, 500, 800 dan 1000)
6. Larutan Alkohol dan Asam Nitrat
7. SEM (*Scanning Electron Microscope*) Machine

8. EDX (*Energy Dispersive X-Ray*) Machine
9. Peralatan ukur (Jangka Sorong)
10. Alat potong (Gergaji besi)
11. Alat Pelindung Diri (APD):
  - a. Helm/Kap las
  - b. Sarung Tangan
  - c. Wearpack/Apron
  - d. Safety shoes
12. Material *Roundbar* AISI 1045 Ø65 mm
13. *Bound coat* AS 756 (NiAl)
14. *Top coat* AMS 7201 (Fe-Cr-C-Mn-Si)

**Surface Preparation**

Sebelum material dilakukan proses pelapisan menggunakan metode *arc spray*, material akan melewati proses *surface preparation*. *Surface preparation* merupakan hal yang sangat penting karena proses ini yang menentukan keberhasilan dari suatu proses pelapisan (*coating*). Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Herman Pratikno (Herman Pratikno,2016) dimana *preparation* yang kurang tepat dapat mengurangi daya lekat terhadap coating itu sendiri. Dalam penelitiannya mengatakan bahwasanya semakin terbebas permukaan dari zat pengotor dan semakin tinggi tingkat kekasaran dari permukaan akan menambah tingkat kerekatan *coating* terhadap *substrate*.

Proses ini diawali dengan *sand blasting* terlebih dahulu menggunakan *abrasive grit blasting* (*Aluminum Oxide*) 24 mesh. Dimana hal ini dilakukan untuk membuat permukaan *substrate* yang lebih kasar dengan tujuan agar proses pelapisan dapat menempel lebih sempurna. Hal tersebut mengacu pada ISO 8501-1:1988 dimana memiliki *acceptance criteria* untuk kebersihan permukaan tipe SA 2,5 dan ISO 8503-5 : 2003 untuk kekasaran permukaan *blasting* yang berkisar 64 – 80 µm. Adapun hal lain yang harus diperhatikan selain kekasaran dan kebersihan permukaan yaitu adanya inspeksi untuk menentukan *surface cleanliness* mengacu pada standart ISO8502-3 : 2017 dan inspeksi terhadap kelembaban udara sebelum melakukan proses *coating* ASTM E337-15.

**Proses Pelapisan**

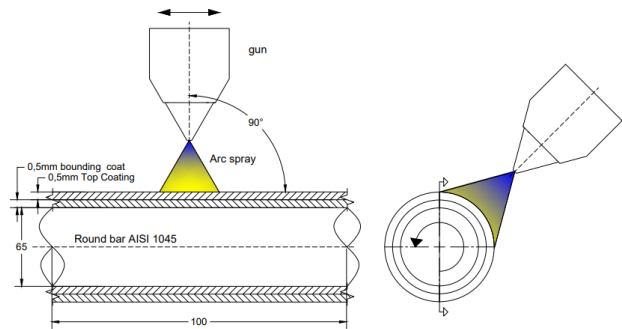
Proses pelapisan dilakukan pada material AISI 1045 dengan Ø65 mm. Material ini dipilih karena karakteristik baja tersebut dinilai pas dan kerap kali digunakan pada komponen automotif (Agus Pramono, 2011). Sehingga cocok digunakan dalam penelitian ini sebagai improvisasi poros *root blower* yang terkikis sesuai dengan latar belakang penelitian ini. Material tersebut kemudian dilapisi dengan proses *arc spray* dengan ketebalan lapisan sebesar 1mm dimana untuk variasi pertama (50:50) memiliki ketebalan masing – masing lapisan sebesar

0,5mm. Sedangkan untuk ketebalan kedua memiliki ketebalan *bound coat* 0,3mm dan 0,7mm untuk *top coat* dengan variasi tekanan gas dalam penyemprotan ialah 2 bar, 3 bar dan 4 bar pada setiap variasi ketebalan lapisan. Sebelum dilakukan pengelasan terlebih dahulu dilakukan pemberian kode spesimen untuk mempermudah mengingat variabel - variabel dalam penelitian ini yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Pelapisan dan Penamaan Spesimen

Ketebalan Lapisan	Tekanan Gas	Identifikasi Spesimen
50:50 (0,5mm <i>bond coat</i> ; 0,5mm <i>top coat</i> )	2 Bar	Spesimen A
	3 Bar	Spesimen B
	4 Bar	Spesimen C
30:70 (0,3mm <i>bond coat</i> ; 0,7mm <i>top coat</i> )	2 Bar	Spesimen D
	3 Bar	Spesimen E
	4 Bar	Spesimen F

Pada proses kali ini, menggunakan sudut penyemprotan sebesar 90° dengan jarak antara *substrate* dengan *gun* sejauh ±200mm. Untuk ilustrasi dari proses pelapisan dapat dilihat pada Gambar 2. Sedangkan untuk *chemical composition* dari baja AISI 1045, *wire* AS 756 dan *wire* AMS 7201 dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4.



Gambar 2. Ilustrasi Proses Pengerjaan *Arc Spray* Dengan Variasi 50% *Bound Coat* dan 50% *Top Coat*

Tabel 2. Nilai *Chemical Composition* Material AISI 1045

Composition	AISI 1045
Carbon	0,4% - 0,45%
Silicon	0,1% - 0,3%
Manganese	0,6% - 0,9%
Molibdenum	0,025%
Phosphorus,	0,04% max
Sulfur	0,05% max

(Agus Pramono, 2011).

Tabel 3. Nilai *Chemical Composition Wire AS 756*

Composition	AS 756
Carbon	0,02%
Aluminum	5,83 %
Nickel	Balance

(sumber : Pearl International Material Safety Data Sheet, 2004)

Tabel 4. Nilai *Chemical Composition Material AMS 7201*

Composition	AMS 7201
Nickel	0,25%
Chromium	13%
Manganese	1%
Silicon	1%
Carbon	0.32%
Ferrous	Balance

(sumber : Pearl International Material Safety Data Sheet, 2004)

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan beberapa proses mulai dari *surface preparation*, pelapisan, dan pengujian pada setiap spesimen uji dimana pengujian *pull off* menggunakan standart ASTM D4541-17 sedangkan uji *metallography* menggunakan standart ASTM E1920-03 dan ASM Handbook Vol 9, 2004. Maka selanjutnya akan dianalisis data hasil pengujian terhadap struktu mikro dan kekuatan tarik.

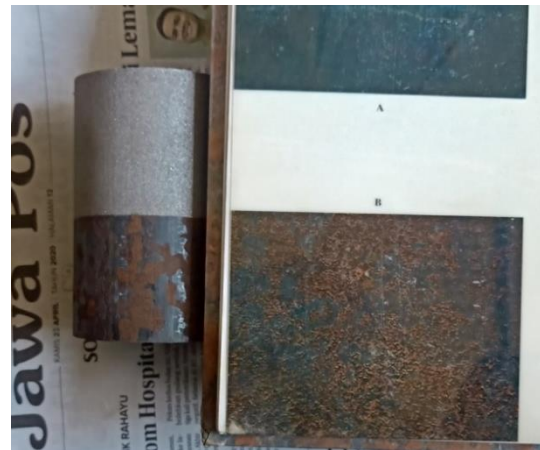
#### Hasil Inspeksi *Surface Preparation*

Tahapan ini merupakan tahapan yang paling penting karena keberhasilan proses *coating* dipengaruhi besar oleh *surface preparation*. Semakin kasar bersih dan kering suatu *substrate* akan menghasilkan daya rekat yang baik (Herman Pratikno,2016). Dimana pada pengujian kali ini menghasilkan hasil *surface preparation* yang baik dan masuk dalam *acceptance criteria*.

Untuk hasil inspeksi visual yang menggunakan standart ISO 8501-1:1988 didapatkan hasil identifikasi subtant berada dalam kategori *carbon steel* pada tipe B, tipe ini adalah tipe dengan keadaan bagus dimana *substrate* dalam kondisi tanpa cat, dengan permukaan sudah mulai muncul karat, terdapat *mil scale*, permukaan bebas dari *grease*, *oil* ataupun kotoran lainnya. Keadaan *substrate* sebelum diblasting ditunjukkan seperti pada Gambar 3.

Setelah material dilakukan preparasi dengan proses *abrasive grit blasting* yang menggunakan *aluminium oxide* ( $Al_2O_3$ ) dengan ukuran 24 *mesh*. Didapat hasil *surface* dengan tipe *blasting SA 3*. Menurut standart ISO 8501-1:1988 SA3 dimana memiliki arti dimana apabila *surface* dilihat dengan mata telanjang dan tanpa pembesaran permukaan yang ber tipe SA 3 memiliki karakteristik bebas dari *grease*, kotoran, *oil*, *mil scale*, karat, cat serta

material pengotor lainnya. Hasil dari proses *abrasive grit blasting* dapat dilihat pada gambar 4.



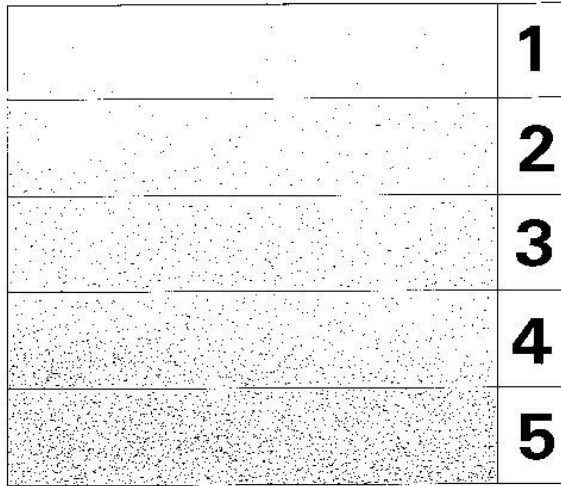
Gambar 3. Identifikasi *Substrate* Sebelum Dilakukan Preparasi



Preparasi

Gambar 4. Menunjukkan permukaan *substrate* dengan tipe *blasting SA 3* yaitu memiliki tingkat *surface roughness* rata – rata 90  $\mu m$ . Dan dalam inspeksi kali ini benda uji dinyatakan *approved* untuk memenuhi *accptance criteria* dalam standart ISO 8503-5 : 2003 dimana untuk kebersihan dan kekasaran permukaan *substrate* memiliki standart minimum SA 2,5. Hasil tersebut merupakan sesuatu yang baik dalam proses preparasi permukaan *substrate* sebelum melakukan proses *acr spray*. Dimana semakin kasar permukaan mengakibatkan ikatan *mechanical interlocking* yang terbentuk semakin meningkat (Pawlowski, 2008).

Inspeksi selanjutnya yaitu untuk menentukan *surface cleanliness* mengacu pada standart ISO8502-3 : 2017 dan didapatkan hasil *dush quantity* rating-1 dimana ini merupakan tingkat *surface cleanliness* paling tinggi. Untuk visualisasi dari *dush quantity* ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Gambar tabel *dush quantity* pada ISO8502-3

Salah satu hal yang penting untuk diperhatikan dalam preparasi sebelum melakukan proses pelapisan material yaitu mengukur *dew point*, *dry bulb* dan *wet bulb*. Hal ini dapat mempengaruhi daya rekat *coating* terhadap *substrate*. Karena apabila kelembaban udara di sekitar area pengaplikasian *coating* terlalu lembab akan dapat menyebabkan butiran butiran air terjebak pada ikatan *mechanical bonding* antara *coating* dan *substrate* yang menyebabkan terjadinya porositas berlebih yang berpengaruh terhadap daya rekat *coating* dengan *substrate* (Pawłowski, 2008). Pengukuran dilakukan dengan alat Elcometer 319 dan menggunakan standart ASTM E337-15 sebagai acuan. Dimana pengukuran didapatkan hasil yaitu *wet bulb temperature* 25°C dan *dry bulb temperature* 29°C sehingga dihasilkan RH sebesar 72%, Ts 35°C, dan *Dew Point* sebesar 23°C. Hasil tersebut menunjukkan bahwasanya kondisi lingkungan masih masuk dalam rentang kondisi yang baik untuk dilakukan proses *coating*.

**Hasil Pull-off Test**

Pengujian ini jenis pengujian merusak (*destructive test*) yang memiliki prinsip kerja layaknya uji tarik pada umumnya. Yang membedakannya hanya saja pada jenis pengujian ini menggunakan zat tambahan yang bersifat *adhesive* atau *chemical bounding* sebagai media pembantu pengikat antara permukaan dengan *dolly*. Pada pengujian kali ini menggunakan standart ASTM D4541-17 sebagai acuan dalam pelaksanaan pengujian. Dalam pengujian *Pull of test* yang dilakukan terhadap *coating* pada spesimen uji ini, didapatkan dua hasil dalam satu kali pengujian yaitu berupa data kualitatif dan kuantitatif. Data kuantitaif berupa daya tarik yang dihasilkan berupa nilai

kuantitas dengan satuan MPa sedangkan data kualitatif yang berupa pengamatan visual topografi bekas cabutan yang dihasilkan dari pengujian tersebut. Dari pengujian *pull off* didapat data sebagaimana pada Tabel 5 dan Tabel 6.

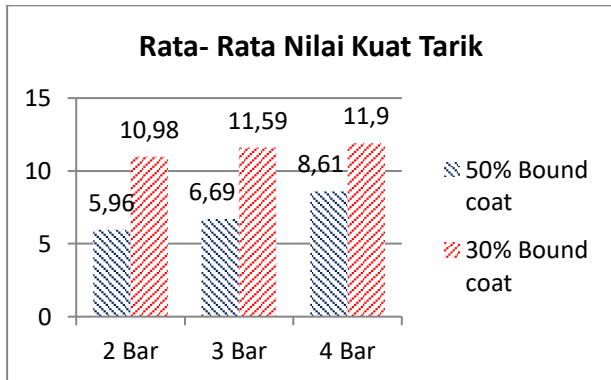
Tabel 5. Nilai Kuat Tarik *Pull-off Test*

Spesi men	#1	#2	#3	#4	#5	#6	Avg
A	9,2 9	4,2 7	4,6 8	7,6 3	5,8 4	4,0 2	5,95 50
B	9,5 1	9,0 9	4,1 3	11, 41	6,9 4	4,2 7	6,68 75
C	11, 00	11, 14	5,5 1	13, 47	5,3 7	5,1 8	8,61 00
D	15, 99	13, 97	14, 09	9,3 7	5,1 8	7,2 5	10,9 750
E	12, 29	21, 70	11, 30	7,0 6	6,2 8	9,3 7	11,5 850
F	13, 51	16, 96	11, 39	15, 21	8,4 9	5,8 4	11,9 000

Tabel 6. Hasil Pengamatan Visual Topografi Bekas Cabutan *Pull off Test*

	#1	#2	#3	#4	#5	#6
<b>Spesimen A</b>						
Adhesi	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kohesi	5%	0%	0%	0%	0%	0%
Glue Fail	95%	100%	100%	100%	100%	100%
<b>Spesimen B</b>						
Adhesi	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kohesi	5%	5%	0%	10%	0%	0%
Glue Fail	95%	95%	100%	90%	100%	100%
<b>Spesimen C</b>						
Adhesi	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kohesi	10%	10%	0%	10%	0%	0%
Glue Fail	90%	90%	100%	90%	100%	100%
<b>Spesimen D</b>						
Adhesi	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Kohesi	15%	10%	10%	5%	0%	0%
Glue Fail	85%	90%	90%	95%	100%	100%
<b>Spesimen E</b>						
Adhesi	0%	20%	0%	0%	0%	0%
Kohesi	10%	10%	10%	0%	0%	5%
Glue Fail	90%	70%	90%	100%	100%	95%
<b>Spesimen F</b>						
Adhesi	0%	20%	0%	0%	0%	0%
Kohesi	10%	15%	10%	10%	5%	0%
Glue Fail	90%	85%	90%	90%	95%	100%

Berdasarkan hasil rata – rata nilai kuat tarik dari pengujian *pull off* pada Tabel 5, maka hasil dapat disajikan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 6 berikut ini.



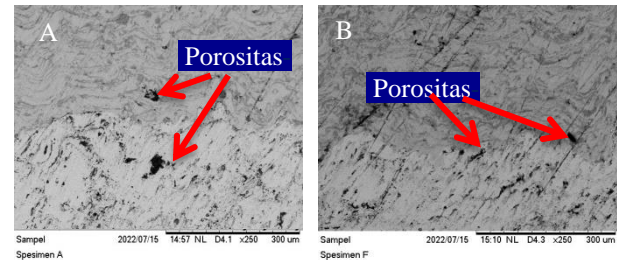
Gambar 6. Grafik Rata-rata Hasil Uji *Pull-off*

Berdasarkan nilai hasil uji yang ditunjukkan pada Tabel 5 dan disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 6 diatas menunjukkan bahwasanya seiring meningkatnya tekanan gas yang diaplikasikan. Hal ini dibuktikan dengan lebih besarnya nilai uji *pull off* spesimen dengan variasi tekanan udara 3 bar (spesimen B dan spesimen E) dibandingkan dengan spesimen yang menggunakan variasi tekanan udara 2 bar (spesimen A dan spesimen D). Begitu pula dengan spesimen yang menggunakan variasi tekanan udara 4 bar (spesimen C dan spesimen F) memiliki nilai yang lebih tinggi daripada 2 variasi tekanan udara yang lainnya. Ini selaras dengan yang dikatakan Gedzevicius (2003) pada penelitiannya dimana kecepatan atomisasi gas atau *air flow rate* yang dihasilkan dari tekanan gas sangat memberikan pengaruh terhadap kualitas dari pelapisan yang dihasilkan. Karena dengan tekanan yang lebih tinggi dapat membuat partikel - partikel dari lelehan kawat yang disemurkan menjadi lebih kecil dan melekat lebih kuat pada *substrate*. Hal tersebut dapat terjadi karena tekanan yang tinggi dapat mendorong partikel yang ada menempel dengan padat sehingga dapat meminimalisir oksida yang terjebak akibat proses *coating*. Hal ini baik dikarenakan semakin tinggi tingkat oksida yang terjebak akan mempengaruhi daya rekat *coating* dengan *substrate* (Wang, 1999).

### Hasil Uji SEM – EDX

Pada penelitian kali ini diambil 2 sampel yang diambil pengujian yaitu spesimen yang memiliki daya rekat paling rendah dan daya rekat yang paling tinggi. Berdasarkan Gambar 6 dan analisa pada pengujian sebelumnya dua sampel yang akan diuji yaitu spesimen A dimana spesimen tersebut

merupakan spesimen yang memiliki daya rekat paling rendah berdasarkan pengujian *pull off test* dan sampel yang kedua yaitu spesimen F dimana spesimen ini merupakan spesimen yang memiliki daya rekat paling tinggi berdasarkan pengujian sebelumnya.



Gambar 7. Hasil SEM 250X spesimen A(A) Hasil SEM 250X spesimen F(B)

Pada gambar hasil dari uji SEM diatas dapat diamati bahwasanya pada Gambar 7 spesimen A memiliki titik - titik hitam lebih banyak dan cenderung memiliki ukuran yang lebih besar jika dibandingkan dengan yang terdapat pada spesimen F dimana titik hitam tersebut merupakan oksida yang terperangkap dalam proses pengerjaan dengan metode *arc spray*. ini selaras dengan yang dikatakan Daengmool (2006) dimana semakin tinggi tekanan udara yang digunakan dalam proses *arc spray* akan dapat memperkecil ukuran *droplet* sehingga memperbanyak butiran yang mengisi *substrate* dan menurunkan tingkat porositas sehingga lapisan akan semakin padat. Hal ini juga sejalan dengan apa yang ditulis Wang (1999), dimana semakin tinggi tekanan udara dapat membuat butir lelehan *wire* yang dihasilkan dari konsleting busur listrik semakin kecil yang membuat peleburan yang lebih sempurna ketika butiran menyentuh *substrate* yang dapat berakibat mengurangi rongga - rongga udara yang terbentuk dalam proses penyemprotan sehingga menghasilkan lapisan yang menggunakan tekanan udara yang lebih tinggi menghasilkan lapisan yang lebih padat dibandingkan dengan lapisan yang menggunakan tekanan udara yang lebih rendah. Hal tersebut yang menyebabkan semakin tebalnya lapisan *bounding* akan dapat mengurangi tingkat kerekatan *coating* terhadap *substrate*. Karena semakin tebal lapisan *bounding* akan membuat udara yang terjebak akibat terbentuk dari butiran - butiran yang kurang menyatu dengan sempurna.

Hal tersebut juga didukung dengan karakteristik material aluminium itu sendiri dimana hal ini selaras dengan yang dikatakan oleh Mathers (Mathers, G., 2009) porositas dalam aluminium tersebut dapat terjadi dikarenakan kelarutan hidrogen akan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu terutama saat aluminium melebur. Dan hal tersebut

didukung oleh Brûna dan Sládek (Bruna, M. dan Sládek A., 2011) dimana kelarutan gas hidrogen banyak terjadi pada logam paduan ringan yang cenderung mengadsorpsi gas ketika dalam keadaan cair. Gas - gas yang diserap permukaan tersebut mampu menyebar ke dalam logam dalam skala atomik. Hidrogen muncul sebagai satu - satunya gas yang dapat terlarut di dalam aluminium dan paduannya. Volume atom yang kecil membuat hidrogen mampu berdifusi lebih cepat ke dalam logam cair dibandingkan gas - gas lainnya.

Berkurangnya tingkat porositas tersebut dapat dilihat dari halusya penaMPang melintang spesimen yang diamati pada uji SEM. Untuk membuktikan bahwasanya jumlah rongga udara atau porositas berkurang seiring dengan bertambahnya tekanan udara dan semakin tipisnya lapisan *bounding*, maka dari itu akan dihitung secara aktual dengan pengujian EDX seperti pada Tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7. *Summary Result* EDX spesimen A dan F

Element	Weight %		Atomic %	
	A	F	A	F
Carbon	40.518	53.899	51.138	66.127
Oxygen	45.948	32.240	43.535	29.694
Aluminum	4.658	0.565	2.617	0.308
Silicon	1.147	1.455	0.619	0.763
Chromium	0.617	1.179	0.180	0.334
Manganese	4.193	5.632	1.157	1.511
Nickel	2.920	5.030	0.754	1.263

Terlihat pada rangkuman hasil pengujian EDX pada Tabel 7 dimana persentase *oxygen* pada spesimen A jauh lebih banyak dibandingkan dengan yang terdapat pada spesimen F. hal tersebut membuktikan bahwasanya pada spesimen dengan tekanan udara rendah terjadi lebih banyak porositas dikarenakan banyaknya udara yang terjebak dibanding dengan spesimen yang menggunakan tekanan udara yang lebih tinggi. Hal tersebut disebabkan karena butiran yang disemprotkan dengan tekanan udara lebih rendah menghasilkan butiran yang lebih besar dan penyatuan yang kurang sempurna antar butir.

#### IV. KESIMPULAN

##### Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pembahasan dari data hasil pengujian SEM-EDX dan *pull off test* yang diolah menggunakan metode ANOVA *one way* mengenai pengaruh variasi tekanan gas dan persentase ketebalan lapisan *bounding* dan *coating*

pada proses *rebuild-up* material AISI 1045 dengan metode *Arc Spray* dimana menggunakan tekanan gas 2 bar; 3 bar dan 4 bar dan persentase *boundcoat* : top coat sebesar 50:50 dan 30:70 dengan ketebalan lapisan 1mm. Maka dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Hasil uji *Pull off* menunjukkan peningkatan kuat tarik yang signifikan pada spesimen yang menggunakan persentase lapisan 30% : 70% dengan selisih rata – rata 5,02 MPa; 4,8975 MPa dan 3,29 MPa lebih besar pada spesimen bertekanan gas 2 bar; 3 bar; 4 bar.
2. Hasil uji *Pull off* pada setiap spesimen menunjukkan peningkatan kuat tarik yang tidak signifikan namun tetap berbanding lurus dengan naiknya tekanan gas.
3. Hasil uji SEM-EDX menunjukkan semakin tebal lapisan *bound coat* menyebabkan tingkat porositas yang semakin meningkat.
4. Hasil uji SEM-EDX menunjukkan semakin tinggi tekanan gas yang digunakan menyebabkan penurunan tingkat porositas.

##### Saran

Masih terdapat kekurangan dalam pada pengerjaan jurnal ilmiah ini, dimana nantinya dapat menjadi bahan evaluasi dan penyempurnaan pada penelitian selanjutnya. Dengan harapan untuk mendapatkan hasil yang lebih relevan dan optimal. Beberapa saran yang perlu diperhatikan untuk mendapatkan hasil yang lebih relevan dan optimal lagi kedepannya yaitu sebagai berikut :

1. Perlu adanya penambahan variasi tekanan gas hingga mencapai tekanan 7 bar agar pengaruh dari variasi tekanan gas dapat terlihat lebih detail dan optimal.
2. Sebaiknya menggunakan spesimen uji yang memiliki permukaan rata (datar) demi memaksimalkan hasil dari pengujian *Pull off test*.
3. Perlu adanya perhatian lebih detail dan *advance* lagi terkait penggunaan lem untuk *Pull off test* agar dapat meminimalisir glue fail dan menghasilkan hasil yang lebih optimal.
4. Perlu adanya pengujian mekanik lainnya seperti *bending test*, *wear resistance test*, *hardness test*, pengamatan morfologi permukaan *coating* dan uji porositas dengan cara menimbang massa spesimen sebelum dan sesudah direndam dengan aquades untuk mendapatkan data hasil pengujian yang lebih banyak, sehingga bisa dijadikan perbandingan pada proses analisa.

5. Penambahan parameter jarak penyemprotan dan *feed rate* variasi kombinasi NiAl pada *bound coat* dan FeCrBMnSi pada *top coat* untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan optimal terhadap morfologi dan sifat mekanik lapisan *coating*.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya dan bapak Larasanto selaku pemilik dari CV. Cipta Agung yang telah memberikan banyak dukungan dalam penelitian ini.

### V. DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook Vol 9, 2004. Metallography And Microstructure, ASM International.
- ASTM D4541-17, 2017. Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers 1.
- ASTM E1920-03, 2003. Standard Guide for Metallographic Preparation of Thermal Sprayed Coatings
- ASTM E337-15, 2015. Standard Test Method for Measuring Humidity with a Psychrometer (the Measurement of Wet- and Dry-Bulb Temperatures)
- Brůna M, and Sládek A., 2011. "Hydrogen Analysis and Effect of Filtration on Final Quality of Castings from Aluminium Alloy AlSi7Mg0.3". Archives of Foundry Engineering, vol.11, pp.5-1
- Daengmool, Reungruthai, Sitichai Wirijanupathum, Sukanda J., Apicat Sopadang., 2006. Effect of Spray Parameter on Stainless Steel Arc Sprayed Coating. MP03.
- Gedzevicius, I., Bolot, R., Liao, H., Coddet, C., 2003. Application of CFD for Wire-Arc Nozzle Geometry Improvement. Proceeding of The International Thermal Spray Conference. Orlando, 5-8 Mei. Diedit oleh Basil R. Marple dan Christian Moroeau. USA: ASM International.
- ISO 8501-1:1988, 1988. Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Visual assessment of surface cleanliness — Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings.
- ISO 8502-3:2017, 2017. Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Tests for the assessment of surface cleanliness — Part 3: Assessment of dust on steel surfaces prepared for painting (pressure-sensitive tape method)
- ISO 8503-5:2003, 2003. Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Surface roughness characteristics of blastcleaned steel substrates — Part 5: Replica tape method for the determination of the surface profile.
- Larasati, Fitrianova., 2014. Pengaruh Jarak Nozzle dan Tekanan Gas pada Proses Pelapisan Ni-20Cr dengan Metode Wire Arc Spray terhadap Ketahanan Thermal. Surabaya : ITS
- Mathers, Gene., 2002. The welding of aluminium and its alloys. Cambridge England: Woodhead Publishing Limited
- Pawlowski, L., 2008. The Science And Engineering Of Thermal Spray Coatings. France : Willey.
- Pearl International Material Safety Data Sheet, 2004. Data sheet of floor sanding products by Pearl.
- Pramono, Agus., 2011. Karakteristik Mekanik Proses Hardening Baja Aisi 1045 Media Quenching Untuk Aplikasi Sprocket Rantai
- Prasetyo, A. B., 2012. Keausan. Diakses dari <http://blog.ub.ac.id/agungbp09> pada 19 Januari 2022.
- Pratikno, Herman., 2016. Analisa Pengaruh Material Abrasif Pada Blasting Terhadap Kekuatan Lekat Cat dan Ketahanan Korosi di Lingkungan Air Laut.
- Wang, X., Heberlein, J., Pfender, E., Gerberich, W., 1999. Effect of Nozzle Configuration, Gas Pressure, and Gas Type on Coating Properties in Wire Arc Spray, JTTEE5 8:565- 575