

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Elektroplating didefinisikan sebagai perpindahan ion logam dengan bantuan arus listrik melalui elektrolit sehingga ion logam mengendap pada benda padat konduktif membentuk lapisan logam. Proses pelapisan logam dilakukan dengan sistem elektroplating dimana logam pelapis yaitu nikel bertindak sebagai anoda, sedangkan benda kerja yang dilapisi sebagai katoda, kedua elektroda tersebut dicelupkan dalam suatu elektrolit yang mengandung nikel sulfat pada saat pelapisan nikel. Salah satu contoh perubahan fisik ketika material dilapisi dengan nikel adalah bertambahnya daya tahan material tersebut terhadap korosi (Rozak 2017).

Anton dan Kaneko (1995) Dalam teorinya mengatakan bahwa dalam melakukan elektroplating, barang yang dilapisi tidak boleh begitu saja dicelupkan ke penampungan bak tanpa perlakuan terlebih dahulu. Permukaan harus bersih idealnya berupa atom – atom logam tanpa terkena kotoran apapun. Pada pengaruh variasi jarak anoda katoda terhadap ketebalan lapisan permukaan. Semakin dekat jarak anoda katoda maka semakin cepat proses oksidasi reduksinya. Waktu pencelupan juga mempengaruhi ketebalan lapisan, semakin lama waktu yang dipakai maka deposit logam yang menempel pada benda semakin banyak, waktu pencelupan juga berpengaruh terhadap kekasaran permukaan dimana semakin lama waktu pencelupan maka semakin kecil tingkat kekasarannya hal ini disebabkan tembaga yang menempel lebih merata.

Deviana (2014) yang meneliti pengaruh waktu pencelupan dan temperatur proses elektroplating terhadap ketebalan dan permukaan Baja ST 42 dengan waktu pencelupan 15 menit, 30 menit, dan 45 menit, dengan temperatur 30°C, 40°C, dan 50°C . Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai ketebalan lapisan tertinggi terjadi pada temperatur 50°C dan dalam waktu pencelupan 45 menit dengan penambahan

nilai ketebalan 30,6  $\mu\text{m}$ , dan nilai ketebalan lapisan terendah terjadi pada temperatur 30°C dengan waktu pencelupan 15 menit dan penambahan nilai ketebalan 20,8  $\mu\text{m}$ .

Penelitian yang dilakukan oleh Nasution dan Sakti (2018), tentang pengaruh jarak anoda katoda dan waktu pencelupan pada proses pelapisan nickel – chrome terhadap ketebalan lapisan permukaan dengan variasi jarak anoda katoda 20 cm, 25 cm, 30 cm dan waktu pencelupan 20 menit, 30 menit, 40 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai ketebalan lapisan tertinggi sebesar 20,5  $\mu\text{m}$  pada jarak anoda katoda 20 cm dengan waktu pencelupan 40 menit dan nilai ketebalan lapisan terendah 16,2  $\mu\text{m}$  pada jarak anoda katoda 30 cm dengan waktu pencelupan 20 menit.

Febrian dan Aisyah (2014) yang meneliti tentang pengaruh tegangan listrik dan jarak elektroda proses pelapisan nikel krom terhadap karakteristik baja ST 42 dengan menggunakan variasi tegangan listrik sebesar 6 volt, 9 volt, 12 volt dan jarak elektroda 4 cm, 6 cm, 8 cm. hasil pelapisan yang optimal terdapat pada tegangan 6 volt dan jarak 6 cm dengan nilai rata – rata kekasaran sebesar 0,28  $\mu\text{m}$ , 0,75  $\mu\text{m}$  dan 0,67  $\mu\text{m}$ .

Penelitian tentang pengujian *Salt Spray Test* (SST) dengan pengaruh Heat Treatment terhadap ketahanan korosi pada permukaan *Link Engine Hanger* sebelum proses pelapisannya dilakukan oleh (Kharakan 2011) pada 3 variasi yang berbeda dapat dilihat secara fisik menunjukkan bahwa kondisi pada tiap – tiap benda tidak menunjukkan adanya korosi yang terjadi.

Mustopo, (2011) yang meneliti tentang pengaruh waktu terhadap ketebalan dan Adhesivitas lapisan pada proses elektroplating krom dekoratif tanpa lapisan dasar, dengan lapisan dasar tembaga dan tembaga nikel dengan menggunakan variasi waktu pencelupan krom yaitu 5 menit, 10 menit, dan 15 menit. Dari hasil

yang didapatkan rata-rata ketebalan paling besar untuk waktu 15 menit yaitu 9,40  $\mu\text{m}$ .

Sukrawan (2016) yang meneliti analisis variasi waktu proses *Hard Chrome* terhadap ketebalan lapisan pada besi cor kelabu dengan menggunakan parameter variasi waktu 40-80 menit dengan kenaikan interval 10 menit. Hasil ketebalan lapisan 288  $\mu\text{m}$  dicapai pada variasi waktu 60 menit.

Triyono dkk, (2013) yang meneliti pengaruh waktu tahan celup proses elektroplating tembaga terhadap kekasaran pelapisan pada plat baja karbon tinggi dengan variasi tahan 10, 12, dan 14 detik. Hasil uji kekasaran diperoleh nilai rata – rata yaitu pencelupan dengan waktu 10 detik tingkat kekasaran 0,21908  $\mu\text{m}$ , pencelupan 12 detik tingkat kekasaran 0,20564  $\mu\text{m}$ , dan pencelupan 14 detik diperoleh tingkat kekasaran 0,17853  $\mu\text{m}$ .

Santosa dan Syamsa, (2007) yang meneliti tentang pengaruh parameter proses pelapisan nikel terhadap ketebalan lapisan dengan variasi parameter waktu pelapisan 5 menit, 10 menit, 15 menit dan rapat arus 0,28 ampere, 0,35 ampere, 0,42 ampere dengan temperatur 40°C, 50°C, 60°C. Hasil pengujian diperoleh nilai tertinggi untuk tebal lapisan adalah 82  $\mu\text{m}$  pada 0,42 ampere dengan waktu pelapisan 15 menit dan temperatur pelapisan 60°C.

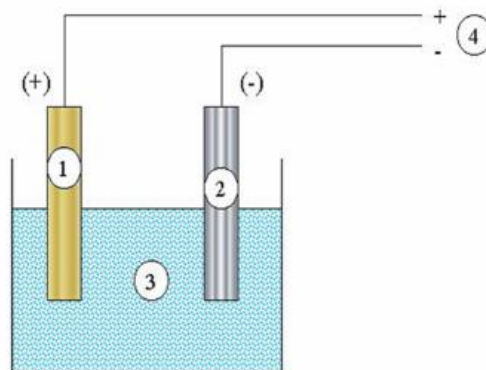
## **2.2 Deskripsi Teori**

### **2.2.1. Dasar – dasar Elektroplating**

Elektroplating didefinisikan sebagai sebagai perpindahan ion logam dengan bantuan arus listrik melalui elektrolit sehingga ion logam mengendap pada benda padat konduktif membentuk lapisan logam. Ion logam diperoleh dari elektrolit yang berasal dari pelarutan anoda logam ke dalam elektrolit, pengendapan terjadi pada benda kerja yang berlaku sebagai katoda. Lapisan logam yang mengendap disebut juga sebagai deposit. Dalam pembahasan selanjutnya digunakan istilah plating atau lapis listrik atau pelapisan logam. Plating termasuk salah satu cara menanggulangi korosi pada logam dan juga berfungsi sebagai ketahanan bahan. Di samping itu

plating juga memberikan nilai estetika pada logam yang dilapisi, yaitu warna dan tekstur tertentu, serta untuk mengurangi tahanan kontak serta meningkatkan konduktivitas permukaan atau daya pantul (Suarsana 2008).

Elektroplating termasuk proses pelapisan logam dengan logam lain didalam suatu larutan elektrolit dengan pemberian arus listrik. Konsep yang digunakan dalam proses elektroplating adalah konsep reaksi reduksi dan oksidasi dengan menggunakan sel elektrolisa. Prinsip dasar dari pelapisan logam secara listrik ini adalah penempatan ion-ion logam yang ditambah elektron pada logam yang dilapisi, yang mana ion-ion logam tersebut didapat dari anoda dan elektrolit yang digunakan. Dengan adanya arus listrik yang mengalir dari sumber maka electron dialirkan melalui elektroda positif (anoda) menuju elektroda negatif (katoda) dan dengan adanya ion-ion logam yang didapat dari elektolit maka menghasilkan logam yang melapisi permukaan logam yang dilapisi. (Widodo dkk, 2014)



**Gambar 2.1** Skema proses pelapisan elektroplating

(Suarsana, 2008)

Dengan:

1. Anoda (bahan pelapis)
2. Katoda (benda yang dilapisi)
3. Elektrolit
4. Sumber arus searah

### **2.2.2. Bahan Pelapis**

Nikel merupakan logam keras yang merupakan konduktor panas dan listrik yang cukup baik. Nikel digunakan sebagai bahan pembuatan logam paduan karena logam paduan nikel memiliki karakteristik kuat, tahan panas, serta tahan korosi. Senyawa nikel digunakan sebagai katalis dalam elektroplating.

Krom adalah logam non ferro yang merupakan lapisan yang mempunyai sifat yang keras, warna putih kebiru-biruan dan tahan terhadap efek kekusamaan yang tinggi. Sifat khas krom yang sangat tahan karat mempunyai kelebihan tersendiri bila dibandingkan dengan pelapisan lainnya

### **2.2.3 Pelapisan**

#### a) Pelapisan logam

Pelapisan logam adalah suatu cara yang dilakukan untuk memberikan sifat tertentu pada suatu permukaan benda kerja, dimana benda tersebut akan mengalami perbaikan baik dalam hal struktur mikro maupun ketahanannya, dan tidak menutup kemungkinan terjadi perbaikan terhadap sifat fisiknya. Proses pelapisan logam ini dilakukan dengan sistem elektroplating dimana logam pelapis, yaitu nikel bertindak sebagai anoda dan benda kerja yang dilapisi sebagai katoda, kedua elektroda tersebut dicelupkan dalam suatu elektrolit yang mengandung nikel sulfat pada saat pelapisan nikel. Pelapisan bertujuan membentuk permukaan dengan sifat atau dimensi yang berbeda dengan logam dasarnya.

#### b) Pelapisan krom

Pelapisan krom adalah salah satu jenis proses elektroplating dengan menggunakan bahan kromium. Pelapisan dengan menggunakan bahan krom dapat dilakukan dengan berbagai jenis logam seperti besi, baja, atau tembaga. Pelapisan krom juga dapat dilakukan pada plastik atau jenis benda lain yang bukan logam, dengan persyaratan bahwa benda tersebut harus dicat dengan cat yang mengandung logam sehingga dapat mengalirkan arus listrik. Pelapisan krom menggunakan bahan dasar asam kroma ( $H_2CrO_4$ ) dan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) sebagai bahan pemicu arus dengan perbandingan campuran yang tertentu. Perbandingan yang umum bisa 100:1 sampai 400:1. Jika perbandingannya menyimpang dari ketentuan biasanya akan menghasilkan lapisan yang tidak sesuai dengan yang diharapkan. Faktor lain yang dapat berpengaruh pada proses pelapisan krom ini adalah temperatur larutan dan besar arus listrik yang mengalir sewaktu melakukan pelapisan. Temperatur larutan bervariasi antara (35 s/d 60) $^{\circ}C$  dengan besar perbandingan besar arus (0,14 s/d 0,43) A/cm<sup>2</sup>. Bahan elektroda yang digunakan pada jenis pelapisan ini adalah krom (Cr) sebagai anoda (kutub positif) dan benda yang dilapis sebagai katoda (kutub negatif). Jarak antara elektroda tersebut antara (9 s/d 29) cm. Sumber listrik yang digunakan adalah arus searah dengan beda potensial berkisar antara 4 s/d 25 Volt.

#### **2.2.4 Faktor – faktor yang mempengaruhi proses elektroplating**

##### a) Suhu

Suhu sangat penting untuk menyeleksi cocoknya jalannya reaksi dan melindungi pelapisan. Keseimbangan suhu ditentukan oleh beberapa faktor seperti ketahanan, jarak anoda dan katoda, serta ampere yang digunakan.

##### b) Kerapatan arus

Kerapatan arus yang baik adalah arus yang tinggi pada saat arus diperkirakan masuk, bagaimanapun nilai kerapatan arus mempengaruhi waktu plating untuk mencapai ketebalan yang diperlukan.

c) Konsentrasi ion

Merupakan faktor yang berpengaruh pada struktur deposit, dengan naiknya konsentrasi logam dapat menaikkan seluruh kegiatan anion yang membantu mobilitas ion.

d) Agitasi

Yaitu terdiri dari dua macam, yaitu jalannya katoda dan jalannya larutan. Agitasi yang besar mungkin akan merusak, dan agitasi seharusnya disalurkan dengan tujuan untuk menghindari bentuk/struktur, penampilan dan ketebalan pelapisan yang tidak seragam.

e) *Throwing Power*

Yaitu kemampuan larutan penyalur menghasilkan lapisan dengan ketebalan merata dan sejalan dengan terus berubahnya jarak antara anoda dan permukaan komponen selama proses pelapisan.

f) Konduktivitas

Konduktivitas larutan tergantung pada konsentrasi ion yang besar atau jumlah konsentrasi molekul.

g) Nilai pH

Derajat keasaman (pH) merupakan faktor penting dalam mengontrol larutan elektroplating.

h) Pasivitas

Gejala ini sering ditemui pada logam yang mengalami korosi, dimana hasil korosi menjadi lapisan pasif. Bila hal ini terjadi pada anoda, maka ion-ion logam pelapis terus menurun, sehingga akan mengganggu proses.

i) Waktu pelapisan

Waktu pelapisan sangat berpengaruh pada ketebalan lapisan, semakin lama pencelupan maka ketebalan lapisan semakin bertambah.

### 2.3 Elektrolisis

Elektrolisis adalah penguraian suatu elektrolit oleh arus listrik. Pada elektrolisis reaksi kimia akan terjadi jika arus listrik dialirkan melalui larutan elektrolit, yaitu energi listrik diubah menjadi energi kimia, ciri utama dari elektrolisis yaitu:

1. Ada larutan elektrolit yang mengandung ion bebas. Ion-ion ini dapat memberikan atau menerima elektron sehingga elektron dapat mengalir melalui larutan.
2. Ada sumber arus listrik dari luar, seperti baterai yang mengalirkan arus listrik searah (DC).
3. Ada 2 larutan elektroda dalam elektrolisis. Elektroda yang menerima elektron dari sumber arus listrik luar disebut katoda, sedangkan elektroda yang mengalirkan elektron kembali ke sumber arus listrik disebut anoda. Katoda adalah tempat terjadinya reaksi reduksi yang elektrodanya negatif (-) dan Anoda adalah tempat terjadinya reaksi oksidasi yang elektrodanya positif (+).

Elektroda yang digunakan untuk elektrolisis merupakan elektroda inert, seperti Grafit (C), Platina (Pt) dan Emas (Au). Elektroda berperan sebagai tempat berlangsungnya reaksi. Reaksi reduksi berlangsung di katoda, sedangkan reaksi oksidasi berlangsung di anoda. Kutub negatif sumber arus mengarah pada katoda sebab memerlukan elektron dan kutub positif sumber arus mengarah pada anoda. Akibatnya katoda bermuatan negatif dan menarik kation-kation yang akan tereduksi menjadi endapan logam. Sebaliknya anoda bermuatan positif dan menarik anion-anion yang akan teroksidasi menjadi gas. Terlihat jelas tujuan elektrolisis adalah untuk mendapatkan endapan logam di katoda dan gas di anoda.



Faktor yang mempengaruhi elektrolisis antara lain adalah:

1. Penggunaan katalisator

Misalnya  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{KOH}$  berfungsi mempermudah proses penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen karena ion-ion katalisator mampu mempengaruhi kestabilan molekul air menjadi ion  $\text{H}$  dan  $\text{OH}^-$  yang lebih mudah di elektrolisis karena terjadi penurunan energi pengaktifan.

2. Luas permukaan tercelup

Semakin banyak luas yang semakin banyak yang menyentuh elektrolit maka semakin mempermudah suatu elektrolit untuk mentransfer elektronnya. Sehingga terjadi hubungan sebanding jika luasan yang tercelup sedikit maka semakin mempersulit elektrolit untuk melepaskan elektron dikarenakan sedikitnya luas penampang penghantar yang menyentuh elektrolit. sehingga transfer elektron bekerja lambat dalam mengelektrolisis elektrolit.

3. Sifat logam bahan elektroda

Penggunaan medan listrik pada logam dapat menyebabkan seluruh elektron bebas bergerak dalam metal, sejajar, dan berlawanan arah dengan arah medan listrik. Konduktivitas listrik didefinisikan sebagai ratio rapat arus terhadap kuat medan listrik.

4. Konsentrasi pereaksi

Semakin besar konsentrasi suatu larutan pereaksi maka akan semakin besar pula laju reaksinya. Ini dikarenakan dengan presentase katalis yang semakin tinggi dapat mereduksi hambatan pada elektrolit. sehingga transfer elektron dapat lebih cepat mengelektrolisis elektrolit dan dapat ditarik garis lurus bahwa terjadi hubungan sebanding terhadap presentase katalis dengan transfer elektron.

Pada proses elektrolisis ada beberapa komponen yang terdapat di dalamnya yaitu: katoda, anoda, dan larutan elektrolit.

a) Katoda

Katoda adalah elektroda negatif dalam larutan elektrolit dimana pada katoda ini terjadi penempelan ion-ion yang tereduksi dari anoda. Pada proses elektrolisis katoda dapat diartikan sebagai benda kerja yang akan dilapisi. Katoda bertindak sebagai logam yang akan dilapisi atau produk yang bersifat menerima ion. Katoda dihubungkan ke kutub negatif dari arus listrik. Katoda harus bersifat konduktor supaya prosesnya dapat berlangsung dan logam pelapis menempel.

b) Anoda

Anoda adalah terminal positif dalam larutan elektrolit. fungsi dari anoda adalah sebagai sumber bahan baku yang akan dibawa melalui elektrolit kepada permukaan katoda. Anoda biasanya dipilih dari logam murni yaitu untuk menjamin kebersihan elektrolit pada saat proses elektrolisis. Adanya arus (DC) yang mengalir melalui larutan elektrolit diantara anoda dan katoda, maka pada anoda akan terjadi pelepasan ion-ion logam dan oksigen (reduksi) selanjutnya ion-ion tersebut diendapkan pada katoda.

c) Larutan Elektrolit

Elektrolit adalah suatu zat yang larut atau terurai kedalam bentuk ion-ion dan selanjutnya larutan menjadi konduktor elektrik, ion-ion merupakan atom-atom bermuatan elektrik. Elektrolit bisa berupa air, asam, basa atau berupa senyawa kimia lainnya. Elektrolit umumnya berbentuk asam, basa atau garam. Beberapa gas tertentu dapat berfungsi sebagai elektrolit pada kondisi tertentu misalnya pada suhu tinggi atau tekanan rendah. Elektrolit kuat identik dengan asam, basa dan garam kuat. Elektrolit merupakan senyawa yang berikatan ion dan kovalen polar. Sebagian besar senyawa yang berikatan ion merupakan elektrolit sebagai contoh ikatan ion NaCl yang merupakan salah satu jenis garam yakni garam dapur. NaCl dapat menjadi

elektrolit dalam bentuk larutan atau bentuk liquid dan aqueous, sedangkan dalam bentuk solid atau padatan senyawa ion tidak dapat berfungsi sebagai elektrolit. Bila larutan elektrolit dialiri arus listrik, ion-ion dalam larutan akan bergerak menuju elektroda dengan muatan yang berlawanan, melalui cara ini arus listrik akan mengalir dan ion bertindak sebagai penghantar sehingga dapat menghantarkan arus listrik.

#### **2.4 Teori Dasar pH**

Derajat keasaman (pH) digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda. pH normal memiliki nilai 7 sementara bila nilai  $\text{pH} > 7$  menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa, sedangkan nilai  $\text{pH} < 7$  menunjukkan keasaman. pH 0 menunjukkan derajat keasaman yang tinggi, dan pH 14 menunjukkan derajat kebasaaan tertinggi. Umumnya indikator sederhana yang digunakan adalah kertas lakmus yang berubah menjadi merah bila keasamannya tinggi dan biru bila keasamannya rendah.

Selain menggunakan kertas lakmus, indikator asam basa dapat diukur dengan pH meter yang bekerja berdasarkan prinsip elektrolit atau konduktivitas suatu larutan. Sistem pengukuran pH mempunyai tiga bagian yaitu elektroda pengukuran pH, larutan dapat diukur dengan alat ukur pH meter atau pH colorimeter (Paridawati, 2013). Pada prinsipnya pengukuran suatu pH didasarkan pada elektro kimia yang terjadi antara larutan yang terdapat didalam elektroda gelas (membrane gelas) yang telah diketahui dengan larutan yang terdapat diluar elektroda gelas yang tidak diketahui. Hal ini dikarenakan lapisan tipis dari gelembung kaca akan berinteraksi dengan ion hydrogen yang ukurannya relatif kecil dan aktif, elektroda gelas tersebut akan mengukur potensial elektro kimia dari ion hidrogen. Untuk melengkapi sirkuit elektrik dibutuhkan elektroda pembanding. Sebagai catatan alat tersebut tidak mengukur arus tetapi hanya mengukur tegangan. Istilah pH berdasarkan dari “p” lambang matematika dari negatif logaritma, dan “H” lambang kimia dari unsur hidrogen.

## 2.5 Viskositas

Viskositas adalah ukuran kekentalan suatu fluida yang menunjukkan besar kecilnya gesekan internal fluida. Viskositas fluida berhubungan dengan gaya gesek antar lapisan fluida ketika satu lapisan bergerak melewati lapisan lain. Pada zat cair, viskositas disebabkan terutama oleh gaya kohesi antar molekul, sedangkan pada gas, viskositas muncul karena tumbukan antar molekul. Viskositas dapat dengan mudah dipahami dengan meninjau satu lapisan tipis fluida yang ditempatkan diantara dua lempeng logam yang rata. Nilai kuantitatif dari viskositas dapat dihitung dengan membandingkan gaya tekan persatuan luas terhadap gradient kecepatan aliran fluida.

## 2.6 Penentuan Area Low Current dan High Current

Pada saat melakukan proses elektroplating pastinya ditemukan permasalahan dimana tidak semua bagian spesimen dapat dilakukan pelapisan atau lebih tepatnya ada segmen atau bagian yang memiliki kesulitan dalam pelapisan, sehingga lapisan yang didapat nilainya lebih kecil dari pada bagian yang lain, hal ini disebut dengan istilah low current (area yang sulit dijangkau larutan) dan high current (area yang mudah dijangkau larutan). Untuk menentukan dimana area high current dan low current dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$V = C \cdot I \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan :

V = Volume massa yang diperlukan (cm<sup>3</sup>)

C = Konstanta plating, yang tergantung pada chemical equivalen dan kerapatan (cm<sup>3</sup>/A-s).

I = Kuat arus listrik (A)

t = Waktu yang digunakan (s)

Umumnya untuk proses elektroplating tidak semua energi listrik yang terbentuk digunakan untuk proses pelapisan substrat, tetapi sebagian energi tersebut

digunakan untuk membebaskan hidrogen ( $H_2$ ) dari substrat (katoda). Jumlah massa aktual yang menempel pada katoda dibagi dengan jumlah massa teoritis yang terlepas dari anoda disebut efisiensi katoda (cathode efficiency). Dengan memperhitungkan efisiensi ini, maka persamaan (2.1) akan berubah menjadi :

$$V = E \cdot C \cdot I \cdot t \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan :

E = Efisiensi katoda. Harga efisiensi E dan konstanta plating C untuk berbagai bahan ditunjukkan pada Tabel 2.1

**Tabel 2.1** Efisiensi katoda (E) dan harga konstanta plating (C) untuk berbagai bahan

Bahan pelapis (+)	Larutan elektrolit	Efisiensi katoda E (%)	Konstanta C (in <sup>2</sup> /A-min)	Konstanta C (cm <sup>3</sup> /A-s)
Cadmium (2)	Cyanide	90	2,47 x 10 <sup>-4</sup>	6,73 x 10 <sup>-5</sup>
Chromium (3)	Chromium-acid sulfate	15	0,92 x 10 <sup>-4</sup>	2,50 x 10 <sup>-5</sup>
Copper (1)	Cyanide	98	2,69 x 10 <sup>-4</sup>	7,35 x 10 <sup>-5</sup>
Gold (1)	Cyanide	80	3,87 x 10 <sup>-4</sup>	10,6 x 10 <sup>-5</sup>
Nickel (2)	Acid sulfate	95	1,25 x 10 <sup>-4</sup>	3,42 x 10 <sup>-5</sup>
Silver (1)	Cyanide	100	3,90 x 10 <sup>-4</sup>	10,7 x 10 <sup>-5</sup>
Tin (4)	Acid sulfate	90	1,54 x 10 <sup>-4</sup>	4,21 x 10 <sup>-5</sup>
Zinc (2)	Chloride	95	1,74 x 10 <sup>-4</sup>	4,75 x 10 <sup>-5</sup>

Ketebalan lapisan pada katoda dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$d = \frac{V}{A} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan :

d = Tebal lapisan (cm)

V = Volume lapisan yang menempel pada katoda (cm<sup>3</sup>)

A = Luas permukaan yang dilapisi (cm<sup>2</sup>)