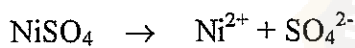


## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Prinsip Dasar Elektrolisis

Pada proses elektrodeposisi terjadi pengendapan logam pada permukaan logam lain secara elektrokimia, logam yang akan dilapisi bertindak sebagai katoda di dalam larutan elektrolit yang mengandung garam logam yang akan dilapiskan. Ion-ion di bawah pengaruh potensial listrik di antara dua elektroda akan bermigrasi. Kation akan bergerak menuju katoda dan anion bergerak ke anoda. Reaksi oksidasi terjadi pada permukaan anoda sedang reaksi reduksi terjadi pada permukaan katoda.

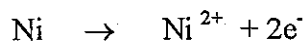
Di dalam air nikel sulfat terdisosiasi menjadi ion-ionnya :



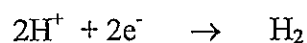
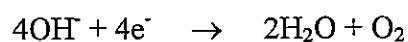
Air juga mengalami hidrolisis menjadi :



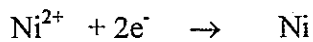
Ada dua jenis anoda yaitu anoda larut dan anoda inert. Pada anoda larut terjadi reaksi pelarutan anoda, misalnya anoda nikel,



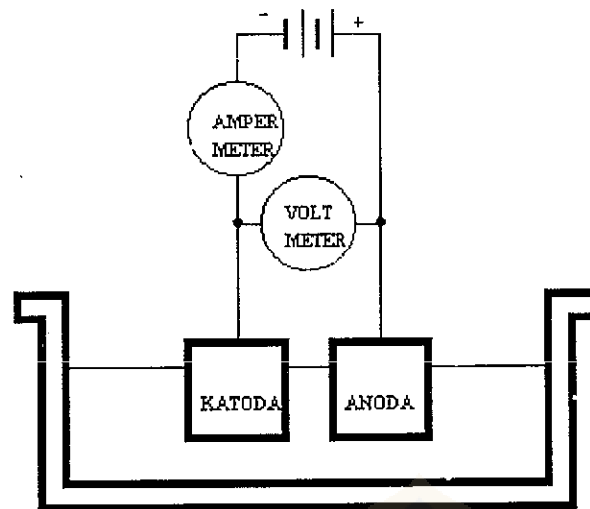
pembebasan oksigen di anoda dan pembebasan hidrogen di katoda



Pada anoda inert tidak terjadi pelarutan anoda. Elektrodeposit logam terjadi dari reduksi kation logam.



Prinsip kerja proses elektrodeposisi ditunjukkan dengan gambar berikut:



Gambar 1. Rangkaian alat proses elektrodeposisi

## 2.2. Hukum Faraday

Hukum Faraday mengenai elektrolisis adalah sebagai berikut : Berat ( $w$ ) logam yang terdeposisi di permukaan katoda sebanding dengan jumlah muatan yang dilewatkan ( $Q$  Coulomb) yang sebanding dengan kuat arus ( $I$  Amper)  $\times$  waktu ( $t$  detik), untuk jumlah muatan ( $It$ ), berat logam yang terdeposisi sebanding dengan ekuivalensi kimia logam tersebut ( $Ar/nF$ )

Hukum Faraday mengenai elektrolisa di atas dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$W = \frac{ItAr}{nF} \dots\dots\dots(1)$$

$Ar$  : berat atom (g / mol),     $n$  : valensi logam,     $F$  : tetapan Faraday ( C/mol)

$I$  : arus (Amper),                     $t$  : waktu (detik),     $W$  : berat deposit (g)

### 2.3. Efisiensi Arus Katoda

Efisiensi arus katoda didefinisikan sebagai perbandingan antara berat logam yang dapat terdeposisi pada permukaan katoda dengan berat logam yang terdeposisi secara teoritis menurut hukum Faraday.

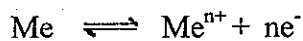
$$E_k = \frac{W_d}{W_t} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2)$$

$E_k$ : efisiensi arus katoda,  $W_d$ : berat logam yang dapat terdeposit

$W_t$ : berat logam yang terdeposit secara teoritis

### 2.4. Potensial Elektroda

Potensial elektroda adalah selisih potensial yang terbentuk antara elektroda dan elektrolit. Nilai potensial elektroda bergantung pada sifat dasar logam dan konsentrasi ion dalam larutan. Untuk suatu elektroda logam reversibel dengan reaksi elektroda sebagai berikut



Potensial elektroda  $E$ , dapat dinyatakan dengan persamaan Nernst sebagai berikut:

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln a_{Me^{n+}} \quad \dots\dots\dots(3)$$

Karena dalam larutan encer aktifitas  $a_{Me^{n+}}$  dapat digantikan dengan konsentrasi  $[Me^{n+}]$  maka:

$$E \approx E^0 + \frac{RT}{nF} \ln [Me^{n+}] \quad \dots\dots\dots(4)$$

$R$ : Konstanta gas ideal,  $E$ : Potensial elektroda,  $T$ : Temperatur mutlak

$E^0$ : Potensial reduksi standar,  $n$ : Jumlah elektron yang terlibat

## 2.5. Rapat Arus

Rapat arus adalah kuantitas arus di atas luasan tertentu, adalah perbandingan kuat arus dengan luas anoda. Besarnya dinyatakan dalam Amper/dm<sup>2</sup>. Rapat arus penting untuk menentukan kondisi operasi pelapisan yang baik jika efisiensi larutan diketahui maka berat atau ketebalan lapisan logam yang akan terdeposit selama waktu tertentu dengan rapat arus tertentu dapat dihitung.

## 2.6. Polarisasi

Ketika elektroda dicelupkan dalam larutan elektrolit walaupun tanpa dialiri arus listrik ada beda potensial antara elektroda yaitu potensial elektroda.

Jika elektroda dihubungkan dengan listrik dari luar, maka potensial elektroda digantikan oleh potensial dari luar tersebut. Katoda menjadi lebih negatif dan anoda lebih positif, potensial dekomposisi tercapai, arus mulai mengalir dan reaksi elektroda yang irreversibel terjadi yaitu logam terdeposit, hidrogen dibebaskan pada permukaan katoda dan oksigen dibebaskan di anoda. Ketika proses berlangsung dan potensial dekomposisi lebih besar dari potensial elektroda dikatakan terjadi polarisasi. Potensial polarisasi ( $E_p$ ) adalah sejumlah over potensial yang disebabkan oleh reaksi samping yang terjadi pada elektroda. pendekatan yang digunakan adalah :

1. Over potensial konsentrasi ( $\mu_{kon}$ )
2. Over potensial aktivasi ( $\mu_{akt}$ )
3. Over potensial ohmik ( $\mu_{ohm}$ )

$$E_p = E^0 + \mu_{kon} + \mu_{akt} + \mu_{ohm} \dots\dots\dots(5)$$

### 2.6.1. Over Potensial Konsentrasi

Over potensial konsentrasi adalah polarisasi yang diakibatkan oleh perbedaan konsentrasi ion logam di sekitar elektroda yang menjadi penyebab utama dari keadaan tersebut adalah densitas arus. Konsentrasi ion logam di sekitar permukaan katoda lebih kecil daripada konsentrasi pada jarak yang lebih jauh. Pada rapat arus yang lebih besar konsentrasi ion logam di dekat katoda menjadi lebih kecil dan over potensial konsentrasi lebih besar. Pada rapat arus yang tinggi dapat tercapai arus limit yang secara teori tercapai jika ion logam dipermukaan katoda sama dengan nol. Pada keadaan tersebut yang terjadi adalah pembebasan gas hidrogen di permukaan katoda, keadaan ini dikatakan terjadi over potensial hidrogen.

Over potensial konsentrasi dapat dikurangi dengan pemanasan dan pengadukan. Peningkatan temperatur meningkatkan mobilitas ionik yang dapat meningkatkan difusi ion. Pengadukan dapat menurunkan over potensial konsentrasi.

### 2.6.2. Over Potensial Aktivasi

Over potensial aktivasi menunjukkan keperluan energi untuk memindahkan ion pada antar muka elektrolit dan elektroda dan pembongkaran ion logam tersolvasi menjadi ion logam pada permukaan katoda.

### 2.6.3. Over Potensial Ohmik

Adanya lapisan tipis yang kurang bersifat penghantar pada permukaan elektroda menimbulkan tambahan polarisasi, lapisan itu dapat berupa oksida logam atau lapisan organik.

## 2.7. Perpindahan Massa

Perpindahan ion-ion didalam larutan elektrolit terjadi melalui tiga proses yaitu : migrasi, difusi, dan konveksi. Migrasi ion terjadi karena pengaruh potensial listrik. Difusi adalah proses perpindahan ion yang disebabkan oleh perbedaan konsentrasi, ion-ion bergerak dari konsentrasi tinggi menuju konsentrasi yang lebih rendah. Konveksi adalah pergerakan ion dalam larutan karena pengadukan. Konveksi hanya efektif untuk memindahkan ion-ion dari larutan ruah kelapisan ganda, sedang di dalam lapisan ganda ion-ion bergerak ke permukaan elektroda secara migrasi dan difusi.

Densitas fluk  $N$  ( $\text{mol}/\text{cm}^2$ ) adalah kuantitas gaya yang menyebabkan pergerakan ion dalam larutan. Densitas fluk tiap spesies ion di dalam larutan adalah sebagai berikut :

$$N_i = -Z_i \mu_i F C_i v \phi - D_i v C_i + C_i V \dots \dots \dots (6)$$

↑	↑	↑	↑
Fluk	Migrasi	Difusi	Konveksi

$Z_i$  : muatan keunsuran spesies  $i$ ,  $F$  : konstanta Faraday ( $\text{C}/\text{mol}$ ),  $\phi$  : potensial listrik (volt)  $\mu_i$  : mobilitas spesies  $i$  ( $\text{cm}^2 \text{ mol}/\text{J s}$ ),  $C_i$  : konsentrasi spesies  $i$  ( $\text{mol}/\text{cm}^3$ ),  $v$  : gradien konsentrasi ( $\text{cm}/\text{s}$ ),  $V$  : kecepatan aliran ( $\text{cm}/\text{s}$ ),  $D_i$  : Koefisien difusi spesies  $i$  ( $\text{cm}^2/\text{s}$ )

## 2.8. Aktifitas dan koefisien Aktifitas

Aktifitas diperkenalkan oleh GN Lewis sebagai pengganti konsentrasi. Aktifitas  $a_A$  dari suatu spesi  $A$  adalah sebanding dengan konsentrasi. Aktifitas dapat dinyatakan sebagai perkalian antara koefisien aktifitas  $[f_a]$  dengan

konsentrasi:

$$a_A = f_A [A],$$

Lewis-Randal memperkenalkan suatu besaran yang disebut kekuatan ion ( $I_A$ ), yang didefinisikan sebagai setengah jumlah hasil kali konsentrasi setiap ion dengan kuadrat muatannya.

$$I_A = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^{i=n} C_i Z_i^2 \dots\dots\dots(7)$$

$C_i$  : konsentrasi komponen  $i$ ,       $Z_i$  : muatan komponen  $i$

## 2.9. Tahanan

Tahanan adalah rintangan yang terdapat di dalam sistem terhadap arus listrik. Hubungan antara arus  $I$  ( Amper ), beda potensial  $V$  ( Volt ) dan tahanan  $R$  ( Ohm ) adalah

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots(8)$$

## 2.10. Hantaran

Arus listrik yang dibawa oleh ion-ion dan elektron disebut sebagai hantaran ( $L$ ) dan merupakan kebalikan dari tahanan yaitu :

$$L = \frac{1}{R} \dots\dots\dots(9)$$

Satuan untuk hantaran adalah mho.

## 2.11. Hantaran jenis

Hantaran jenis didefinisikan sebagai hantaran dari  $1 \text{ m}^3$  larutan.

$$k = L \frac{l}{A} \dots\dots\dots(10)$$

$$\frac{l}{A} = K \quad \dots\dots\dots(11)$$

A : luas elektroda ( $m^2$ ), l : jarak antar elektroda (m), k : hantaran jenis (mho/m), K : konstanta sel.

## 2.12. Hantaran Molar

Hantaran molar ( $\Lambda$ ) didefinisikan sebagai hantaran larutan yang mengandung 1 mol elektrolit dan ditempatkan diantara dua elektroda sejajar yang jaraknya 1 m.

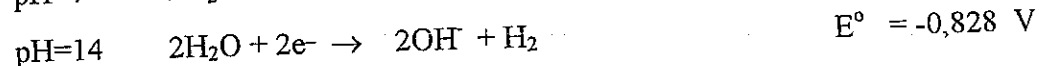
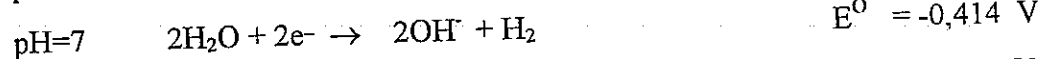
$$\Lambda = \frac{k}{C} \quad \dots\dots\dots(12)$$

C : konsentrasi elektrolit (mol/l)

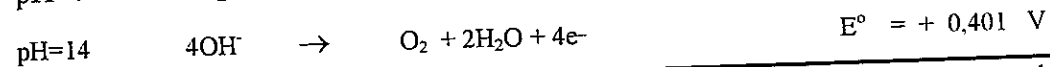
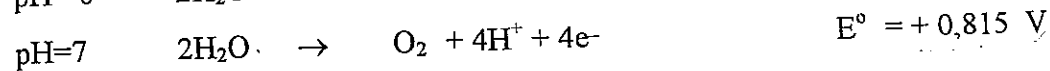
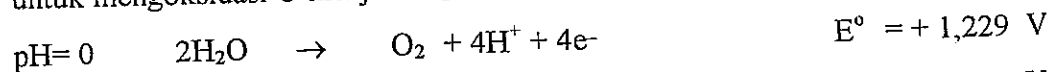
## 2.13. Efek pH

Keasaman larutan mempunyai pengaruh terhadap kemudahan pembebasan hidrogen dan oksigen. Dengan berkurangnya keasaman pembebasan hidrogen menjadi lebih sukar dan pembebasan oksigen menjadi lebih mudah.

untuk mereduksi  $H^+$  menjadi  $H_2$



untuk mengoksidasi O menjadi  $O_2$



Tabel 1. Tabel nilai  $E^0$  yang diperlukan untuk pembebasan gas hidrogen dan oksigen dari larutan.