

ELEKTROPLATING TEMBAGA PADA BAJA MENGUNAKAN ELEKTROLIT ASAM LEMAH

Purwanto, Sri Rukiyawati, Aprilina Purbasari *

ABSTRAK

Elektroplating tembaga pada besi baja telah dilakukan dengan menggunakan larutan elektrolit tak beracun asam asetat sebagai pengganti larutan beracun sianida. Variabel proses yang dipelajari yaitu perbandingan konsentrasi asam asetat terhadap tembaga sulfat (X_1), suhu elektrolit (X_2), kerapatan arus katoda (X_3), kerapatan arus anoda (X_4), dan jarak anoda-katoda (X_5). Percobaan menunjukkan bahwa pemakaian asam asetat sebagai elektrolit asam lemah menghasilkan endapan yang cemerlang dengan efisiensi arus cukup tinggi berkisar 95%. Variabel yang mempunyai efek positif berturut-turut yaitu perbandingan konsentrasi, kerapatan arus katoda, dan kerapatan arus anoda. Sedangkan efek negatif berasal dari pengaruh jarak anoda-katoda dan suhu elektrolit. Pengaruh variabel proses terhadap logam berat yang melapisi katoda (Y_d) dan efisiensi arus (η) didekati dengan persamaan linier, dengan kesalahan pendekatan relatif sebesar 20%. Kondisi terbaik ditunjukkan oleh efisiensi arus sebesar 94,5% dan hasil plating yang sangat cemerlang pada $X_1 = 50$ (gr/l) / 100(gr/l), $X_2 = 50^\circ\text{C}$, $X_3 = 300$ Ampere/ m^2 , $X_4 = 200$ Ampere/ m^2 , dan $X_5 = 3$ cm.

PENDAHULUAN

Perkembangan industri otomotif dan percetakan di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami kemajuan pesat, ditandai semakin banyaknya komponen mesin dan peralatan yang dibuat dan direkayasa di dalam negeri. Beberapa komponen mobil maupun peralatan cetak memerlukan bahan yang mempunyai kekerasan tinggi. Bahan tersebut dibuat dari besi baja yang kemudian dilakukan pelapisan menggunakan logam berturut-turut adalah tembaga, nikel, dan krom. Proses pelapisan dilakukan dengan bantuan listrik melalui larutan elektrolit yang dikenal sebagai elektroplating.

Langkah awal elektroplating tembaga pada besi baja dilakukan terlebih dahulu menggunakan larutan elektrolit garam sianida seperti kalium sianida (KCN). Senyawa sianida merupakan suatu asam yang sangat beracun sehingga perlu penanganan khusus pada penggunaannya maupun pembuangannya. Uap larutan elektrolit di sekitar alat proses harus dibuang menggunakan blower agar tidak terhirup langsung oleh operator proses produksi. Demikian juga pada saat pencucian tanki dihasilkan air cucian yang mengandung senyawa sianida. Jika hasil cucian ini dibuang langsung ke lingkungan sekitar dapat mengakibatkan berbagai efek yang merugikan baik berupa keracunan

jangka pendek maupun jangka panjang pada penduduk sekitar pabrik. Oleh karena itu elektroplating perlu dilakukan dengan elektrolit yang tak beracun tetapi mempunyai kemampuan yang cukup baik untuk elektroplating tembaga seperti elektrolit dari asam, basa, maupun garam lemah.

Larutan asam asetat, asam sitrat, dan garam dinatrium EDTA dapat membentuk kompleks tembaga apabila dicampur dengan larutan tembaga sulfat (CuSO_4). Kompleks yang terbentuk dapat larut dalam air sehingga mempunyai kemampuan menghantarkan arus listrik. Larutan tersebut bersifat tidak beracun sehingga dapat dipakai sebagai elektrolit pada elektroplating untuk menggantikan senyawa sianida.

Penggunaan larutan garam dinatrium EDTA telah diteliti oleh Krishnan et al (1995) yang menunjukkan bahwa larutan kompleks tembaga yang terbentuk dapat dipakai sebagai larutan elektrolit pada suasana basa. Sedangkan penelitian mengenai pemakaian asam asetat maupun asam sitrat masih terbatas pada sifat-sifat larutan. Penelitian mengenai kondisi operasi elektroplating menggunakan larutan asam asetat maupun asam sitrat sebagai pengganti asam sianida belum dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh berbagai variabel dalam

proses elektroplating tembaga pada besi baja terhadap hasil elektroplating dan efisiensi arus. Dari hasil penelitian diharapkan dapat memberikan alternatif bagi penggunaan larutan elektrolit tak beracun, meminimasi pencemaran lingkungan, dan perbaikan kondisi lingkungan kerja.

PERCOBAAN

Elektroplating tembaga dilakukan pada suatu tanki yang terbuat dari kaca yang dilengkapi dengan pengatur suhu dan sumber arus searah. Volume larutan yang digunakan sebanyak 1 liter untuk setiap percobaan, konsentrasi asam asetat 50-100 gr/liter, konsentrasi tembaga sulfat 100 gr/liter, suhu operasi 30-50°C, densiti arus pada anoda 200-400 Ampere/m², densiti arus pada katoda 300-400 Ampere/m², dan jarak anoda-katoda 3-6 cm.

Respon atau hasil yang diukur adalah banyaknya endapan logam pada katoda (lempeng besi baja) dalam satuan gram dan efisiensi arus yaitu perbandingan arus teoretis dibanding dengan arus nyata yang dipakai selama 1 jam.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil percobaan berbagai pengaruh variabel proses elektroplating dengan menggunakan fractional factorial design ditunjukkan pada Tabel 1 (lampiran) dalam bentuk berat deposit terbagi pada besi baja dan efisiensi arus selama 1 jam. Efek utama maupun efek interaksi antar variabel ditunjukkan pada Tabel 2 (lampiran).

1. Pengaruh perbandingan konsentrasi asam asetat dan tembaga sulfat

Perbandingan konsentrasi antara asam asetat dan tembaga sulfat yang digunakan pada percobaan ini sebesar 50 (gr/l) / 100 (gr/l) dan 100 (gr/l) / 100 (gr/l). Kenaikan konsentrasi asam asetat akan memperbesar deposit pada katoda. Efek perbandingan konsentrasi yang diperoleh sebesar $9,38 \cdot 10^{-2}$. Dengan penambahan asam asetat maka konduktivitas larutan makin besar sehingga perpindahan ion positif dari anoda ke katoda makin cepat dan pembentukan deposit pada katoda juga makin cepat.

2. Pengaruh kerapatan arus katoda

Kerapatan arus katoda yang dipakai pada percobaan ini adalah 300 dan 400 A/m². Kenaikan kerapatan arus mengakibatkan deposit tembaga pada katoda semakin banyak. Efek

utama yang diperoleh sebesar $7,38 \cdot 10^{-2}$. Semakin besar kerapatan arus maka muatan negatif pada katoda akan semakin besar. Dengan demikian maka ion-ion positif Cu²⁺ akan lebih mudah tertarik ke katoda dan membentuk deposit sehingga deposit yang terbentuk juga semakin banyak.

3. Pengaruh kerapatan arus anoda

Ion-ion positif pada larutan elektrolit yang tereduksi menjadi endapan pada katoda posisinya akan digantikan oleh anoda logam yang terlarut. Untuk mensuplai ion-ion positif maka diperlukan arus yang cukup pada anoda sehingga logam Cu dapat teroksidasi menjadi Cu²⁺. Kerapatan arus anoda pada percobaan ini sebesar 200 dan 400 A/m². Besarnya efek kerapatan arus anoda yang diperoleh adalah $1,25 \cdot 10^{-2}$. Dengan semakin meningkatnya kerapatan arus maka logam Cu akan mudah teroksidasi menjadi ion positif Cu²⁺. Ion-ion positif tersebut akan berada di dalam larutan elektrolit sehingga semakin besar kerapatan arus akan semakin banyak pula ion Cu²⁺ dan katoda akan mudah menangkap ion-ion positif. Akan tetapi bila distribusi ion tidak merata maka akan terbentuk kutub positif disekitar anoda dan kutub negatif di sekitar katoda dan menyebabkan terjadinya polarisasi sehingga mengganggu perpindahan ion positif dari sekitar anoda ke katoda. Sebagai akibatnya endapan yang terbentuk pada katoda tidak bertambah meskipun kerapatan arus diperbesar.

4. Pengaruh suhu

Suhu percobaan yang dilakukan untuk proses elektroplating adalah 30°C dan 50°C. Efek kenaikan suhu yang diperoleh adalah negatif sebesar -0,114. Kenaikan suhu akan menyebabkan penurunan deposit logam pada katoda. Dengan kenaikan suhu maka perpindahan ion semakin cepat dan konduktivitas larutan akan naik sehingga diharapkan deposit pada katoda semakin besar. Namun kenaikan suhu dapat pula berakibat tidak efektifnya reduksi muatan positif sehingga tidak banyak deposit yang terbentuk pada katoda.

5. Pengaruh jarak anoda-katoda

Percobaan dilakukan dengan jarak anoda-katoda sebesar 3 dan 6 cm. Kenaikan jarak mengakibatkan penurunan deposit pada katoda dengan efek negatif sebesar -0,229. Besar konduktivitas berbanding terbalik dengan jarak. Dengan memperbesar jarak maka konduktivitas

larutan elektrolit antara anoda-katoda akan menurun sehingga mengakibatkan perpindahan muatan positif dari anoda menuju katoda menjadi

lambat yang mengakibatkan deposit yang terbentuk juga sedikit.

Tabel 1. Berat deposit, ΔW (gr) dan efisiensi arus elektroplating, η (%)

No	Variabel					ΔW (gr)	η (%)	Kualitas
	1	2	3	4	5			
1	-	-	-	-	+	0,63	53,16	2
2	+	-	-	-	-	1,14	96,19	3
3	-	+	-	-	-	1,12	94,5	5
4	+	+	-	-	+	1,11	93,66	3
5	-	-	+	-	-	1,0	84,7	3
6	+	-	+	-	+	1,02	86,06	2
7	-	+	+	-	+	0,45	37,97	4
8	+	+	+	-	-	0,9	75,94	5
9	-	-	-	+	-	1,1	92,81	5
10	+	-	-	+	+	0,77	64,97	4
11	-	+	-	+	+	0,8	67,50	5
12	+	+	-	+	-	1,0	84,37	5
13	-	-	+	+	+	1,04	87,75	3
14	+	-	+	+	-	1,13	95,34	4
15	-	+	+	+	-	0,86	72,56	1
16	+	+	+	+	+	0,68	57,37	1

ΔW : deposit pada katoda (gr)

η : efisiensi arus (%)

Kualitas: 1=terbakar/hitam, 2=buram, 3= agak cemerlang, 4=cemerlang, 5=sangat cemerlang

Tabel 2. Efek utama dan efek interaksi

Efek utama:

E1	$9,38 \cdot 10^{-2}$
E2	$-1,14 \cdot 10^{-1}$
E3	$7,38 \cdot 10^{-2}$
E4	$1,25 \cdot 10^{-2}$
E5	$-2,29 \cdot 10^{-1}$

Efek interaksi:

E12	$2,13 \cdot 10^{-2}$
E13	$1,25 \cdot 10^{-3}$
E14	$-1,49 \cdot 10^{-1}$
E15	$7,13 \cdot 10^{-2}$
E23	$-2,11 \cdot 10^{-1}$
E24	$-6,13 \cdot 10^{-2}$
E25	$8,75 \cdot 10^{-3}$
E34	$8,35 \cdot 10^{-3}$
E35	$-1,26 \cdot 10^{-1}$
E45	$1,88 \cdot 10^{-2}$

6. Efek utama

Efek utama dari berbagai variabel ditunjukkan pada Tabel 2 (lampiran). Pengaruh positif ditunjukkan oleh kenaikan perbandingan konsentrasi asam asetat terhadap tembaga sulfat, kerapatan arus katoda, dan kerapatan arus anoda. Pengaruh negatif variabel berturut-turut adalah suhu elektrolit dan jarak anoda-katoda. Dengan demikian maka kondisi operasi yang memungkinkan mendapatkan deposit besar atau efisiensi arus yang besar dapat diperoleh dengan peningkatan konsentrasi asam asetat pada kerapatan anoda maupun katoda besar, suhu rendah, dan jarak anoda-katoda pendek. Meskipun kerapatan arus anoda dan katoda dapat diperbesar untuk menghasilkan deposit yang banyak pada katoda namun ada suatu harga batas tertentu. Di atas harga batas, penambahan arus akan menyebabkan terjadinya polarisasi dan akan memperkecil deposit logam pada katoda.

7. Model hasil deposit dan efisiensi arus

Hasil elektroplating yang berupa deposit logam pada katoda dinyatakan dengan banyaknya endapan logam maupun dengan menyatakannya dalam besaran efisiensi arus. Efisiensi arus didefinisikan sebagai banyaknya deposit nyata pada katoda dibandingkan terhadap banyaknya endapan yang dapat terbentuk secara teoretis menurut Hukum Faraday. Secara praktis, efisiensi arus dipakai sebagai pedoman untuk mengukur unjuk kerja tanki elektroplating pada kondisi operasi tertentu. Tabel 1 (lampiran) menyajikan hasil percobaan elektroplating. Dua buah kondisi operasi menghasilkan efisiensi berkisar 95%. Dengan demikian maka optimasi dipandang tidak diperlukan karena efisiensi yang diperoleh telah mendekati 100%.

Efisiensi arus sebesar 96,2% dicapai pada tempuhan nomor 2 pada Tabel 1 (lampiran) pada kondisi konsentrasi asam asetat tinggi sedangkan suhu, kerapatan arus anoda, jarak, dan kerapatan arus katoda rendah. Efisiensi arus sebesar 95,3% dicapai pada kondisi konsentrasi dan kerapatan arus katoda dan anoda tinggi; sedangkan suhu dan jarak anoda-katoda rendah. Efisiensi arus ini juga dapat diperbesar dengan menurunkan kerapatan arus pada anoda.

Banyaknya deposit pada katoda maupun efisiensi arus dapat dinyatakan dengan persamaan matematis yang menggambarkan hubungan antara hasil dengan berbagai variabel percobaan. Hubungan antara banyaknya deposit maupun efisiensi arus dengan berbagai variabel percobaan dinyatakan dengan persamaan linier.

Hasil regresi linier adalah banyaknya deposit (Y_d) dalam gram dinyatakan oleh persamaan :

$$Y = 3,61 \cdot 10^{-1} X_1 - 4,0 \cdot 10^{-4} X_2 + 1,54 \cdot 10^{-4} X_3 + 2,202 \cdot 10^{-3} X_4 - 4,306 \cdot 10^{-2} X_5$$

Efisiensi arus (η) dinyatakan dalam persamaan :

$$\eta = 30,51 X_1 - 3,43 \cdot 10^{-2} X_2 + 1,3 \cdot 10^{-2} X_3 + 1,86 \cdot 10^{-1} X_4 - 3,63 X_5$$

KESIMPULAN

Larutan asam asetat dapat dipakai sebagai pengganti sistem elektroplating bersuasana basa menggunakan elektrolit beracun asam sianida. Efisiensi terbesar yang diperoleh untuk elektroplating tembaga pada besi baja berkisar 95%.

Variabel proses yang mempunyai pengaruh positif terhadap hasil adalah perbandingan konsentrasi asam asetat terhadap tembaga sulfat, kerapatan arus katoda, dan kerapatan arus anoda; sedangkan yang mempunyai efek negatif berturut-turut adalah suhu elektrolit dan jarak anoda-katoda.

Kodisi proses terbaik ditunjukkan oleh efisiensi arus sebesar 94,5% dengan kualitas hasil sangat cemerlang adalah sebagai berikut: perbandingan konsentrasi asam asetat / tembaga sulfat 50 (gr/l) / 100 (gr/l), suhu elektrolit 50°C, kerapatan arus anoda 200 A/m², kerapatan arus katoda 300 A/m², dan jarak anoda-katoda 3 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Baird, R.J., 1976, *Industrial Plastics, The Goodheart-Willcox Co., New York.*
- [2] Box, G.E.P., 1978, *Statistics for Experimenter, John Wiley and Sons, New York.*
- [3] Hamilton Jr, A.C., 1995, *Acid Sulfate and Pyrophosphate Copper Plating, Plating and Surface Finishing, Vol. 82, No.8.*
- [4] Lowenheim, F.A., 1983, *Elektroplating in Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed., John Wiley and Sons, New York.*
- [5] Odiotti Vito, M.E., Colaprico, J. and Gillet, E.K., 1991, *Gravure Process and Technology, 3rd ed., Gravure Education Foundation, New York.*
- [6] Parkinson, R., 1994, *Plating on Plastics : An Industry Review, Plating and Surface Finishing, Vol. 81, No.9.*
- [7] Parthasarady, N.V., 1989, *Practical Electroplating Handbook, Prentice Hall Inc., New Jersey.*