

Pengaruh Variasi Waktu dan Temperatur Elektroplating Seng Terhadap Ketebalan, Kekuatan Lekat dan Ketahanan Korosi pada Baja

Vania Mitha Pratiwi, Sulistijono, Mas Irfan P. Hidayat dan Handis Zuniandra
Departemen Teknik Material dan Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: vaniamithapратиwi@gmail.com

Abstrak—Baja AISI 1020 merupakan baja karbon rendah dengan kadar karbon 0,20%. Sebelum baja diaplikasikan biasanya dilakukan pengerjaan akhir logam (*metal finishing*) untuk meningkatkan kualitasnya seperti sifat tahan korosi, tampak rupa, ketangguhan, daya hantar listrik, dan sifat lainnya. Salah satu cara *metal finishing* yaitu dengan elektroplating. Elektroplating dengan bahan pelapis seng banyak diaplikasikan karena seng merupakan pelapis baja yang tahan korosi, menghasilkan tampak permukaan yang cukup baik, serta harganya yang cukup terjangkau. Berdasarkan uraian di atas penulis menganalisa pengaruh temperatur dan waktu proses elektroplating seng terhadap ketebalan, kekuatan lekat, dan ketahanan korosi baja AISI 1020. Variasi temperatur yang digunakan yaitu 25, 30, dan 35°C. Sedangkan untuk variasi waktu yaitu 9, 12, dan 15 menit. Pengukuran ketebalan lapisan seng dilakukan menggunakan alat uji DFT, untuk mengetahui kekuatan lekat dilakukan pengujian *Pull-Off*, dan untuk mendapatkan nilai laju korosi dilakukan dengan pengujian *immerse* dan dilakukan perhitungan dengan metode *weight loss*. Nilai ketebalan paling tinggi sebesar 28,1333 μm dengan variasi temperatur 35°C dan waktu 15 menit. Nilai kekuatan lekat paling tinggi sebesar 15,595 MPa dengan variasi temperatur 25°C dan waktu 9 menit. Nilai laju korosi paling rendah sebesar 0,0097 mmpy dengan variasi temperatur 35°C dan waktu 15 menit.

Kata Kunci—Elektroplating, Seng, Baja AISI 1020, Waktu, Laju Korosi.

I. PENDAHULUAN

DUNIA industri berkembang dengan begitu pesat. Material yang paling banyak dan beragam penggunaannya adalah logam (baja). Mulai dari peralatan rumah tangga, industri, peralatan kedokteran, pertanian, dan lain-lain banyak produk yang terbuat dari material baja [1]. Baja merupakan logam yang terbentuk dari paduan besi dan karbon yang mungkin mengandung beberapa unsur lain dimana unsur lain tersebut sangat beragam [2]. Baja karbon rendah merupakan baja yang memiliki kadar karbon (%C) kurang dari 0,3%. Baja jenis ini lebih banyak digunakan dikarenakan baja karbon rendah memiliki keuletan yang tinggi dan juga mudah untuk *dimachining*, akan tetapi kekerasannya rendah dan juga tidak tahan aus [3]. Baja AISI 1020 termasuk dalam kategori baja karbon rendah dengan kandungan karbon sebesar 0,20%. Baja jenis ini sering digunakan sebagai bahan pembuatan pipa untuk fluida bertekanan rendah dan menengah, pipa ketel, dan juga untuk pipa pengalir uap panas yang biasa digunakan pada sistem pembangkit listrik Dalam jangka penggunaan yang cukup

lama baja ini dapat mengalami degradasi dan juga kerusakan yang disebabkan oleh korosi [4].

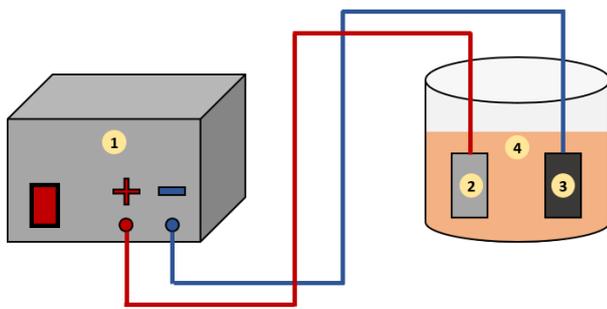
Pada proses pengaplikasiannya, umumnya baja membutuhkan proses pengerjaan akhir logam (*metal finishing*) untuk meningkatkan kualitasnya seperti sifat tahan korosi, tampak rupa, ketangguhan, daya hantar listrik, dan sifat lainnya. Salah satu cara *metal finishing* yaitu pelapisan logam. Cara ini dilakukan dengan melapisi logam dengan material lain dengan berbagai metode seperti dengan menggunakan listrik (*electroplating*), celup panas (*hot dip*), dan juga dengan penyemprotan (*metal spraying*) [5]. Pada tahun 2016 [6] melakukan penelitian tentang pengaruh variasi waktu terhadap ketebalan lapisan seng dengan metode elektroplating. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin lama waktu elektroplating ketebalan lapisan seng yang dihasilkan meningkat. Pada tahun 2015 [7] melakukan penelitian tentang pengaruh penyemprotan logam seng terhadap sifat ketahanan korosi dari suatu baja. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa baja yang telah dilapisi seng dengan cara penyemprotan memiliki sifat ketahanan korosi yang lebih baik. Pada tahun 2010 [8] melakukan penelitian tentang pengaruh pelapisan seng dengan metode celup panas terhadap sifat ketahanan korosi pada sebuah baja. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa baja yang telah dilapisi seng dengan cara *hot dip* memiliki ketahanan korosi yang lebih baik.

Pelapisan dengan cara elektroplating lebih banyak disukai karena memiliki beberapa kelebihan seperti lapisan yang lebih merata, serta memiliki daya rekat dan tampak permukaan yang lebih baik. Elektroplating dapat dilakukan untuk melapisi logam dengan berbagai jenis logam lain seperti tembaga, nikel, seng, timah, krom dan yang lainnya. Dari berbagai jenis logam pelapis seng memiliki beberapa kelebihan. Seng merupakan pelapis baja yang tahan korosi, menghasilkan tampak permukaan yang cukup baik, serta harganya yang cukup terjangkau [9]. Dalam penelitian ini dilakukan analisa pengaruh temperatur dan waktu plating terhadap ketebalan, daya lekat, dan ketahanan korosi dari lapisan seng yang terbentuk pada baja AISI 1020 dari proses elektroplating tersebut.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah rectifier, pemanas air, termometer, stopwatch, alat uji ketebalan (DFT elastomer), Alat uji kelekatan (*Pull-off*) dan Alat Uji Scanning Electron Microscope (SEM).



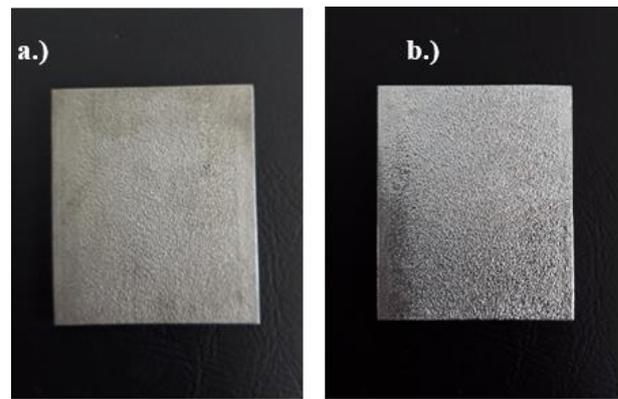
Gambar 1. Rangkaian elektroplating

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Baja AISI 1020, Seng, $ZnCl_2$, KCl, H_3BO_3 , Zylite Additive (290 carrier), Zylite brightener (290 maintenance), dan HCl.

B. Prosedur Percobaan

Prosedur penelitian elektroplating ini dijelaskan sebagai berikut :

1. Preparasi Spesimen: Preparasi dilakukan dengan memotong spesimen untuk memudahkan proses elektroplating dan pengujian lainnya. Pemotongan yang dilakukan menggunakan proses wire cutting sehingga potongan yang dihasilkan lebih lurus dan halus. Menghaluskan spesimen dengan menggunakan amplas. Selain untuk menghaluskan permukaan pengamplasan juga berguna untuk menghilangkan kotoran seperti ataupun produk korosi yang menempel pada permukaan spesimen. Merendam spesimen dalam HCl 30% selama 15 hingga 20 menit. Proses ini dilakukan untuk membersihkan permukaan spesimen dari kotoran yang menempel seperti produk korosi. Membilas spesimen dengan aquades untuk menetralkan spesimen dari sisa-sisa asam yang menempel pada spesimen. Menghilangkan kotoran seperti minyak atau oli pada permukaan spesimen dengan cara merendam spesimen dalam cairan degreasing sambil mengelap permukaan spesimen menggunakan kain pembersih. Membilas spesimen dengan aquades untuk menetralkan spesimen dari sisa-sisa cairan degreasing. Menimbang spesimen dengan neraca analitik untuk didapatkan massa spesimen sebagai data awal.
2. Pembuatan Larutan Elektrolit : Proses pembuatan larutan elektrolit dilakukan dengan beberapa tahap sebagai berikut: Menuangkan aquades yang telah dipanaskan hingga temperaturnya mencapai sekitar 50 hingga 60° C sebanyak 1 liter ke dalam gelas ukur. Memasukkan asam borat (H_3BO_3) sebanyak 30 gram dan mengaduknya hingga larut. Menambahkan seng klorida ($ZnCl_2$) sebanyak 55 gram secara perlahan kemudian mengaduknya hingga larut. Menambahkan kalium klorida (KCl) sebanyak 175 gram secara perlahan kemudian mengaduknya hingga larut. Menambahkan 290 carrier sebanyak 30 ml sambil larutan terus diaduk. Menambahkan 290 maintenance sebanyak 2 ml sambil larutan terus diaduk.
3. Proses Elektroplating: Proses elektroplating dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut: Menyiapkan wadah, larutan elektrolit, logam seng, spesimen uji, dan rectifier. Memasukkan larutan elektrolit ke dalam wadah. Menggantung logam seng sebagai anoda sehingga posisinya melayang dalam larutan elektrolit. Menggantung spesimen uji sebagai katoda sehingga



Gambar 2. Spesimen uji a.) sebelum proses elektroplating dan b.) setelah proses elektroplating

posisinya melayang dalam larutan elektrolit. Menghubungkan anoda dengan sumber arus positif dan katoda dengan sumber arus negatif dari rectifier sebagai sumber arus listrik. Menyalakan rectifier dan mengatur voltase pada 2 volt. Melakukan proses elektroplating. Mematikan rectifier setelah proses elektroplating selesai. Mengangkat spesimen uji dan memasukkannya ke dalam aquades untuk menetralkannya dari sisa-sisa larutan elektrolit yang menempel. Rangkaian ditunjukkan pada Gambar 1.

Temperatur yang digunakan saat elektroplating yaitu 25°C, 30°C, dan 35°C. Sedangkan variasi waktunya adalah 9, 12, dan 15 menit.

C. Karakterisasi Material

Karakterisasi baja AISI 1020 dibagi menjadi 3 yaitu pengujian Scanning Electron Microscopy (SEM) FEI Inspect S50 untuk mengetahui morfologi permukaan baja. Pengujian ketebalan lapisan menggunakan alat uji Dry Film Thickness (DFT) Elastomer, Pengujian yang ketiga adalah pengujian laju korosi dengan menggunakan metode immerse. Pada pengujian ini baja dicelupkan pada larutan garam NaCl 3,5% selama 96 jam sesuai dengan ASTM 6-31[10]. Perhitungan weight loss ditunjukkan pada persamaan 2.

$$\text{Laju Korosi} = \frac{K \times W}{A \times T \times D} \quad (1)$$

Keterangan:

K : Konstanta

T : *Time of exposure* (jam)

A : Luas permukaan yang direndam (cm^2)

W : Kehilangan berat (gram)

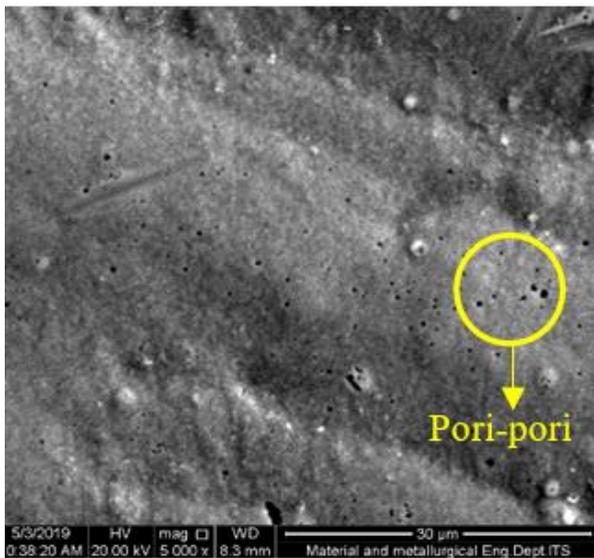
D : Density (gr/cm^3).

III. KESIMPULAN

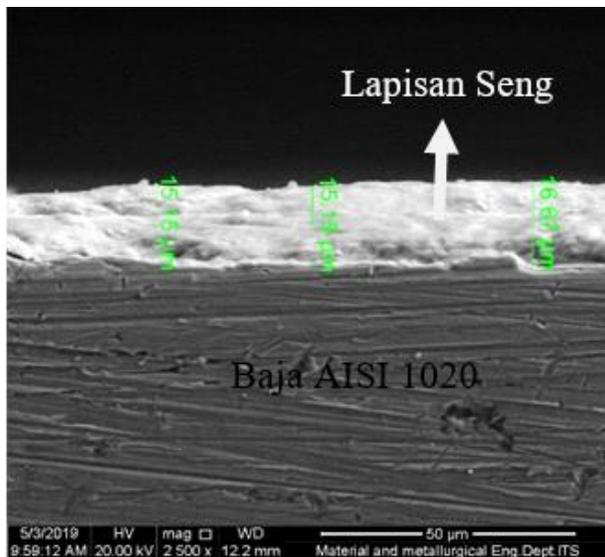
A. Pengujian Scanning Electron Microscopy (SEM)

Larutan elektrolit yang digunakan yaitu larutan $ZnCl_2$ dengan penambahan *zylite additive* dan *zylite brightener* yang berguna untuk meratakan dan mencerahkan hasil lapisan. Gambar spesimen uji sebelum dan sesudah dilakukan proses elektroplating ditunjukkan pada Gambar 1.

Seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.1 spesimen yang telah dilakukan proses elektroplating terlihat seluruh permukaannya terdapat perubahan warna dan lebih mengkilap dibanding dengan spesimen yang belum dilakukan proses elektroplating. Hal ini menunjukkan bahwa pada spesimen yang telah dilakukan proses elektroplating yang



Gambar 3. Pengujian SEM permukaan spesimen hasil elektroplating Seng dengan perbesaran 5000x



Gambar 4. Pengujian SEM penampang melintang (Cross Section) spesimen hasil elektroplating Seng dengan perbesaran 5000x

terlihat adalah seluruhnya deposit logam seng hasil elektroplating yang menutupi spesimen uji sehingga warna atau penampakan asli dari spesimen uji sudah tidak terlihat lagi.

Pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa spesimen uji telah terlapisi seluruhnya oleh lapisan seng (Zn). Pada pengamatan dengan perbesaran 5000x mulai terlihat lubang-lubang yang sangat kecil pada lapisan seng yang terbentuk. Lubang-lubang ini terbentuk karena pada saat proses elektroplating berlangsung akan terbentuk gas hidrogen (H_2) berupa gelembung-gelembung sesuai dengan reaksi reduksi air. Akibat terbentuknya gelembung-gelembung hidrogen pada katoda maka bagian katoda yang tertutupi oleh gelembung tersebut tidak akan terlapisi oleh seng karena proses deposisi atau reduksi Zn^{2+} akan terhalang oleh gelembung tersebut.

Menurut [11] katoda yang dibanjiri dengan elektron yang berasal dari sumber listrik searah akan menarik ion-ion positif logam dari garam yang ada pada larutan elektrolit. Selanjutnya ion-ion tersebut akan tereduksi dan terdeposisi pada permukaan katoda. Namun karena adanya produksi gelembung hidrogen maka bagian katoda yang tertutup gelembung tersebut tidak dapat menarik ion logam karena terhalang oleh gelembung tersebut sehingga proses deposisi

Tabel 1.

Hasil pengukuran ketebalan lapisan *coating* Seng (Zn) menggunakan alat uji ketebalan DFT

Sampel	Ketebalan (μm)			Ketebalan rata-rata (μm)
	1	2	3	
A1	14,2	15,6	14,4	$14,73 \pm 0,75$
A2	19,4	19,1	18,8	$19,10 \pm 0,30$
A3	22,8	23,1	22,9	$22,93 \pm 0,15$
B1	15,6	16,2	15,3	$15,70 \pm 0,45$
B2	20,7	21,2	20,8	$20,90 \pm 0,26$
B3	23,2	24,1	23,7	$23,67 \pm 0,45$
C1	19,8	19,7	19,2	$19,56 \pm 0,32$
C2	23,2	24,2	22,9	$23,43 \pm 0,68$
C3	28,7	26,6	29,1	$28,13 \pm 1,34$



Gambar 5. Hasil pengujian *Pull-off* lapisan Seng

tidak dapat terjadi. Hal ini akan menghasilkan permukaan deposisi yang cekung ke dalam yang berbentuk seperti gelembung dan terlihat seperti membentuk lubang atau pori pada permukaan hasil lapisan.

Selain untuk mengamati hasil permukaan lapisan yang terbentuk, pengujian SEM juga digunakan untuk mengamati penampang melintang (*cross section*) dari spesimen uji. Hasil pengamatan penampang melintang (*cross section*) spesimen menggunakan SEM ditunjukkan oleh Gambar 4. Logam seng (Zn) yang terlihat lebih terang pada gambar terdeposisi secara merata pada permukaan spesimen uji yang terlihat lebih gelap pada gambar. Hal tersebut membuktikan bahwa benar terjadi deposisi ion logam Zn^{2+} pada permukaan spesimen uji. Pada pengamatan penampang melintang ini juga dilakukan pengukuran ketebalan lapisan. Ketebalan lapisan diukur pada tiga titik dan didapatkan nilai ketebalan dari ketiga titik tersebut yaitu $15,15 \mu m$, $15,15 \mu m$, dan $16,67 \mu m$. selanjutnya ketiga nilai ketebalan tersebut dirata-rata dan didapatkan nilai ketebalan rata-rata lapisan seng sebesar $15,65 \mu m$.

B. Pengujian Ketebalan Lapisan Coating (DFT Elastomer)

Berdasarkan hasil pengukuran ketebalan lapisan seng seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 1, dapat dilihat bahwa proses elektroplating dengan variasi temperatur dan waktu memiliki hasil ketebalan yang berbeda-beda.

Proses elektroplating dengan temperatur $25^{\circ}C$ yang kemudian waktu pelapisannya divariasikan lagi sebesar 9, 12, dan 15 menit selanjutnya disebut dengan sampel A1, A2, dan A3. Pengujian tersebut menghasilkan ketebalan lapisan dalam rentang $14,2 \mu m$ hingga $23,1 \mu m$. Pada sampel A1 didapatkan nilai ketebalan sebesar $14,2$, $15,6$, dan $14,44 \mu m$. Kemudian ketiga nilai tersebut dirata-rata dan didapatkan

Tabel 2.
Hasil pengujian kekuatan lekat lapisan *coating* Seng (Zn) dengan metode *Pull-Off*

Sampel	Kekuatan Lekat (MPa)		Kekuatan lekat rata-rata (MPa)
	1	2	
A1	15,51	15,88	15,695 ± 0,261
A2	14,21	14,19	14,200 ± 0,014
A3	12,22	11,87	12,045 ± 0,247
B1	14,34	14,41	14,375 ± 0,049
B2	12,61	12,57	12,590 ± 0,028
B3	8,47	9,21	8,840 ± 0,523
C1	13,72	13,44	13,580 ± 0,197
C2	10,12	9,98	10,050 ± 0,098
C3	6,28	7,12	6,700 ± 0,593

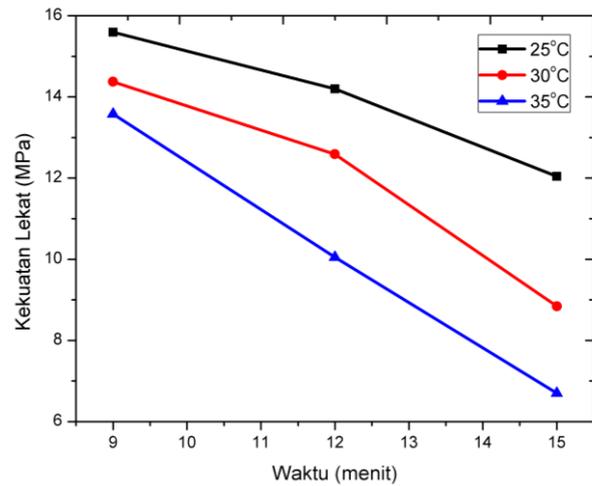
nilai ketebalan untuk sampel A1 sebesar 14,73 ± 0,75 µm. Untuk sampel A2 didapatkan nilai ketebalan sebesar 19,4, 19,1, dan 18,8 µm. Setelah dirata-rata didapatkan nilai ketebalan untuk sampel A2 sebesar 19,10 ± 0,30 µm. Sedangkan untuk sampel A3 didapatkan nilai ketebalan sebesar 22,8, 23,1, dan 22,9 µm. Setelah dirata-rata didapatkan nilai ketebalan untuk sampel A3 sebesar 22,93 ± 0,15 µm.

Proses elektroplating dengan temperatur 30°C yang kemudian waktu pelapisannya juga divariasikan lagi sebesar 9, 12, dan 15 menit selanjutnya disebut dengan sampel B1, B2, dan B3. Pengujian ini menghasilkan ketebalan lapisan yang lebih tinggi yaitu dalam rentang 15,3 µm hingga 24,1 µm. Pada sampel B1 didapatkan nilai ketebalan sebesar 15,6, 16,2, dan 15,3 µm. Setelah ketiga nilai tersebut dirata-rata dan didapatkan nilai ketebalan untuk sampel B1 sebesar 15,70 ± 0,45 µm. Untuk sampel B2 didapatkan nilai ketebalan sebesar 20,7, 21,2, dan 20,8 µm. Setelah dirata-rata didapatkan nilai ketebalan untuk sampel B2 sebesar 20,90 ± 0,26 µm. Sedangkan untuk sampel B3 didapatkan nilai ketebalan sebesar 23,2, 24,1, dan 23,7 µm. Setelah dirata-rata didapatkan nilai ketebalan untuk sampel B3 sebesar 23,67 ± 0,45 µm. Jika dibandingkan dengan proses elektroplating pada temperatur 25°C maka proses elektroplating dengan temperatur 30°C mengalami kenaikan ketebalan ± 1 µm.

Pada temperatur 35°C dengan variasi waktu sebesar 9, 12, dan 15 menit selanjutnya disebut dengan sampel C1, C2, dan C3. Pengujian ini menghasilkan ketebalan yang lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur 25 dan 30 °C. Ketebalan yang dihasilkan yaitu dalam rentang 19,2 µm hingga 29,1 µm. Pada sampel C1 didapatkan nilai ketebalan sebesar 19,8, 19,7, dan 19,2 µm. Dari ketiga nilai tersebut didapatkan rata-rata nilai ketebalan untuk sampel C1 sebesar 19,56 ± 0,32 µm. Untuk sampel C2 didapatkan nilai ketebalan sebesar 23,2, 24,2, dan 22,9 µm. Setelah dirata-rata didapatkan nilai ketebalan untuk sampel C2 sebesar 23,43 ± 0,68 µm. Sedangkan untuk sampel C3 didapatkan nilai ketebalan sebesar 28,7, 26,6, dan 29,1 µm. Setelah dirata-rata didapatkan nilai ketebalan untuk sampel C3 sebesar 28,13 ± 1.34 µm. Jika dibandingkan dengan proses elektroplating pada temperatur 25°C dan 30°C maka proses elektroplating dengan temperatur 35°C mengalami kenaikan ketebalan ± 5 µm dari temperatur 25°C dan ± 4 µm dari temperatur 30°C.

C. Pengujian Pull-off Lapisan Seng

Berdasarkan Gambar 5. dapat dilihat bahwa lapisan seng tidak sepenuhnya terangkat atau terlepas dari substrat tetapi masih terdapat beberapa bagian yang masih menempel. Namun karena sebagian besar lapisan seng terangkat atau dengan kata lain jumlah lapisan seng yang terangkat lebih besar dibandingkan dengan jumlah lapisan seng yang tidak



Gambar 6. Grafik hubungan temperatur dan waktu elektroplating terhadap nilai kekuatan lekat lapisan seng

terangkat sehingga nilai hasil kekuatan lekat yang didapatkan sudah dapat mewakili nilai kekuatan lekat dari lapisan seng tersebut. Hasil pengujian kekuatan lekat ditunjukkan oleh Tabel 2.

Berdasarkan grafik pada Gambar 6. dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur dan semakin lama waktu yang digunakan untuk proses elektroplating akan menurunkan nilai kekuatan lekat dari lapisan seng yang dihasilkan. Menurut [12] dengan meningkatnya lapisan *coating* yang dihasilkan maka akan menimbulkan tegangan permukaan yang lebih besar antara permukaan substrat dengan hasil *coating* sehingga kekuatannya akan menurun. Dalam penelitian ini diketahui bahwa meningkatnya temperatur dan waktu proses elektroplating akan meningkatkan ketebalan lapisan yang dihasilkan sehingga akan menurunkan kekuatan lekat antara lapisan *coating* dengan substrat.

Menurut [13] hasil lapisan yang dihasilkan harus memiliki kekuatan lekat lebih dari 7 MPa, kurang dari itu maka hasil lapisan akan ditolak. Dalam penelitian ini terdapat satu spesimen uji dengan nilai ketebalan di bawah 7 MPa yaitu sampel C3 dengan nilai kekuatan lekat 6,700 ± 0.593 MPa yang berarti hasil tersebut ditolak atau tidak dapat diterima karena tidak sesuai standar.

D. Pengujian Laju Korosi

Pengujian ini dilakukan menggunakan metode *immerse* atau perendaman dan perhitungan *weight loss*. Selama proses *immerse* atau perendaman spesimen uji akan bereaksi dengan larutan air garam. [14] menjelaskan bahwa reaksi yang terjadi antara lapisan seng dengan larutan garam adalah seperti Persamaan 4.7.



Karena spesimen uji telah dilapisi dengan seng (Zn) maka yang bereaksi dengan larutan NaCl terlebih dulu adalah lapisan Zn. Lapisan Zn semakin lama akan terlepas dari spesimen uji karena bereaksi dengan NaCl membentuk ZnCl₂ sebagai produk korosi. Spesimen uji yang telah bereaksi dengan NaCl ditunjukkan oleh Gambar 7.

Setelah didapatkan berat akhir selanjutnya dilakukan perhitungan *weight loss* atau berat yang hilang. Hasil perhitungan *weight loss* ditunjukkan oleh Tabel 3.

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa *weight loss* atau massa yang berkurang sangat kecil. Dari nilai *weight loss* yang kita dapatkan ini kita dapat menentukan laju korosi dari masing-



Gambar 7. Pengamatan hasil proses korosi lapisan seng.

Tabel 3. Hasil perhitungan *weight loss*

Temperatur °C	Waktu (menit)	Berat awal (gram)	Berat akhir (gram)	Weight loss (gram)
25	9	49,8633	49,8557	0,0076
	12	50,2137	50,2073	0,0064
	15	52,1105	52,1043	0,0062
30	9	50,6750	50,6678	0,0072
	12	49,6191	49,6131	0,0060
	15	51,1863	51,1812	0,0051
35	9	46,6769	46,6769	0,0047
	12	50,8543	50,8505	0,0038
	15	48,9841	48,9805	0,0036

masing spesimen uji dengan menyelesaikan perhitungan laju korosi menggunakan metode *weight loss* sesuai dengan Persamaan 2. Hasil perhitungan laju korosi menggunakan metode *weight loss* ditunjukkan oleh Tabel 4.

Dari Tabel 4. dapat dilihat bahwa laju korosi dari masing masing spesimen uji memiliki perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Untuk sampel A1, A2, dan A3 didapatkan laju korosi secara berturut-turut yaitu 0,0206, 0,0173, dan 0,0168. Untuk sampel B1, B2, dan B3 didapatkan nilai laju korosi secara berturut-turut yaitu 0,0195, 0,0162, dan 0,0138. Untuk sampel C1, C2, dan C3 didapatkan nilai laju korosi secara berturut-turut yaitu 0,0127, 0,0103, dan 0,0097. Perbedaan laju korosi tersebut ditunjukkan oleh Gambar 4.10

Berdasarkan table tersebut, dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur dan semakin lama waktu yang digunakan pada saat proses elektroplating maka nilai laju korosi yang dihasilkan semakin menurun. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur dan semakin lama waktu yang digunakan pada saat proses elektroplating maka ketahanan korosi yang dihasilkan akan meningkat.

Menurut [15] ketahan korosi dari sebuah baja yang dilapisi dengan seng tergantung pada ketebalan lapisan seng yang dihasilkan. Semakin tebal lapisan seng yang melapisi sebuah baja akan meningkatkan ketahanan korosinya. [16] juga menjelaskan bahwa ketebalan lapisan seng pada sebuah baja akan meningkatkan ketahan korosi dari baja tersebut karena menyebabkan penetrasi dari ion-ion yang bersifat korosif menuju baja menjadi lebih sulit.

Berdasarkan ISO 19244 laju korosi dari semua sampel masuk kedalam kategori rendah karena semua laju korosi dari semua sampel berada pada rentang 0,0013 hingga 0,025 mmpy [17].

Hasil karakterisasi yang dimiliki menunjukkan bahwa baja AISI 1020 yang telah dilapisi oleh Seng dapat digunakan

Tabel 4.

Hasil perhitungan laju korosi menggunakan metode <i>weight loss</i>			
Temperatur (°C)	Waktu (menit)	Weight loss (gram)	Laju Korosi (mmpy)
25	9	0,0076	0,0206
	12	0,0064	0,0173
	15	0,0062	0,0168
30	9	0,0072	0,0195
	12	0,0060	0,0162
	15	0,0051	0,0138
35	9	0,0047	0,0127
	12	0,0038	0,0103
	15	0,0036	0,0097

sebagai bahan baku pipa pada boiler dan tenaga pembangkit pipa uap panas sesuai dengan nilai laju korosi.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi temperatur larutan elektrolit pada proses elektroplating seng maka: Ketebalan lapisan seng semakin meningkat dengan nilai ketebalan paling tinggi sebesar $28,13 \pm 1,34 \mu\text{m}$ pada temperatur 35oC. Ketahanan korosi meningkat dengan nilai laju korosi paling kecil sebesar 0,0036 mmpy pada temperatur 35oC. Sedangkan semakin lama waktu pencelupan pada proses elektroplating seng maka ketebalan lapisan seng semakin meningkat dengan nilai ketebalan paling tinggi sebesar $28,13 \pm 1,34 \mu\text{m}$ dengan waktu pencelupan 15 menit. Kekuatan lekat lapisan seng semakin menurun dengan nilai kekuatan lekat paling tinggi sebesar $15,695 \pm 0,261 \text{ MPa}$ dengan waktu pencelupan 9 menit. Ketahanan korosi meningkat dengan nilai laju korosi paling kecil sebesar 0,0036 mmpy dengan waktu pencelupan 15 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Wiewiórska and Z. Muskalski, "The application of low and medium carbon steel with multiphase TRIP structure in drawing industry," *Procedia Manuf.*, vol. 2, pp. 181–185, Jan. 2015.
- [2] W. D. Callister, *Fundamentals of Materials Sciene and Engineering*, 9th ed. New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2014.
- [3] W. Giurlani *et al.*, "Electroplating for decorative applications: Recent trends in research and development," *Coatings*, vol. 8, no. 8, p. 260, 2018.
- [4] J. D. Verhoeven, *Steel Metallurgy for The Non-Metallurgist*. Ohio: ASM International, 2007.
- [5] N. Ndariyono, "Pengaruh Temperatur Larutan Elektrolit, Rapat Arus Katoda Terhadap Ketebalan dan Adhesivitas Lapisan Pada Proses Elektroplating Tembaga-Nikel-Khrom," Universitas Sebelas Maret, 2011.
- [6] K. F. Alsultani, "Characterization of Electroplating by Using Zn-Nano Sized Al2O3 as Composite Coatings," University of Babylon, 2016.
- [7] H. B. Choe, H. S. Lee, and M. A. Ismail, "Studying the effect of spraying metal type and epoxy sealing coating application on the anti-corrosion properties of arc thermal metal spraying film," in *RCCS - International Conference on the Regeneration and Conservation of Concrete Structures*, 2015.
- [8] O. R. Adetunji, "Optimizing hot dip galvanizing operations of steel sheets for better quality," *J. Nat. Sci. Eng. Technol.*, vol. 9, no. 2, pp. 99–105, 2010.
- [9] C. Biddulph, "Zinc Electroplating: Choosing The Best Process for Your Operation," *PF DIRECTORY*, 2011.
- [10] A. I.-U. State and undefined 2004, "ASTM G31-72: Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals."
- [11] A. M. Tarditi, M. L. Bosko, and L. M. Cornaglia, "Electroless plating of pd binary and ternary alloys and surface characteristics for application in hydrogen separation," in *Comprehensive Materials Finishing*, vol. 3, M. Hashmi, Ed. Oxford, United Kingdom: Elsevier Inc., 2017, pp. 1–24.
- [12] F. J. Antunes, V. R. dos S. de Sá Brito, I. N. Bastos, and H. R. M.

- Costa, "Characterization of FeCr and FeCoCr alloy coatings of carbon steels for marine environment applications," *Appl. Adhes. Sci.*, vol. 1, no. 1, p. 3, 2013.
- [13] M. Paunovic and M. Schlesinger, *Fundamentals of Electrochemical Deposition*. New York: Wiley, 1998.
- [14] A. Muhyidin, "Pengaruh Penambahan Konsentrasi ZnSO₄ terhadap Ketebalan, Sifat Adhesif, dan Ketahanan Korosi pada Baja ASTM 213 T11 dengan Metode Elektroplating," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [15] M. S. N. Idora, M. M. Rahman, M. Ismail, and W. B. W. Nik, "Effect of zinc coating thickness on corrosion performance of mild steel in atmospheric and seawater environment," *Appl. Mech. Mater.*, vol. 554, pp. 213–217, 2014.
- [16] A. Sandoval-Amador, J. E. T. Ramirez, P. A. Cabrales-Villamizar, D. L. Cataño, and D. Y. Peña-Ballesteros, "The effect of zinc thickness on corrosion film breakdown of Colombian galvanized steel," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 935, p. 12052, 2017.
- [17] ISO, *ISO 12944-2:2017, Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems — Part 2: Classification of environments*. ISO, 2017.