

ANALISA WAKTU PEMANASAN DAN TEMPERATUR PEMANASAN PADA PROSES *BLACKENING* BAJA ST41 BENTUK PLAT DAN SILINDER TERHADAP KETEBALAN DAN UJI TARIK

Muhamad Yasid Ashab

S1 Teknik Mesin Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail : muhamadashab@mhs.unesa.ac.id

Arya Mahendra Sakti

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
E-mail: aryamahendra@unesa.ac.id

Abstrak

Baja ST41 merupakan jenis baja dengan kandungan karbon sedang (medium carbon steel) yang mana campurannya terdiri dari pearlite dan ferrite, kandungan baja ST41 setara dengan baja S40C (JIS, G4051), dengan komposisi paduan 0,5 – 0,35% Si, 0,37 – 0,43% C, 0,60 – 0,90% Mn. Baja ST41 sering kali digunakan untuk komponen mesin misal poros, rantai, gear dan skrup yang mana merupakan komponen dengan toleransi yang tinggi. Maka dari ketentuan tersebut, diperlukan pelapisan yang memiliki keunggulan tidak menambah dimensi benda secara signifikan saat melapisi komponen, serta agar lebih tahan terhadap serangan lingkungan ataupun laju korosi. *Blackening* atau pelapisan *black oxide* merupakan salah satu bentuk pelapisan konversi kimia yaitu terbentuk dari reaksi antara unsur besi dengan garam pengoksidasi, reaksi ini membentuk lapisan tipis berwarna hitam pada spesimen logam. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh waktu pemanasan dan temperatur pemanasan pada proses *blackening* baja ST 41 terhadap ketebalan dan uji tarik. Bahan penelitian merupakan baja ST41 bentuk plat dan silinder yang dicelupkan dalam larutan garam pengoksidasi dari campuran 50% Aquades (H₂O), 30% Natrium Hidroksida (NaOH), 10% Natrium Nitrit (NaNO₂) dan 10% Natrium Nitrat (NaNO₃) dengan variasi waktu 30 menit, 60 menit, dan 90 menit serta dengan variasi temperatur 100°C, 150°C dan 200°C. Hasil penelitian ini mendapatkan nilai tertinggi pada hasil uji ketebalan lapisan adalah pada temperatur pelapisan 150°C dan waktu pelapisan 30 menit, dengan nilai rata-rata ketebalan lapisan 19,05 µm untuk spesimen berbentuk plat, dan 19,11 µm untuk spesimen berbentuk silinder. Sedangkan pada pengujian tarik semakin tinggi waktu dan temperatur dalam proses pemanasan maka hasil uji tarik semakin rendah. Hasil uji tarik tertinggi pada penelitian ini adalah pada temperatur pelapisan 100°C dan waktu pelapisan 30 menit dengan nilai rata-rata uji tarik 38,8 KN untuk spesimen berbentuk plat dan 34,8 KN untuk spesimen berbentuk silinder.

Kata kunci: baja ST41, *blackening*, ketebalan, uji tarik.

Abstract

ST41 steel is a type of steel with a medium carbon content (medium carbon steel) which mixture consists of pearlite and ferrite, ST41 steel content is equivalent to S40C steel (JIS, G4051), with an alloy composition of 0.5 – 0.35% Si, 0.37 – 0.43% C, 0.60 – 0.90% Mn. ST41 steel is often used for machine components such as shafts, chains, gears and couplers which are components with high tolerances. Therefore, from these provisions, it is necessary to have a coating that has the advantage of not adding to the dimensions of the object significantly when coating components, and to be more resistant to environmental attacks or corrosion rates. *Blackening* or *black oxide* coating is a form of chemical conversion coating that is formed from the reaction between iron elements and oxidizing salts, this reaction forms a black thin layer on metal specimens. The purpose of this study was to determine the effect of heating time and heating temperature on the ST 41 steel *blackening* process on the thickness and tensile test. The research material is ST41 steel in the form of plates and cylinders which are immersed in an oxidizing salt solution from a mixture of 50% Aquades (H₂O), 30% Sodium Hydroxide (NaOH), 10% Sodium Nitrite (NaNO₂) and 10% Sodium Nitrate (NaNO₃) with time variations 30 minutes, 60 minutes, and 90 minutes as well as temperature variations of 100°C, 150°C and 200°C. The results of this study obtained the highest value in the coating thickness test results at a coating temperature of 150°C and a coating time of 30 minutes, with an average layer thickness of 19.05 m for plate-shaped specimens, and 19.11 m for cylindrical specimens. While in tensile testing, the higher the time and temperature in the heating process, the lower the tensile test results. The highest tensile test results in this study were at a coating temperature of 100°C and a coating time of 30 minutes with an average tensile test value of 38.8 KN for plate-shaped specimens and 34.8 KN for cylindrical specimens.

Keywords: ST41 steel, *blackening*, thickness, tensile test.

PENDAHULUAN

Dalam dunia industri logam, produksi paling dominan yang dibuat adalah komponen yang digunakan untuk mesin maupun juga komponen penunjang mesin. Secara umum, paling banyak digunakan di lapangan yaitu, baja ST 41 berbentuk plat atau silinder misal poros, rantai, gear, skrup, baut dan mur. Komponen-komponen tersebut salah satunya harus tahan terhadap laju korosi dan keausan, serta terhadap situasi dan kondisi mesin jika saat digunakan dan dalam waktu lama, hal ini bila dibiarkan dapat merusak mesin. Untuk menangani masalah tersebut, maka diperlukan suatu metode pelapisan, pelapisan ini harus memiliki keunggulan tidak merubah dimensi benda secara signifikan jika dilapisi, karena komponen-komponen tersebut identik dengan toleransi tinggi, serta tidak menghilangkan fungsi pelapisan yang lain seperti memperbaiki struktur mikro material, memiliki pertahanan terhadap serangan lingkungan, dan menghambat laju korosi, maka dari itu digunakan teknik pelapisan *blackening/black oxide*.

Pelapisan *blackening* termasuk kategori pelapisan tanpa menggunakan energi listrik atau disebut dengan *conversion coating*. *Conversion coating* adalah pelapisan yang dilakukan menggunakan perlakuan kimiawi atau reaksi dari permukaan logam yang menghasilkan lapisan tipis yang terdapat kandungan senyawa logam. *Conversion coating* terdapat dua proses yaitu proses pelapisan konversi alami dan kimia. Pelapisan konversi alami adalah lapisan oksida yang terbentuk secara alami pada permukaan logam, sedangkan untuk proses pelapisan konversi secara kimia adalah lapisan oksida yang sengaja dibentuk pada permukaan logam dari hasil perendaman logam tersebut pada cairan kimia (Arab & Soltani, 2009).

Salah satu *Conversion coating* secara kimiawi yang sering digunakan dalam dunia industri logam adalah pelapisan *blackening* atau *black oxide*. Menurut Schwartz (2002), pelapisan *blackening* atau *black oxide* adalah proses konversi secara kimia yang sengaja dibentuk dari reaksi antara besi dengan garam pengoksidasi melalui perendaman hingga membentuk senyawa magnetite (Fe_3O_4).

Blackening atau *black oxide coating* semakin populer digunakan karena ketahannya terhadap berbagai kondisi seperti laju korosi dan keausan, dan sangat meminimalisir perubahan dimensi suatu benda. Komposisi kimiawi lapisan berubah seiring dengan peningkatan ketebalan lapisan. Arab & Soltani (2009) menjelaskan menghitamnya besi tuang dalam rendaman hitam konvensional menggunakan garam natrium, tetapi penggunaan rendaman penghitam yang mengandung garam kalium dilaporkan menghasilkan kualitas yang lebih tinggi dan lapisan yang seragam.

Uji tarik adalah salah satu bentuk pengujian material yang mana tujuannya untuk mengetahui sifat-sifat material tersebut. Pengujian dilakukan dengan cara menarik suatu material sampai patah sehingga kita dapat mengetahui bagaimana material tersebut bereaksi terhadap gaya tarikan yang di berikan serta mengamati pertambahan panjang material tersebut sampai patah. Alat uji yang di gunakan untuk pengujian tarik harus memiliki

kekakuan yang tinggi (highly stiff) dan cengkerman yang kuat (Sastranegara, 2009).

Jika material terus ditarik sampai putus (dalam hal ini material logam) akan banyak sifat-sifat dari material tersebut yang dapat kita pelajari. Dari hasil pengujian tarik kita akan mendapat kurva profil tarikan. Kurva ini menjelaskan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang yang dialami oleh material uji. Hal ini diperlukan dalam pemilihan material yang cocok untuk suatu desain.

Penelitian dari Ferreira, dkk (2001) dalam bukunya yang berjudul "Influence of the Temperature of Film Formation on the Electronic Structure of Oxide Films Formed on 304 Stainless Steel", menunjukkan ketebalan lapisan oksida pada baja AISI 304 bertambah dari 8nm menjadi sekitar 30nm, dari suhu 150°C ke suhu 450°C.

Begitu pula pada penelitian yang dilakukan oleh Lebbai, dkk (2003) "Optimization of Black Oxide Coating Thickness As An Adhesion Promoter for Copper Substrate In Plastic Integrated-Circuit Packages" menunjukkan ketebalan lapisan oksida pada logam terus bertambah dari 150 detik pertama setelah itu menjadi stabil setelah 180 detik.

Berdasarkan penelitian yang sudah ada, ditetapkan untuk penelitian ini dengan judul analisa waktu pemanasan dan temperatur pemanasan pada proses *blackening* baja ST41 bentuk plat dan silinder terhadap ketebalan dan uji tarik. Dengan variasi waktu pemanasan 30 menit, 60 menit, dan 90 menit, serta variasi temperatur pemanasan 100°C, 150°C dan 200°C.

METODE

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah jenis penelitian eksperimen, yaitu eksperimen terhadap baja ST41 yang di beri perlakuan pelapisan *blackening* untuk diuji ketebalan dan uji tarik. Proses pelapisan *blackening* ini menggunakan variasi waktu dan temperatur pada perendamannya.

Waktu dan Tempat Penelitian

• Waktu Penelitian

Waktu dilaksanakannya penelitian ini yaitu pada bulan Maret – Mei 2021.

• Tempat penelitian

a. Pemotongan bahan dan proses pelapisan bahan uji dilakukan di kontrakan peneliti dengan alamat, Jl. Jambangan VIII No.21 RT.003/RW.03, Jambangan, Kec. Jambangan, Kota Surabaya, Jawa Timur 60232.

b. Pengujian ketebalan setelah proses pelapisan dilakukan di Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya (Laboratorium Pengujian Bahan).

c. Proses Uji Tarik dilakukan di Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya (Laboratorium Material Teknik).

• Variabel Penelitian

❖ Variabel bebas

- Dimensi spesimen: baja ST41 bentuk plat dan silinder

Analisa Waktu Pemanasan dan Temperatur Pemanasan pada Proses *Blackening* Baja ST41 Bentuk Plat dan Silinder Terhadap Ketebalan dan Uji Tarik

- Waktu pemanasan (menit): 30, 60, 90.
- Temperatur pemanasan ($^{\circ}\text{C}$): 100, 150 dan 200
- ❖ Variabel terikat
 - Ketebalan hasil pelapisan.
 - Uji Tarik.
- ❖ Variabel control
 - Larutan garam pengoksidasi yang digunakan adalah campuran dari 6 liter Aquades (H_2O), 4kg Natrium Hidroksida (NaOH), 1kg Natrium Nitrit (NaNO_2) dan 1kg Natrium Nitrat (NaNO_3),.
 - Jenis spesimen yang digunakan yaitu baja ST41.

• Instrumen Penelitian

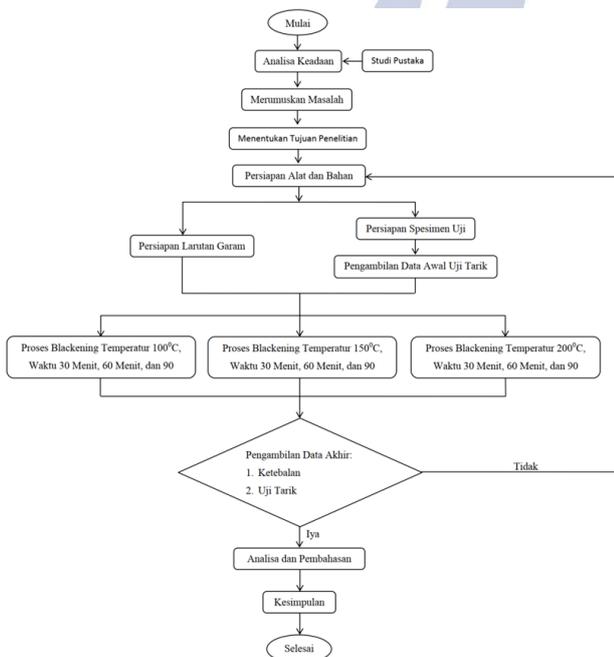
- Jangka Sorong atau *Vernier Caliper*
- Thermocouple pada Temperature control
- Stopwatch
- Ultrasonic Thickness Gauge

Spesimen Penelitian

Penelitian ini menggunakan spesimen dari baja ST41 berbentuk plat dan silinder. Spesimen bentuk plat berdimensi: panjang 200mm, lebar 20mm, dan tebal 3mm. Spesimen bentuk silinder berdimensi: panjang 150mm dan diameter 9mm. Spesimen yang akan dilakukan pelapisan berjumlah 36 buah (18 plat dan 18 silinder).

Rancangan penelitian

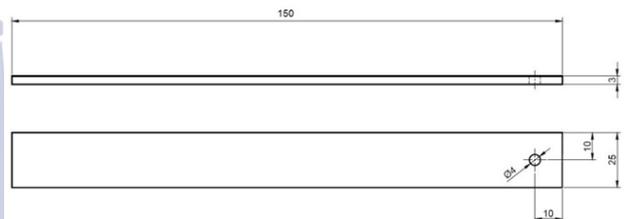
Urutan serta petunjuk dalam melakukan penelitian ini berpedoman pada gambar rancangan dibawah.



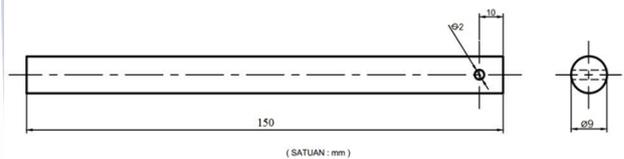
Gambar 1. Rancangan Penelitian

Peralatan, Bahan dan Instrumen Penelitian

- Peralatan Penelitian
 - Gerinda potong
 - Bor duduk
 - Kertas grit
 - Bak plating
- Bahan Penelitian
 - Baja ST41
 - Aquades (H_2O)
 - Natrium Hidroksida (NaOH)
 - Natrium Nitrit (NaNO_2)
 - Natrium Nitrat (NaNO_3)
 - Oli.
 - Kawat besi



Gambar 2. Dimensi Bentuk Plat



Gambar 3. Dimensi Bentuk Silinder

Prosedur Penelitian

- Mempersiapkan alat, bahan dan instrumen penelitian.
- Memotong dan mengebor spesimen sesuai desain.
- Mengamplas permukaan spesimen.
- Mengukur berat dan analisa topografi spesimen dengan perbesan kamera 1000 kali sebelum proses pelapisan.
- Mencuci spesimen dengan sabun.
- Melakukan proses pelapisan, spesimen di kaitkan dengan kawat agar mudah dalam pngangkatan saat di dalam bak plating. Spesimen berjumlah 12 buah (6 plat dan 6 silinder) disiapkan untuk dilakukan proses perendaman pada suhu 100°C dengan variasi waktu 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Setelah selesai siapkan 12 spesimen berikutnya, serta larutan garam pengoksidasi kembali dipanaskan hingga suhu 150°C , lalu spesimen di rendam dengan varisi suhu yang sama seperti sebelumnya, begitu juga pada larutan garam pengoksidasi suhu 200°C .
- Setelah proses pelapisan selesai, spesimen ditiriskan lalu celupkan pada air sejenak dan di keringkan dengan cara di gantung.
- Setelah kering langsung dilakukan pencelupan dalam oli lalu angkat dan tiriskan.
- Melakukan kembali analisa topografi untuk di ketahui perbedaannya.

- Lakukan pengukuran ketebalan lapisan permukaan spesimen.
- Terakhir dilakukan pengujian tarik sampai spesimen patah.

Teknik Analisa Data

Teknik analisa data menggunakan teknik deskriptif kuantitati serta untuk membuktikan tingkat kesignifikannya digunakan metode pengujian hipotesis asosiatif.

Analisa data dilakuan pada data yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium, data tersebut berupa angka yang dimasukkan ke dalam tabel, dari angka dalam tabel tersebut dapat di buat grafiknya sehingga menganalisa dan menyimpulkannya lebih mudah. Hal ini akan menunjukkan ada tidaknya pengaruh variasi waktu perendaman baja ST 41 bentuk plat maupun silinder dan dan variasi temperatur larutan pada proses *blackening* terhadap uji ketebalan dan uji tarik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Ketebalan spesimen sebelum dilakukan proses *blackening* dianggap 0µm. Tabel di bawah menunjukkan data ketebalan spesimen setelah dilakukan proses *blackening*, sebagai berikut:

Tabel 1. Rata-rata Ketebalan Setelah Pelapisan

No. Spesimen Plat (P)	Temperatur (°C)	Waktu (menit)	Rata-rata Ketebalan (µm)	No. Spesimen Silinder (S)	Temperatur (°C)	Waktu (menit)	Rata-rata Ketebalan (µm)
1&2	100	30	17,98	1&2	100	30	18,42
3&4		60	17,05	3&4		60	17,38
5&6		90	16,58	5&6		90	16,11
7&8	150	30	19,05	7&8	150	30	19,11
9&10		60	18,33	9&10		60	18,38
11&12		90	17,50	11&12		90	17,42
13&14	200	30	16,98	13&14	200	30	17,08
15&16		60	16,55	15&16		60	16,08
17&18		90	15,58	17&18		90	15,50

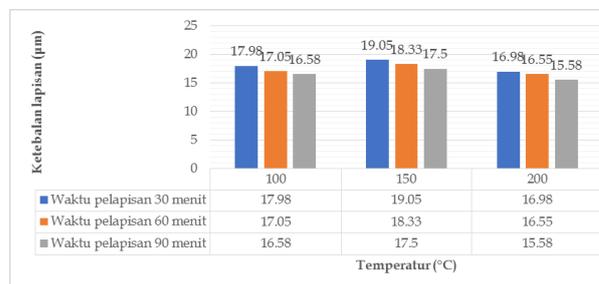
Tabel 2. Rata-rata Uji Tarik Setelah Pelapisan

No. Spesimen Plat (P)	Temperatur (°C)	Waktu (menit)	Rata-rata Uji Tarik (KN)	No. Spesimen Silinder (S)	Temperatur (°C)	Waktu (menit)	Rata-rata Uji Tarik (KN)
1&2	100	30	38,8	1&2	100	30	34,8
3&4		60	38,7	3&4		60	34,7
5&6		90	38,6	5&6		90	34,6
7&8	150	30	38,4	7&8	150	30	34,4
9&10		60	38,3	9&10		60	34,2
11&12		90	38,2	11&12		90	34
13&14	200	30	37,9	13&14	200	30	33,7
15&16		60	37,6	15&16		60	33,4
17&18		90	37,2	17&18		90	33

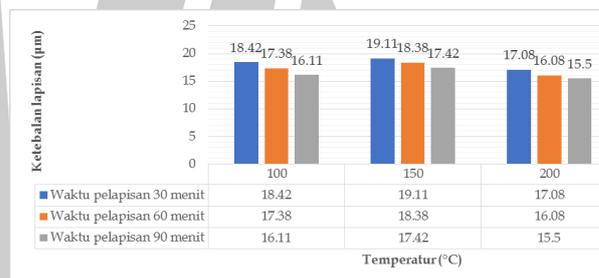
PEMBAHASAN

• Waktu Pemanasan dan Temperatur Pemanasan Terhadap Ketebalan Lapisan Permukaan Spesimen

Diagram berikut ini adalah data rata-rata dari hasil uji ketebalan yang sudah di lakukan pada spesimen bentuk plat dan silinder dengan variasi waktu pemanasan dan temperatur pemanasan.



Gambar 4. Diagram Ketebalan Bentuk Plat (Rata - Rata)



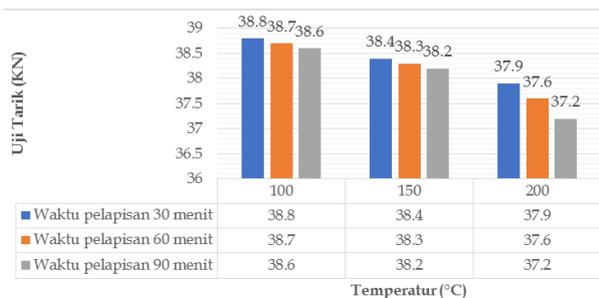
Gambar 5. Diagram Ketebalan Bentuk Silinder (Rata - Rata)

Diagram diatas menunjukkan bahwa nilai ketebalan lapisan permukaan spesimen yang terbentuk, menunjukkan nilai tertinggi yaitu pada spesimen dengan perlakuan waktu perendaman 30 menit dan temperatur larutan pengoksidasi 150°C dengan nilai 19,05µm pada spesimen bentuk plat dan 19,11µm pada spesimen bentuk silinder.

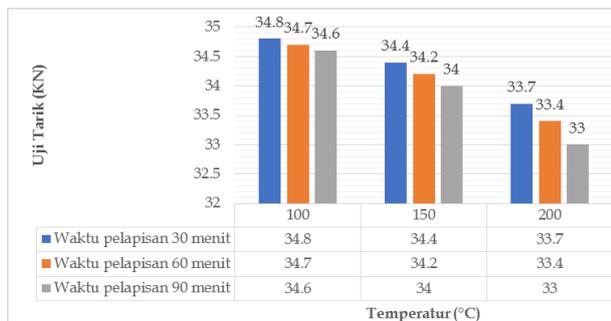
Pembentukan lapisan terbaik terjadi pada suhu larutan pengoksidasi 150°C dengan waktu perendaman 30 menit, dikarenakan jika suhu terlalu rendah lapisan kurang menempel dan jika terlalu panas lapisan telah menguap, begitu juga jika terlalu lama dalam proses pelapisan maka lapisan akan menguning.

• Waktu Pemanasan dan Temperatur Pemanasan Terhadap Uji Tarik Spesimen

Diagram berikut ini adalah data rata-rata dari hasil uji tarik yang sudah di lakukan pada spesimen bentuk plat dan silinder dengan variasi waktu pemanasan dan temperatur pemanasan.



Gambar 6. Diagram Uji Tarik Bentuk Plat (Rata - Rata)



Gambar 7. Diagram Uji Tarik Bentuk Silinder (Rata - Rata)

Diagram diatas menunjukkan bahwa hasil dari pengujian tarik spesimen diperoleh nilai uji tarik tertinggi pada spesimen dengan dengan perlakuan waktu perendaman 30 menit dan temperatur larutan pengoksidasi 100°C dengan nilai 38,8 KN pada spesimen bentuk plat dan 34,8 KN pada spesimen bentuk silinder.

Semakin lama waktu perendaman dan semakin tinggi temperatur larutan pengoksidasi maka semakin rendah nilai uji tarik.

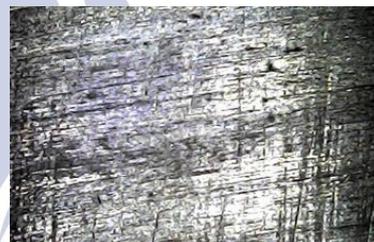
• Analisa Topografi

Pengujian topografi ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan spesimen sebelum dan sesudah proses pelapisan *blackening* dengan melakukan pengujian pada spesimen yang memiliki pelapisan terbaik yaitu perlakuan pada waktu perendaman 30 menit dan temperatur larutan pengoksidasi 150°C. Dilakukan pada spesimen bentuk plat dan juga spesimen bentuk silinder dengan menggunakan kamera khusus material dengan perbesaran 1000 kali.



Gambar 8. Hasil Topografi Spesimen Bentuk Plat Sebelum proses *Blackening*

Gambar diatas menunjukkan hasil topografi spesimen uji bentuk plat sebelum dilakukan pelapisan *blackening* menunjukkan spesimen memiliki goresan-goresan yang begitu banyak akibat pengamplasan dan terlihat sangat terang saat terkena cahaya kamera.

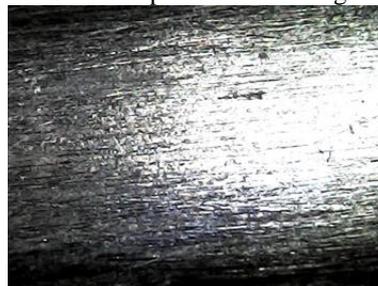


Gambar 9. Hasil Topografi Spesimen Bentuk Plat Setelah proses *Blackening*

Gambar diatas menunjukkan hasil topografi spesimen uji bentuk plat setelah dilakukan pelapisan *blackening* menunjukkan spesimen memiliki goresan-goresan yang lebih sedikit dan sudah banyak goresan yang tertutupi oleh pelapisan hingga terlihat lebih halus serta terlihat lebih gelap dari sebelum pelapisan *blackening* meski terkena cahaya kamera.



Gambar 10. Hasil Topografi Spesimen Bentuk Silinder Sebelum proses *Blackening*



Gambar 11. Hasil Topografi Spesimen Bentuk Silinder Setelah proses *Blackening*

Begitu pula yang terlihat pada spesimen bentuk silinder sebelum dan sesudah proses *blackening*, terlihat begitu jelas perbedaan pada foto spesimen dengan pembesaran 1000 kali tersebut. Goresan-goresan pada gambar 11 terlihat lebih sedikit dan tampak halus serta terlihat lebih gelap untuk mengurangi pantulan cahaya dari spesimen terhadap mata.

PENUTUP

Simpulan

Dari analisa hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Hasil pengukuran tertinggi pada hasil uji ketebalan lapisan penelitian ini adalah pada temperatur pelapisan 150°C dan waktu pelapisan 30 menit, dengan nilai rata-rata ketebalan lapisan 19,05 μm untuk spesimen berbentuk plat, dan 19,11 μm untuk spesimen berbentuk silinder.
- Hasil uji tarik tertinggi pada penelitian ini adalah pada temperatur pelapisan 100°C dan waktu pelapisan 30 menit dengan nilai rata-rata uji tarik 38,8 KN untuk spesimen berbentuk plat dan 34,8 KN untuk spesimen berbentuk silinder.

Saran

Merujuk pada hasil penelitian dan pembahasan, hingga mencapai sebuah simpulan, kami menyarankan beberapa hal berikut:

- Pelapisan terbaik untuk jenis pelapisan hot *blackening* adalah pada temperature 150°C dan waktu pelapisan 30 menit, dikarenakan bahan *blackening* melekat dan menghitam sempurna pada spesimen dalam perlakuan tersebut. Untuk suhu 100°C bahan *blackening* kurang menempel dan di suhu 200°C bahan sudah menguap, begitu pula jika terlalu lama dalam proses pelapisan maka spesimen akan menguning.
- Agar mendapat hasil uji tarik secara maksimal di sarankan menggunakan perlakuan temperatur dan waktu serendah rendahnya agar spesimen tidak menjadi terlalu lunak.

DAFTAR PUSTAKA

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

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

Abdollahi, M. dan Khaksar. 2014. Encyclopedia of Toxicology (Third Edition). Iran : Tehran University of Medical Sciences, 334-337.

Diharjo K. 2016. Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester. Journal:<http://www.jurnalmesin.petra.ac.id>

Prasad K. N. and Bondy S. C. 1988. Metal Neurotoxicity. CRC Press. Boca Raton.

Sastranegara A. 2009. Mengenal Uji Tarik dan Sifat-sifat Mekanik Logam. Journal: <http://www.infometrik.com>.

