

# PENGARUH TEGANGAN DAN KUAT ARUS LISTRIK TERHADAP SIFAT MEKANIS MATERIAL PADA LAPISAN MATERIAL COOPER AW 14 GA + 13Cr STAINLESS HASIL DARI TEKNIK ARC SPRAYED

Sahid Prastowo<sup>1)</sup>, Margono Sugeng<sup>2)</sup>

Program Studi Teknik Mesin, Institut Sains dan Teknologi Nasional  
Jl. Cikini Raya 74-76 Jakarta Pusat, Jakarta, Indonesia  
1) e-mail : sahid.prastowo@gmail.com; 2) margono.s@istn.ac.id

---

## Abstract

Many things can affect the quality of Arc Sprayed process, including the process of setting the parameters of the machine, especially large current and voltage settings on the machine Arc Sprayed burning electricity (in this study using the machine SULZER METCO TUBE models 300). Given it is done research on comparative analysis of the microstructure of the material hardness and cooper wire AW 14 GA and 13Cr steel which will be used as the standard parameters on PT. X by using some variation of voltage (voltage) and current (ampere) on the machine SULZER METCO TUBE 300 models that aim to make the coating material sprayed results arc process. Coating or coating aims to improve the mechanical properties of the material or industrial goods that are far superior and quality of existing or *recondition* the mechanical properties of the material originally *kekondisi*. One example of that is the Arc Sprayed coatings using Copper material AW 14GA and 13Cr steel. The amount of electric current used in this study for 200A, 225A, 250A, and 275A and a large voltage that is used for 26V, 28V, 30V and 32V with standard minimum hardness of 118 HV and 372 HV hardness maximum amount and there is no porosity of testing photo material micro structure. From the research, it was found that the magnitude of the ideal machine parameters in accordance with the quality standards that have been set, namely the +32V 250A engine parameters, and the parameters used as the standard parameters for the production process in PT. X.

**Key words:** Arc sprayed process, hardness vickers (HV), micro structure material, porosity

---

## PENDAHULUAN

Tuntutan kebutuhan industri telah banyak mempengaruhi perkembangan teknologi, salah satunya adalah pelapisan permukaan bahan (*coating*). Pelapisan dimaksudkan untuk melindungi permukaan material terhadap lingkungan yang mungkin menyebabkan korosi dan reaksi lain yang merusak, melindungi permukaan dari keausan akibat interaksi antara dua permukaan, memperbaiki sifat fisik dan mekanik dari material yang dilapisi dan tidak kalah pentingnya juga untuk meningkatkan tampilan permukaan. Perubahan fasa dan perubahan ukuran diameter butir dapat dimodifikasi sesuai dengan keinginan dan akan mempengaruhi sifat material terutama kekerasan menjadi lebih baik.

Dengan mengubah struktur, tentunya bertujuan untuk memperoleh sifat material atau barang industri yang jauh lebih unggul dan berkualitas dari yang ada saat ini. Sifat-sifat pada

pembentukan mikrostruktur dari bahan material yang dihasilkan, diperoleh dari komposisi kimia, pengontrolan energi reaksi dan pengontrolan tekanan pada proses pengolahannya. Salah satu tehnik yang digunakan untuk proses coating material yaitu dengan *arc sprayed process* dengan material wire yang digunakan Cooper AW 14GA +13Cr Stainless.

Pada struktur teknik dengan *arc spray process* ini cara mengaplikasikannya adalah dengan cara melapisi baja dengan metode penyemprotan. Dalam penyemprotan ini ada hal-hal yang perlu kita perhatikan, antara lain : parameter mesin dan metode penyemprotan. Dalam proses setting parameter mesin perlu diperhatikan besar arus listrik, tegangan dan besar tekanan angin yang keluar dari mesin *arc sprayed*.

Dalam kaitannya dengan hal-hal yang telah diuraikan pada paragraf-paragraf sebelumnya, penulis tertarik untuk membahas dan meneliti

lebih dalam mengenai pengaruh besar tegangan dan arus listrik terhadap kekerasan pada lapisan Cooper AW 14GA+13Cr Stainless berbahan kawat hasil teknik arc sprayed dengan menggunakan beberapa variasi tegangan dan arus listrik, sehingga dapat ditentukan parameter yang ideal terkait kekerasan yang diinginkan.

## STUDI PUSTAKA

### Pelapisan

Pelapisan adalah menambah atau menempelkan suatu material atas permukaan material lain. Pelapisan dimaksudkan untuk :

- 1) Melindungi permukaan material terhadap lingkungan yang mungkin menyebabkan korosi dan reaksi lain yang merusak.
- 2) Meningkatkan tampilan permukaan.
- 3) Meningkatkan kualitas permukaan bahan seperti kekerasan permukaan.
- 4) Menambah kekerasan terutama sifat tribologi (interaksi dua permukaan yang bergerak relatif satu terhadap lainnya, dimana didalamnya terdapat fenomena gesekan, pelumasan, dan keausan).

### Thermal Spraying

*Thermal Spray* adalah suatu teknologi pelapisan (*coating*) dengan permanen dengan meleburkan suatu material dalam suatu ruang bakar baik itu metal maupun material non metal yang di *spray* (disemprotkan) pada permukaan benda kerja yang akan dilakukan pelapisan dengan maksud untuk memberikan proteksi terhadap keausan, perlindungan korosi, panas ataupun rekondisi aplikasi sehingga kembali pada fungsi dan ukuran semula dengan ketebalan lapisan berkisar antara 25  $\mu\text{m}$  sampai dengan 2.500  $\mu\text{m}$ .

*Thermal spray* dapat digambarkan sebagai gabungan / kombinasi antara pemanfaatan energi panas untuk pemanasan atau peleburan dan energi kinetik untuk mengalirkan dan mendispersikan leburan / lelehan yang diarahkan ke permukaan benda kerja. Energi panas dapat dihasilkan secara kimiawi, pembakaran bahan bakar dan oksigen, listrik ataupun dari radiasi.

Sumber energi kinetik yang kompatibel dengan *thermal spray* adalah udara dengan tekanan tinggi. Udara bertekanan dapat juga digunakan sebagai pemanas dan atau mempercepat lelehan.

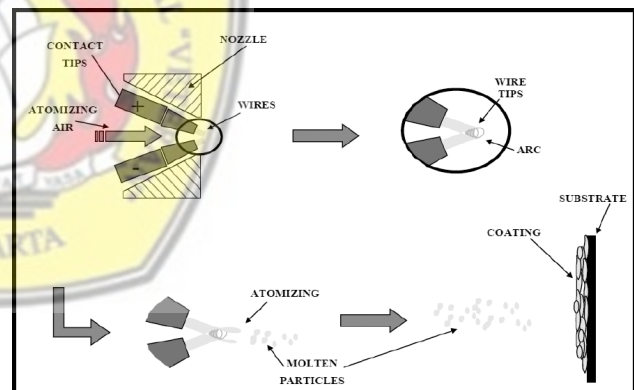
Dalam proses *thermal spraying* terdapat langkah-langkah utama dalam pengerjaannya. Berikut langkah umum dalam proses *thermal*

*spraying* :

- ⇨ Langkah pertama papada proses *thermal spraying* adalah mempersiapkan permukaan, pekerjaan ini dilakukan dengan pembersihan dan *blasting* permukaan yang akan dilapisi.
- ⇨ Langkah kedua adalah meleburkan material pelapis berupa bubuk atau kawat dengan memasukkan material ke dalam ruang pembakaran. Peleburan material tersebut dapat dihasilkan secara kimiawi, pembakaran bahan bakar dan oksigen, listrik ataupun dari radiasi.
- ⇨ Langkah ketiga adalah dengan mempercepat partikel ke atas permukaan *substrat* dengan menggunakan aliran gas untuk ditempelkannya.

### Electric Arc Spraying (AESP)

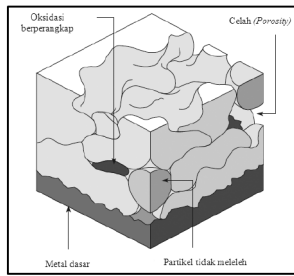
Motor menggerakkan kawat bermuatan listrik dengan berbeda potensial 18 sampai 40 Volt melalui suluh (*gun*) menuju ujung temu pada kepala suluh dimana busur listrik menciptakan suhu melebihi 6.000°C. Udara yang bertekanan mengotomatiskan material pelapis yang sudah cair dan menembaknya kepada permukaan yang akan dilapisi. Skema busur listrik *spray* dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Skema proses pelapisan busur listrik

Ujung-ujung kawat diberi beda potensial sebesar 18-40 kV. Temperatur ujung suluh mencapai 6.000°C, udara dengan tekanan tinggi mengotomasikan pelapis yang sudah cair dan mendorong keluar dengan kecepatan tinggi.

Satu keuntungan dari beberapa metode *thermal spray* adalah lapisan yang dihasilkan memiliki kerapatan yang sangat tinggi dan rendah oksidasinya. Oksidasi rendah diakibatkan karena tingginya kecepatan dan tingginya temperatur gas pijar yakni sekitar 3.000°C saat menumbuksubstrat. Penampang lintang dari model lapisan yang diperoleh dengan *thermal spray* dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Penampang lintang yang dibuat oleh proses thermal spray

Warna hitam pada penampang lintang menjelaskan tentang oksidasi yang terperangkap pada paduan material. Kekosongan pada penampang lintang sering disebut dengan istilah celah (*porosity*). Dan yang terakhir adalah ada istilah mengenai partikel yang tidak meleleh, dimana partikel tersebut tidak sempurna dan ikut menempel pada paduan material.

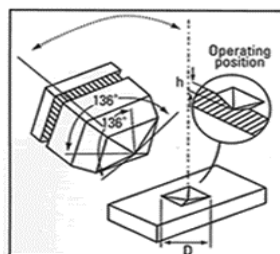
### Kekerasan

Kekerasan adalah ketahanan material terhadap deformasi plastis yang diakibatkan oleh tekanan atau goresan dari benda lain. Kekerasan merupakan sifat suatu logam, yang memberi kemampuan logam tahan terhadap deformasi permanen (bengkok, rusak, atau bentuk yang berubah), ketika suatu beban diterapkan. Untuk melakukan pengujian kekerasan ada 3 metode, yaitu :

1. Metode goresan
2. Metode elastis atau pantulan ( rebound )
3. Metode indentasi (*Brinnel, Rockwell, Vickers*)

### Metode Pengujian Kekerasan Vickers

Pengujian kekerasan dengan menggunakan metode vickers banyak digunakan dalam pekerjaan penelitian. Uji kekerasan vickers menggunakan indenter piramida intan yang pada dasarnya berbentuk bujur sangkar. Besar sudut antar permukaan piramida intan yang saling berhadapan adalah 136°. Nilai ini dipilih karena mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antar diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan brinnel.



Gambar 2.3 Skema pengujian metode Vickers

Angka kekerasan vickers didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya. Luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak, sehingga metode ini memiliki akurasi yang lebih baik dari pengujian *Brinnel* ataupun *Rockwell*. Angka kekerasan Vickers (VHN) dapat ditentukan dari persamaan 1, 2 dan 3 :

$$VHN = \frac{2P \sin \left( \frac{\theta}{2} \right)}{d^2} \dots \dots \dots (1)$$

$$VHN = \frac{2P \sin \left( \frac{136}{2} \right)}{d^2} \dots \dots \dots (2)$$

$$VHN = \frac{(1,854) P}{d^2} \dots \dots \dots (3)$$

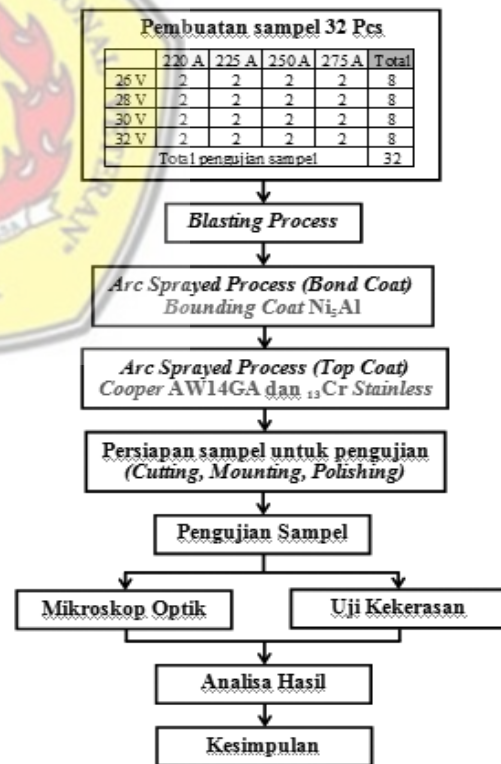
Dimana : VHN = Angka kekerasan *Vickers* (kg/mm<sup>2</sup>)

P = Beban yang digunakan (kg)

Ø = Sudut antara intan yang saling berhadapan (136°)

d = Diagonal panjang rata-rata (mm)

## METODOLOGI PENELITIAN DAN HASIL PENGUJIAN



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengujian

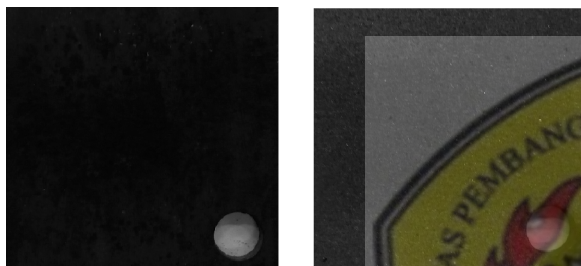
Dari pembuatan sampel sampai dengan proses mengambil kesimpulan dari hasil uji sampel data yang diambil adalah besarnya arus listrik & tegangan yang digunakan pada mesin dan hasil uji kekerasan sampel. Setelah didapat hasil peneli-

tian tersebut, maka diambil parameter yang paling baik dan dapat digunakan untuk PT. X.

### Pembuatan & Pengujian Sampel Uji

Material sampel uji (*test piece*) yang digunakan untuk uji kekerasan pada proses *arc sprayed* adalah berjenis SAE 1040 (*plain carbon maximum 1%*). Untuk dimensi material uji kekerasan yaitu berbentuk balok dengan spesifikasi 200 X 200 X 5 mm. Lalu dilakukan proses pengasaran permukaan dengan menggunakan metode *sand blasting* untuk mendapatkan ikatan yang kuat dengan material pelapis dengan menggunakan pasir logam.

Material logam yang digunakan sebagai mediator dalam proses *sand blasting* adalah *Brown Aluminium Oxide CF24* dengan ukuran material sebesar 24 mesh (0.59 mm) ~ 8 mesh (2 mm) menggunakan tekanan sebesar 110 psi dengan kekasaran lebih dari mikron.



Gambar 3.2 Material sebelum dan sesudah *sand blasting*

Setelah itu, dilakukan proses *arc sprayed* yang dibagi menjadi 2 tahapan proses, yaitu proses *bonding coat* dan proses *top coat*. Proses *bonding coat* merupakan proses pelapisan material dasar yang mana bertujuan mengikat material pelapis yang akan digunakan pada proses *top coat*. Proses *top coat* merupakan proses pelapisan luar permukaan material dimana proses pelapisan *top coat* merupakan pelapisan material yang akan diuji kekerasannya karena sifat mekanis yang akan diaplikasikan kepada material uji merupakan sifat mekanis dari material pelapis *top coat*. Material yang digunakan pada proses *top coat* adalah *Cooper AW 14GA + 13Cr Stainless*.



Gambar 3.3 Proses *arc sprayed*

Hasil dari proses *arc sprayed* tersebut tidak dapat diaplikasikan kepada produk yang akan digunakan, harus melalui beberapa tahapan penghalusan dan pengujian material.

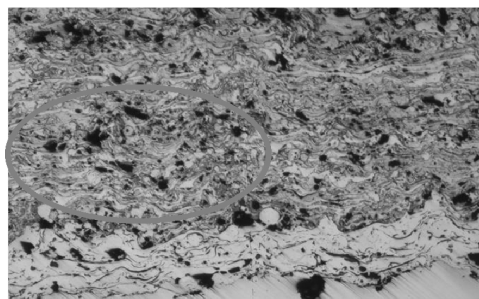
Parameter mesin *arc sprayed* yang diubah untuk membandingkan hasil kekerasan dan struktur material pada pengujian ini hanya parameter tegangan (*voltage*) dan arus listrik (*Ampere*), untuk parameter lain pada mesin *arc sprayed* tidak diubah (tetap).

Pengujian yang pertama kali dilakukan adalah pengecekan struktur material dengan menggunakan *microstructure machine*. Pada penelitian ini, pengecekan struktur material dengan perbesaran 50 kali *zoom out*. Hasil yang diambil dari pengecekan struktur material adalah gambar dari struktur material yang diuji (*test piece*) apakah tercampur secara homogen atau tidak dan melihat seberapa besar *porosity* / lubang berupa celah berwarna hitam yang ada dipermukaan material (< 0.1 mm).

Setelah dinyatakan bagus / lolos uji pengecekan struktur material, maka material uji hasil proses pelapisan *arc sprayed* dilanjutkan ke pengujian kekerasan material menggunakan mesin brand mitutoyo dengan model HM 101. Pengujian kekerasan material dalam penelitian ini menggunakan metode pengujian kekerasan *vickers*, dikarenakan pengujian kekerasan menggunakan metode ini akan mendapatkan nilai kekerasan yang lebih teliti dari pada pengujian kekerasan dengan metode lain.

### Hasil Pengujian Micro Structure & Kekerasan

Pengujian pertama adalah melakukan pengujian *micro structure* material yang bertujuan untuk melihat struktur material hasil dari proses pelapisan *arc sprayed* dengan beberapa variasi parameter mesin dengan standar *porosity* < 0.1 mm. Berikut merupakan salah satu pengujian *micro structure* dari material pelapis.



Gambar 3.4 Hasil pengujian foto *micro structure*

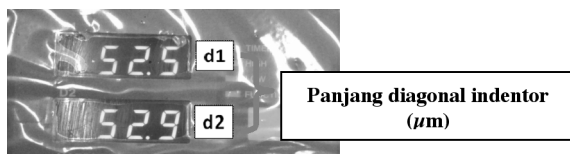
Dari gambar 3.4 dapat dilihat visualisasi permukaan material pelapis dengan perbesaran 50

kali zoom yang terdapat celah-celah hitam yang bernama *porosity*. Dengan menggunakan mesin uji *micro structure*, celah / lubang hitam pada permukaan material tersebut dapat diukur diameternya. Apabila diameter *porosity* lebih dari 0.1 mm, maka hasil dari pelapisan *arc sprayed* dengan parameter yang telah ditentukan sebelumnya. Untuk itu perlu dilakukan pengujian pada masing-masing parameter mesin yang digunakan untuk mengetahui parameter mesin mana yang hasil foto *micro structure* nya dinyatakan bagus.

**Tabel 3.1** Hasil pengujian foto *micro structure*

Test Piece	Parameter		Porosity	Hasil Pengujian Micro Structure
	Voltage (V)	Ampere (A)		
A	26 V	200 A	> 0.1 mm	NG
B	26 V	225 A	> 0.1 mm	NG
C	26 V	250 A	> 0.1 mm	NG
D	26 V	275 A	> 0.1 mm	NG
E	28 V	200 A	> 0.1 mm	NG
F	28 V	225 A	> 0.1 mm	NG
G	28 V	250 A	> 0.1 mm	NG
H	28 V	275 A	> 0.1 mm	NG
I	30 V	200 A	> 0.1 mm	NG
J	30 V	225 A	> 0.1 mm	NG
K	30 V	250 A	> 0.1 mm	NG
L	30 V	275 A	> 0.1 mm	NG
M	32 V	200 A	> 0.1 mm	OK
N	32 V	225 A	> 0.1 mm	OK
O	32 V	250 A	> 0.1 mm	OK
P	32 V	275 A	> 0.1 mm	OK

Setelah didapatkan hasil pengujian foto *micro structure*, dilakukan pengujian kekerasan menggunakan mesin *hardness tester vicers*. Dimana hasil pengujiannya diketahui panjang diagonal dari indenter yang ditumbukan dengan beban 0.5 kg.



**Gambar 3.5** Panjang diagonal indenter pada mesin

Cara menghitung kekerasan vickers adalah sebagai berikut :

a. Menghitung rata-rata panjang diagonal indenter:

$$d = \frac{d1 + d2}{2}$$

$$d = \frac{0,0525 + 0,0529}{2}$$

$$d = 0,0527 \text{ mm}$$

b. Menghitung besaran kekerasan vickers (HV) :

$$HV = 1,854 \times \frac{P}{d^2}$$

$$HV = 1,854 \times \frac{0,5}{0,0527^2}$$

$$HV = 1,854 \times \frac{0,5}{0,002777}$$

$$HV = 1,854 \times 180,0136$$

$$HV = 333,7786 \longrightarrow HV = 334$$

Hasil pengukuran dan perhitungan nilai kekerasan *vickers* dari beberapa variasi besar tegangan dan arus listrik menggunakan material Cu-AW14GA (tembaga) dicampur dengan 13Cr-Stainless (*stainless steel*) dengan standar HV minimum 118 HV dan maksimum 372 HV disajikan dengan menggunakan tabel, bertujuan untuk mempermudah pembaca untuk membaca hasil penelitian ini.

**Tabel 3.2** Hasil pengujian kekerasan

Test Piece	Parameter		HV		Result
	Voltage (V)	Ampere (A)	Min	Max	
A-1	26 V	200 A	110	391	NG
A-2			115	378	
B-1	26 V	225 A	108	380	NG
B-2			114	380	
C-1	26 V	250 A	112	379	NG
C-2			114	381	
D-1	26 V	275 A	116	389	NG
D-2			112	390	
E-1	28 V	200 A	111	373	NG
E-2			117	375	
F-1	28 V	225 A	162	315	NG
F-2			116	277	
G-1	28 V	250 A	193	328	NG
G-2			112	324	
H-1	28 V	275 A	182	276	OK
H-2			192	246	
I-1	30 V	200 A	116	221	NG
I-2			167	214	
J-1	30 V	225 A	180	344	NG
J-2			109	350	
K-1	30 V	250 A	114	354	NG
K-2			167	373	
L-1	30 V	275 A	178	316	OK
L-2			128	347	
M-1	32 V	200 A	188	332	NG
M-2			182	373	
N-1	32 V	225 A	241	323	OK
N-2			247	301	
O-1	32 V	250 A	240	247	OK
O-2			240	248	
P-1	32 V	275 A	148	258	OK
P-2			143	297	

## PEMBAHASAN

### Analisa Hasil Penelitian

Setelah didapatkan hasil pengujian foto *micro structure* material dan pengujian *hardness vickers* pada masing-masing parameter mesin,

didapatkan hasil sebagai berikut ini :

**Tabel 4.1** Hasil pengujian *micro structure* dan *hardness vickers*

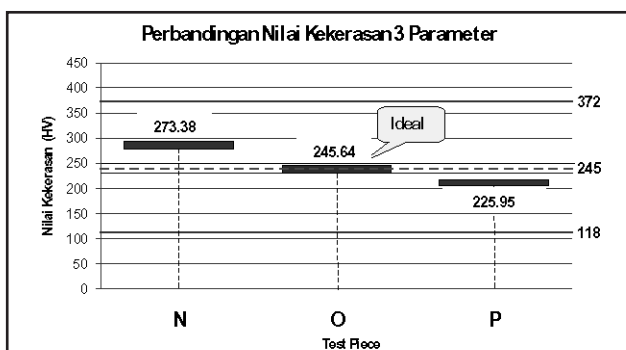
Test Piece	Parameter		Hasil Pengujian Kekerasan	Hasil Pengujian Micro Structure	Result
	Voltage (V)	Ampere (A)			
H-1	28 V	275 A	OK	NG	NG
H-2					
L-1	30 V	275 A	OK	NG	NG
L-2					
M-1	32 V	200 A	NG	OK	NG
M-2					
N-1	32 V	225 A	OK	OK	OK
N-2					
O-1	32 V	250 A	OK	OK	OK
O-2					
P-1	32 V	275 A	OK	OK	OK
P-2					

Pada tabel 4.1, terdapat beberapa parameter yang memiliki hasil yang bagus dari salah satu dan atau kedua hasil pengujian yang dinyatakan bagus dari pengujian foto *micro structure* material dan pengujian *hardness vickers*.

Untuk mendapatkan hasil yang ideal, maka kedua hasil pengujian pada parameter mesin yang diuji harus memiliki nilai pengujian yang dinyatakan bagus. Dari data hasil pengujian pada tabel 4.1 didapatkan 3 parameter mesin yang dinyatakan memiliki hasil pengujian foto *micro structure* material dan *hardness vickers* yang bagus, yaitu pada parameter mesin 32V+225A, 32V+250A dan 32V+375 A. Untuk mendapatkan parameter mesin yang paling ideal untuk proses *arc sprayed* perlu dilakukan pengujian ulang pada ke-3 parameter tersebut.

### Perbandingan Hasil Pengujian

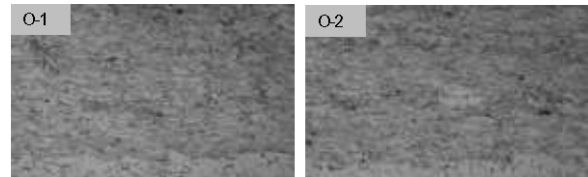
Setelah didapatkan 3 parameter yang memiliki hasil yang bagus, maka dilakukan pengujian sebanyak 10 kali pada masing-masing parameter tersebut dengan menggunakan 10 material uji yang bertujuan untuk menentukan parameter mesin yang paling ideal berdasarkan hasil pengujian. Berikut merupakan hasil pengujian ke-3 parameter tersebut :



**Gambar 4.1** Hasil pengujian 3 parameter

Pada gambar 4.1, dapat dilihat pada test

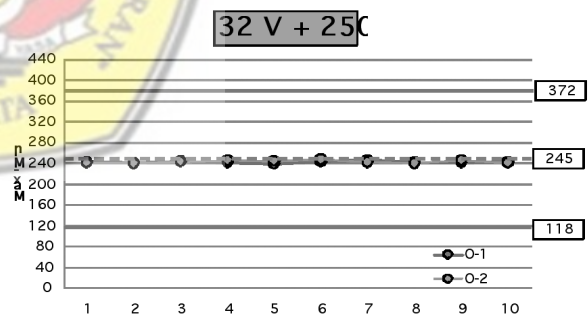
*piece* O (32V + 250A) memiliki nilai yang paling ideal diantara parameter yang lain, dimana hasil dari foto *micro structure* tidak terdapat *porosity* dan memiliki nilai kekerasan dengan range dari rata-rata paling kecil dibanding parameter yang lain, yaitu sebesar 5 HV dari rata-rata toleransi kekerasan sebesar 245 HV. Berikut detail hasil pengujiannya:



**Gambar 4.1** Salah satu hasil pengujian foto *micro structure* pada parameter 32V + 250A

**Tabel 4.2** Hasil 10 kali pengujian kekerasan pada parameter 32V + 250A

Analisa Nilai Kekerasan Pada Parameter 32V + 250A										
Test Piece	O-1	O-2	O-3	O-4	O-5	O-6	O-7	O-8	O-9	O-10
1	243	241	244	241	250	240	245	249	249	247
2	241	240	241	245	249	245	247	248	245	246
3	244	243	243	250	246	249	243	243	249	250
4	242	246	240	243	247	250	242	243	248	245
5	240	245	242	246	247	250	250	247	248	245
6	243	248	249	242	245	248	248	250	250	248
7	247	242	250	249	249	247	244	245	250	249
8	242	240	243	247	240	250	241	242	247	246
9	242	246	241	249	242	250	249	248	245	247
10	243	241	245	248	241	245	250	250	250	249
Average	242.7	243.2	243.8	246	245.6	247.4	245.9	246.5	248.1	247.4
Standard	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245
Max HV	247	248	250	250	250	250	250	250	250	250
Min HV	240	240	240	241	240	240	241	242	245	245
Range	2	3	5	5	5	5	5	5	5	5
	-5	-5	-5	-4	-5	-5	-4	-3	0	0



**Gambar 4.2** Diagram garis hasil pengujian kekerasan pada parameter 32V + 250A

### KESIMPULAN

Besaran parameter yang dapat digunakan dalam proses *arc sprayed* adalah :

- Tegangan (*voltage*) 32 V dengan arus listrik (*ampere*) 225 A
- Tegangan (*voltage*) 32 V dengan arus listrik (*ampere*) 250 A
- Tegangan (*voltage*) 32 V dengan arus listrik (*ampere*) 275 A

Besaran parameter yang paling baik dalam proses *arc sprayed* yang digunakan pada PT. X

adalah dengan menggunakan tegangan (voltage) 32 V dengan arus listrik (ampere) 250 A. Dimana hasil penelitian dengan menggunakan parameter tersebut pada pengujian *micro structure* material, material pelapis tercampur sempurna dan tidak terdapat *porosity*.

Sedangkan pada pengujian kekerasan material, hasil uji kekerasan dengan menggunakan parameter ini tidak terdapat nilai kekerasan melewati batas standard yang telah ditetapkan, dimana Min : 118 HV dan Max : 372 HV dengan rata-rata nilai kekerasan yang didapatkan adalah sebesar 245.64 HV dan *range* tertinggi -5 HV dan *range* terendah 5 HV dengan standard rata-rata kekerasan sebesar  $245 \pm 5$  HV sehingga nilai kekerasan pada parameter ini lebih stabil dibandungkan dengan parameter lain.

## DAFTAR PUSTAKA

Calister, William D. Jr., *Material Science and Engineering an Introduction, Third Edition*, New York, John Willey, 1994.

*Common Thermal Spraying Processes*, [http://www.efunda.com/processes/surface/thermal\\_spraying.cfm](http://www.efunda.com/processes/surface/thermal_spraying.cfm), 05 Juli 2014.

Halldearn Richard, *Thermal Sprayed, High Velocity Oxy Fuel (HVOF)* [http://www.twi.co.uk/j32k/protected/band\\_3/ksrdh002.html](http://www.twi.co.uk/j32k/protected/band_3/ksrdh002.html), 07 Juli 2014.

Indartono, Kuart., Jurnal Ilmiah tentang Teknik Elektro : Politeknik Dharma Patria.

*Plasma and Thermal Coatings Applied Surface Technology, Thermal Spray Process*, <http://www.plasmacoat.co.uk/technologies.htm>, 12 Juli 2014.

Pradipta, Oksi Sigit., 2008, Jurnal Ilmiah Studi Komparasi Unjuk Kerja Motor Bakar, Jakarta: FTUI.

Santoso, Agus., 2008, Jurnal Ilmiah tentang Analisa Struktur Kristal dan Komposisi fasa pada lapisan *Tungsten Carbide/Cobalt (WC/Co)* yang dibuat dengan metode HVOF: FTUI.

Suwarji, Sentot Imam., 2008, Jurnal Ilmiah Preparasi dan Karakterisasi Lapisan JK 7184

Jetkote pada *Subtrat* baja yang dibuat dengan HVOF :FTUI.

Teguh, Santoso.,2008, Jurnal Ilmiah tentang Pengaruh Mikrostruktur Terhadap Kekerasan Pada Lapisan WC-17% CO berbahan bubuk JK 7117 dan JK 7184 hasil teknik *HVOF* dengan variasi tekanan  $c_3h_8/o_2$  : FTUI.

Teori Dasar Listrik, <https://sites.google.com/site/teoridasarelektronika/>, 5 Agustus 2014.

Yunus, Asyari Darami., 2010, Jurnal Ilmiah tentang Struktur dan sifat Material : FT. Darma Persada-Jakarta.

Spuranto, Johanes., 2000, Statistik : Teori & aplikas, edisi 6, jilid 1, Jakarta

<http://id.wikipedia.org/wiki/Statistika>

Metco, Sulzer., 2009, Thermal spray process description, properties & application, Japan.

