

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Tembaga(I) Oksida

Ion  $\text{Cu}^{2+}$  dapat direduksi sebagai endapan tembaga(I) oksida ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ). Dalam udara kering, terutama dalam atmosfer nitrogen,  $\text{Cu}_2\text{O}$  stabil. Kelarutannya dalam air cukup rendah, sedangkan dalam larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , dan  $\text{HCl}$  kelarutan  $\text{Cu}_2\text{O}$  cukup tinggi<sup>[2]</sup>. Sifat fisik lain yang menunjukkan karakter  $\text{Cu}_2\text{O}$ , diantaranya mempunyai titik leleh  $1235\text{ }^\circ\text{C}$ <sup>[6]</sup>, mempunyai karakter khas spektra difraksi sinar-x<sup>[7,8]</sup>, dan warna endapan merah bata<sup>[2,3,4,9]</sup>.

Sifat konduktif  $\text{Cu}_2\text{O}$  ditunjukkan dengan nilai resistivitas,  $10 - 50\ \Omega\text{m}$ <sup>[10]</sup> dan energi gap,  $2,0\ \text{eV}$ <sup>[11]</sup>, sehingga  $\text{Cu}_2\text{O}$  dimanfaatkan sebagai bahan semikonduktor. Manfaat lain  $\text{Cu}_2\text{O}$  antara lain sebagai bahan katalis, fungisida, cat anti karat, pewarna peralatan gelas dan keramik<sup>[2]</sup>. Pembuatan  $\text{Cu}_2\text{O}$  telah dilakukan dengan cara elektrolisis<sup>[1,4]</sup>, dekomposisi termal  $\text{CuO}$ <sup>[9]</sup>, dan pengendapan kimiawi<sup>[3]</sup>.

#### 2.2. Limbah Perendaman PCB

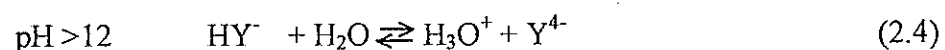
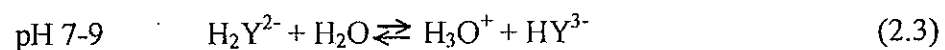
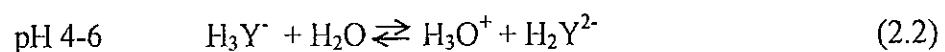
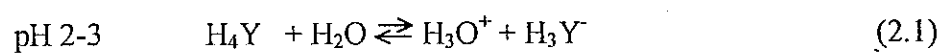
*Printed Circuit Board*, PCB merupakan *fiber glass* yang terlapis logam tembaga. Lapisan tembaga pada permukaan PCB tersebut digunakan untuk menggambar rangkaian komponen listrik bagi kepentingan bidang elektronika. Sisa lapisan tembaga yang tidak tergambar perlu dihilangkan dengan cara melarutkan lapisan tembaga dalam larutan  $\text{FeCl}_3$  dengan maksud menjaga kualitas rangkaian<sup>[11]</sup>.

Pelarutan lapisan tembaga dengan cara perendaman PCB tersebut menghasilkan limbah cair yang mengandung ion  $\text{Cu}^{2+}$ , sehingga limbah tersebut dapat dijadikan elektrolit dalam elektrolisis untuk pembuatan  $\text{Cu}_2\text{O}$ . Limbah perendaman PCB juga mengandung ion  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , dan  $\text{Cl}^-$  [12]. Ion  $\text{Fe}^{2+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$  yang bercampur dengan  $\text{Cu}^{2+}$  diperkirakan akan mengganggu elektrolisis, sehingga limbah yang digunakan dalam elektrolisis pada eksperimen dibuat model.

### 2.3. Kelarutan Kation

Kelarutan ion-ion dalam elektrolit menentukan keberhasilan elektrolisis, yaitu jenis endapan dan kuantitas massa endapan yang dihasilkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kelarutan ion-ion dalam elektrolit, diantaranya komposisi larutan perlu dikondisikan. Penambahan senyawa pengompleks dapat meningkatkan kelarutan ion-ion melalui pembentukan ion-ion kompleks<sup>[3]</sup>. Dalam penelitian, larutan  $\text{Na}_2\text{EDTA}$  dipilih sebagai pengompleks ion-ion logam dalam model limbah.

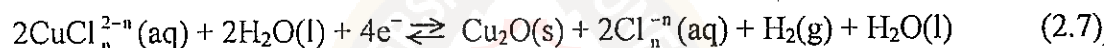
Pembentukan ion kompleks EDTA dipengaruhi oleh pH larutan, karena EDTA dalam larutan mengalami dissosiasi bertahap sesuai dengan perubahan pH. Dissosiasi EDTA tersebut juga menunjukkan persaingan ion logam dengan ion  $\text{H}^+$  untuk merebutkan anion EDTA pada daerah pH tertentu dan kemampuan ion logam membentuk senyawa kompleks<sup>[13]</sup>.



## 2.4. Elektrolisis

Proses elektrolisis merupakan suatu proses kimia yang terjadi karena adanya aktivitas elektron dalam larutan elektrolit ketika potensial listrik dilewatkan dalam sel elektrolitik. Reaksi reduksi pada katoda dan oksidasi pada anoda dalam bentuk pasangan setengah sel reaksi berlangsung di dalam sel elektrolitik<sup>[14]</sup>. Penerapan elektrolisis terhadap limbah model diperkirakan menyebabkan terjadinya reaksi reduksi-oksidasi seperti dicantumkan pada Reaksi 2.5 – 2.9.

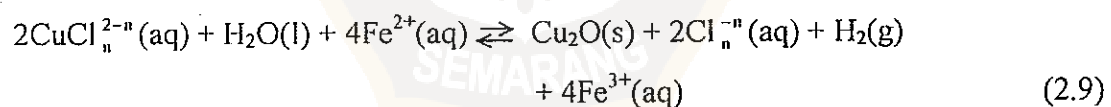
Reaksi pada katoda:



Reaksi pada anoda:



Reaksi total:



Elektrolisis menghasilkan produk elektrolisis yang dibebaskan pada elektroda. Massa hasil elektrolisis karena muatan listrik yang dilewatkan dalam sel elektrolitik dirumuskan dalam hukum Faraday, yaitu<sup>[14,15]</sup>.

1. Banyaknya materi yang dihasilkan pada elektroda berbanding lurus dengan jumlah arus listrik yang melewati sel elektrolitik.
2. Jika sejumlah arus listrik yang melewati sel elektrolitik menghasilkan materi yang berlainan, maka massa tiap-tiap materi yang dihasilkan berbanding lurus dengan berat ekuivalen tiap-tiap materi tersebut.

Secara sederhana kedua hukum tersebut dinyatakan pada persamaan 2.10.

$$W = e \cdot i \cdot t \quad (2.10)$$

Parameter  $W$ ,  $e$ ,  $i$ , dan  $t$ , berturut-turut menyatakan massa hasil elektrolisis (g), berat ekuivalen molekul ( $\text{gC}^{-1}$ ), kuat arus yang dialirkan dalam sistem elektrolisis (A) dan waktu (detik)<sup>[14,15]</sup>.

Persamaan Faraday dapat dihubungkan dengan persamaan Ohm. Persamaan Ohm menyatakan hubungan potensial listrik (V) terhadap kuat arus (i) seperti ditunjukkan pada Persamaan 2.11.

$$V = i \cdot R \quad (2.11)$$

Parameter  $V$ ,  $i$ , dan  $R$ , berturut-turut menyatakan potensial listrik (V), kuat arus (A) dan hambatan sistem ( $\Omega$ )<sup>[10]</sup>. Substitusi persamaan Ohm (2.11) ke dalam persamaan Faraday (2.10) seperti dinyatakan pada persamaan 2.12 menunjukkan hubungan linear massa endapan terhadap potensial listrik.

$$W = e \cdot \frac{V}{R} \cdot t \quad (2.12)$$

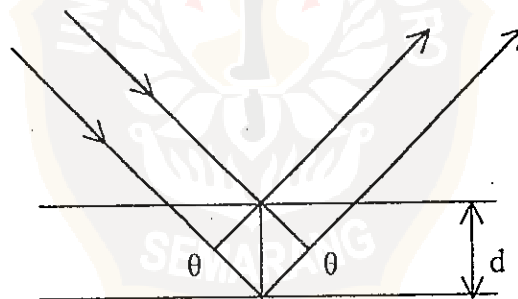
## 2.5. Karakterisasi Tembaga(I) Oksida

Metode difraksi sinar-X digunakan untuk mengkarakterisasi dan menentukan struktur mineral dan logam dengan menganalisis daerah sidik jari<sup>[16]</sup>. Metode tersebut digunakan dalam penelitian untuk menentukan jenis senyawa tembaga yang terbentuk dari hasil pengendapan elektrokimiawi.

Metode difraksi sinar-X didasarkan atas hukum Bragg seperti dicantumkan pada Persamaan 2.13 dan sistem difraksi sinar-X ditunjukkan pada Gambar 2.1<sup>[16]</sup>.

$$n \lambda = 2 d \sin \theta \quad (2.13)$$

dengan  $n$ ,  $\lambda$ ,  $d$  dan  $\sin \theta$  masing-masing adalah indeks, panjang gelombang, jarak dua sinar terdifraksi dan orientasi difraksi sinar.



Gambar 2.1. Sistem refleksi sinar-x

Sinar datang berupa sinar-X monokromatik mengenai bidang kristal, sinar yang dihamburkan saling berinterferensi satu sama lain dan meninggalkan bidang kristal dengan panjang gelombang,  $\lambda$  yang setara dengan jarak antar atom,  $d$ . Difraktometer mengolah sinar difraksi yang dihasilkan dan dinyatakan dalam nilai  $d$  ( $\text{\AA}$ ) dan  $\theta$  ( $^\circ$ ). Kedua nilai tersebut merupakan sidik jari dari senyawa yang dianalisis

dan diperlihatkan sebagai puncak-puncak yang bersifat khas dalam difraktogram. Perbandingan nilai  $d$  atau  $\theta$  difraktogram standar dan difraktogram hasil eksperimen dapat digunakan untuk menentukan jenis senyawa yang terbentuk<sup>[8]</sup>. Nilai  $d$   $\text{Cu}_2\text{O}$  dapat terbaca pada 3,01; 2,46; 2,13; 1,74; 1,51; 1,42; 1,35; 1,28; 1,23; dan 1,14 Å<sup>[7,8]</sup>. Analisis jenis endapan dengan metode difraksi sinar-X dapat mengalami penyimpangan. Penyebab penyimpangan tersebut antara lain perbedaan struktur dan fase kristal, orientasi kristal, *overlapping* puncak spektra, dan beda sumber standar puncak spektra<sup>[16]</sup>.

