

# Pengaruh Tegangan Listrik Pada Proses Pelapisan Chrome Terhadap Ketebalan lapisan, Kekerasan dan Laju Korosi Baja Karbon Sedang (HQ670) di Lingkungan Air Laut

*by* Aris Widyo Nugroho

---

**Submission date:** 04-Sep-2019 09:19AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 1166909094

**File name:** B.17.pdf (256.92K)

**Word count:** 2968

**Character count:** 18208

## Pengaruh Tegangan Listrik Pada Proses Pelapisan *Chrome* Terhadap Ketebalan Lapisan, Kekerasan dan Laju Korosi Baja Karbon Sedang (HQ760) di Lingkungan Air Laut

M. Budi Nur Rahman<sup>(1)</sup>, Aris Widyo Nugroho<sup>(2)</sup>

5  
(1)(2) Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jln Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan 5, ntul, Yogyakarta 55183  
E-mail : nurrahman\_ummy@yahoo.co.id

### Abstrak

Korosi merupakan salah satu dari penyebab dari penurunan mutu logam. Terdapat beberapa cara yang dapat digunakan untuk melindungi logam dari pengaruh korosi, salah satunya dengan metode pelapisan, selain menghasilkan keindahan dari segi dekoratif. Air laut merupakan lingkungan yang sangat korosif terhadap baja dan paduan karena kadar garam yang cukup tinggi. Korosi yang terjadi di lingkungan laut kebanyakan korosi sumuran akibat tingginya konsentrasi ion-ion klorida. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi tegangan pada proses elektroplating krom terhadap ketebalan lapisan, kekerasan dan laju korosi yang dihasilkan. Pada penelitian ini material baja HQ (High Quality) 760, dilakukan proses elektroplating dengan bahan pelapis yang digunakan adalah nikel sebagai lapisan dasar dilanjutkan pelapisan krom dengan variasi tegangan 5; 7,5, 10 dan 12,5 volt, menggunakan rapat arus 2,5 A dan waktu celup selama 6 detik. Spesimen yang telah dilapisi krom dilakukan pengamatan dengan pembesaran 200X. Uji kekerasan mikro Vickers menggunakan pembebanan 200 gf dan waktu identasi 5 detik. Uji korosi dengan metode sel tiga elektroda, dengan larutan elektrolit dari air laut yang telah dilakukan pemurnian sebanyak 5 kali (P.5X). Hasil penelitian menunjukkan peningkatan tegangan listrik pada proses elektroplating khrom dapat meningkatkan ketebalan lapisan, pada tegangan 5 dan 7,5V ketebalan lapisan sebesar 12,5  $\mu\text{m}$  dan 20 $\mu\text{m}$ , untuk tegangan lebih besar cenderung konstan. Hal ini disebabkan ion-ion yang mengalir ke katoda akan semakin banyak dan semakin cepat menempel ke katoda, namun jika terlalu besar tegangan diberikan mengakibatkan terbakar. Semakin tebal lapisan nilai kekerasan semakin meningkat. Nilai kekerasan permukaan pada tegangan 5 dan 7,5 V kekerasannya 307,4 kg/mm<sup>2</sup> dan 434,8 kg/mm<sup>2</sup> sedangkan untuk tegangan lebih besar peningkatannya relatif kecil. Peningkatan tegangan listrik akan menurunkan laju korosi, pada tegangan 5; 7,5 dan 12,5 V laju korosi berturut-turut sebesar 72,34 mpy, 69,68 mpy dan 58,97 mpy. Peningkatan ketebalan lapisan pasif kromium oksida ( $\text{CrO}_3$ ) akan mampu memperlambat laju korosi material.

**Keywords:** elektroplating, baja HQ760, khrom, air laut P.5X

### Pendahuluan

Pembuatan komponen atau peralatan dibutuhkan material dengan sifat fisik dan mekanik yang baik salah satunya ketahanan korosi. Logam mendominasi bahan baku pembuatan berbagai jenis peralatan baik yang sederhana sampai pada peralatan yang canggih. Konsekuensinya industri dituntut memperhitungkan dan memilih jenis bahan logam yang sesuai tuntutan konsumen serta kondisi pemakaiannya dapat terpenuhi. Seiring dengan waktu, mutu logam akan menurun akibat reaksi korosi.

Korosi dapat menimbulkan kerugian ekonomis, pemborosan sumber daya alam dan tidak nyaman bagi manusia bahkan menyebabkan kematian. Penyelesaian masalah korosi sangat mahal karena menyangkut umur, penyusutan, efisiensi pemakaian, perawatan alat dan infrastruktur bahan peralatan dalam kegiatan industri agar konstruksinya dapat bertahan lebih lama.

(Trethewey, K.R., Chamberlain, J., 1991).

Baja karbon merupakan suatu jenis logam yang cukup banyak digunakan dalam bidang teknik seperti kendaraan bermotor, alat olahraga, peralatan rumah tangga, peralatan kantor dan lain sebagainya. Mutu dari logam yang digunakan akan menurun akibat adanya suatu hubungan atau reaksi sehingga menyebabkan daya guna dari logam tersebut menjadi kurang maksimal, yang salah satunya adalah penurunan mutu logam yang disebabkan oleh reaksi korosi. Korosi elektrokimia menyebutkan bahwa proses korosi pada logam disebabkan karena logam tersebut mempunyai komposisi kimia yang tidak homogen, akibatnya ada perbedaan potensial yang dapat menimbulkan korosi galvanis, bila ada elektrolit seperti uap air dari udara Dexter, S. C., (1993).

Cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas permukaan material dimana korosi biasanya bermula. Perlakuan permukaan ditempuh melalui dua cara, yaitu pertama dengan menambah unsur lain/mengubah

komposisi kimia dan kedua adalah dengan cara mengubah fasa atau struktur kristalnya melalui pemanasan pada temperatur tertentu kemudian diikuti dengan pendinginan cepat (*quench*) atau pendinginan lambat, tergantung fasa atau struktur kristal yang diinginkan (Sujitno, T., 2003).

Deposit plating krom-nikel pertama yang baik oleh Bottger pada tahun 1842, dengan proses komersial pertama dikembangkan tahun 1870 oleh Adam. Penggunaan asam borat baru diperkenalkan pada akhir abad lalu, kemudian khlorida digunakan untuk mencegah pasivitas anoda baru pada tahun 1906. Watts pada tahun 1916, menemukan formulasi bak plating yang baik. Usaha untuk meningkatkan ketahanan bahan terhadap laju korosi, karena ketahanan korosi merupakan suatu sifat intensif pada permukaan suatu bahan logam. Dengan mengacu kepada kerugian-kerugian yang ditimbulkan akibat korosi ini, kebutuhan penanggulangannya sangat diperlukan, walaupun dalam banyak hal korosi tidak dapat dihindarkan namun dapat dikendalikan.

Air laut merupakan lingkungan yang mengandung kadar chlorida yang cukup tinggi. Lingkungan yang seperti ini merupakan lingkungan yang sangat korosif terhadap baja dan baja paduan. Air laut umumnya mengandung 3,5 % garam-garam, sedangkan garam utamanya adalah klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), potasium (1%) dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borak, strontium dan florida. Ion klorida termasuk ion agresif yang dapat menyerang lapisan pasif baja dan meningkatkan laju korosi. Salah satu jenis korosi yang sering terjadi ketika baja berada di lingkungan air laut adalah korosi sumuran. penelitian menyatakan bahwa salah satu penyebab terjadinya korosi sumuran adalah ion-ion Cl<sup>-</sup> (Fontana, M.G, 1987).

Bettina, pada tahun 2000, telah berhasil melaksanakan penelitian pelapisan krom keras, dapat mencapai deposit krom 20-50 µm dengan kekerasan lebih dari 600 Hv, pada kandungan khromat 100-400 gram/liter, dan rata-rata endapan lapisan 1-1,5 µm/menit.

Kvedaras (2006) melakukan penelitian kekuatan leleh dari pelat baja yang telah di krom, menggunakan objek baja yang di normalkan secara konstruksi dan dipilih komposisi kimia dengan kadar C = 0.49 %, Mn= 0.55 %, Si= 0.24 %, Cr= 0.6 %, Ni = 1.2 % dan Cu= 0.13 %. Spesimen dipersiapkan dengan diameter minimal 7.52 mm, panjang 20 mm kemudian pengujian *fatigue* dengan frekuensi 3000 siklus/menit, diperoleh adanya peningkatan kekuatan fatik sebesar 17% terhadap material dasarnya.

Kemudian di uji mikrografi potongan melintang menggunakan *neophot* mikroskop dengan hasil ketebalan yang dicapai 10 µm. Namun belum adanya dilakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh tegangan listrik terhadap kekerasan dan ketahanan korosi dari logam yang dilakukan *elektroplating* krom.

Proses *elektroplating* krom merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengendalikan laju korosi logam dan pelapisan khrom juga sudah sangat populer di dunia plating, berbagai barang rumah tangga, industri otomotif dan lain-lain. Dalam melakukan proses *elektroplating* pada material logam, tidak lepas dari suatu masalah, baik masalah yang ditimbulkan oleh kualitas material yang akan diproses ataupun masalah yang ditimbulkan oleh proses *elektroplating* itu sendiri. Berdasarkan uraian tersebut dilakukan penelitian untuk mengetahui sejauh mana pengaruh tegangan listrik pada proses *elektroplating* krom pada material logam khususnya pada material baja HQ 760 terhadap ketebalan lapisan, kekerasan hasil lapisan dan laju korosi pada lingkungan laut.

#### Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Bahan yang diuji adalah baja karbon sedang High Quality (HQ 760) dengan komposisi karbon 0,42 – 0,5%, mangan 0,5 – 0,8%, silicon 0,4%, belerang 0,02 – 0,04 dengan paduan krom, molibdom dan nikel sebesar 0,64% (PT. Tira Andalan Steel, 2012). Larutan yang digunakan antara lain: 1)larutan pembersih (HCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>); 2)larutan pelapis nikel (Nikel Sulfat, Nikel Chlorida, Boric Acid); 3)larutan pelapis krom (Chromic acid (CrO<sub>3</sub>) dan asam sulfat).

Proses pelapisan dilakukan di PT. Bina Krom, Bogem, Sleman, Yogyakarta. Pengujian kekerasan, struktur makro dan struktur mikro dilakukan di laboratorium Diploma Teknik Mesin UGM. Uji korosi dilakukan di laboratorium PT. APB-BATAN Yogyakarta.

Pengujian kekerasan mikro Vickers menggunakan beban 200 gf selama 5 detik, Perhitungan kekerasan didasarkan pada panjang diagonal segi-empat bekas injakan (penekanan indentor), Nilai kekerasannya disebut dengan kekerasan Vickers atau VHN (*Vickers Hardness Number*) dengan rumus 1.berikut :

$$HV = \frac{1.854 P}{D^2} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :P = beban tekan yang diberikan (kg) dan  
D = diagonal bekas injakan penetrator (mm)

Pengukuran uji korosi dilakukan dengan memberikan potensial pada elektroda kerja dari -2500mV sampai dengan 2500 mV dengan laju scanning 20 mV/menit. Larutan korosi yaitu air laut P.5X. (P.5 X artinya air laut yang digunakan telah dilakukan pemurnian sebanyak 5 kali, yaitu dimana untuk menghasilkan 1 liter elektrolit, digunakan 800 ml *aquades* ditambah dengan 200 ml air laut). Pemurnian air laut



bertujuan agar konsentrasi NaCl tidak terlalu pekat karena ketebatasan alat yang digunakan dalam membaca hasil grafik pengujian. Dalam penelitian ini laju korosi dengan menggunakan metode elektrolisis sel tiga elektroda memiliki arti bahwa laju korosi adalah kedalaman korosi pada suatu bahan dalam kurun waktu tertentu, atau biasa diartikan sebagai struktur material dalam mengalami korosi. Pada pengujian ini akan diukur intensitas arus korosi ( $I_{kor}$ ) spesimen yang dicelupkan kedalam larutan dengan media larutan korosi yaitu air laut. Ketepatan penentuan harga  $I_{kor}$  sangat diperlukan, karena  $I_{kor}$  berbanding lurus dengan laju korosi suatu logam didalam lingkungannya.

Dengan mengukur besar arus yang mengalir pada rangkaian sel tiga elektroda, laju korosi dapat dihitung menggunakan rumus pada persamaan 2 berikut (Jones, D.A., 1991):

$$r = 0,129 \frac{i(EW)}{\rho} \dots \dots \dots (2)$$

dimana:  $r$  = laju korosi (mpy)  
 $i$  = rapat arus korosi ( $\mu A/cm^2$ )  
 $EW$  = berat ekuivalen  
 $\rho$  = massa jenis campuran ( $gr/cm^3$ )

Rapat arus korosi ( $I_{kor}$ ) diperoleh dari hasil ekstrapolasi kurva potensial-logaritma intensitas arus yaitu dengan cara menentukan titik perpotongan garis Tafel reaksi reduksi ( $\eta_c$ ) dan garis tafel reaksi oksida ( $\eta_a$ ) pada garis potensial korosi ( $E_{kor}$ ). Nilai  $\eta_c$  dan  $\eta_a$  ditentukan dengan persamaan 3 berikut:

$$\eta_a = \beta_a \log \frac{i_a}{i_o} \text{ dan } \eta_c = \beta_c \log \frac{i_c}{i_o} \dots \dots \dots (3)$$

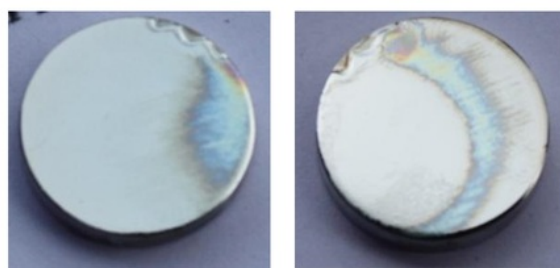
Dimana:  $\eta_c$  = tafel reaksi reduksi,  $\eta_a$  = tafel reaksi oksidasi,  $i_c$  = arus pada reaksi katoda,  $i_a$  = arus pada reaksi anoda,  $i_o = i_a = -i_c = i_{kor}$  = rapat arus saat perubahan reaksi reduksi menuju oksidasi,  $\beta_c$  = gradien tafel reaksi katoda,  $\beta_a$  = gradien tafel reaksi anoda.

**Hasil dan Pembahasan**

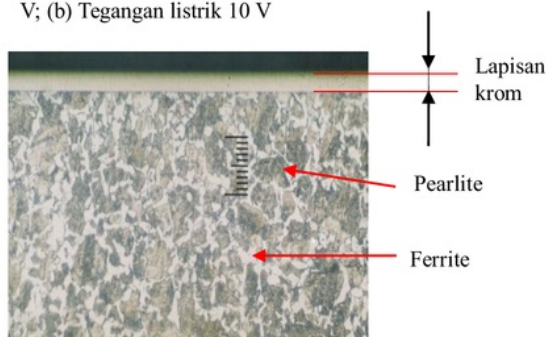
Proses *electroplating* dilakukan pada suhu 45°C dengan waktu celup selama  $\pm 6$  detik dengan variasi tegangan listrik 5; 7,5; 10 dan 12,5 V. Hasil pelapisan yang terbentuk cukup tebal, begitu juga terhadap kondisi permukaan lapisan hasil proses *electroplating* yang terbentuk cukup halus seperti terlihat pada Gambar 1. Adanya cacat pada permukaan spesimen yang berupa bayang-bayang hitam seperti bayangan asap pada permukaan spesimen disebut *staining* yang menjadi pembatas antara daerah yang mendapatkan

pelapisan yang lebih tebal dibandingkan dengan daerah yang lainnya. Jika diamati lebih cermat, daerah pinggiran dari material adalah daerah yang kurang terlapisi dengan baik, hal ini dikarenakan reduksi oksidasi paling memungkinkan terjadi lebih cepat di daerah yang luasananya besar.

Kemungkinan lain penyebab dari warna gelap permukaan spesimen tersebut berasal dari laju pendinginan spesimen yang terlalu cepat setelah spesimen diangkat dari bak plating (Purwanto., Huda, S., 2005). Dimana pada saat spesimen diangkat dari bak plating, spesimen masih dalam keadaan panas kemudian langsung dicelupkan ke dalam air. Besi atau baja apabila dalam keadaan panas kemudian dicelupkan ke dalam air dingin, maka akan terbentuk warna gelap pada bagian permukaan dari besi/baja tersebut.



**Gambar 1.** Hasil pelapisan electroplating pada *medium carbon steel* (HQ 760) selama 6 detik. (a) Tegangan listrik 5 V; (b) Tegangan listrik 10 V

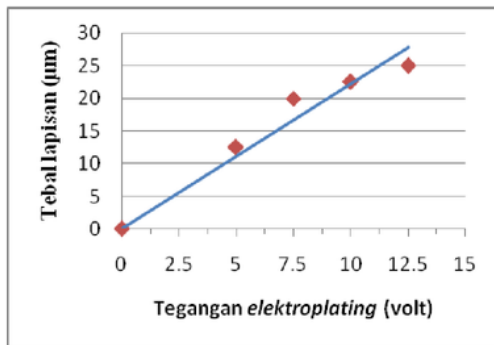


**Gambar 2.** Foto struktur mikro spesimen setelah dilakukan *electroplating* krom dengan tegangan listrik 7,5 volt dengan pembesaran 200X.

Proses *electroplating* tidak mampu menggetarkan kristal logam dasar, maka tidak terjadi difusi atau tidak terjadi perubahan pada bentuk struktur kristal logam dasar baja HQ 760 seperti terlihat pada Gambar 2. Lapisan nikel-krom terlihat jelas perbedaannya dengan raw material dimana tidak terlihat adanya ion-ion nikel dan krom yang masuk ke dalam permukaan benda.

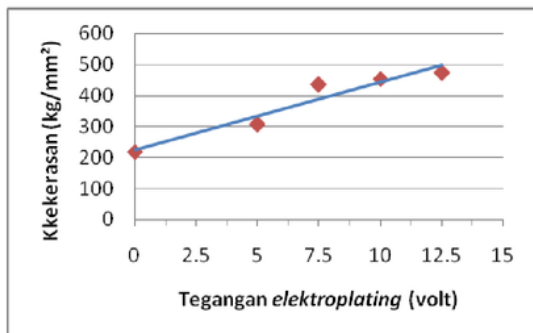
Besarnya tegangan listrik mempengaruhi ketebalan hasil proses *electroplating*. Semakin besar tegangan listrik yang digunakan, ketebalan lapisan permukaan yang terbentuk akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan tegangan listrik sangat mempengaruhi jumlah muatan

listrik yang mengalir dari anoda ke katoda, yaitu dimana semakin besar tegangan listrik yang diberikan maka jumlah ion-ion yang mengalir ke katoda akan semakin banyak dan semakin cepat menempel ke katoda. Namun, jika tegangan listrik yang diberikan terlalu besar, ada kemungkinan besar lapisan yang terbentuk pada spesimen akan menjadi hangus. Peningkatan ketebalan terbesar pada tegangan 7,5 V sebesar 20  $\mu\text{m}$ . Peningkatan tegangan *elektroplating* selanjutnya menghasilkan peningkatan ketebalan relatif kecil, pada tegangan 10 dan 12,5V dihasilkan ketebalan lapisan 22,5  $\mu\text{m}$  dan 25  $\mu\text{m}$  seperti terlihat pada Gambar 3.



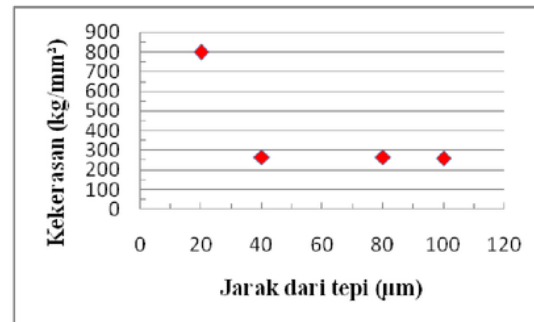
**Gambar 3.** Hubungan tegangan listrik proses *elektroplating* terhadap ketebalan lapisan

Semakin besar tegangan yang digunakan maka jumlah muatan yang mengalir dan menempel pada katoda akan semakin bertambah dan proses pengendapan akan lebih cepat, sehingga untuk waktu pelapisan yang sama akan didapatkan jumlah endapan yang lebih banyak dan menyebabkan lapisan yang dihasilkan akan semakin tebal. Tebal lapisan mempengaruhi nilai kekerasan, dimana semakin tebal lapisan hasil *elektroplating* yang terbentuk maka harga kekerasan yang diperoleh juga akan semakin bertambah (Adnyani, A.I., Triadi, A.A., 2009). Sehingga semakin besar tegangan listrik proses *elektroplating* akan meningkatkan kekerasan material. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Hubungan tegangan listrik proses *elektroplating* terhadap nilai kekerasan baja HQ 760

Nilai kekerasan *raw material* sebesar 219  $\text{kg}/\text{mm}^2$ , sampai tegangan listrik 7,5V mengalami kenaikan cukup tinggi sebesar 435  $\text{kg}/\text{mm}^2$ . Pada tegangan lebih tinggi kenaikan nilai kekerasan relatif kecil, untuk 10 dan 12,5V sebesar 455  $\text{kg}/\text{mm}^2$  dan 474  $\text{kg}/\text{mm}^2$ . Adanya pelapisan nikel dan krom meningkatkan nilai kekerasan material, namun pengujian kekerasan yang dilakukan bukan kekerasan lapisannya. Ujung indenter menembus lapisan krom sehingga yang terukur merupakan gabungan kekerasan kekerasan krom dan *raw material*. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5.

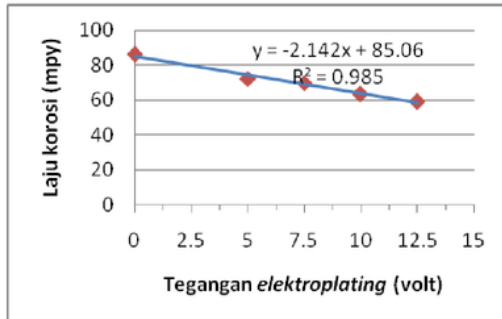


**Gambar 5.** Nilai kekerasan penampang melintang diukur dari permukaan.

Ketebalan lapisan sampai tegangan 12,5V sebesar 25  $\mu\text{m}$ , nilai kekerasan pada jarak 20  $\mu\text{m}$  dari permukaan sebesar 780  $\text{kg}/\text{mm}^2$  sedangkan untuk pengujian berikutnya menghasilkan nilai kekerasan yang hampir sama dengan *raw material* sebesar 260  $\text{kg}/\text{mm}^2$ . Ion-ion Cr dan Ni dengan proses *elektroplating* tidak terdifusi ke dalam struktur kristal material dasar, kemungkinan besar hal ini dikarenakan suhu larutan pada proses *elektroplating* tidak mampu mendifusikan ion-ion untuk masuk ke dalam struktur *raw material*.

Ketebalan lapisan mempengaruhi laju korosi material, dimana pada lapisan yang tebal kandungan *chromium oksida* ( $\text{CrO}_2$ ) yang menghambat laju korosi semakin banyak. Semakin besar tegangan listrik yang digunakan pada proses *elektroplating*, akan menghasilkan angka laju korosi yang semakin rendah, ketahanan terhadap serangan korosi akan semakin baik seperti pada Gambar 6.





**Gambar 6.** Hubungan tegangan listrik proses elektroplating terhadap laju korosi baja HQ 760

Kenaikan tegangan yang digunakan akan membuat lapisan pasif  $\text{CrO}_3$  yang menempel pada permukaan spesimen akan semakin bertambah. Dengan bertambahnya lapisan pasif  $\text{CrO}_3$  yang terbentuk akan mampu memutuskan interaksi antara logam dasar terhadap lingkungan yang ada di sekitarnya.

Hasil proses elektroplating krom menggunakan tegangan 12,5 V, laju korosi yang dihasilkan 59 mpy, dimana laju korosi ini belum mencapai pada kelompok logam dengan laju korosi yang memadai, karena laju korosi yang dihasilkan belum mencapai dibawah 50 mpy. Seiring dengan meningkatnya tegangan listrik yang digunakan maka laju korosi yang dihasilkan akan semakin menurun. Dengan persamaan yang diperoleh dari hasil pengujian dapat diperhitungkan tegangan yang diperlukan agar laju korosi dibawah 50 mpy yaitu pada tegangan listrik 17,5 V dengan laju korosi  $\pm 47.6$  mpy.

### Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan proses electroplating pada suhu  $45^\circ\text{C}$  dan waktu pencelupan 6 detik tidak mampu menyebabkan ion-ion khrom terdifusi ke dalam permukaan material, sehingga batas lapisan krom dengan material dasar terlihat jelas. Peningkatan tegangan listrik pada proses elektroplating khrom dapat meningkatkan ketebalan lapisan, pada tegangan 5 dan 7,5 V ketebalan lapisan sebesar 12,5  $\mu\text{m}$  dan 20  $\mu\text{m}$ , untuk tegangan lebih besar cenderung konstan. Hal ini disebabkan ion-ion yang mengalir ke katoda akan semakin banyak dan semakin cepat menempel ke katoda, namun jika terlalu besar tegangan diberikan mengakibatkan terbakar. Semakin tebal lapisan, nilai kekerasan semakin meningkat. Nilai kekerasan permukaan pada tegangan 5 dan 7,5 V kekerasannya 307,4  $\text{kg/mm}^2$  dan 434,8  $\text{kg/mm}^2$  sedangkan untuk tegangan lebih besar peningkatannya relatif kecil.

Peningkatan tegangan listrik akan menurunkan laju korosi, pada tegangan 5; 7,5 dan 12,5 V laju korosi berturut-turut sebesar 72 mpy, 70 mpy dan 59 mpy. Peningkatan ketebalan lapisan pasif kromium oksida ( $\text{CrO}_2$ ) akan mampu memperlambat laju korosi material. Untuk mendapatkan laju korosi dibawah 50 mpy dari persamaan linier yang diperoleh, tegangan listrik yang diperlukan pada proses electroplating pada suhu  $45^\circ\text{C}$  dan waktu pencelupan 6 detik menggunakan tegangan listrik 17,5V.

### Ucapan Terima kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada LP3M Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah mendanai penelitian ini melalui Program Penelitian Kemitraan. Selain itu, terima kasih juga kami sampaikan kepada **Humaidi** yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

### Nomenklatur

D	diagonal bekas injakan penetrator (mm)
EW	berat equivalen ion (26,5)
I	rapat arus korosi ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )
$i_a$	arus pada reaksi anoda
$i_c$	arus pada reaksi katoda
$i_{kor}$	rapat arus saat perubahan reaksi reduksi menuju oksidasi
P	beban tekan kekerasan Vickers (kg)
R	laju korosi (mpy)

### Greek letters

$\beta_a$	gradien tafel reksi anoda
$\beta_c$	gradien tafel reksi katoda
$\eta_a$	tafel reaksi oksidasi
$\eta_c$	tafel reaksi reduksi
$\rho$	massa jenis campuran ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

### Referensi

- Adnyani, A.I., Triadi, A.A., "Pengaruh Kuat Dan Distribusi Arus terhadap Ketebalan Dan kekerasan Lapisan Krom Pada Stoneware Dan Earthenware", Teknik Elektro, Universitas Mataram (2009).
- Bettina, K., Mathias, O., Sirqudvoock, "Hexavalent Chromium", Sur. Tec 875(2000).
- Dexter, S. C., "Role of micropouling in marine corrosion", Biofouling, Vol.7.97-127(1993).
- Fontana, M.G., "Corrosion Engineering, Thrid Edition", Mc Graw-Hill Book Company, Inc, Tokyo(1987).
- Fontana, M.G., Greene, N.D "Corrosion Engineering", Chapter 4, McGraw-Hill Book Co., New York,( 1978),.

Jones, D.A., "*Principle And Prevention Of Corrosion*", Macmillan publishing Co, New York (1991).

Purwanto, Huda,S., "*Teknologi Industri Elektroplating Semarang*", Universitas Diponegoro, Semarang, (2005),.

Sujitno, T., "*Aplikasi Plasma dan Teknologi Sputtering Untuk Surface Treatmen*", *Workshop Sputtering untuk Rekayasa Permukaan Bahan*, P3TM-BATAN, Yogyakarta, (2003).

Trethway, K.R., Chamberlain, J., "*Korosi untuk Mahasiswa Sains dan Rekayasawan*", Pt. Gramedia Pustaka Pratama, Jakarta(1991).

Kvedaras, V., Vilys, J., and Ciuplys, V., "*Fatigue Strenght of Chromium Plated Steel*", Vol. 12 No. 1 h 1320 – 1392, (2006),

# Pengaruh Tegangan Listrik Pada Proses Pelapisan Chrome Terhadap Ketebalan lapisan, Kekerasan dan Laju Korosi Baja Karbon Sedang (HQ670) di Lingkungan Air Laut

## ORIGINALITY REPORT

5%

SIMILARITY INDEX

%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

- 1** Made Suarda. "Forces Analysis on a Spherical Shaped Delivery Valve of Hydram Pump", *Applied Mechanics and Materials*, 2015 **2%**  
Publication
- 2** VINA N VAN HARLING. "PENGARUH VARIASI JUMLAH LENSA TERHADAP VOLUME AIR TAWAR YANG DIHASILKAN DARI ALAT PENYULINGAN AIR LAUT MENGGUNAKAN LENSA CEMBUNG", *Jurnal Voering*, 2017 **1%**  
Publication
- 3** G. M. Oyatogun, M. O. Adeoye, O. E. Olorunniwo, L. E. Umoru. "Failure Analysis of a Ruptured Trunkline", *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 2011 **1%**  
Publication
- 4** Hadi Perdana, Moch Syaiful Anwar, Andinnie Juniarsih, Efendi Mabruri. "Pengaruh Suhu dan Waktu Tempering Terhadap Kekerasan, Struktur Mikro, dan Laju Korosi Baja Tahan **1%**



Karat Martensitik 13Cr3Mo3Ni [The Influence of Time and Temperature Tempering on Hardness, Microstructure and Corrosion Rate of 13Cr3Mo3Ni Stainless Steel]", Metalurgi, 2017

Publication

---

5

Untung Surya Dharma, Lukito Dwi Yuono.  
"ANALISA PENGEPRESAN DENGAN SISTEM HIDROLIK PADA ALAT PEMBUAT PAVING BLOCK UNTUK PERKERASAN LAHAN PARKIR", Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 2017

Publication

---

1%

---

Exclude quotes      On

Exclude bibliography      Off

Exclude matches      < 1%