

PENGARUH LAMA WAKTU PEMANASAN PADA PROSES *BLACKENING* BAJA ST 41 BENTUK PLAT DAN SILINDER TERHADAP KETEBALAN DAN KEKILAPAN LAPISAN PERMUKAAN

Firsty Novemia Hany

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : firstyhany@mhs.unesa.ac.id

Arya Mahendra Sakti

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : aryamahendra@unesa.ac.id

Abstrak

Baja ST 41 merupakan baja karbon rendah dengan kandungan karbon sekitar 0,37 – 0,43% yang banyak digunakan untuk komponen mesin seperti gear, rantai, skrup dan poros yang mana merupakan komponen mesin dengan toleransi tinggi. Maka dari itu diperlukan pelapisan yang tidak menambah dimensi benda secara signifikan untuk menghambat laju korosi. *Blackening* atau pelapisan *black oxide* adalah proses konversi kimia yang terbentuk dari reaksi antara besi pada logam ferro dengan garam pengoksidasi hingga membentuk lapisan *magnetite* (Fe_3O_4) tipis pada substrat logam. Tujuan penelitian ini adalah meneliti pengaruh waktu dan temperatur pemanasan pada proses *blackening* baja ST 41 terhadap ketebalan dan kekilapan lapisan permukaan. Bahan uji berupa baja ST 41 bentuk plat dan silinder akan dipanaskan dalam larutan garam yang terbuat dari campuran 30% Natrium Hidroksida (NaOH), 10% Natrium Nitrat ($NaNO_3$), 10% Natrium Nitrit ($NaNO_2$), dan 50% Aquades (H_2O) dalam variasi waktu 30 menit, 60 menit, dan 90 menit serta dengan variasi temperatur 150°C dan 200°C. Hasil penelitian diperoleh, nilai ketebalan lapisan permukaan tertinggi terjadi pada waktu pelapisan 90 menit dan temperatur pelapisan 200°C dengan nilai ketebalan sebesar 20,27 μ m untuk spesimen uji bentuk plat dan 20,53 μ m untuk spesimen uji bentuk silinder. Serta, pada pengujian kekilapan nilai kekilapan tertinggi diperoleh pada waktu pelapisan 30 menit dan temperatur 150°C dengan nilai kekilapan sebesar 67,16 GU untuk spesimen bentuk plat dan 66,96 GU untuk spesimen bentuk silinder.

Kata Kunci: *blackening*, *black oxide*, baja ST 41, ketebalan, kekilapan.

Abstract

ST 41 steel is a low carbon steel with carbon content of around 0.37 - 0.43% which is widely used for engine components such as gears, chains, screws and shafts which are engine components that have high tolerance dimensions. Therefore coating which does not significantly add the dimensions of the object to inhibit the corrosion rate is needed. *Blackening* or *black oxide* coating is a chemical conversion process formed by the reaction between iron and oxidizing salts to form a thin layer of magnetite (Fe_3O_4) on a metal substrate. The purpose of this study was to examine the effect of heating time and temperature on ST 41 steel *blackening* process on the thickness and gloss of the surface layer. Test material in the form of ST 41 steel plate and cylinder will be heated in a salt solution made from a mixture of 30% Sodium Hydroxide (NaOH), 10% Sodium Nitrate ($NaNO_3$), 10% Sodium Nitrite ($NaNO_2$), and 50% Aquades (H_2O) in variations of 30 minutes, 60 minutes, and 90 minutes and with temperature variations of 150°C and 200°C. The results showed, the highest surface layer thickness obtained at 90 minute coating time and 200°C coating temperature with a thickness value of 20.27 μ m for plate shaped test specimens and 20.53 μ m for cylindrical shaped test specimens. As well, the highest gloss value was obtained at 30 minutes coating and 150°C with a gloss value of 67.16 GU for plate shaped specimens and 66.96 GU for cylindrical shaped specimens.

Keywords: *blackening*, *black oxide*, ST 41 steel, thickness, gloss.

PENDAHULUAN

Dampak ekonomi dari kerusakan akibat korosi adalah suatu masalah besar yang dihadapi oleh negara-negara di dunia. Organisasi Korosi Dunia (WCO) memperkirakan biaya tahunan yang ditimbulkan oleh kerusakan akibat korosi adalah sekitar 2,2 triliun dolar amerika, yang mana

setara dengan 3% dari total Produk Domestik Bruto negara-negara secara global (George F. Hays, *World Corrosion Organization*).

Dalam dunia industri, logam merupakan material paling dominan yang digunakan untuk komponen mesin maupun alat penunjang mesin. Diantara material tersebut, baja ST 41 merupakan bahan yang banyak digunakan

dalam komponen mesin seperti gear, rantai, skrup dan poros, yang mana dalam praktiknya hanya dilakukan pelapisan dengan menggunakan oli untuk menghambat laju korosi karena sifat komponen yang memiliki toleransi dimensi yang tinggi sehingga memerlukan pelapis yang tidak menambah dimensi benda secara signifikan. Untuk menangani masalah tersebut, diperlukan suatu metode untuk menghambat laju korosi dalam hal ini adalah teknik pelapisan.

Pelapisan logam adalah suatu cara yang dilakukan untuk memberikan sifat tertentu pada suatu permukaan benda kerja, dimana diharapkan benda tersebut akan mengalami perbaikan baik dalam hal struktur mikro maupun ketahanannya, dan tidak menutup kemungkinan pula terjadi perbaikan terhadap sifat fisiknya. Pelapisan logam tanpa menggunakan energi listrik biasa disebut dengan *conversion coating*. *Conversion coating* merupakan suatu metode pelapisan yang memanfaatkan reaksi kimia untuk membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam. *Conversion coating* dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu pelapisan konversi alami dan kimia. Pelapisan konversi alami biasa disebut dengan lapisan oksida yang secara alami terbentuk pada substrat logam, sedangkan pelapisan konversi kimia adalah lapisan oksida buatan yang dibentuk pada substrat logam dari hasil perendaman pada cairan kimia (Arab & Soltani, 2009).

Salah satu bentuk *conversion coating* adalah blackening atau pelapisan *black oxide*. *Blackening* atau pelapisan *black oxide* adalah proses konversi kimia yang terbentuk dari reaksi antara besi pada logam ferro dengan garam pengoksidasi hingga membentuk *magnetite* (Fe_3O_4) (Schwartz, 2002).

Berdasarkan penelitian Ferreira, dkk (2001) dengan judul "*Influence of the Temperature of Film Formation on the Electronic Structure of Oxide Films Formed on 304 Stainless Steel*", menunjukkan bahwa ketebalan lapisan oksida pada baja AISI 304 bertambah dari 8 nm pada suhu 150°C menjadi sekitar 30 nm pada suhu 450°C .

Penelitian serupa oleh Lebbai, dkk (2003) yang berjudul "*Optimization of Black Oxide Coating Thickness As An Adhesion Promoter for Copper Substrate In Plastic Integrated-Circuit Packages*" membuktikan tingkat kekasaran permukaan bertambah dari 180 nm menjadi sekitar 290 nm selama 60 detik proses pemanasan, dan ketebalan lapisan oksida terus bertambah dari 150 detik pertama dan menjadi stabil setelah melewati 180 detik.

Hasil penelitian Arab dan Soltani (2009) yang berjudul "*A Study of Coating Process of Cast Iron Blackening*" menunjukkan bahwa ketebalan lapisan oksida pada besi cor bertambah dari $0,4\ \mu\text{m}$ menjadi $1,2\ \mu\text{m}$ dalam waktu pemanasan 30 menit dan suhu 145°C .

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen (*experimental research*) yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu dan temperatur pemanasan pada pelapisan *blackening* terhadap ketebalan dan kekilapan lapisan permukaan baja ST 41.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pelapisan, Laboratorium Bahan Bakar, dan Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. Waktu Penelitian dilakukan setelah pelaksanaan seminar proposal skripsi yang telah disetujui oleh tim penguji pada tanggal 21 Januari 2019.

Variabel Penelitian

• Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan sehingga hubungan variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel kontrol adalah bahan larutan garam (campuran 30% NaOH, 10% NaNO_2 , 10% NaNO_3 , dan 50% H_2O), dan spesimen uji dari baja ST 41.

• Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang menjadi sebab timbulnya variabel terikat. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah waktu pemanasan (30 menit, 60 menit, dan 90 menit), temperatur pemanasan (150°C dan 200°C), dan dimensi spesimen (plat dan silinder).

• Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel terikat adalah ketebalan, kekilapan, dan topografi lapisan.

Bahan, Alat, dan Instrumen Penelitian

• Bahan Penelitian

- Baja ST 41
- Natrium Hidroksida (NaOH)
- Natrium Nitrat (NaNO_3)
- Natrium Nitrit (NaNO_2)
- Aquades (H_2O)
- Ethanol
- Oli

• Alat Penelitian

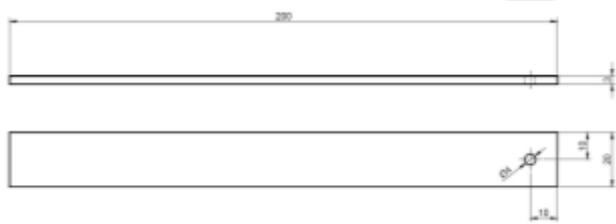
- Gerinda potong
- Bor duduk
- Mata gerinda *flapdisc*
- Bak *plating*

• Instrumen Penelitian

- Micrometer skrup
- *Thermocouple*
- *Stopwatch*
- *Ultrasonic thickness gauge*
- *Glossmeter*
- Mikroskop digital
- Kompor listrik

Spesimen Penelitian

Pada penelitian ini digunakan benda kerja berupa baja ST 41 bentuk plat dan silinder. Dimensi spesimen bentuk plat memiliki panjang 200mm, lebar 20mm, dan tebal 3mm. Sedangkan dimensi spesimen bentuk silinder adalah panjang 200mm, dan diameter sebesar 15mm.



Gambar 1. Spesimen Bentuk Plat



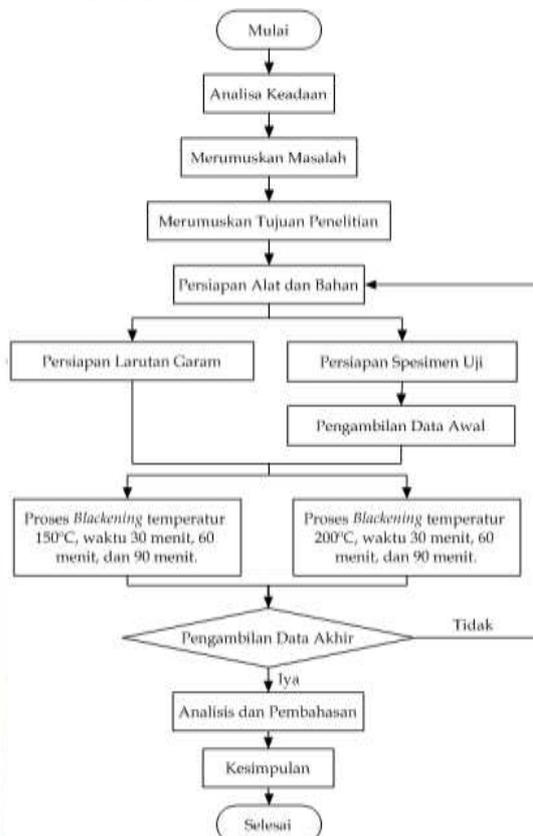
Gambar 2. Spesimen Bentuk Silinder

Prosedur Penelitian

- Mempersiapkan alat dan bahan.
- Mengamplas permukaan spesimen.
- Pengukuran ketebalan dan kekilapan spesimen serta analisa topografi bahan uji menggunakan mikroskop digital sebelum proses pelapisan.
- Membersihkan spesimen dengan ethanol.
- Persiapan larutan garam kemudian dipanaskan pada temperatur 150°C. Spesimen berjumlah 18 buah yang sudah disiapkan selanjutnya dilakukan proses pelapisan dengan variasi waktu 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Setelah selesai, spesimen diangkat dan larutan garam kembali dipanaskan hingga suhu 200°C. Selanjutnya, 18 spesimen berikutnya dilakukan proses pelapisan dengan variasi waktu 30 menit, 60 menit, dan 90 menit.
- Setelah proses pelapisan selesai, spesimen ditiriskan dan direndam dalam oli.
- Pengukuran ketebalan dengan menggunakan *ultrasonic thickness gauge*, pengukuran kekilapan dengan menggunakan *glossmeter* dan analisa topografi

lapisan menggunakan mikroskop digital dengan perbesaran 1000 kali.

Flowchart Penelitian



Gambar 3. Flowchart Penelitian

Teknik Analisis Data

Pada penelitian eksperimen ini, teknik analisis data yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif, yaitu dengan mengumpulkan data yang dinyatakan dalam bentuk angka dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Serta teknik analisis data deskriptif kualitatif, untuk membuktikan secara fisik adanya perubahan pada spesimen sebelum dan sesudah dilapisi. Analisa data yang diperoleh kemudian dimasukkan ke dalam tabel, dan ditampilkan dalam bentuk grafik yang kemudian akan dianalisa dan diberikan kesimpulan, sehingga dapat diketahui pengaruh waktu pemanasan dan temperatur larutan garam pada proses *blackening* baja ST 41 bentuk plat dan silinder terhadap ketebalan dan kekilapan lapisan permukaan.

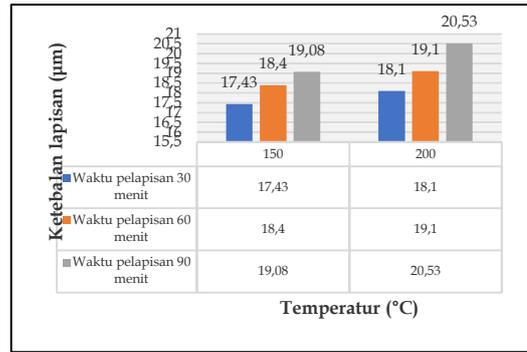
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Pengukuran ketebalan lapisan spesimen uji sebelum dilakukan proses pelapisan adalah 0µm, dan rata-rata kekilapannya adalah 163,73 GU. Setelah dilakukan proses pelapisan *blackening*, hasil ketebalan dan kekilapan lapisan adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Ketebalan Lapisan Setelah Pelapisan

No. Spesimen Bentuk Plat	Temperatur (°C)	Waktu (menit)	Rata-rata Ketebalan (µm)	No. Spesimen Bentuk Silinder	Temperatur (°C)	Waktu (menit)	Rata-rata Ketebalan (µm)
1	150	30	17,48	1	150	30	17,43
2		60	18,36	2		60	18,40
3		90	19,09	3		90	19,08
4	200	30	18,12	4	200	30	18,10
5		60	19,10	5		60	19,10
6		90	20,27	6		90	20,53



Tabel 2. Kekilapan Lapisan Setelah Pelapisan

No. Spesimen Bentuk Plat	Temperatur (°C)	Waktu (menit)	Rata-rata Kekilapan (GU)	No. Spesimen Bentuk Silinder	Temperatur (°C)	Waktu (menit)	Rata-rata Kekilapan (GU)
1	150	30	67,16	1	150	30	66,96
2		60	64,01	2		60	63,98
3		90	61,18	3		90	60,14
4	200	30	65,66	4	200	30	64,96
5		60	62,28	5		60	61,32
6		90	59,12	6		90	58,87

Gambar 5. Diagram Rata-Rata Ketebalan Lapisan Spesimen Bentuk Silinder

Berdasarkan diagram pada gambar 4 dan 5, menunjukkan bahwa nilai ketebalan lapisan *magnetite* (Fe_3O_4) yang terbentuk semakin tinggi seiring dengan lama waktu dan tinggi temperatur pelapisan. Nilai ketebalan tertinggi diperoleh pada spesimen uji dengan waktu pelapisan 90 menit dan temperatur pelapisan 200°C dengan nilai 20,27µm untuk spesimen bentuk plat dan 20,53µm untuk spesimen bentuk silinder.

Semakin lama waktu pelapisan maka semakin tebal lapisan yang terbentuk. Semakin tinggi temperatur pelapisan, maka semakin cepat terbentuknya *magnetite* (Fe_3O_4) pada substrat baja ST41.

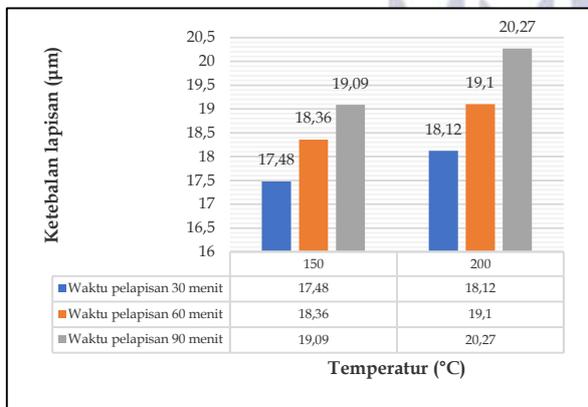
Pembahasan

Waktu dan Temperatur Pelapisan terhadap Ketebalan

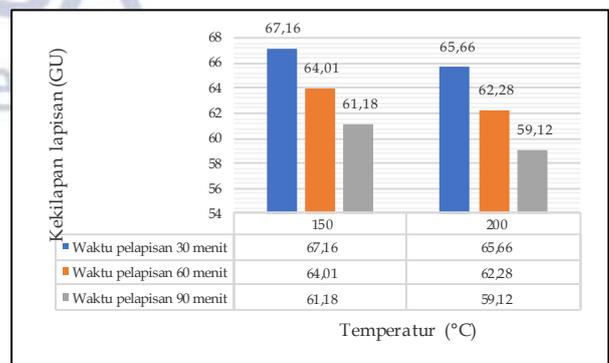
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi lama waktu dan temperatur pelapisan terhadap ketebalan lapisan *magnetite* (Fe_3O_4) yang terbentuk pada substrat baja ST 41, baik pada spesimen bentuk plat maupun pada spesimen bentuk silinder. Berikut adalah diagram rata-rata ketebalan lapisan spesimen bentuk plat dan silinder terhadap variasi waktu dan temperatur pelapisan :

Waktu dan Temperatur Pelapisan terhadap Kekilapan

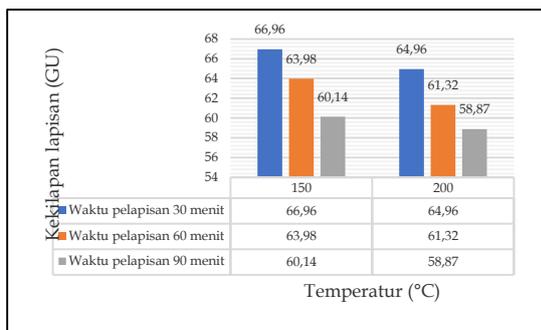
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi lama waktu dan temperatur pelapisan terhadap kekilapan lapisan yang terbentuk pada substrat baja ST 41, baik pada spesimen bentuk plat maupun pada spesimen bentuk silinder. Berikut adalah diagram rata-rata kekilapan lapisan spesimen bentuk plat terhadap variasi waktu dan temperatur pelapisan.



Gambar 4. Diagram Rata-Rata Ketebalan Lapisan Spesimen Bentuk plat



Gambar 6. Diagram Rata-Rata Kekilapan Lapisan Spesimen Bentuk Silinder



Gambar 7. Diagram Rata-Rata Kekilapan Lapisan Spesimen Bentuk Silinder

Berdasarkan diagram pada gambar 6 dan 7, menunjukkan bahwa nilai kekilapan lapisan semakin rendah seiring dengan lama waktu dan tinggi temperatur pelapisan. Nilai kekilapan tertinggi diperoleh pada spesimen uji dengan waktu pelapisan 30 menit dan temperatur pelapisan 150°C dengan nilai 67,16 GU untuk spesimen bentuk plat dan 66,96 GU untuk spesimen bentuk silinder.

Semakin lama waktu pelapisan dan semakin tinggi temperatur pelapisan maka lapisan yang terbentuk semakin tebal dan warna lapisan semakin pekat, sehingga kekilapan lapisan akan semakin menurun.

• **Analisa Topografi**

Analisa topografi dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi lama waktu dan temperatur pelapisan terhadap kualitas lapisan *magnetite* (Fe_3O_4) yang terbentuk pada substrat baja ST 41, baik pada spesimen bentuk plat maupun pada spesimen bentuk silinder dengan menggunakan mikroskop digital perbesaran 1000 kali.



Gambar 8. Spesimen Bentuk Plat Sebelum Pelapisan

Berdasarkan gambar 8, spesimen uji bentuk plat sebelum dilakukan pelapisan memiliki goresan-goresan akibat proses pengamplasan yang terlihat dengan jelas.

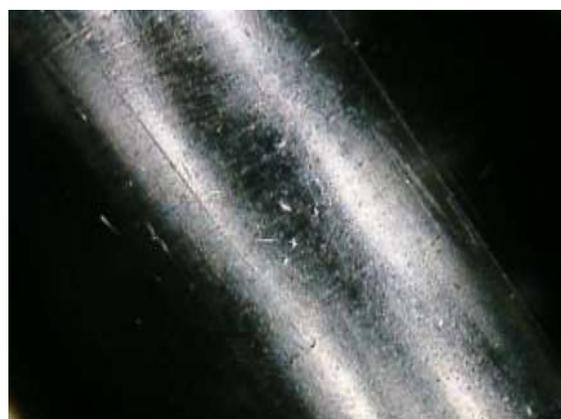


Gambar 9. Spesimen Plat Setelah Pelapisan

Sedangkan pada gambar 9, goresan-goresan akibat pengamplasan pada spesimen uji bentuk plat dengan pelapisan pada suhu 150°C dan waktu pelapisan 90 menit tampak lebih tertutup. Hal ini dikarenakan lapisan *magnetite* (Fe_3O_4) yang terbentuk pada substrat logam menutupi goresan yang ada pada permukaan baja ST41.



Gambar 10. Spesimen Silinder Sebelum Pelapisan



Gambar 11. Spesimen Silinder Setelah Pelapisan

Begitupula spesimen bentuk silinder yang belum dilakukan pelapisan pada gambar 10, goresan dan *impurities* pada permukaan spesimen terlihat dengan jelas.

Sedangkan spesimen uji bentuk silinder dengan temperatur pelapisan 200°C dan waktu pelapisan 90 menit pada gambar 11 menunjukkan goresan dan *impurities* pada permukaan spesimen lebih tertutup dikarenakan lapisan *magnetite* (Fe_3O_4) yang terbentuk pada substrat logam menutupi goresan yang ada pada permukaan baja ST41.

Schwartz, Mel. 2002. *Encyclopedia and Handbook of Materials, Parts and Finishes Second Edition*. Florida : CRC Press LLC.

UNESA. 2000. *Pedoman Penulisan Artikel Jurnal*, Surabaya: Lembaga Penelitian Universitas Negeri Surabaya.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan data yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa simpulan antara lain:

- Semakin lama waktu pelapisan dan semakin tinggi temperatur maka semakin tebal lapisan *magnetite* (Fe_3O_4) yang terbentuk pada substrat logam, namun semakin menurun tingkat kekilapan lapisannya.
- Lama waktu dan tinggi temperatur mengakibatkan goresan-goresan akibat pengamplasan tertutup oleh lapisan *magnetite* (Fe_3O_4) yang terbentuk pada substrat logam. Seiring dengan lama waktu dan tinggi temperatur pelapisan, goresan akibat pengamplasan akan tertutup dengan baik.

Saran

Berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk dilakukan penelitian lebih lanjut, diantaranya:

- Perlu digunakan amplas dengan grit diatas 4000 pada porses pengamplasan spesimen uji agar hasil pengukuran ketebalan dan kekilapan pada permukaan spesimen lebih akurat.
- Metode uji kualitatif menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) guna mengetahui kualitas hasil penelitian yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Arab, N. dan Soltani. 2009. *A Study of Coating Process of Cast Iron Blackening*. Iran: Journal of Applied Chemical Research, 13-23.

Ferreira, Hakiki, dkk. 2001. *Influence of the Temperature of Film Formation on the Electronic Structure of Oxide Films Formed on 304 Stainless steel*, *Eletrochimica Acta* 46, 3767-3776.

Lebbai, Kim, dkk. 2003. *Optimization of Black Oxide Coating Thickness as an Adhesion Promoter for Copper Substrate in Plastic Integrated-Circuit Packages*. Hongkong: Journal of Electronic Materials, Vol. 32, No. 6.

