

**HEAVY METAL IONS EXPLOITING OF Cu(II), Cr(III), Pb(II),  
AND Zn(II) IN INDUSTRIAL LIQUID WASTE OF  
ELECTROPLATING FOR THE COATING OF IRON METAL**

**PEMANFAATAN ION LOGAM BERAT TEMBAGA(II),  
KROMIUM(III), TIMBAL(II), DAN SENGG(II) DALAM LIMBAH  
CAIR INDUSTRI *ELECTROPLATING* UNTUK PELAPISAN  
LOGAM BESI**

**Siti Marwati, Regina Tutik Padmaningrum dan Marfuatun**  
*Staf Pengajar Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UNY*

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: 1) beda potensial yang dapat menurunkan kadar ion logam berat Cu(II), Cr(III), Pb(II), dan Zn(II) dalam limbah cair *electroplating* secara maksimal, 2) efisiensi penurunan kadar ion logam berat Cu(II), Cr(III), Pb(II), dan Zn(II) dalam limbah cair *electroplating* pada beda potensial optimal dan 3) beda potensial yang menghasilkan kualitas lapisan yang paling bagus penampilan fisiknya.

Penelitian ini diawali dengan persiapan: 1) sampel limbah cair, 2) elektroda platina, dan 3) logam besi yang akan dilapisi. Alat *electroplating* yang dipakai berupa potensiometer Merk Shimadzu Tipe NES\_5F. Proses *electroplating* dilakukan pada variasi beda potensial yaitu 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; dan 5,0 volt. Analisis kadar ion logam dalam limbah cair *electroplating* sebelum dan sesudah proses *electroplating* secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Pengamatan hasil pelapisan dilakukan secara visual oleh peneliti.

Kesimpulan penelitian ini adalah 1) beda potensial yang dapat menurunkan kadar ion logam berat Cu(II), Cr(III), Pb(II), dan Zn(II) dalam limbah cair *electroplating* secara maksimal adalah 4 volt, 2) efisiensi penurunan kadar ion logam berat Cu(II), Cr(III), Pb(II), dan Zn(II) dalam limbah cair *electroplating* pada beda potensial optimal berturut-turut adalah 21,30; 72,37; 51,00; dan 58,60 %. Beda potensial yang menghasilkan kualitas lapisan yang paling bagus penampilan fisiknya adalah 4 volt.

Kata Kunci : *electroplating*, pelapisan, besi

**ABSTRACT**

This Research aim to know: 1) the potential difference which can degrade the heavy metal ion concentration of Cu(II), Cr(III), Pb(II), and Zn(II) in liquid waste of *electroplating* maximally, 2) the efficiency of degradation of heavy metal ions concentration of Cu(II), Cr(III), Pb(II), and Zn(II) in liquid waste of *electroplating* at optimal potential difference, and 3) the potential difference yielding the nicest coat quality pursuant to its physical appearance.

This research early with the preparation *electroplating*: 1) the preparation of sample liquid waste, 2) platinum electrode, and 3) iron metal to be arranged in layers. The instrument of this research is potentiometers Shimadzu NES\_5F. Process the *electroplating* has been done at variations of potential difference that are 2.0; 2.5; 3.0; 3.5; 4.; 4.5; and 5.0 V. Analysis of concentration of metal ions in liquid waste of *electroplating* before and hereafter process the *electroplating* have been done by atomic absorption spectrophotometric (AAS). Perception result of coating have been done visually by researcher.

The result of this research are 1) the potential differences which can degrade the heavy metal ions concentration of Cu(II), Cr(III), Pb(II), and Zn(II) in liquid waste of *electroplating* maximally is 4 V, 2) efficiency of degradation of heavy metal ions concentration of Cu(II), Cr(II), Pb(II), and Zn(II) in liquid waste of *electroplating* at optimal potential difference successively are 21.30; 72.37; 51.00; and 58.60 %, and 3) potential difference yielding the nicest coat quality pursuant to its physical appearance is 4 V.

Keyword : *electroplating*, coating, iron

## PENDAHULUAN

*Electroplating* atau penyepuhan merupakan salah satu proses pelapisan bahan padat dengan lapisan logam menggunakan arus listrik searah melalui suatu larutan elektrolit. *Electroplating* ditujukan untuk berbagai keperluan, baik untuk skala industri maupun rumah tangga. Proses *electroplating* menggunakan larutan elektrolit. Larutan yang digunakan untuk penyepuhan logam biasanya diganti setiap dua minggu untuk mempertahankan mutu dan kehalusan permukaan serta penampilannya. Penggantian larutan ini menyebabkan biaya produksi tinggi dan limbah *electroplating* yang dihasilkan semakin banyak. Larutan yang digunakan tersebut berupa bahan-bahan kimia yang merupakan bahan beracun dan berbahaya sehingga limbah yang dihasilkan berbahaya bagi kesehatan manusia baik yang terlibat langsung dengan kegiatan industri maupun lingkungan sekitarnya.

Kegiatan *electroplating*, selain menghasilkan produk yang berguna juga menghasilkan limbah padat, cair dan emisi gas. Limbah cair *electroplating* di sentra industri kerajinan perak Kotagede mengandung anion klorida, bromida, iodida, sianida, tiosianat, oksalat, karbonat, nitrit, nitrat, dan fosfat serta kation  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ , dan  $\text{Zn}^{2+}$  (Siti Marwati, dkk: 2007). Kadar anion dan kation dalam limbah cair *electroplating* masih relatif tinggi sehingga memerlukan pengolahan lebih lanjut. Hampir semua industri *electroplating* saat ini belum memiliki pengolahan limbah yang memadai.

Metode pengolahan limbah cair untuk mengeliminasi kandungan anion maupun kation logam berat yang terdapat di dalam limbah cair sangat beragam. Metode tersebut antara lain metode penukaran ion, pengendapan kimia, elektrokimia, penyaringan dengan membran, adsorpsi dan penggunaan bakteri. Metode tersebut memerlukan biaya relatif besar sehingga diperlukan pengembangan metode eliminasi logam berat yang memerlukan bahan dan biaya operasional yang relatif rendah (Kaneco et al, 2000). Berbagai metode telah dilakukan untuk mengurangi dampak pencemaran logam berat dalam lingkungan. Namun kebanyakan metode pengolahan limbah masih bersifat memindahkan logam berat tersebut dari media lingkungan yang satu ke media lingkungan yang lain, contohnya metode adsorpsi. Penggunaan metode tersebut masih memungkinkan adanya limbah untuk kembali ke lingkungan.

Metode pengolahan limbah cair *electroplating* yang relatif efektif adalah metode pengambilan (recovery) logam dalam limbah dengan cara *electroplating*. Hal ini dapat dilakukan karena di dalam limbah tersebut mengandung logam yang masih dapat dimanfaatkan sebagai bahan pelapis (Yacizigil, dkk, 2002). Sebagai contoh pemanfaatan tersebut adalah untuk pelapisan besi. Logam besi merupakan logam yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari akan tetapi besi merupakan logam yang mudah teroksidasi dalam udara bebas dan mudah berkarat sehingga diperlukan pelapisan untuk menghambat proses pengkaratan.

Jika dilihat dari kandungan logam dalam limbah cair, maka logam Cu, Cr, Pb dan Zn adalah logam-logam yang telah dimanfaatkan secara luas sebagai logam pelapis atau pelindung logam besi dari korosi. Pada metode *electroplating*, logam berat yang ada dalam limbah akan tereduksi melapisi logam besi sehingga pada beda potensial listrik tertentu semua logam berat dalam limbah akan berkurang karena tereduksi dan mengendap di katoda.

Dalam penelitian ini limbah *electroplating* yang akan diolah adalah limbah cair yang berasal dari air cucian untuk mencuci benda setelah proses *electroplating*. Limbah cair diperoleh dari sentra industri kerajinan perak Kotagede, Yogyakarta. Logam yang akan dilapisi dengan ion logam berat dalam limbah adalah logam besi. Ion logam dalam limbah cair *electroplating*

yang akan dipelajari untuk melapisi logam besi adalah Cu(II), Cr(III), Pb(II), dan Zn(II).

Berdasarkan uraian tersebut, telah dilakukan penelitian pemanfaatan ion logam yang terdapat dalam limbah cair industri electroplating untuk melapisi logam besi. Pemanfaatan ini diharapkan dapat menurunkan kadar ion logam dalam limbah sehingga tidak berbahaya bila dibuang ke lingkungan. Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah melakukan pelapisan logam besi dengan ion logam yang terdapat dalam limbah yaitu ion logam berat Cu(II), Cr(III), Pb(II), dan Zn(II). Secara khusus tujuan penelitian ini adalah (1) mengetahui beda potensial yang dapat menurunkan kadar ion logam berat Cu(II), Cr(III), Pb(II), dan Zn(II) dalam limbah cair electroplating secara maksimal, (2) mengetahui efisiensi penurunan kadar ion logam berat Cu(II), Cr(III), Pb(II), dan Zn(II) dalam limbah cair electroplating pada beda potensial optimal, dan (3) mengetahui beda potensial yang menghasilkan kualitas lapisan yang paling bagus penampilan fisiknya.

Untuk mengenal lebih jauh tentang proses pelapisan pada besi perlu dipahami terlebih dahulu tentang electroplating. Menurut Candra Purnawan, dkk, (2007), electroplating merupakan salah satu metode pelapisan logam yang didasarkan pada reaksi reduksi dan oksidasi. Pemberian arus searah ke dalam larutan menyebabkan terjadi proses reduksi pada katoda dan oksidasi pada anoda. Agar proses ini dapat berlangsung diperlukan pengaturan potensial yang diberikan. Agar terjadi pengendapan maka diperlukan data-data berupa harga potensial reduksi pada logam-logam yang terlibat dalam proses tersebut. Sebagai contoh potensial reduksi dari besi ( $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ ) adalah 0,771 Volt;  $Fe^{2+}/Fe$  adalah -440 Volt;  $Zn^{2+}/Zn$  adalah -0,763 Volt;  $Cr^{6+}/Cr^{3+}$  adalah 1,360 Volt;  $Cr^{3+}/Cr$  adalah -0,744 Volt;  $Pb^{2+}/Pb$  adalah -0,126 Volt; dan  $Cu^{2+}/Cu$  adalah 0,337 Volt. Logam dengan potensial reduksi besar akan terendapkan di katoda terlebih dahulu (Marjorie, 1965). Pada potensial tertentu (2,5 – 4 Volt) logam-logam berat dalam limbah dapat tereduksi pada logam besi yang digunakan sebagai katoda.

Sebelum dilakukan proses electroplating, permukaan logam yang akan dilapisi harus disiapkan untuk menerima adanya lapisan. Persiapan ini bertujuan untuk meningkatkan daya ikat antara logam yang akan dilapisi dengan bahan pelapis. Persiapan ini meliputi abrasi mekanik melalui penggosokan, penghilangan lemak, minyak dan debu. Pencucian dapat dilakukan dengan pelarut organik atau pelarut alkali untuk menghilangkan oksidanya. Secara umum electroplating mencakup empat hal, yaitu pembersihan, pencucian atau pembilasan, pelapisan dan proteksi setelah pelapisan (I Ketut Suarsana, 2008)

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses electroplating antara lain adalah: (1) potensial dan arus yang diberikan, (2) suhu, (3) kerapatan arus, (4) konsentrasi ion, (5) waktu. Harga potensial mempengaruhi jalannya proses electroplating. Setiap logam mempunyai harga potensial tertentu untuk terjadinya reduksi di katoda. Besarnya potensial yang diberikan berpengaruh pula pada arus yang mengalir ke dalam larutan. Suhu sangat penting untuk menyeleksi tepat tidaknya jalan reaksi dan melindungi pelapisan. Keseimbangan suhu ditentukan oleh beberapa faktor misalnya jarak antara anoda dan katoda serta arus yang digunakan. Kerapatan arus yang baik adalah arus yang tinggi pada saat arus yang diperlukan masuk. Berapapun nilai kerapatan arus akan mempengaruhi proses dan waktu untuk ketebalan lapisan tertentu. Konsentrasi merupakan faktor yang mempengaruhi struktur deposit. Naiknya konsentrasi logam akan meningkatkan aktivitas anion yang membantu mobilitas ion. Waktu merupakan faktor yang mempengaruhi banyaknya logam yang mengendap di katoda. Secara umum semakin banyak waktu yang digunakan untuk proses *electroplating* semakin tebal lapisan pada katoda.

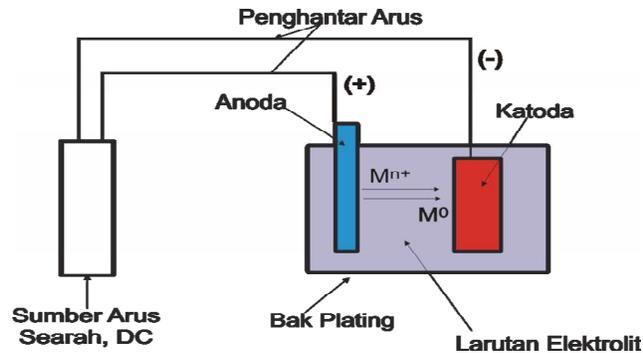
## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif eksploratif yang bertujuan untuk mengetahui beda potensial yang mampu menurunkan kadar ion logam dalam limbah cair secara maksimal. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Pendidikan Kimia UNY dan Laboratorium Kimia Analitik UGM.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair *electroplating*, larutan HCl 0,1 M, larutan standar Cu(II), larutan standar Cr(III), larutan standar Zn(II), larutan standar Pb(II), larutan buffer pH 4, larutan buffer pH 7, dan akuades.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas, kertas saring, pH meter, neraca analitik, Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS), rangkaian alat *electroplating* (potensiometer merk Shimadzu Tipe NES\_5F), elektroda platina, pelat besi dan ampelas.

Data penelitian meliputi beda potensial dan konsentrasi logam yang mengendap pada logam besi. Lempeng besi sebagai katoda dipotong dengan ukuran 2x2,5 cm dibersihkan dengan kertas ampelas. Anoda menggunakan lempeng platina (Pt). Elektroda dicuci dengan aseton dan dikeringkan dengan kertas tisu kemudian ditimbang. Alat *electroplating* dirangkai seperti Gambar 1, pada katoda (kutub negatif) dipasang lempeng besi dan pada anoda (kutub positif) dipasang elektroda platina. Dilakukan proses *electroplating* logam besi dengan larutan/cairan *electroplating* menggunakan limbah cair *electroplating* sebanyak 50 mL pada berbagai nilai potensial yaitu 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; dan 5,0 V pada suhu kamar tanpa pengadukan. Proses *electroplating* dilakukan selama 2 jam. Dilakukan pengukuran konsentrasi ion logam Cu(II), Pb(II), Zn(II) dan Cr(III) dalam limbah cair *electroplating* sebelum dan sesudah digunakan untuk *electroplating* secara spektrofotometri serapan atom (AAS). Dilakukan penimbangan dan pengamatan lempeng besi setelah proses *electroplating*.



Gambar 1. Skema Proses *Electroplating*

Perhitungan efisiensi pengurangan kadar ion logam menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi}(\%) = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\%$$

$C_1$  = konsentrasi ion logam awal (ppm)

$C_2$  = konsentrasi ion logam sesudah *electroplating* (ppm)

Pengamatan hasil lapisan pada besi dilakukan secara visual oleh peneliti.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini diawali dengan persiapan *electroplating*. Persiapan ini meliputi persiapan sampel limbah cair, persiapan elektroda platina, persiapan

logam besi yang akan dilapisi dan persiapan alat *electroplating*. Sebelum dilakukan proses pelapisan besi secara *electroplating* maka dilakukan analisis kadar ion logam berat Cu(II), Cr(III), Pb(II), dan Zn(II) dalam limbah cair *electroplating*. Selain itu dilakukan pula analisis kadar Fe(II) sebagai kontrol jika ada kemungkinan terjadinya pelarutan kembali dari logam besi yang berfungsi sebagai katoda. Data konsentrasi ion-ion logam sebelum proses *electroplating* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Konsentrasi Ion-ion Logam Sebelum Proses *Electroplating*

Ion Logam	Konsentrasi (ppm)
Cr(III)	0,142
Pb(II)	0,047
Cu(II)	487,645
Zn(II)	42,564
Fe(II)	2,186

Tabel 1 menunjukkan bahwa konsentrasi logam-logam dalam sampel limbah cair *electroplating* relatif dapat digunakan pada proses *electroplating* kembali untuk pelapisan besi. Seperti penelitian Candra Purnawan, dkk, (2007), konsentrasi ion-ion logam yang terkandung dalam sampelnya berkisar antara 0,1-0,5 ppm. Oleh karena itu tidak dilakukan pemekatan terlebih dahulu. Selain konsentrasi logam-logam dalam sampel juga diketahui harga pH. Harga pH sampel limbah *electroplating* yang digunakan dalam penelitian ini adalah 9,6 (Siti Marwati, dkk, 2007). Dalam penelitian ini memang tidak dilakukan pengaturan pH. Hal ini dilakukan karena pengendapan logam-logam tersebut dapat dilakukan pada pH 9-11 (Syamsul Huda dan Purwanto, 2005)

Setelah persiapan sampel limbah cair *electroplating* dilakukan persiapan elektroda platina. Dalam proses ini platina berfungsi sebagai elektroda, yaitu anoda. Pada anoda ini akan terjadi reaksi oksidasi. Platina yang digunakan adalah platina berbentuk lembaran. Platina yang digunakan berukuran 1,5 x 2 cm<sup>2</sup>. Sebelum digunakan, platina dibersihkan, yaitu dicuci dengan larutan HCl 0,1 M untuk menghilangkan kotoran. Setelah itu platina dibilas dengan akuades dan dikeringkan.

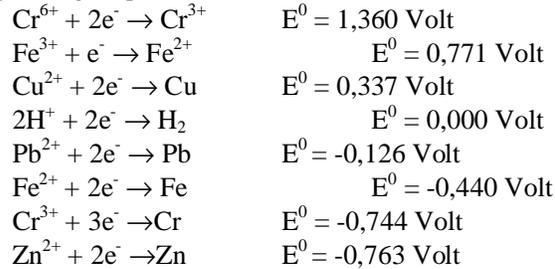
Selain persiapan platina dilakukan pula persiapan besi yang akan dilapisi. Besi berfungsi sebagai bahan yang akan dilapisi dan berperan sebagai katoda. Pada katoda ini akan terjadi reaksi reduksi yaitu berupa pengendapan logam-logam yang ada dalam limbah cair *electroplating* yang digunakan sebagai larutan elektrolitnya. Besi yang digunakan berbentuk pelat dengan ukuran 2 x 2,5 x 0,2 cm<sup>3</sup>. Sebelum digunakan, besi dibersihkan dengan menggunakan ampelas. Setelah itu dicuci dengan aseton untuk menghilangkan kerak, lemak dan minyak. Pelat besi dibilas dengan akuades, dikeringkan dan ditimbang.

Persiapan alat dilakukan dengan merangkai alat seperti pada Gambar 1. Pada anoda dipasang platina dan pada katoda dipasang pelat besi. Kedua elektroda dihubungkan dengan potensiometer. Dalam penelitian ini digunakan Potensiometer merk Shimadzu Tipe NES\_5F. Sebagai larutan elektrolitnya digunakan limbah cair *electroplating*. Limbah *electroplating* ditempatkan di dalam gelas beker sebagai bak *electroplating*. Proses *electroplating* dilakukan pada berbagai variasi beda potensial selama 2 jam.

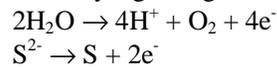
Proses pelapisan besi secara *electroplating* didasarkan pada reaksi reduksi dan oksidasi. Metode ini diharapkan dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair *electroplating* dan memanfaatkan limbah tersebut sebagai bahan pelapis. Salah satu tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai beda potensial yang mampu menurunkan kadar ion logam dalam limbah cair secara maksimal. Oleh karena itu dilakukan proses *electroplating* pada berbagai variasi beda potensial. Hal ini dilakukan karena masing-masing logam

mempunyai harga potensial reduksi tertentu untuk terjadinya pengendapan di katoda yaitu mengendap dengan melapisi logam besi yang berfungsi sebagai katoda.

Proses pelapisan besi secara electroplating pada berbagai variasi beda potensial selama 2 jam. Pada proses ini dapat diketahui terjadinya proses pelapisan pada besi secara perlahan-lahan dan menghasilkan warna serta tekstur yang bervariasi, terbentuknya gelembung gas di sekitar besi, dan terbentuknya endapan berwarna hijau kebiruan pada anoda. Reaksi yang mungkin terjadi pada katoda adalah:



Reaksi yang mungkin terjadi pada anoda platina adalah:

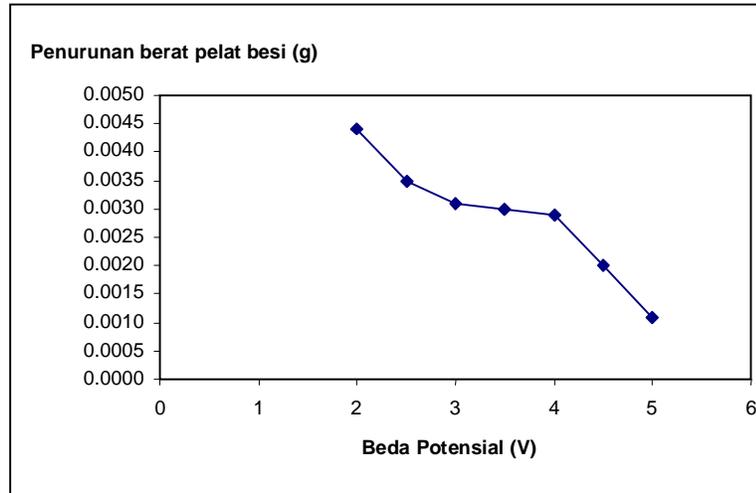


Meskipun hanya tertulis dua reaksi yang mungkin terjadi pada anoda platina bukan berarti hanya kedua reaksi tersebut yang mungkin terjadi tetapi masih ada beberapa reaksi yang mungkin terjadi jika ditinjau dari beragamnya kandungan anion dalam limbah. Dalam penelitian ini hanya dibatasi pembahasan tentang hasil pelapisannya dan pengurangan kadar ion logam limbah pada berbagai variasi beda potensial.

Dalam proses pelapisan ini dilakukan penimbangan pelat besi sebelum dan sesudah proses pelapisan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui perubahan berat pelat besi sebelum dan sesudah proses pelapisan. Hasil penelitian I Ketut Suarsana, (2008) menunjukkan bahwa semakin lama waktu *electroplating* maka semakin tebal lapisan yang terbentuk. Akan tetapi dalam penelitian ini terjadi penurunan berat pelat besi pada masing-masing variasi beda potensial yang digunakan. Grafik penurunan berat pelat besi vs beda potensial dapat dilihat pada Gambar 2.

Penurunan berat pelat besi ini terjadi karena adanya pelepasan ion-ion logam pada lempeng besi. Hal ini kemungkinan disebabkan karena konsentrasi logam berat dalam limbah cair relatif kecil untuk melakukan proses pelapisan besi. Larutnya kembali logam-logam dalam pelat besi juga disebabkan karena besi yang dilapisi merupakan logam besi paduan dan larutan elektrolitnya berupa larutan limbah yang berisi ion-ion logam berat yang memiliki potensial reduksi standar yang berbeda-beda. Adanya perbedaan tersebut menyebabkan terjadinya reaksi redoks spontan yang mengakibatkan lepasnya sebagian ion-ion logam yang memiliki potensial reduksi standar lebih rendah.

Gambar 2 menyatakan bahwa semakin besar beda potensial yang digunakan, semakin kecil penurunan berat pelat besi. Hal ini disebabkan karena semakin besar beda potensial yang digunakan maka proses reduksi dan deposisi ion-ion logam ke katoda semakin besar sehingga semakin dapat mengimbangi peristiwa lepasnya ion-ion logam dari katoda karena proses redoks spontan dan pelarutan kembali. Dengan demikian perubahan berat pelat besi pada katoda yang paling kecil menunjukkan bahwa terjadi pelepasan ion-ion logam berat dari katoda paling kecil.



Gambar 2. Grafik Perubahan Berat Pelat Besi vs Beda Potensial

Adanya penurunan berat pelat besi juga dapat dilihat dari hasil analisis konsentrasi ion-ion logam dalam limbah cair *electroplating* sesudah proses pelapisan pada berbagai variasi beda potensial. Konsentrasi ion-ion logam dalam limbah ini dianalisis menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*). Data konsentrasi ion-ion logam dalam limbah ini dapat digunakan untuk mengetahui perubahan konsentrasi ion-ion logam sebelum dan sesudah proses pelapisan. Data perubahan konsentrasi ion logam total pada berbagai variasi beda potensial dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Perubahan Konsentrasi Ion Logam Total dan Efisiensi Setelah Proses Pelapisan

Beda Potensial (V)	Jenis Logam					Perubahan Konsentrasi Total (ppm)	Efisiensi (%)
	Cr	Pb	Cu	Zn	Fe		
2,0	0,057	0,048	-24,982	-23,000	13,461	-34,416	6,46
2,5	0,080	0,121	-24,325	-11,878	17,170	-18,832	3,54
3,0	-0,023	<b>-0,036</b>	-69,686	-15,334	10,519	-74,560	14,00
3,5	0,287	-0,024	-53,251	-19,005	16,553	-55,440	10,41
4,0	<b>-0,103</b>	-0,024	<b>-103,867</b>	-24,944	11,862	<b>-117,076</b>	<b>21,98</b>
4,5	0,011	0,048	-61,140	-23,216	12,012	-72,285	13,59
5,0	0,225	-0,024	-67,714	<b>-25,592</b>	0,009	-93,096	17,48

Keterangan: Tanda + = mengalami penambahan konsentrasi

Tanda - = mengalami penurunan konsentrasi

Secara umum proses *electroplating* dapat mengurangi konsentrasi ion-ion logam dalam limbah pada beda potensial antara 2 – 5 Volt. Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat adanya penurunan maupun penambahan konsentrasi ion-ion logam pada limbah cair setelah proses pelapisan. Penurunan paling besar terjadi pada ion logam Cu(II). Hal ini terjadi karena kadar awal ion logam Cu(II) dalam limbah paling besar diantara yang lain dan kondisi pH yang memungkinkan untuk terjadinya pengendapan di katoda. Penurunan Cu(II) paling besar terjadi pada beda potensial 4 Volt. Hal ini ditunjukkan pula oleh hasil lapisannya yang terlihat mempunyai tekstur relatif bagus dan terlihat nyata terjadinya pelapisan.

Pada ion logam Cr(III) cenderung terjadi penambahan konsentrasi ion logam Cr(III). Hal ini terjadi karena adanya pelarutan ion logam Cr(III) pada logam besi paduan yang digunakan pada katoda. Begitu pula pada logam Pb(II) juga terjadi penurunan konsentrasi relatif kecil karena konsentrasi Pb(II) awal juga relatif kecil. Pada logam Zn(II) terjadi penurunan konsentrasi pada masing-masing variasi beda potensial. Penambahan konsentrasi paling besar terjadi pada ion logam besi. Hal ini terjadi karena adanya pelarutan kembali logam besi pada katoda seperti yang telah diterangkan sebelumnya.

Secara umum tidak ada kecenderungan yang beraturan antara jumlah penurunan konsentrasi ion-ion logam dengan beda potensial yang digunakan. Hal ini terjadi karena operasional proses electroplating biasanya spesifik untuk bahan pelapis tertentu dan memerlukan komposisi yang tepat untuk pengendapan logam tertentu. Jika ditinjau dari masing-masing ion logam maka dapat dikatakan bahwa penurunan paling besar untuk ion logam Cr(III) dan Cu(II) terjadi pada beda potensial 4 Volt, untuk ion logam Pb(II) terjadi pada beda potensial 3 Volt dan untuk ion logam Zn(II) terjadi pada beda potensial 5 Volt. Setiap ion logam juga tidak mempunyai kecenderungan yang pasti pada kenaikan beda potensial.

Ditinjau dari total penurunan konsentrasi ion-ion logam berat dalam limbah cair electroplating diperoleh bahwa penurunan paling besar terjadi pada beda potensial 4 Volt. Hal ini didukung pula dari tekstur hasil lapisan pada beda potensial 4 Volt mempunyai tekstur yang paling bagus dibandingkan tekstur yang lain. Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui efisiensi penurunan total konsentrasi ion-ion logam dalam limbah tertinggi juga terjadi pada beda potensial 4 Volt. Meskipun demikian pada beda potensial tersebut bukan berarti efisiensi penurunan konsentrasi masing-masing ion logam tertinggi dicapai pada beda potensial 4 Volt. Masing-masing ion logam mempunyai efisiensi penurunan konsentrasi ion logam tertinggi terjadi pada beda potensial berbeda-beda. Hal ini terjadi karena untuk pengendapan ion logam tertentu akan maksimal pada beda potensial tertentu.

Berdasarkan nilai efisiensi penurunan konsentrasi ion-ion logam dalam limbah yang paling besar maka nilai beda potensial yang mampu menurunkan konsentrasi ion-ion logam dalam limbah cair secara maksimal terjadi pada beda potensial 4 Volt. Pada beda potensial ini dapat diketahui bahwa kondisi ini mampu menurunkan Cr(III) 72,37 %, Cu(II) 21,30 %, Pb(II) 51,06 % dan Zn(II) 58,60 %.

Menurut Yang, dkk, (2002), hasil pelapisan dapat diamati dengan Scanning Electron Microscopy (SEM) yang dapat menunjukkan kehalusan, kekompakan, kecerahan dan adanya pori. Namun demikian dalam penelitian ini hanya dilakukan pengamatan secara visual berdasarkan warna, tekstur kehalusan dan kecerahan. Sebenarnya tekstur tidak jauh berbeda apabila dilihat dengan mata, hanya beberapa parameter yang dapat terlihat perbedaannya. Hasil pengamatan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Warna, Tekstur Kehalusan, dan Kecerahan Hasil Pelapisan pada Besi

Beda Potensial (V)	Parameter yang Diamati		
	Warna	Tektur kehalusan	Kecerahan
2,0	Cokelat pudar	kasar dan sangat tipis	Tidak cerah
2,5	Abu-abu kecokelatan	Kasar dan tipis	Tidak cerah
3,0	Cokelat kekuningan	Kasar dan agak tebal	Cukup cerah
3,5	Coklat kemerahan	Kasar dan tipis	Cukup cerah
4,0	Abu-abu	Agak kasar dan agak tebal	Cerah
4,5	Abu-abu pudar	Agak kasar dan tipis	Tidak cerah
5,0	Abu-abu pudar	Agak kasar dan sangat tipis	Tidak cerah

Tabel 3 menunjukkan bahwa pada beda potensial 2-3,5 V menghasilkan lapisan berwarna kecokelatan. Pada beda potensial rendah terjadi pelarutan besi lebih besar dibandingkan pada beda potensial lebih tinggi. Warna kecokelatan kemungkinan berasal dari dominan warna besi yang timbul akibat adanya pelarutan kembali. Warna kemerahan disebabkan karena kadar sianida yang relatif tinggi pada larutan limbah cair *electroplating* yang berfungsi sebagai larutan elektrolitnya. Pada beda potensial 4 – 5 V menghasilkan lapisan berwarna abu-abu. Warna abu-abu kemungkinan berasal dari warna Cu dan Zn, yaitu logam yang mengalami penurunan konsentrasinya paling besar. Oleh karena itu diasumsikan bahwa ion logam yang paling banyak terendapkan di katoda adalah Cu dan Zn.

Ditinjau dari tekstur kehalusan menunjukkan bahwa lapisan relatif tipis dan ada beberapa yang tidak rata. Tekstur yang tidak rata dalam hal ini disebabkan karena tidak semua besi dapat terlapisi. Hal ini disebabkan karena konsentrasi sulfat yang tinggi dalam limbah *electroplating* yang berfungsi sebagai larutan elektrolit. Konsentrasi sulfat yang tinggi menyebabkan terjadinya pasivasi anoda. Selain itu tekstur yang tidak rata juga dapat disebabkan oleh adanya kontaminasi besi yang terdapat pada larutan elektrolit sehingga dapat mengakibatkan pengendapan di katoda dan menimbulkan nodanoda pada benda kerja. Tekstur yang tidak rata terjadi pada beda potensial yang rendah karena pelarutan kembali besi lebih banyak terjadi pada beda potensial rendah. Lapisan tipis disebabkan karena konsentrasi ion logam dalam limbah cair *electroplating* relatif kecil untuk suatu proses pelapisan besi. Selain itu dimungkinkan karena pencucian plat besi kurang sempurna sehingga masih adanya kontaminan yang mengganggu proses pelapisan.

Kecerahan hasil pelapisan pada besi dipengaruhi oleh faktor adanya kontaminasi pada besi dan adanya zat aditif untuk memaksimalkan proses pelapisan. Jika pada besi terdapat kontaminan maka dapat menimbulkan bercak sehingga menghasilkan tekstur yang tidak cerah. Selain itu zat aditif seperti glukosa juga berpengaruh pada tingkat kecerahan hasil pelapisan (Muhammad Afandi, 2005). Dalam penelitian ini tidak dilakukan penambahan zat aditif sehingga mempengaruhi hasil pelapisan pada besi.

Dilihat dari hasil pelapisan terhadap besi pada keseluruhan variasi beda potensial menunjukkan bahwa pada beda potensial 4 Volt, hasil pelapisan pada besi relatif lebih bagus dan terlihat jelas adanya pelapisan dibanding pada beda potensial lain. Meskipun demikian hasil pelapisan pada besi menggunakan ion-ion logam yang ada dalam limbah cair *electroplating* belum dapat terlihat bagus, tetapi metode ini dapat diterapkan dan perlu pengembangan lebih jauh.

Hal ini ditunjukkan bahwa metode ini dapat mengurangi konsentrasi ion-ion logam dalam limbah cair electroplating dan dapat digunakan untuk pelapisan besi.

#### KESIMPULAN

1. Beda potensial yang dapat menurunkan kadar ion logam berat Cu(II), Cr(III), Pb(II), dan Zn(II) dalam limbah cair *electroplating* secara maksimal adalah 4 Volt.
2. Efisiensi penurunan kadar ion logam berat Cu(II), Cr(III), Pb(II), dan Zn(II) dalam limbah cair *electroplating* pada beda potensial optimal berturut-turut adalah 21,30; 72,37; 51,06; dan 58,60 %.
3. Beda potensial yang menghasilkan kualitas lapisan paling bagus penampilan fisiknya adalah 4 Volt

#### DAFTAR PUSTAKA

- Candra Purnawan, dkk, 2007, *Pemanfaatan Logam Berat Limbah Cair Industri Tekstil Untuk Pelapisan Logam Besi Dengan Metode Elektroplating*, Prosiding Semnas Kimia 2007, FMIPA UNY, Yogyakarta
- I Ketut Suarsana, 2008, Pengaruh Waktu Pelapisan Nikel pada Tembaga dalam Pelapisan Krom Dekoratif terhadap Kecerahan dan Ketebalan Lapisan, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM*, Vol 2, No. 1, Juni 2008, 48-60
- Kaneco, S., Inomatta, K., Itoh, K., Funasaka, K., Musuyama, K., Itoh, S., Suzuki, T., Ohta, K., 2000, Development of Economical Treatment System for Plating Factory Wastewater. *Seikatsu Eisei*, 44:211-215.
- Marjorie, A. B. & James, RL., 1965, *Electrofinishing*, American Elsevier Publishing Company, Inc., New York
- Muhammad Afandi, 2005, Pelapisan seng (*Zinc Plating*) pada Besi (Fe) dengan Cara Elektroplating Sistem Bak Sianida, Skripsi, FMIPA UNES, Semarang.
- Siti Marwati, dkk, 2007. Karakterisasi Sifat Fisika-Kimia Limbah Cair *Electroplating*. *Laporan Penelitian*, Yogyakarta: FMIPA UNY
- Syamsul Huda & Purwanto, 2005. *Teknologi Industri Electroplating*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.
- Yang, C. Q, et al, 2002, Electrodeposition and Physico-chemical Properties of Zn-Fe Alloy Coating from Sulfat Solution, *Journal of Material Science Letter*, Vol 21, 1677-1680.
- Yazicigil, Z, et al, 2002, Recovery of Metals Complexes Solution by Electrodeposition, Chemistry Departmen, Selcuk University, Turkey.