

OPTIMALISASI VARIASI TEGANGAN DAN WAKTU TERHADAP KETEBALAN DAN ADHESIVITAS LAPISAN PADA PLAT BAJA KARBON RENDAH DENGAN PROSES *ELECTROPLATING* MENGGUNAKAN PELAPIS SENG

Yerikho¹, Wahyu Purwo Raharjo², Bambang Kusharjanta²

¹Program Sarjana – Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

²Staf Pengajar – Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

Keywords :

*zinc electroplating
thickness
adhesion
voltage
coating time*

Abstract :

This research investigates the optimization of zinc coating by varying the voltage (2, 4, 6, and 8 V) and time (10, 20, 30, and 40 minute), to find out the best plating based of the thickness and adhesion. The cathode is mild steel by 30 mm in length, 100 mm in width, and 2.5 mm in height. Electrolyte solution was composed of sodium hydroxide 420 grams, zinc oxide 97.5 grams, rochelle salt 9.75 grams, and aquades 1 litre. Measurement of coating thicknesses was using coating thickness measuring instrument dualscope MPOR and based on ASTM B 499. Qualitative adhesion testing of zing coating was based on ASTM B 571-97. The best plating properties, such as the deposit thickness and adhesion, is obtained at 6 V and 20 minutes.

PENDAHULUAN

Baja merupakan salah satu material konstruksi yang kerap digunakan karena memiliki sifat mekanik yang baik dalam kekuatan, kekakuan, dan keuletan. Namun seringkali kondisi dan pengaruh lingkungan mempengaruhi umur pakai suatu struktur bangunan.

Baja, yang unsur utamanya besi, unggul ditinjau dari properti mekaniknya, namun memerlukan perlindungan khusus di lingkungan terbuka agar tidak mengalami korosi. Mekanisme proses korosi antara lain ditandai dengan terjadinya proses pertukaran ion antara logam dengan lingkungannya. Akibatnya pada logam tersebut terjadi perubahan fisik (geometri) dan penurunan sifat mekanik. Hal tersebut harus diantisipasi dalam pengaplikasian logam. Salah satu cara mengatasi kendala yang terjadi adalah melakukan pengendalian korosi sehingga dapat memperpanjang usia pemakaian logam, khususnya baja.

Logam seng (Zn) mempunyai sifat lebih anodik daripada besi. Aplikasi seng pada pelapisan logam, khususnya baja, dimanfaatkan sebagai sacrificial anode. Sifat perlindungan sacrificial ini dapat diartikan bahwa lapisan seng bersifat anodis terhadap logam dasarnya. Seandainya ada pori-pori yang terjadi pada lapisan, karena logam pelapis lebih reaktif terhadap lingkungan dari pada logam dasar (Fe) maka reaksi pada logam dasar tidak berlangsung.

Pelapisan baja dengan menggunakan logam seng dapat dilakukan dengan berbagai metoda yaitu hot dip galvanize (celup panas), electroplating, sherardizing (sementasi), dan spraying (penyemprotan).

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode pencelupan dingin atau dikenal dengan electroplating. Pelapisan ini menggunakan arus listrik searah. Dengan cara kerja yang mirip elektrolisa, dimana logam pelapis seng bertindak sebagai anoda sedangkan logam dasar (spesimen) sebagai katoda.

Dari segi biaya produksi, pelapisan seng relatif lebih rendah dibandingkan dengan logam lain yang dapat dipakai untuk melindungi baja atau besi dari serangan korosi yaitu cadmium (Cd), Cupper (Cu), dan chromium (Cr).

Dari beberapa karakteristik dan sifat pelapisan seng dengan metoda electroplating, sifat perlindungan sacrificial yang baik dan biaya produksi yang relatif murah, hal tersebut mendorong pelapisan seng banyak digunakan secara komersil. Hal ini dapat dilihat dari laju pertumbuhan industri kecil dan menengah yang bergerak dalam bidang pelapisan logam diantaranya bengkel fabrikasi, jasa alat berat, dan juga pelapisan bagian-bagian mesin kendaraan bermotor.

Pelapisan seng dilakukan dengan maksud memberi perlindungan terhadap bahaya korosi, memperbaiki tampak rupa pada permukaan, dan sebagai lapisan dasar untuk proses selanjutnya. Di dunia industri, selain ketahanan korosi yang baik, produk hasil pelapisan juga harus memiliki penampilan produk yang bagus.

TINJAUAN PUSTAKA

Proses pelapisan logam dengan metoda electroplating merupakan suatu cara yang dilakukan untuk memberikan sifat tertentu pada suatu permukaan benda kerja. Proses pelapisan logam tersebut dilakukan setelah benda kerja mencapai

bentuk akhir atau setelah proses pengerjaan mesin serta penghalusan terhadap permukaan benda kerja yang dilakukan. Dengan demikian, proses pelapisan termasuk dalam kategori pekerjaan finishing atau sering juga disebut tahap penyelesaian dari suatu produksi benda kerja.

Prinsip dasar dari pelapisan logam secara electroplating ini adalah reduksi ion-ion logam sehingga terjadi pengendapan logam pada katoda secara elektrolisis. Hasil elektrolisis tersebut akan mengendap pada katoda, sedangkan endapan yang terjadi bersifat adhesif terhadap logam dasar.

Selama proses pengendapan atau deposit berlangsung terjadi reaksi kimia pada elektroda dan elektrolit baik reaksi reduksi maupun oksidasi dan diharapkan berlangsung terus menerus menuju arah tertentu secara tetap. Untuk itu diperlukan arus listrik searah (direct current) dan tegangan yang konstan.

Prinsip atau teori dasar dari elektroplating adalah berpedoman atau berdasarkan Hukum Faraday yang menyatakan:

- Jumlah zat yang terbentuk dan terbebas pada elektroda selama elektrolisis sebanding dengan jumlah arus listrik yang mengalir dalam larutan elektrolit.
- Jumlah zat yang dihasilkan oleh arus listrik yang sama selama elektrolisis adalah sebanding dengan beratnya ekuivalen masing-masing zat tersebut. Pernyataan Faraday dapat ditulis dengan ketentuan atau rumus seperti berikut ini:

$$B = \frac{I.t.e}{F} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- B = Berat zat yang terbentuk (gr)
- I = Jumlah arus yang mengalir (A)
- t = Waktu (detik)
- e = Berat ekuivalen zat yang dibebaskan (berat atom suatu unsur dibagi valensi unsur tersebut)
- F = Jumlah arus yang diperlukan untuk membebaskan sejumlah gram ekuivalen suatu zat (1F=96.500 Coulumb)

Hukum Faraday sangat erat kaitannya dengan efisiensi arus yang terjadi pada proses electroplating. Efisiensi arus adalah perbandingan berat endapan yang terjadi dengan berat endapan secara teoritis dan dinyatakan dalam persen.

Bila di atas dijelaskan bahwa tegangan dalam electroplating diinginkan dalam kondisi konstan, maksud dari pernyataan tersebut adalah tegangan tidak akan berubah atau terpengaruh oleh besar kecilnya arus yang terpakai. (Saleh, A.A., 1995)

$$I = \frac{V}{R} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- V = Tegangan (Volt)
- I = Arus (Ampere)
- R = Tahanan (Ohm)

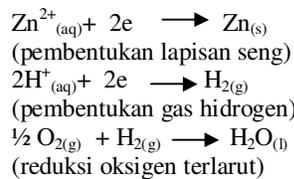
Pelapisan Seng dengan Metode Electroplating

Pada umumnya, proses pelapisan seng antara lain untuk mendapatkan lapisan pada permukaan logam dasar dengan maksud :

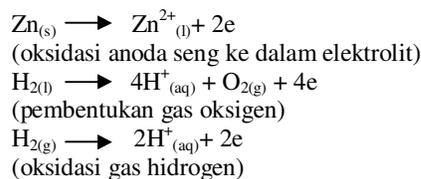
- Sebagai lapisan pelindung
- Memperbaiki tampak rupa
- Sebagai lapisan dasar untuk proses selanjutnya

Pelapisan menggunakan arus listrik searah, dengan cara kerja seperti elektrolisa. Logam seng bertindak sebagai anoda, sedangkan logam dasar bertindak sebagai katoda.

Proses pelapisan pada benda kerja dapat diterangkan dengan mengambil contoh elektroplating seng (Zn) menggunakan elektrolit Zinc Cate. Ion logam seng (Zn²⁺) dalam elektrolit yang bermuatan positif menuju benda kerja (katoda) yang bermuatan negatif sehingga ion logam Zn²⁺ akan tereduksi menjadi logam Zn dan mengendap di katoda membentuk lapisan logam (deposit), menurut reaksi :



Ion seng dalam elektrolit yang telah tereduksi dan menempel di katoda, posisinya akan diganti oleh anoda seng yang teroksidasi dan larut dalam elektrolit menurut reaksi:



Apabila proses elektroplating berjalan seimbang maka konsentrasi elektrolit akan tetap, anoda makin lama berkurang dan terjadi pengendapan (deposit) logam yang melapisi katoda sebagai benda kerja.

Penelitian Yang Telah Dilakukan

Popoola, dkk (2011) meneliti pengaruh variabel electroplating baja karbon rendah yang dilapisi seng. Pada waktu proses pelapisan konstan (10 menit) dengan tegangan 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0 V, ketebalan lapisan berturut-turut adalah 0.10, 0.08, 0.16, 0.26, 0.31, dan 0.36 μmm. Pada waktu tegangan konstan (0.8V) dengan waktu proses pelapisan 10, 15, 20, 25, dan 30 menit, berturut-turut tebal lapisan seng adalah 0.10, 0.18, 0.31, 0.39, dan 0.47 mm. Hasil electroplating yang terbaik dengan rentang tegangan 0.5-1.0V dan waktu 10-30 menit didapat dari sampel dengan tegangan 0.8V dengan waktu 20 menit.

Durodola, dkk (2011) meneliti resistansi korosi dari baja karbon rendah yang dilapisi seng dengan metode *electroplating*. Penelitian dilakukan dengan variasi tegangan 0.6V, 0.8V, 1.0V, 1.5V, dan variasi waktu 20, 30, 40, 50, 60 menit. Pada saat tegangan konstan (1,5 V) dengan waktu proses pelapisan adalah 20, 30, 40, 50, dan 60 menit, berturut-turut tebal lapisan seng adalah 6.40, 7.67, 8.20, 17.10, dan 18.70 μm . Pada saat waktu proses pelapisan konstan (40 menit) dengan tegangan 0.6, 0.8, 1.0, dan 1.5 V, berturut-turut tebal lapisan seng adalah 3.09, 3.51, 3.80, dan 8.20 μm . Hasil terbaik untuk properti fisik seperti warna, kecerahan, dan adhesivitas didapat dari sampel 0.6V dengan waktu 20 menit, 0.8 V dengan waktu 30 menit, dan 1.0V dengan waktu 40 menit.

Bamidele, dkk (2011) meneliti tentang pengaruh variabel proses pelapisan seng pada baja karbon rendah dengan tegangan konstan terhadap tebal lapisan seng dan laju deposit. Pada saat tegangan konstan (0,8 V) dan jarak anoda dan katoda 10 cm dengan waktu proses pelapisan 10, 15, 20, 25, dan 30 menit berturut-turut tebal lapisan seng adalah 0.156, 0.234, 0.364, 0.468, dan 0.520 μm . Hasil properti dengan efisiensi pelapisan terbaik didapat dari sampel dengan waktu 20 menit, 20 cm jarak dari anoda, dan pada tegangan 0.8V.

Song (2012) meneliti hubungan antara mikrostruktur dan adhesivitas dari pelapisan seng pada baja dengan proses hot dip galvanized. Adhesivitas pelapisan seng pada baja dapat ditingkatkan dengan menghindari adanya oksidasi yang terjadi pada permukaan antara lapisan seng dan baja.

Ndariyono (2010) melakukan pelapisan tembaga, nikel, dan krom. Parameter pelapisan meliputi variasi temperatur larutan elektrolit 25-30, 40-45, 50-55, dan 60-65°C dan variasi rapat arus katoda 1500, 1760, 2000, dan 2720 A/m^2 . Pengujian yang dilakukan adalah pengujian ketebalan dan adhesivitas lapisan. Ndariyono menyatakan bahwa semakin tinggi temperatur dan rapat arus menghasilkan lapisan yang semakin mengkilap, semakin tebal dan semakin efisien. Pada temperatur 60-65°C dan rapat arus 2720 A/m^2 menghasilkan lapisan yang paling mengkilap dan menghasilkan ketebalan sebesar 4,33 μm . Pengujian adhesivitas lapisan menunjukkan bahwa terjadi keretakan lapisan pada setiap spesimen.

METODE PENELITIAN

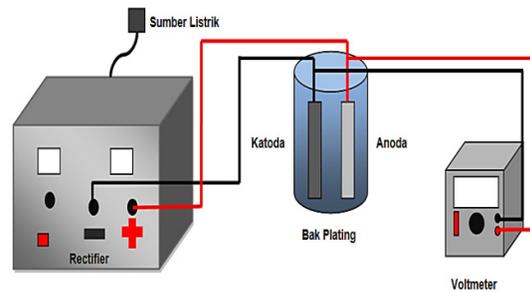
Bahan Penelitian

1. Katoda (logam yang dilapisi)
 Spesimen berupa plat strip baja karbon rendah.
2. Anoda (logam pelapis)
 Penelitian ini menggunakan anoda seng (Zn).

Alat Yang Digunakan

1. Rectifier
2. Gelas ukur

3. Bak pembersih
4. Stopwatch
5. Sandpaper
6. Mandrel
7. Jangka sorong
8. Timbangan digital
9. *Dualscope*® MPOR
10. Gerinda listrik
11. Kamera digital
12. Alat tekuk plat



Gambar 1. Rangkaian instalasi percobaan

Persiapan Spesimen Uji

Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah plat strip yang telah diuji komposisi kimianya. Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui jenis dari spesimen yang akan dipergunakan. Dari hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan bahwa spesimen merupakan karbon rendah. Spesimen yang akan digunakan dalam penelitian dipotong dengan ukuran panjang 100 mm, lebar 30 mm, tebal 2,5 mm, kemudian permukaan spesimen dihaluskan dengan menggunakan gerinda dan dihaluskan lagi dengan menggunakan kertas amplas dengan ukuran kekasaran 100, 150, 300, 600, 800, 1000. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan karat dan kotoran-kotoran yang menempel pada permukaan spesimen.

Pembuatan Larutan Elektrolit

Cara pembuatan larutan elektrolit pelapisan seng adalah sebagai berikut:

1. Menimbang bahan-bahan sesuai dengan berat yang telah ditentukan.
 Komposisi pembuatan larutan untuk pelapisan seng adalah:
 - Sodium Hydroxide (NaOH) sebanyak 420 gram
 - Zinc Oxide (ZnO) sebanyak 97,5 gram
 - Rochelle Salt (NaK(C₄H₄O₆)) sebanyak 9,75 gram
2. Menyediakan aquades sebanyak 1 liter.
3. Memasukkan 0,75 liter aquades ke dalam bak.
4. Memasukkan bahan-bahan yang telah tersedia seperti komposisi diatas secara berurutan sebagai berikut:
 - a) Memasukkan Sodium Hydroxide dan aduk hingga larut.

- b) Memasukkan *Zinc Oxide* secara perlahan-lahan sambil diaduk hingga larut.
- c) Memasukkan *Rochelle Salt* kemudian diaduk hingga larut.
- d) Sisa air 0,25 liter dimasukkan juga sambil diaduk.
- e) Membiarkan larutan selama ± 4 jam, kemudian dilakukan penyaringan.
- f) Setelah dilakukan penyaringan, larutan dibiarkan lagi selama ± 4 jam.
- g) Larutan yang telah mengalami penyaringan dan pengendapan selama ± 4 jam, sudah bisa digunakan.

Pengerjaan Awal

Setelah spesimen dihaluskan dan rata, maka dilakukan proses *degreasing*, yaitu pencucian spesimen dengan detergen agar kotoran dan lemak-lemak pada saat proses permesinan hilang dan bersih. Kemudian setelah itu dilakukan proses *rinsing* atau pembilasan dengan air bersih dan spesimen dikeringkan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari. Setelah spesimen kering dilanjutkan dengan proses pengetsaan. Proses pengetsaan dilakukan dengan mencelupkan spesimen pada larutan asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi sebesar 10% pada suhu 90 °C selama 1-5 menit. Tujuan dari pengetsaan adalah membersihkan benda kerja dari lapisan oksida dan unsur pengotor yang menempel sehingga akan menghasilkan daya adhesi yang kuat pada benda kerja.

Proses Pelapisan Seng

Langkah-langkah dalam proses pelapisan seng adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan seluruh alat dan bahan yang akan digunakan dalam proses pelapisan seperti spesimen, larutan elektrolit, logam pelapis, *rectifier*, *stopwatch*, *thermometer*, bak *plating*, dan bak pembilas.
2. Spesimen yang akan dilapisi dibersihkan dengan proses *degreasing*, *rinsing*, dan pengetsaan terlebih dahulu.
3. Setelah pengetsaan selesai spesimen dibilas dengan air bersih.
4. Pelaksanaan pelapisan seng (*zinc electroplating*):
 - a. Menimbang berat spesimen sebelum dilapisi.
 - b. Sebelum spesimen dimasukan ke dalam larutan *zincate*, jaga larutan elektrolit sampai temperatur konstan 30 °C
 - c. Spesimen yang telah dibilas, lalu dimasukkan ke dalam larutan seng.
 - d. Menghubungkan ke sumber arus listrik (*rectifier*), spesimen/katoda ke kutub negatif, sedangkan anoda/pelapis ke kutub positif
 - e. Setelah semuanya siap, stop kontak dihidupkan.
 - f. Mengatur besar tegangan dan menghidupkan *stopwatch*.
 - g. Pencelupan dilakukan dengan memvariasikan waktu pelapisan dan tegangan katoda:

- Waktu pelapisan: 10, 20, 30, dan 40 menit
 - Variasi tegangan : 2, 4, 6, dan 8 V
 - h. Setelah proses pelapisan seng selesai, spesimen diangkat dan langsung dibilas dengan air bersih yang ada di bak pembilasan.
 - i. Setelah pembilasan selesai, kemudiandilakukan pengeringan.
 - j. Menimbang berat spesimen setelah dilapisi.
5. Pelaksanaan proses akhir:
 - a. Melakukan pengamatan visual
 - b. Melakukan pengambilan gambar
 - c. Melakukan pengukuran ketebalan
 - d. Melakukan uji ahesivitas
 - e. Pengolahan data hasil penelitian

Pengukuran Ketebalan Lapisan Seng

Pengukuran ini untuk mengetahui ketebalan lapisan yang terjadi pada masing-masing spesimen, alat yang digunakan coating thickness measuring instrument *dualscope*® MPOR. Standar pengujian yang dipakai adalah ASTM B 499 (Test Method for Measurement of Coating Thicknesses by the Magnetic Method: Nonmagnetic Coatings on Magnetic Basis Metals).

Langkah-langkah persiapan dan pengujiannya adalah sebagai berikut:

1. Memasang *dualscope*® MPOR ke *base metal* Fe.
2. Mengkalibrasi *dualscope*® MPOR.
3. Menguji spesimen dengan 3 titik.
4. Menguji dengan spesimen yang lainnya.

Pengujian Adhesivitas Lapisan Seng

Pengujian tingkat adhesivitas lapisan seng dilakukan dengan cara pengujian tekuk (*bend test*) sesuai dengan ASTM B 571-97. Langkah-langkah persiapan dan pengujiannya adalah sebagai berikut:

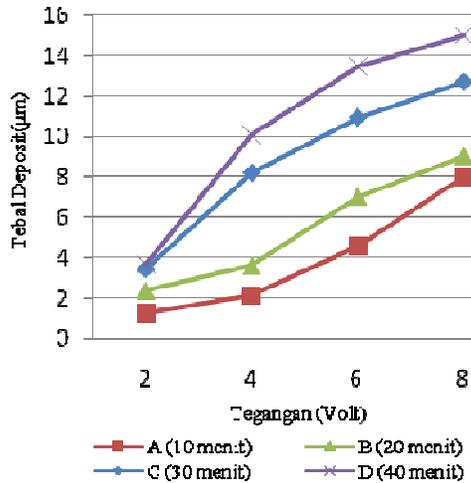
1. Menekuk benda uji dengan benda berbentuk silinder (*mandrel*), sampai kedua kaki benda uji sejajar.
2. Diameter silinder (*mandrel*) harus empat kali tebal benda uji.
3. Memeriksa daerah cacat visual benda uji yang telah ditekuk.
4. Mengambil gambar visual yang terjadi pada benda uji.
5. Mengulangi langkah di atas pada spesimen lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Pengaruh Tegangan dan Waktu

Grafik 1 menunjukkan bahwa ketebalan deposit semakin naik seiring dengan kenaikan tegangan. Tegangan mempengaruhi proses pelepasan ion seng pada anoda dan pengendapan ion seng pada katoda. Semakin tinggi tegangan maka pelepasan ion pada anoda semakin cepat, serta pengendapan ion seng pada katoda pun lebih cepat. Hal tersebut sesuai dengan Hukum Faraday, bahwa berat deposit berbanding lurus dengan waktu pelapisan. Sehingga ketebalan deposit juga ikut meningkat dengan bertambahnya waktu pelapisan.

Grafik yang terbentuk tidak naik secara linier, hal tersebut menunjukkan pemakaian tegangan semakin tinggi mengurangi efektivitas *electroplating*. Tegangan yang semakin tinggi memacu timbulnya pengganggu yaitu gas hidrogen (H₂) atau yang juga disebut dengan Hydrogen Embrittlement pada ASTM B 633-07. Nilai ketebalan deposit tertinggi terjadi pada spesimen bertegangan 8 V dengan waktu 40 menit, yaitu sebesar 15µm. Dan ketebalan deposit terendah terjadi pada spesimen bertegangan 2 V dengan waktu 10 menit, yaitu sebesar 1,2µm.



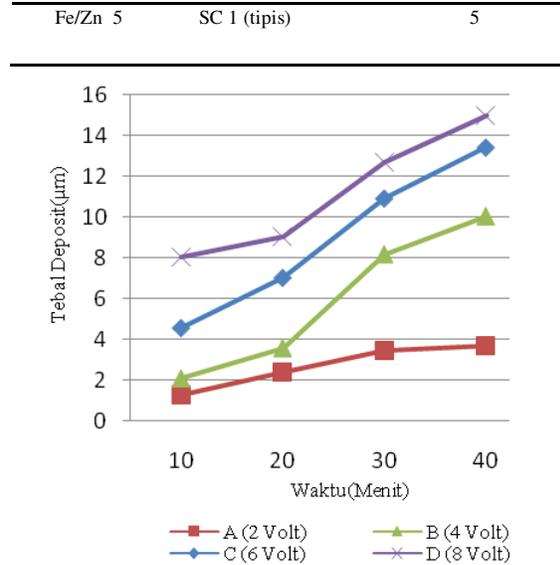
Grafik 1. Ketebalan deposit sebagai fungsi tegangan

Grafik2 menunjukkan bahwa ketebalan deposit semakin naik dengan waktu pelapisan yang semakin lama. Grafik yang terbentuk hampir membentuk garis linier yang menunjukkan bahwa jumlah ketebalan deposit berbanding lurus dengan waktu pelapisan. Pengendapan ion seng pada katoda bertambah seiring dengan waktu *electroplating*.

Tegangan dan waktu yang optimal terhadap ketebalan deposit diperoleh dari spesimen bertegangan 6 V dengan waktu 20 menit, dengan ketebalan 7µm. Spesimen tersebut telah mencapai standar ketebalan lapisan sesuai ASTM B 633-07, yaitu dengan nomor klasifikasi Fe/Zn 5 dan kondisi SC 1 (tipis). Tabel 1. menjelaskan mengenai standar ketebalan lapisan sesuai ASTM B 633-07.

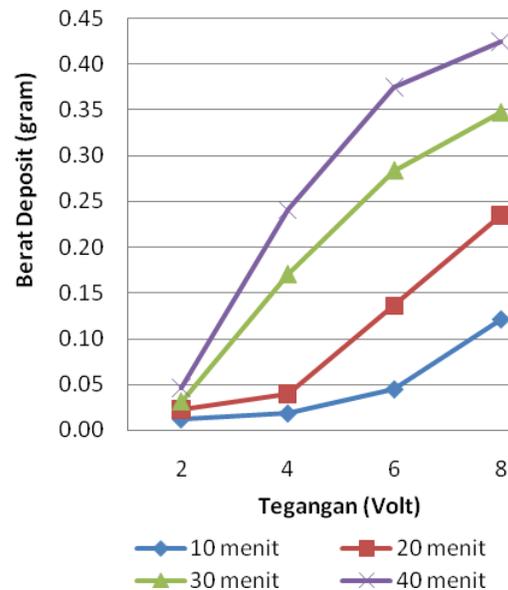
Tabel 1. Standar Ketebalan Lapisan (ASTM B 633-07)

Nomor Klasifikasi	Kondisi	Ketebalan minimal (µm)
Fe/Zn 25	SC 4 (sangat tebal)	25
Fe/Zn 13	SC 3 (tebal)	12
Fe/Zn 8	SC 2 (sedang)	8



Grafik 2. Ketebalan deposit sebagai fungsi waktu.

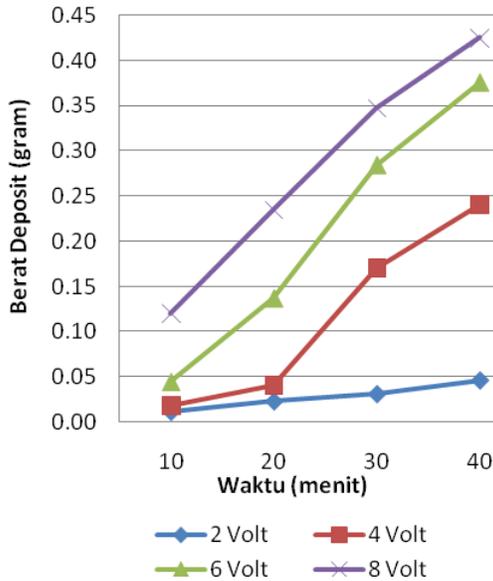
Grafik3 menunjukkan massa deposit semakin bertambah seiring dengan kenaikan tegangan. Kenaikan tegangan mempercepat proses pelepasan ion seng pada anoda dan pengendapan ion seng pada katoda. Namun penggunaan tegangan yang tinggi pada jangka waktu proses yang lama tidak mendukung efektivitas proses *electroplating*. Pertambahan massa berkurang pada tegangan 8 V dengan waktu pelapisan selama 40 menit. Massa deposit tertinggi yaitu 425 mg didapat pada spesimen 8 V, 40 menit; dan massa deposit terendah yaitu 11 mg didapat pada spesimen 2 V, 10 menit.



Grafik 3. Massa deposit sebagai fungsi tegangan.

Grafik 4 menunjukkan bahwa massa deposit semakin naik seiring dengan lama waktu pelapisan.

Grafik yang terbentuk antara massa deposit dan lama waktu hampir membentuk garis linier yang semakin menanjak. Hal tersebut sesuai dengan Hukum Faraday, bahwa massa lapisan berbanding lurus dengan waktu pelapisan.



Grafik 4. Massa deposit sebagai fungsi waktu.

Analisis Adhesivitas Lapisan

Pengujian adhesivitas secara kualitatif pada semua spesimen dilakukan sesuai standar ASTM A 571-97. Pada masing-masing spesimen, dengan variasi tegangan dan waktu yang berbeda, tidak terjadi retakan pada lapisan seng yang telah ditekuk. Lapisan seng yang terbentuk pada tiap spesimen memiliki tingkat adhesivitas yang baik.

Tabel 2. Penampakan visual refleksi cahaya dari spesimen yang dilapisi.

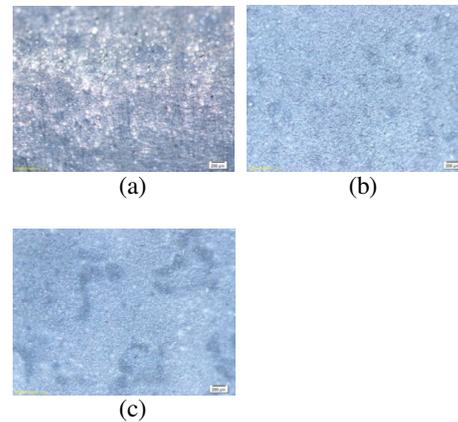
Tegangan	Waktu			
	10 menit	20 menit	30 menit	40 menit
2 V	menyebar	menyebar	menyebar	menyebar
4 V	terang	pudar	pudar	pudar
6 V	pudar	terang	pudar	pudar
8 V	pudar	pudar	terang	pudar

Tabel 2 menjelaskan mengenai visualisasi refleksi cahaya lapisan seng dari masing-masing spesimen. Pada spesimen yang merefleksikan cahaya yang menyebar (Gambar 2.a) mengindikasikan bahwa lapisan seng yang terbentuk terlalu tipis dan

kurang merata. Pada spesimen yang merefleksikan cahaya secara pudar (Gambar 2.c), lapisan seng yang terbentuk tidak merata yaitu terbentuk penumpukan seng pada banyak titik.

Spesimen yang merefleksikan cahaya dengan terang (Gambar 2.b) memiliki lapisan yang cenderung merata dibanding spesimen yang lain. Hasil pelapisan pada spesimen tersebut paling merata (lapisan yang homogen) dan merefleksikan cahaya lebih terang terdapat pada spesimen bertegangan 4 V dengan waktu 10 menit, 6 V dengan waktu 20 menit, dan 8 V dengan waktu 30 menit.

Hasil tersebut sesuai dengan hipotesis peneliti sesuai penelitian Popoola dan Fayomi. Pada penelitian mereka pada rentang tegangan 0,5-1 V dan rentang waktu 10-30 menit, hasil terbaik terdapat pada tegangan dan waktu pertengahan yaitu 0,8 V dengan waktu 20 menit.



Gambar 2. Foto mikroskop optikal perbesaran 4x dari variasi tegangan dan waktu

- (a) 2 V, 10 menit;
- (b) 6 V, 20 menit;
- (c) 8 V, 40 menit.

KESIMPULAN

1. Nilai optimal untuk tegangan dan waktu pelapisan terhadap lapisan seng didapat pada tegangan 6 V dengan waktu 20 menit.
2. Nilai optimal untuk tegangan dan waktu pelapisan terhadap adhesivitas lapisan seng didapat pada spesimen pada variasi 4 V dengan waktu 10 menit, 6 V dengan waktu 20 menit, dan 8 V dengan waktu 30 menit.

Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil tersebut bahwa nilai optimal variasi tegangan dan waktu terhadap ketebalan deposit dan adhesivitas didapat pada spesimen pada tegangan 6 Volt dengan waktu 20 menit. Dimana ketebalan deposit didapat optimal, distribusi lapisan deposit merata, dan memiliki refleksi cahaya yang terang.

DAFTAR PUSTAKA

1. _____, 1996, *Standard Test Method for Measurement of Coating Thicknesses by the*

- Magnetic Method: Nonmagnetic Coatings on Magnetic Basis Metals*, American Society for Testing and Materials, USA.
2. _____., 1998, *Annual Book of ASTM standart*, Section 3, Vol. 03.01, ASTM, West Conshohocken, PA 19428.
 3. Bamidele, D.M& Olugbuyiro, J.A.O., 2011, *Effect of Some Plating Variables on Zinc Coated Low Carbon Steel Substrates*, Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering, Vol. 10, No.13, pp. 1255-1262.
 4. Durodola, B.M., Olugbuyiro, J.A.O., Mashood, S.A., Fayomi, O.S., & Poopola, A.P.I., 2011, *Study of Influence of Zinc Plated Mild Steel Deterioration in Seawater Environment*, . Int. J. Electrochem. Sci. 6, 5605-5616.
 5. Hartono, A.J., dan Kaneko, T., 1995, *Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating)*, Andi Offset, Yogyakarta.
 6. Ndariyono., 2011, *Pengaruh Temperatur Larutan Elektrolit, Rapat Arus Katoda Terhadap Ketebalan Dan Adhesivitas Lapisan Pada Proses Electroplating Tembaga-Nikel-Krom*, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
 7. Poopola, A.P.I., & Fayomi, O.S., 2011, *Effect of Some Process Variables on Zinc Coated Low Carbon Steel Substrates*, Science Research and Essay Vol. 6(20), pp. 4264-4272.
 8. Saleh, A.A., 1995, *Pelapisan Logam*, Balai Besar Pengembangan Industri Logam dan Mesin, Bandung.