

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gaya Gerak Listrik Kimia

Arus yang mengalir melalui suatu tahanan R atau suatu alat listrik yang memakai tenaga listrik memerlukan sumber listrik. Arus yang mengalir tersebut menjalani untai tertutup, sehingga tidak mungkin berasal dari suatu medan listrik, karena:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = 0 \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

yaitu : usaha medan listrik untuk mengangkut satuan muatan melalui jalan tertutup adalah nol, sehingga medan listrik tidak dapat memberikan tenaganya (Halliday dan Resnick, 1988). Tenaga yang terpakai dalam untai tertutup berasal dari sumber tenaga yang berupa tenaga kimia, termal, mekanik, induksi magnet dan lain-lain.

Di samping gaya elektrostatik maka satuan muatan memperoleh gaya tambahan dari sumber tenaga sehingga mengalami gaya efektif yang integral garisnya melalui jalan tertutup tidak nol, dan dinamakan gaya gerak listrik yaitu :

$$\oint \vec{E}_{ef} \cdot d\vec{s} = \vec{\mathcal{E}} \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Integral garis yang ditunjukkan oleh persamaan (2.2) adalah merupakan usaha per satuan muatan :

$$\frac{dw}{dq} = \frac{dw}{idt} = \frac{D}{i} = \vec{\mathcal{E}} \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

Gaya gerak listrik ialah usaha persatuan muatan oleh sumber ataupun daya sumber persatuan arus (Johannes, 1978). Satuan ggl = volt, maka ggl kerap dicampuradukkan dengan beda potensial V. Keduanya mempunyai kesamaan dapat melakukan usaha untuk memindahkan muatan dari titik yang satu ke titik yang lain, namun terdapat perbedaan yaitu hanya ggl-lah yang dapat melakukan usaha untuk memindahkan muatan melalui garis tertutup.

Dalam keadaan stabil, tenaga yang dimasukkan sumber ke untai sama dengan tenaga yang dilepaskan dari dalam untai, yaitu per detik.

$$D = \vec{E} \cdot \vec{i} \dots\dots\dots(2.4)$$

2.1.1. Sel Elektrokimia

Suatu zat yang dapat menerima ion dari atau menyerahkan ion kepada elektrolit di mana zat itu tercelup dinamakan elektroda elektrokimia. Susunan dari dua elektroda dan elektrolitnya dinamakan sel elektrokimia. Sel elektroda terbagi menjadi dua yaitu : sel listrik dan sel elektrolisis.

- Sel listrik adalah sel elektrokimia yang dapat menghasilkan arus listrik akibat reaksi kimia. Sel ini mempunyai gaya gerak listrik kimia.
- Sel elektrolisis adalah sel elektrokimia yang bila dilalui arus listrik akan menghasilkan reaksi kimia pada elektrodanya.

Pada sel listrik, tenaga kimia diubah menjadi tenaga listrik sedang pada sel elektrolisis tenaga listrik diubah menjadi tenaga kimia.

Elektroda sel listrik bermacam-macam jenisnya, diantaranya yang paling sederhana yaitu elektroda logam, yang terdiri atas sebatang logam yang tercelup dalam larutan garamnya. Contoh : Zn yang tercelup dalam larutan ZnSO_4 dan Cu yang tercelup dalam larutan CuSO_4 . Sebatang logam yang tercelup dalam larutan garamnya akan melarutkan ionnya ke dalam larutan garamnya dan sebaliknya larutan garamnya mengendapkan ion logamnya kepada batang logam.

Pada keadaan kesetimbangan dinamik, jumlah ion yang melarut dan jumlah ion yang mengendap, per detik adalah sama. Untuk mencapai kesetimbangan, pada logam yang satu mungkin telah lebih banyak diserahkan daripada diterima ion, sehingga ia memperoleh muatan negatif dan larutan garamnya muatan positif, pada logam yang satu terjadi sebaliknya.

Antara logam dan larutan ionnya terjadi lapisan kembar listrik dengan muatan positif dan negatif yang berhadapan serupa pada kapasitor lempeng. Beda potensial $\mathcal{E}$ antara kedua lapisan listrik pada elektroda M, yang dinamakan potensial elektroda, dapat dihitung dari :

$$\mathcal{E} = - \frac{RT}{zF} \ln \frac{p}{P}$$

$$\begin{aligned}
 &= -\frac{RT}{zF} \ln \frac{c}{C} = \frac{RT}{zF} \ln C - \frac{RT}{zF} \ln c \\
 &= \mathcal{E}^0 - \frac{RT}{zF} \ln c \quad \dots\dots\dots(2.5)
 \end{aligned}$$

$\mathcal{E}^0$ = potensial elektroda pada keadaan tolak, yaitu $c=1$, $p/P = c/C$ karena tekanan osmosis berbanding langsung dengan konsentrasi pada suhu tetap, yaitu :

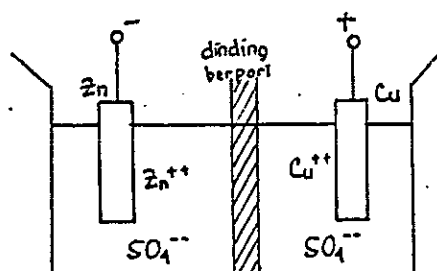
$$p = c RT \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

Rumus $\mathcal{E} = -\frac{RT}{zF} \ln \frac{p}{P}$ dapat dituliskan dengan menyamakan $-zF\mathcal{E}$, yaitu usaha untuk memindahkan muatan 1 g ion sebesar zF melalui beda potensial $\mathcal{E}$, dengan $RT \ln \frac{p}{P}$ yaitu usaha oleh 1 g ion untuk berubah tekanannya secara isoterm dari P ke p .

$$\text{Rumus } \mathcal{E} = -\frac{RT}{zF} \ln \frac{p}{P} \quad \text{dan} \quad \mathcal{E} = \mathcal{E}^0 - \frac{RT}{zF} \ln c$$

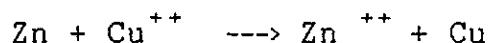
adalah suatu bentuk khusus daripada persamaan Nernst mengenai potensial atau gaya gerak listrik suatu elektroda atau sel elektrokimia.

Gabungan elektroda Zn dan Cu dibatasi oleh dinding berpori memberikan sel Daniell.



Gambar (2.1) : Sel Daniell

dan pada anoda terjadi reaksi reduksi, sehingga reaksi sel Daniell menjadi :



Potensial ggl menjadi :

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{sel}}^0 - \frac{RT}{zF} \ln \frac{c_{\text{Zn}^{++}}}{c_{\text{Cu}^{++}}}$$

$$\mathcal{E}_{\text{sel}}^0 = \mathcal{E}_{\text{katoda}}^0 + \mathcal{E}_{\text{anoda}}^0 \dots \dots \dots (2.7)$$

2.1.1.1. Sel Listrik

Gabungan dua elektroda memberikan sel listrik dengan ggl $\mathcal{E}$ sel yang adalah jumlah aljabar ggl elektrodanya.

Sel listrik adalah sel elektrokimia yang menghasilkan arus listrik karena adanya reaksi kimia. Pada sel listrik, tenaga kimia diubah menjadi tenaga listrik dan reaksi reduksi terjadi pada anoda sedangkan reaksi oksidasi terjadi pada katoda.

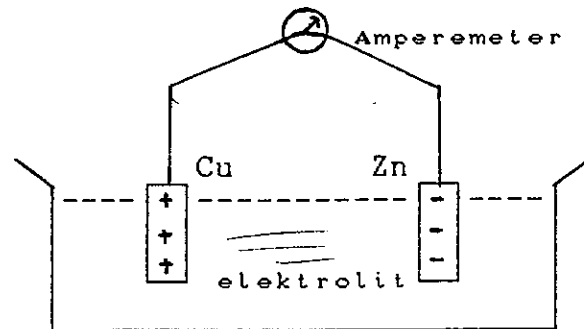
Sel listrik terbagi menjadi dua, yaitu : sel primer dan sel sekunder.

- Sel primer adalah sel yang menimbulkan gaya gerak listrik dan tenaga listrik akibat terjadinya reaksi kimia secara langsung.

Misalnya : suatu tembaga (Cu) dimasukkan ke dalam larutan elektrolit maka akan mempunyai tekanan listrik terhadap zat cair. Jika kita masukkan ke dalam larutan yang sama, suatu plat yang berbeda misalkan plat seng (Zn) yang juga mempunyai tekanan

listrik terhadap zat cair, yang mana tekanan listrik Cu dan Zn berbeda. Cu bersifat lebih

positif terhadap zat cair dibandingkan Zn. Jika kedua plat tersebut dihubungkan dengan kawat penghantar maka akan terjadi aliran arus.

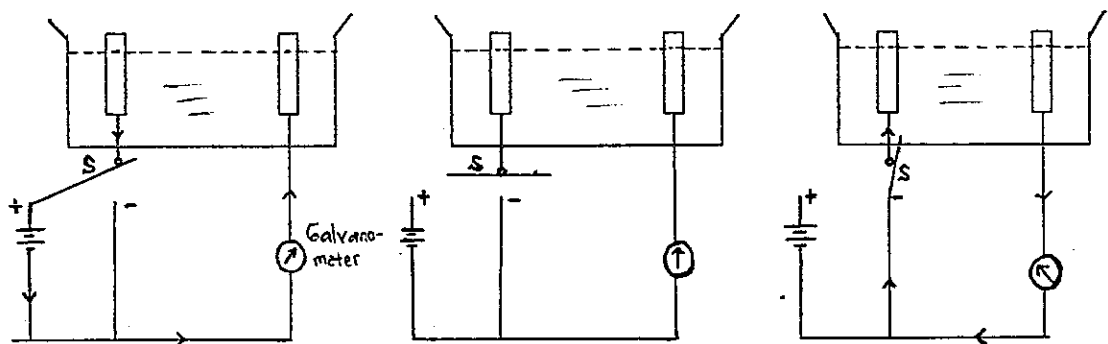


Gambar (2.2) : Sel listrik primer

- Sel sekunder yaitu sel yang menimbulkan gaya gerak listrik dan tenaga listrik karena adanya tenaga kimia yang disimpan pada elektroda, tenaga kimia yang disimpan tersebut timbul karena adanya tenaga listrik.

Secara ringkas: tenaga listrik ---> tenaga kimia
 ---> tenaga listrik kembali (setelah penyimpanan).

misalnya: pada pengisian aki yang elektroda-elektrodanya terdiri dari Pb dan PbO₂, dengan H₂SO₄ sebagai larutan elektrolitnya.



a. Saat Pengisian

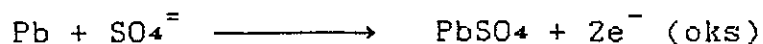
b. Saat Penyimpanan

c. Saat Penggunaan

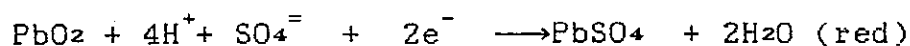
Gambar (2.3) : Sel listrik sekunder

Reaksi saat pengisian

Pada katoda :

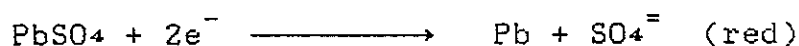


Pada anoda :

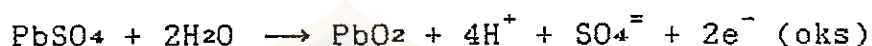


Reaksi saat penggunaan

Pada katoda :

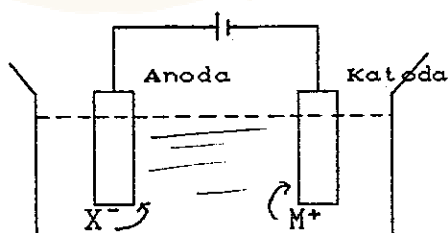


Pada anoda :



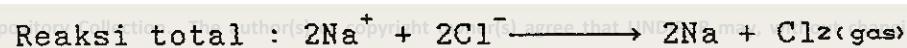
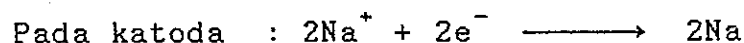
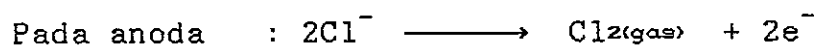
2.1.1.2. Sel elektrolisa

Sel elektrolisa adalah sel elektrokimia yang menghasilkan reaksi kimia akibat dari adanya arus listrik. Pada sel elektrolisa tenaga listrik diubah menjadi tenaga kimia dan reaksi reduksi terjadi pada katoda, sedangkan reaksi oksidasi terjadi pada anoda.



Gambar (2.4) : Sel elektrolisa

Misalkan pada elektrolisa NaCl cair :



2.2. Elektrolisa

Jika Dalam suatu elektrolit ditempatkan dua elektroda dan dialirkan arus listrik searah maka akan terjadi elektrolisa yaitu gejala dekomposisi elektrolit. Yaitu ion positif bergerak ke katoda dan menerima elektron yaitu direduksi, dan ion negatif bergerak ke anoda dan menyerahkan ion yaitu dioksidasi. Hal ini merupakan kebalikan dari sel listrik.

Pada elektrolisa arus listrik digunakan untuk menimbulkan reaksi kimia dimana tenaga listrik berubah menjadi tenaga kimia. Pada kation, maka atom atau gugusan atom kehilangan satu atau beberapa elektron, sehingga menjadi bermuatan negatif. Jumlah elektron yang kurang atau lebih dinamakan valensi (harkat) ion Z.

Elektrolisa dapat dipakai untuk mengukur arus listrik yang digunakan dan muatan yang diangkut olehnya.

Pada elektrolisa berlaku hukum-hukum Faraday yaitu :

Hukum Faraday I

- Massa suatu zat yang terendap/terlarut pada suatu elektroda berbanding lurus dengan muatan yang telah menerusi (melalui) elektrolit.

Hukum Faraday II

- Massa suatu zat yang terendap /terlarut pada suatu elektroda oleh muatan listrik yang sama berbanding lurus dengan tara kimianya.

Hukum ini dapat dipahami dengan meninjau mekanisme elektrolisa sebagai berikut :

Misal pada katoda terendap m gram suatu zat, maka m gram zat ini berasal dari $\frac{m}{M} N_A$ ion bilamana M =berat atom ion atau berat molekul ion kompleks.

Muatan satu ion = Ze , bilamana Z = harkat ion dan e = muatan elektron. Muatan yang telah diangkut oleh semua ion yang terendap = $\frac{m}{M} N_A Ze$ dan ini sama dengan muatan $Q = \int i dt = it$ yang telah melalui elektrolit.

$$\frac{m}{M} N_A Ze = Q \longrightarrow \text{tersimpul kedua hukum Faraday} \dots\dots\dots(2.8)$$

N_A dan e adalah tetapan, pada suatu zat M dan Z tertentu sehingga m berbanding lurus Q sesuai hukum Faraday I. Pada beberapa zat, yang dielektrolisa dengan Q yang sama, maka :

$$m = \frac{Q}{N_A e} \cdot \frac{M}{Z}$$

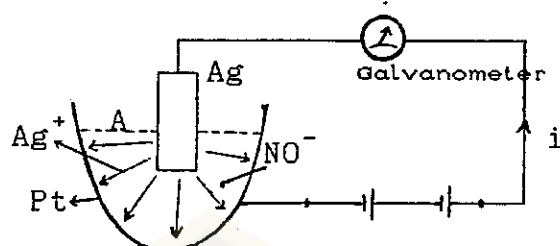
Yaitu m berbanding lurus berat tara kimia $\frac{M}{Z}$ sesuai dengan hukum Faraday II. Adapun $N_A Ze = ZF$ = muatan 1 mol ion, $N_A e = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 96500$ coulomb = muatan 1 g tara ion = muatan 1 mol ion harkat satu = muatan 1 mol elektron = muatan N_A elektron = F = bil Faraday.

Pada arus searah konstan yaitu i = tetap, maka $Q=it$ dan rumus dapat ditulis

$$F = N_A e = \frac{M}{mz} it \dots\dots\dots(2.9)$$

Bila dipakai arus tukar yang disearahkan maka $Q = it$, maka $i = \frac{2i_0}{\pi}$ bila 2 fasenya disearahkan dan

$i = i_0/\pi$ bila satu fasenya disearahkan. Dengan berdasarkan elektrolisa dapat ditentukan bilangan-bilangan Faraday F dan selanjutnya bilangan Avogadro N_A atau muatan elektron e , misal pada voltameter. Pada gambar di bawah tergambar voltameter perak. Elektrolitnya AgNO_3 , katodanya mangkok platinum dan anodanya suatu batang perak.



Gambar (2.5) : Voltameter perak

Elektrolisa berlangsung selama t detik dengan arus i yang terlihat pada galvanometer G . Harkat ion Ag^+ $Z = 1$, berat atom $\text{Ag} = 107,87$. Massa perak m yang terendap pada katoda diperoleh dengan menimbang mangkok Pt sebelum dan sesudah elektrolisis, maka dengan $F = \frac{M}{mZ} it$

$$F = \frac{107,87}{m} it, \text{ yang akan memberikan nilai}$$

$$F = 96500 \text{ coulomb} = N_A e$$

Kalau e telah diperoleh dari percobaan Milikan maka diperoleh bilangan Avogadro dengan N_A dari penyelidikan kisi hablur NaCl , maka diperoleh dengan

$$e = \frac{F}{N_A} \dots\dots\dots(2.6)$$

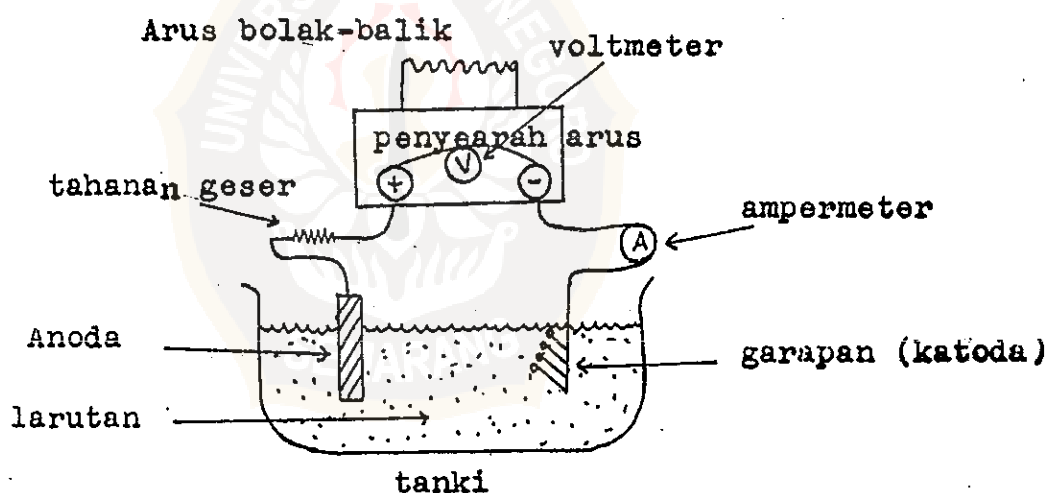
2.3. Pengertian Cadmium Plating

Elektroplating adalah elektrodeposisi pelapis / coating logam melekat ke elektroda untuk menjaga

substrat dengan memberikan sifat pada permukaan dan dimensi yang berbeda dari logam basisnya. Perumusan itu dapat diperluas ke substrat plastik/polimer (non konduktor)

Konsep dasar elektroplating adalah proses pelapisan logam dengan logam lain atas bantuan arus listrik. Oleh karena itu logam yang akan dilapisi mempunyai permukaan yang bersifat konduktor.

Sistem plating terdiri atas , gambar (2.6) sirkit luar, elektroda negatif atau katoda yakni barang yang digarap, larutan plating dan elektroda positif atau anoda.

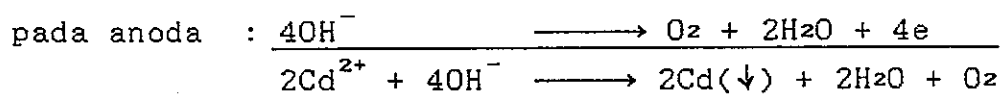
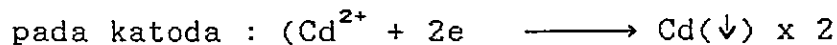


Gambar (2.6) : Rangkaian alat untuk proses lapis listrik (elektroplating)

Proses pengendapan secara elektrokimia (elektrodeposisi) memiliki konsep yang penting untuk dipahami , yaitu : mengalirnya arus searah melalui suatu larutan berkaitan dengan gerak partikel bermuatan (ion). Ujung-ujung keluar masuknya arus dari/ke larutan disebut elektroda. Ion yang

bergerak (migrasi) ke anoda disebut anion sedang yang menuju ke katoda dinamai kation. Larutannya bersifat elektrolit.

Pada pelapisan dengan logam cadmium larutan yang bertindak sebagai elektrolitik adalah NaOH. Reaksi yang terjadi adalah :



Cadmium plating pertama kali menarik perhatian di bidang industri sekitar tahun 1914 sampai 1919.

Elektrodeposit Cadmium digunakan secara luas untuk melindungi baja dan besi tua atau cor dari pengaruh korosi. Sebab Cadmium anodik pada besi dan baja yang melindungi substrat logam tersebut. Cadmium biasanya diaplikasikan sebagai lapisan yang tipis untuk menahan korosi di atmosfer bergaram. Cadmium memiliki kemampuan solder yang baik dan kontak konduktivitas yang baik. Kelemahan pelapisan dengan Cadmium, hasil lapisan Cadmium mudah terjadi goresan yang tampak pada substrat juga cenderung lebih mudah meninggalkan sidik jari. Cadmium juga lebih mahal dan lebih beracun karena itu penggunaannya kurang luas.

Sebagian besar Cadmium plating dilakukan dalam bak sianida yang umumnya dibuat dengan melarutkan Cadmium oksida (CdO) dalam larutan Natrium sianida (NaCN).

Tabel (2.1) : Komposisi khusus dan kondisi operasi dari larutan Cadmium plating

larutan	perbandingan NaCN dan logam Cadmium	komposisi				
		Cdo	Cd	NaCN	NaOH	Na ₂ Co ₃
1	4:1	22,47	19,8	77,90	14,23	30,0-74,9
2	7:1	22,47	19,8	137,82	14,23	30,0-44,9
3	5:1	26,22	22,9	114,60	16,40	30,0-59,9
4	4,5:1	41,20	36,1	162,53	25,77	30,0-44,9

larutan	rapat arus (amp/dm ²)	temperatur operasi (°C)
1	0,536 s/d 6,456	26,67 s/d 32,22
2	1,076 s/d 8,608	26,67 s/d 32,22
3	0,536 s/d 9,680	23,89 s/d 29,44
4	0,536 s/d 16,14	26,67 s/d 32,22

keterangan :

Larutan 1 untuk digunakan dalam tanki still.

Effisiensinya baik, daya lontar (throwing power) baik, juga digunakan untuk barrel plating.

larutan 2 untuk digunakan dalam tanki still dan plating otomatis. Throwing power tinggi, endapan seragam, effisiensinya baik dan tidak untuk barrel plating

larutan 3 terutama digunakan untuk tanki still tapi dapat juga digunakan untuk plating otomatis

dan barrel plating. Effisiensi tinggi dan daya lontar baik.

larutan 4 digunakan untuk plating besi tua atau cor.

Kecepatan tinggi dan effisiensinya baik.

Keterangan lain :

- Agen organik logam ditambahkan pada larutan sianida untuk menghasilkan endapan yang butirannya halus. Penambahan agen dalam jumlah yang berlebihan harus dihindarkan sebab akan menyebabkan endapan menjadi rendah kualitasnya dan ketahanan terhadap korosinya menjadi buruk.
- NaOH dihasilkan oleh cadmium oksida yang digunakan.
- Na_2CO_3 dihasilkan dari dekomposisi NaCN dan penyerapan CO_2 dan dari effisiensi anoda yang rendah. Na_2CO_3 yang berlebihan menyebabkan polarisasi anoda, lapisan yang kasar dan effisienmsi yang rendah. Kelebihan Na_2CO_3 dapat dihilangkan dengan cara pendinginan atau penambahan K_2SO_4 .
- Agitasi dan pendinginan digunakan jika rapat arus yang digunakan tinggi.

2.3.1. Variabel Tegangan

Arus yang menghasilkan perubahan kimia mengalir lewat medium (logam atau elektrolit) oleh sebab adanya beda potensial atau tegangan listrik.

Karena tahanan listrik pada elektrolit jauh

lebih besar daripada logam, yang diperhatikan

terlebih-lebih ialah pada elektrolitnya dan batas antara logam (elektroda) dan elektrolitnya.

Beda potensial antara kedua lapisan listrik pada elektroda logam dinamakan potensial elektroda yang nilainya sesuai dalam persamaan (2.5) di depan yaitu:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}^0 - \frac{RT}{nF} \ln C$$

2.3.2 Proses Plating Deposit

Efisiensi katoda adalah nisbah antara berat logam terendap terhadap nilai teoritiknya (dikalikan 100). Reaksi samping yang membuat efisiensi tidak 100%, biasanya disebabkan oleh pengeluaran gas hidrogen (dan dari anoda oksigen) akibat penguraian air.

Pada pengendapan, ion logam bersama ligan-ligannya melekatkan diri ke beberapa kedudukan/lokasi tertentu, membentuk ikatan dengan permukaan katoda dan sebagian muatannya ternetralisasi (disebut adion). Adion menyebar di permukaan, bertumbuh mengisi cacat-cacat, bertumbuh lateral, sampai akhirnya kisi-kisi bertetangga saling bertemu membentuk batas butiran. Terus bertumbuh, deposit makin tebal.

Logam terendap ke substrat bercacat, cenderung masuk ke posisi-posisi yang melanjutkan struktur substrat. Akibatnya sering tercipta struktur-struktur tak normal. Tetapi apabila struktur kisi substrat dan pelapis serupa (secara geometris dan dimensi), struktur cenderung berlanjut.

Ini disebut epitaksi. Sebaliknya bila struktur kisi-kisi amat berlainan, kisi tidak normal, terlalu kecil, butiran besar tidak terbentuk. Beberapa permukaan kristal tumbuh lebih cepat, posisi deposit dapat bukan pada yang terstabil. Semua itu menghambat epitaksi.

2.4. Ketebalan (thickness)

Penerapan hukum Faraday dalam reaksi pengendapan : Berat endapan secara teori $G_{th} = E_{el} \cdot Q$ (gram) di mana G_{th} dalam gram. Q adalah jumlah coulomb listrik yang lewat dan E_{el} adalah ekivalen elektrokimia unsur endapan dalam g/Ah.

Dari persamaan $\epsilon = \frac{G}{G_{th}} \times 100\%$ didapatkan berat endapan logam sebagai berikut :

$$G = \frac{E_{el} \cdot Q \cdot \epsilon}{100} \quad (\text{gram}) \dots \dots \dots (2.10)$$

Jika luas permukaan katoda dinyatakan dalam $A \text{ dm}^2$ dan current density dalam 1 ampere/ dm^2 yang mengalir, persamaan dapat dituliskan sebagai :

$$G = \frac{E_{el} \cdot i \cdot A \cdot t \cdot \epsilon}{6000} \quad (\text{gram}) \dots \dots \dots (2.11)$$

di mana t adalah waktu pengendapan dalam menit dan dibagi dengan 60 untuk mendapatkan dalam jam, karena E_{el} dalam g/Ah.

Lapisan atau ketebalan elektrodposition T (dalam mikrometer μm), diberikan oleh volume elektrodposit

($V \text{ cm}^3$) dibagi dengan luas permukaan (dm^2) :

$$T = \frac{100 V}{A} (\mu\text{m}) \quad \dots\dots\dots(2.12)$$

tetapi volume dari endapan adalah berat logam dibagi dengan kerapatannya, $V = G/\rho$, maka persamaan menjadi

$$T = \frac{100 G}{\rho A} (\mu\text{m}) \quad \dots\dots\dots(2.13)$$

dengan mengkombinasikan persamaan di atas dengan persamaan berat endapan logam, maka didapat :

$$\begin{aligned} T &= \frac{100 E_{el} i A t \epsilon}{6000 \rho A} (\mu\text{m}) \\ &= \frac{E_{el} i t \epsilon}{60 \rho} (\mu\text{m}) \quad \dots\dots\dots(2.14) \end{aligned}$$

Dilihat dari persamaan ketebalan ini pada elektrodeposit ditentukan oleh ekivalen elektrokimianya, banyaknya listrik yang lewat dan efisiensi arusnya.

Ketebalan sangat dipengaruhi oleh banyak hal (faktor), yaitu : arus, luas, waktu, suhu dan throwing power (daya lontar).

2.4.1 Arus dan Luas

Dengan persamaan hukum Faraday diungkapkan sebagai berikut :

$$G_{th} = \frac{I \cdot e \cdot t}{96500} \quad \dots\dots\dots(2.15)$$

G_{th} adalah berat zat yang bereaksi (gram), I arus listrik dalam ampere, e adalah berat ekivalen kimianya, t adalah waktu.

Jumlah total perubahan kimia pada elektroda (akibat arus sebanding dengan jumlah arus listrik yang lewat). Pada elektroplating, yang dilihat jumlah logam yang terdeposisi pada katoda atau lenyap dari anoda. Reaksi terjadinya gas lain dan sebagainya dianggap terbuang. Jadi, efisiensi arus ialah perbandingan perubahan kimia yang dikehendaki terhadap perubahan kimia total.

$$\text{Efisiensi arus } (\%) = 100 \% \times \frac{\text{aktual}}{\text{teoritik}} \dots\dots (2.16)$$

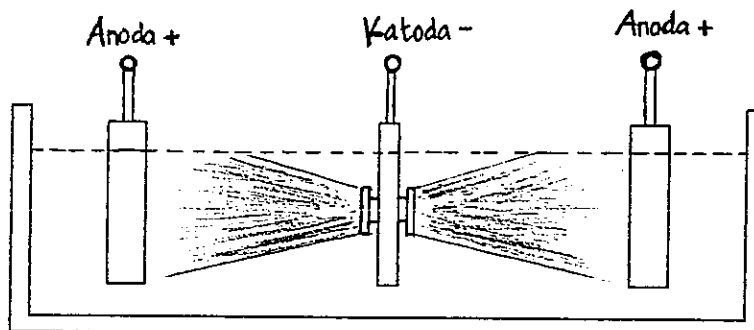
dengan aktual adalah berat logam yang terendapkan/melarut, dan teoritik adalah berat dihitung memakai hukum Faraday dengan anggapan tidak berlangsung reaksi samping.

Pada elektroplating yang lebih diperlukan bukan mencari berat total logam yang terdeposisi pada katoda, melainkan tebal dan distribusi endapan di katoda. Jadi yang penting bukan arus total, melainkan rapat arus. Semakin besar rapat arus (current density) yang digunakan maka akan semakin tebal, tetapi permukaan akan tampak kasar dan hangus (terbakar) yang biasanya mengandung oksida atau lainnya. Sehingga terdapat batas standar dalam penggunaan current density, yaitu untuk tanki still berkisar antara 0,536 ampere/dm² s.d 6,456 ampere/dm².

Sebenarnya, arus tidak terdistribusi merata ke

seluruh permukaan katoda. Arus cenderung mengumpul

pada titik tonjolan dan pinggir tepi runcing permukaan.



gambar (2.7) : Distribusi arus pada permukaan katoda.

Bila deposisi terlalu banyak pada bagian tertentu permukaan barang yang dilapis, hal ini merupakan pemborosan. Maka katoda harus ditempatkan sedemikian rupa di tanki, atau bentuk katodanya diatur agar plating seragam. Untuk itu racking harus dibuat sedemikian rupa disesuaikan dengan bentuk barang yang dilapis, sehingga kontak katoda dan anoda mendapatkan arus yang merata. Selain itu racking pun haruslah seimbang dengan barang yang akan dilapis, sebab jika racking lebih besar daripada barang maka thickness akan tipis atau bahkan tidak akan terlapis, ini disebabkan oleh arus yang masuk mendapatkan hambatan yang besar dari racking. Demikian pula sebaliknya. Dengan demikian besarnya arus tergantung dari luas barang yang akan dilapis dan racking yang digunakan.

2.4.2 Waktu

Semakin lama waktu yang dipergunakan akan

semakin tebal lapisannya. Yang sangat efektif adalah

mendapatkan lapisan yang bertebal sama untuk rapat arus yang sama tetapi waktu yang digunakan yang sesingkat mungkin.

2.4.3 Temperatur

Temperatur yang digunakan pada tanki still berkisar antara 26°C sampai dengan 32°C . Di dalam larutan, hantaran listrik pada umumnya naik dengan bertambah tingginya temperatur (kecuali pada beberapa asam lemah). Kenaikan temperatur tidak saja memperbesar energi kinetik ion, tetapi juga menurunkan viskositas solven sehingga ion-ion bermigrasi terlalu cepat. Hal ini akan menyebabkan lapisan yang dihasilkan akan bergranular (berbutir-butir/berserbuk), sehingga ketebalan (thickness) yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar yang diinginkan.

2.4.4 Daya lontar (throwing power)

Daya lontar (throwing power) adalah kemampuan larutan untuk mengendapkan lapisan secara seragam pada permukaan logam, atau mengukur derajat keseragaman endapan yang dapat dicapai oleh larutan. Larutan yang baik adalah yang daya lontarnya besar, karena endapan pada seluruh permukaan mendekati seragam (beda antara lapisan yang tertebal dan tertipis sekecil mungkin).

Daya lontar untuk bak sianida pada Cadmium plating berkisar antar 25 sampai 50%, diukur dengan

metoda Haring-Blum Cells. Daya lontar tergantung pada bentuk katoda, posisi relatif katoda dan anoda, komposisi larutan, dan agitasi (pengadukan).

Seperti telah dikemukakan di atas, komposisi larutan haruslah sesuai dengan tabel (2.1). Agar dapat dihasilkan endapan yang seragam, karena daya lontar larutan besar. Di samping komposisi larutan, variasi efisiensi katoda terhadap rapat arus juga mempengaruhi deposit logam di katoda. Pada bak sianida efisiensinya turun drastis manakala rapat arus katoda meningkat, kelebihan deposit di ujung/tepi (daerah rapat arus tinggi) tak sebesar semestinya dari distribusi arus semata. Bak demikian dikatakan berdaya lontar positif.

Peningkatan hantaran (konduktivitas) listrik larutan plating akan meningkatkan keseragaman distribusi logam pada katoda. Hantaran listrik pada umumnya bertambah dengan bertambah tingginya suhu. Sebaliknya, peningkatan suhu akan menurunkan daya lontar, karena energi kinetik meningkat sehingga keseragaman pada permukaan sulit dicapai.

Selain yang disebutkan di atas, agitasi (pengadukan) juga akan mempengaruhi deposit logam di katoda. Semakin banyak pengadukan daya lontar akan semakin rendah sehingga ketebalan yang dihasilkan tidaklah seragam. Selama proses plating berlangsung agitasi dihentikan (ditiadakan).

2.5. Daya lekat (adherence)

Adherence yang baik adalah yang daya lekat antara elektrodeposit dengan substrat dasarnya kuat (daya adhesinya kuat), tidak terjadi pelepasan, pengelupasan dan serpihan setelah dilakukan pengujian.

Daya lekat elektrodeposit ke logam dasar dipengaruhi oleh permukaan logam dasar, komposisi larutan, polarisasi anoda dan rapat arus (current density).

Adhesi akan kuat jika permukaan logam yang dilapis bersih, terhindar dari berbagai kotoran seperti lemak/gemuk, minyak dan kotoran (oksida) lain. Selain bersih, halus/kasarnya permukaan juga memperngaruhi adhesi. Adhesi yang kuat didapatkan dari permukaan logam yang kasar (semakin kasar semakin baik).



Gambar (2.8) : skema perbedaan antara kontak endapan dan logam dasar untuk permukaan halus dan kasar.

Jika komposisi larutan sesuai tabel (2.1) dan pengoperasian dilakukan dengan hati-hati, endapan yang kasar dan berlubang tidak akan dihasilkan.

Jika konsentrasi logam sangat rendah atau perbandingan logam dengan sianida berbeda dari yang seharusnya, kekerasan endapan akan terjadi sehingga

adhesi akan lemah. Kekasaran endapan juga disebabkan oleh konsentrasi Na_2CO_3 yang berlebihan.

Dalam keadaan tertentu, suatu anoda yang diharapkan larut dalam bak, terlapisi film oksida atau senyawa lain (logamnya). Film itu tidak tampak tetapi mengganggu pelarutan logam. Anoda berhenti melarut, ia terpolarisasi, menjadi pasif. Diperlukan potensial cukup tinggi hingga terjadi transport ion lewat film. Jika polarisasi meningkat, adhesi menjadi lemah.

Rapat arus (current density) yang tinggi meningkatkan endapan permukaan yang kasar. Rapat arus yang melebihi standar yang diijinkan akan menyebabkan adhesi lemah dan mudah terkelupas ketika dilakukan pengujian.

2.6. Ketahanan terhadap korosi (Corrosion Resistance)

Salah satu tujuan plating adalah upaya mencegah korosi. Secara sederhana, peristiwa korosi disebabkan oleh reaksi logam dengan unsur bukan logam dari lingkungannya. Secara umum reaksi korosi dikelompokkan dalam dua jenis (sesuai peristiwanya) yakni : penggabungan langsung logam (ion logam) dengan unsur-unsur bukan logam disebut juga korosi kering, serta reaksi pelarutan logam (biasanya di lingkungan berair) lalu bergabung dengan bukan logam membentuk produk korosi (reaksi penggantian) disebut korosi basah. Reaksi langsung (korosi kering) termasuk oksidasi di udara, reaksi dengan uap

belerang, hidrogen sulfida dan kandungan udara kering lainnya, juga reaksi dengan logam cair misalnya natrium.

Oksida logam sekilas tak tampak melibatkan mekanisme elektrokimia, akan tetapi sebenarnya bentuk korosi itupun tergantung pada mekanisme pertukaran elektron dengan gejala arus listrik pula. Secara sederhana, oksigen molekul terserap ke permukaan logam. Lalu mengurai menjadi atom dan mengion. Logamnya juga mengion. Ion logam dan oksida bergabung, membentuk lapisan awal oksidanya. Ion logam terus terbentuk di permukaan, elektron berdifusi lewat lapisan oksida, mengionkan oksigen di permukaan. Ion oksigen berdifusi ke lapisan oksida dan bereaksi dengan ion logam. Lapisan oksida makin tebal. Dapat pula logam yang mengion dan berdifusi ke permukaan, hasilnya serupa. Korosi demikian berlangsungnya tergantung pada sifat oksida logam, seberapa permeabel, dan berapa kuat ikatannya ke permukaan logam.

Pada korosi basah (elektrolitik), sel korosinya terdiri atas anoda dan katoda saling berkontak listrik dan dengan suatu elektrolit pula.

Penyebab utama korosi dalam kaitan finishing logam ialah adanya kontak logam berbeda, permukaan logam yang akan dilapis, komposisi larutan, porosity (lubang) dan pemberian supplementary (coating ubahan).

Pada elektroplating kontak logam berbeda itu ada. Jadi bila terjadi kelainan atau cacat, bukan mustahil korosi berlangsung. Untuk pelapis "tumbal" seperti Cadmium (dikorbankan untuk melindungi logam basis), disebut prosesnya pelapisan anodik (relatif terhadap substrat). Karena pelapisnya anodik maka dia yang terkorosi terlebih dahulu. Jika substratnya katodik maka tetap terlindung selama masih ada Cadmium yang tersisa.

Permukaan logam yang akan dilapis harus bersih, bebas dari oksida yang akan menyebabkan mudah terkorosi. Penambahan agen-agen yang tidak sesuai dengan komposisi yang diijinkan harus dihindarkan, sebab agen yang berlebihan akan menyebabkan endapan menjadi rendah kualitasnya dan ketahanan terhadap korosinya rendah.

Jika plating yang dihasilkan mengandung porositas (lubang) ini akan mengakibatkan mudah terjadi korosi, karena sel-sel penyebab korosi akan merusak logam dasar melalui lubang tersebut.

Supplementary (coating ubahan) setelah dilakukan plating akan lebih menambah kekuatan/ketahanan terhadap korosi. Coating ubahan yang biasa digunakan adalah khromat, fosfat, oksida hitam (alloy tembaga dan besi).

Proses kromatisasi menghilangkan sebagian logam, maka sebaiknya elektrodeposit yang dikonversi tidak terlalu tipis.