

**STUDI PENGARUH RAPAT ARUS DAN KONSENTRASI ION  
TEMBAGA TERHADAP EFISIENSI ARUS PADA ELEKTROLISIS  
SERBUK TEMBAGA MENGGUNAKAN ANODA *INERT* TIMAH HITAM**

**JURNAL ILMIAH**

**GIGIH SAFARDWIYANSYAH**

**12318007**



**FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN  
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI  
INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG  
KOTA DELTAMAS  
AGUSTUS 2022**

**STUDI PENGARUH RAPAT ARUS DAN KONSENTRASI ION  
TEMBAGA TERHADAP EFISIENSI ARUS PADA ELEKTROLISIS  
SERBUK TEMBAGA MENGGUNAKAN ANODA *INERT* TIMAH HITAM**

**JURNAL ILMIAH**

**GIGIH SAFARDWIYANSYAH**

**12318007**

Kota Deltamas, Agustus 2022

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



**Dr. Soleh Wahyudi, S.T., M.T.**

**NIP. 0410017105**

# STUDI PENGARUH RAPAT ARUS DAN KONSENTRASI CU TERHADAP EFISIENSI ARUS PADA ELEKTROLISIS SERBUK TEMBAGA MENGGUNAKAN ANODA *INERT* TIMAH HITAM

Gigih Safardwiyansyah<sup>1</sup>, Soleh Wahyudi<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik dan Desain, Institut Teknologi Sains Bandung, Kota Deltamas Lot-A1 CBD, Jl. Ganesha Boulevard, Pasirranji, Kec. Cikarang Pusat, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat 17530  
email : [gigih safar@gmail.com](mailto:gigih safar@gmail.com)

## Abstrak

Sintesis serbuk tembaga dapat dilakukan dengan metode elektrolisis. Pada penelitian ini, percobaan elektrolisis dilakukan dengan menggunakan material anoda *inert* yaitu plat timah hitam dan untuk material katodanya menggunakan plat *stainless steel* 316L. Bahan larutan elektrolit menggunakan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1M grade industri. Percobaan elektrolisis serbuk tembaga berlangsung selama 10 menit pada suhu ruangan ( $\pm 27^\circ\text{C}$ ) dengan bervariasi konsentrasi ion Cu 0,02; 0,11; 0,2; 0,29 M dan variasi rapat arus 0,05; 0,125; 0,2; 0,275 A/cm<sup>2</sup>. Endapan serbuk tembaga yang dihasilkan kemudian discrapping lalu dibilas dan dikeringkan pada suhu 100°C dalam oven. Selanjutnya, serbuk tembaga ditimbang beratnya untuk kemudian dihitung efisiensi arus. Serbuk pada efisiensi terendah dan tertinggi dikarakterisasi dengan *Scanning Elektron Microscope* (SEM) untuk mengetahui morfologi serbuk, *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (EDX) untuk mengetahui komposisi unsur serbuk tembaga, dan *X-ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui senyawa yang terbentuk dan *Particle Size Analyzer* (PSA) untuk menguji ukuran partikel serbuk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan rapat arus akan menurunkan efisiensi arus, sedangkan peningkatan konsentrasi ion tembaga akan meningkatkan efisiensi arus yang dihasilkan. Dihasilkan efisiensi arus sebesar 11,14% sampai 99,47% dengan karakteristik serbuk tembaga yang dihasilkan pada efisiensi rendah memiliki morfologi berbentuk rounded dengan ukuran partikel rata-rata 60,83µm, sedangkan pada efisiensi arus tinggi memiliki morfologi berbentuk dendritik dengan ukuran partikel rata-rata 342,3µm. Serbuk tembaga berukuran maksimal 74µm dapat dihasilkan pada kondisi konsentrasi ion tembaga 0,11M dengan range rapat arus 0,05 – 0,275 A/cm<sup>2</sup>. Semakin lama waktu elektrolisis, semakin turun nilai konsentrasi ion Cu didalam larutan, dan nilai terendah sebesar 8700 ppm dicapai dengan waktu elektrolisis selama 70 menit.

Kata Kunci : Elektrolisis, Serbuk Tembaga, Efisiensi Arus, anoda *inert*

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada proses electroplating, 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 (Marwati et al., 2009). Limbah cair tersebut mengandung logam - logam berat di antaranya adalah logam berat tembaga. Jumlah logam tembaga yang diperbolehkan terakumulasi dalam air adalah 1,3 ppm dan bila lebih akan bersifat toksik dan dapat menyebabkan gangguan tertentu pada makhluk hidup,

sehingga diperlukan langkah-langkah pencegahan berupa pengambilan atau pemisahan logam berat tembaga tersebut (Haris et al., 2005).

Salah satu alternatif penanganan limbah larutan adalah dengan memperoleh kembali logam pelapis yang kadarnya masih cukup tinggi dengan metode electrowinning. Metode electrowinning bertujuan untuk mendapatkan logam dari larutan ruah yang kaya akan ion logam secara elektrolisis. Larutan ruah adalah limbah Copper Bath yang masih kaya akan kandungan logam tembaga. Hasil yang didapat dari proses electrowinning berbentuk serbuk logam tembaga. Beberapa variabel yang berpengaruh pada proses electrowinning diantaranya adalah rapat arus, lama waktu, besar tegangan, ion logam pengotor besi, dan pH limbah (Maria N.Tj, 2002)

Serbuk tembaga merupakan salah satu bahan logam yang digunakan untuk membuat komponen otomotif, elektronika dan juga sebagai bahan untuk produk cat yang bersifat konduktif (Subagja et al., 1996). Selain itu, serbuk tembaga juga digunakan untuk bahan antiseptik & anti fouling karena sifat anti bakteri dan anti mikrobial yang dimilikinya. Tembaga memiliki sifat biocides sehingga serbuk tembaga dapat dijadikan sebagai bahan cat anti-fouling yang banyak digunakan untuk pelapisan permukaan luar lambung kapal laut. Serbuk tembaga dalam bentuk senyawa dapat digunakan sebagai bahan campuran pupuk, industri kimia dan aplikasi spesifik lainnya (Mubarok et al., 2017).

Berdasarkan kondisi tersebut, maka dilakukan penelitian pengaruh rapat arus dan konsentrasi Cu terhadap efisiensi arus pada sintesis serbuk tembaga dengan metode elektrolisis menggunakan anoda inert timah hitam untuk mengetahui pengaruh rapat arus dan konsentrasi Cu terhadap efisiensi arus yang dihasilkan serta karakteristik serbuk tembaga yang dihasilkan dan penurunan kadar tembaga dalam larutan.

### 1.2 Tujuan Penelitian

1. Mempelajari sintesis serbuk tembaga menggunakan metode elektrolisis dengan anoda inert timah hitam.
2. Mengetahui pengaruh rapat arus dan konsentrasi tembaga terhadap efisiensi arus.
3. Mengetahui pengaruh waktu terhadap penurunan kadar tembaga dalam larutan
4. Menetapkan kondisi operasional elektrolisis agar dihasilkan serbuk tembaga berukuran maksimal 74 $\mu$ m.
5. Mengetahui karakteristik serbuk tembaga yang dihasilkan.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan konsentrasi ion Cu 0,02; 0,11; 0,2; 0,29 M, rapat arus 0,05; 0,125; 0,2; 0,275 A/cm<sup>2</sup> dan waktu 10 menit. Proses elektrolisis dilakukan di suhu ruangan (27°C). Endapan serbuk yang terbentuk di scrapping lalu dikeringkan dalam oven dengan atmosfer udara pada suhu 100°C. Setelah itu dilakukan uji SEM untuk mengetahui morfologi serbuk dan distribusi ukuran serbuk, uji EDX untuk mengetahui komposisi unsur serbuk tembaga, uji XRD untuk mengetahui fasa yang terbentuk dan uji PSA untuk mengetahui ukuran distribusi serbuk tembaga.

### 2.1 Peralatan Penelitian

1. Rectifier 10A-30V DC
2. Oven
3. Timbangan digital
4. Tangki elektrolisis
5. Anoda timah hitam
6. Katoda SS 316L

### 2.2 Bahan Penelitian

1. Larutan Asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
2. Serbuk Copper Sulfat (CuSO<sub>4</sub>)
3. Larutan Aquades (TDS : 0)

### 2.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan melalui serangkaian urutan kegiatan, diawali dengan kegiatan preparasi alat, bahan dan komponen percobaan lainnya, sampai dengan tahap pengujian untuk memperoleh data penunjang mengenai penelitian yang dilakukan. Secara rinci, penelitian yang dilakukan dapat dijabarkan sebagai urutan-urutan kegiatan sebagai berikut :

1. Preparasi Alat dan Bahan
2. Instalasi Alat
3. Proses Elektrolisis
4. Proses Scrapping Serbuk Tembaga
5. Proses Pengeringan Serbuk Tembaga
6. Penimbangan Serbuk Tembaga
7. Tahap Pengujian (SEM-EDX, XRD, PSA dan Colorimeter)
8. Tahap Perhitungan

Variasi percobaan yang digunakan yaitu dengan memvariasikan antara rapat arus dan konsentrasi Cu ditunjukkan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Kondisi Percobaan Elektrolisis

Rapat Arus (A/cm <sup>2</sup> )	Konsentrasi Ion Cu (M)	Waktu (menit)
0,05	0,02	10
0,125	0,02	10
0,2	0,02	10
0,275	0,02	10
0,05	0,11	10
0,125	0,11	10
0,2	0,11	10
0,275	0,11	10
0,05	0,2	10
0,125	0,2	10
0,2	0,2	10
0,275	0,2	10
0,05	0,29	10
0,125	0,29	10
0,2	0,29	10
0,275	0,29	10

Pertama disiapkan elektroda yang digunakan pada percobaan ini, yaitu menggunakan plat

anoda *inert* timah hitam dan plat katoda *stainless steel 316 L*. Lembaran timah hitam dan *stainless steel* diukur dan kemudian dipotong sesuai dengan kebutuhan. Pada percobaan ini ukuran plat anoda dan katoda yang digunakan berukuran P 7 x L 2,5 cm dengan ukuran yang terendam P 4 x L 2,5 cm. Kemudian plat *stainless steel* ditutup bagian satu sisi permukaannya dan sisi permukaan lainnya dibersihkan agar serbuk tembaga dapat menempel dengan baik. Setelah itu katoda siap untuk digunakan untuk proses elektrolisis. Setelah selesai proses, katoda dibersihkan menggunakan alat ultrasonic vibrator agar serbuk yang masih menempel pada katoda dapat terlepas dan katoda kembali menjadi bersih dan siap digunakan kembali untuk variasi percobaan yang lain. Setelah selesai dibersihkan, katoda dikeringkan dengan alat pengering (*hair dryer*).

Selanjutnya pembuatan larutan elektrolit dengan cara melarutkan serbuk  $\text{CuSO}_4$  sesuai variasi percobaan dan 54,3478 mL larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat ke dalam larutan aquades hingga volume total menjadi 1 liter, kemudian diaduk hingga tercampur merata. Kemudian larutan elektrolit tersebut dituang ke dalam tangki elektrolisis sebanyak 500 ml pada setiap percobaan.



**Gambar 1.** Instalasi Sel Elektrolisis Tembaga

Proses elektrolisis tembaga dilakukan seperti **Gambar 1** dengan memvariasikan rapat arus dan konsentrasi Cu sesuai dengan **Tabel 1** dengan menggunakan *Rectifier* Arus DC dan dioperasikan pada suhu ruangan ( $\pm 27^\circ\text{C}$ ) berlangsung selama 10 menit.

Endapan tembaga yang dihasilkan kemudian diletakan kedalam aluminium foil yang dibentuk menjadi mangkok kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu maksimal  $40^\circ\text{C}$  sampai kering.

Selanjutnya serbuk tembaga dicek menggunakan alat *Moisture Meter* untuk memastikan apakah serbuk tembaga sudah benar-benar kering atau belum. Setelah kering, serbuk tembaga yang dihasilkan kemudian ditimbang dan diletakan didalam wadah untuk dilakukan karakterisasi. Setelah didapat data berat serbuk tembaga yang dihasilkan, selanjutnya dilakukan perhitungan efisiensi arus menggunakan hukum faraday :

$$W \text{ teoritis} = \frac{\text{Ar} \cdot I \cdot t}{n \cdot F} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{W \text{ actual}}{W \text{ teoritis}} \times 100\%$$

Keterangan :

W teoritis = Berat endapan teoritikal (gr)

W actual = Berat endapan actual (gr)

Ar = Massa atom relative

I = Arus listrik (A)

t = Waktu pengendapan (s)

n = Perubahan elektron

F = Tetapan Faraday (96500 Coulomb)

$\eta$  = Efisiensi Arus (%)

Setelah efisiensi arus didapatkan, selanjutnya serbuk tembaga dilakukan karakterisasi untuk memperoleh data tambahan mengenai penelitian ini. Serbuk tembaga dilakukan karakterisasi SEM-EDX dengan perangkat *Hitachi type SU3500* untuk memperoleh morfologi serbuk tembaga serta kandungna unsumnya, karakterisasi PSA menggunakan perangkat jenis *Beckman Coulter LS 13 320* dan *optical model Fraunhofer* untuk memperoleh data ukuran serbuk tembaga yang dihasilkan dan karakterisasi XRD dengan perangkat jenis *Bruker D8 Advance* untuk mengetahui komposisi unsur dan senyawa yang terdapat didalam serbuk tembaga.

Selain percobaan diatas, dilakukan juga percobaan dengan variasi waktu dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu terhadap penurunan konsentrasi Cu didalam larutan elektrolit. Percobaan tersebut menggunakan variasi pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Kondisi Operasional Variasi Waktu terhadap Penurunan Konsentrasi Cu didalam Larutan

Rapat Arus (A/cm <sup>2</sup> )	Konsentrasi Ion Cu (M)	Waktu (menit)
0,125	0,2	10
0,125	0,2	30
0,125	0,2	50
0,125	0,2	70

Proses elektrolisis dilakukan sama seperti percobaan sebelumnya tetapi menggunakan kondisi operasional pada **Tabel 2**. dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh waktu elektrolisis terhadap penurunan kadar Cu didalam larutan elektrolit.

Disiapkan 2 buah plat katoda *stainless steel* 316 L yang berukuran sama karena proses

elektrolisis dilakukan secara *continuous* dan dalam waktu setiap 10 menit sekali dilakukan penggantian katoda dengan. tujuan untuk memanen atau melakukan *scrapping* endapan serbuk tembaga yang menempel pada katoda agar endapan tembaga dapat terus terbentuk seiring berjalannya proses elektrolisis hingga selesai.

Setelah semua proses elektrolisis pada setiap variasi selesai, larutan elektrolit yang sudah digunakan untuk proses elektrolisis diaduk kemudian disimpan dalam wadah botol kecil untuk digunakan dalam pengeukuran kadar Cu yang ada didalam larutan elektrolit tersebut. Pengecekan kadar Cu didalam larutan elektrolit menggunakan metode fotometer dengan jenis perangkat *Hanna Checker*

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

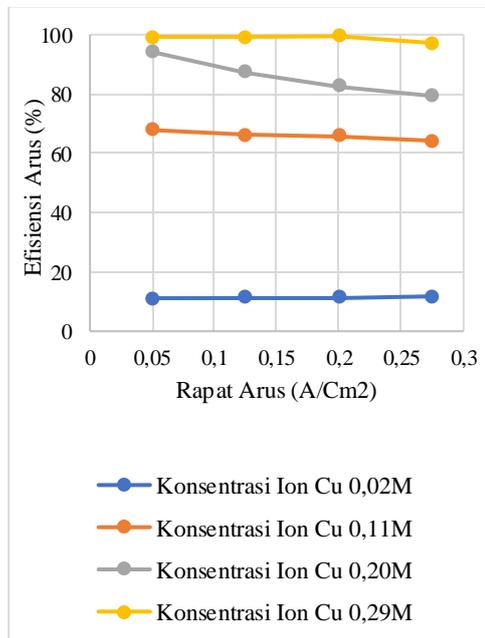
**Tabel 3.** Hasil Percobaan

No	Konsentrasi Ion Cu (M)	Rapat Arus (A/cm <sup>2</sup> )	Waktu (menit)	Arus (A)	Voltage (V)	Wact (gr)	Wteoritis (gr)	Efisiensi Arus (%)
1	0,02	0,05	10	0,50	3,0	0,011	0,011	11,14
2	0,02	0,125	10	1,25	3,8	0,028	0,028	11,34
3	0,02	0,2	10	2,00	4,3	0,045	0,045	11,39
4	0,02	0,275	10	2,75	5,0	0,064	0,064	11,78
5	0,11	0,05	10	0,50	3,1	0,067	0,067	67,83
6	0,11	0,125	10	1,25	3,8	0,163	0,163	66,01
7	0,11	0,2	10	2,00	4,3	0,262	0,260	65,81
8	0,11	0,275	10	2,75	5,0	0,349	0,349	64,24
9	0,2	0,05	10	0,50	3,0	0,093	0,093	94,15
10	0,2	0,125	10	1,25	3,6	0,216	0,216	87,47
11	0,2	0,2	10	2,00	4,4	0,329	0,327	82,76
12	0,2	0,275	10	2,75	4,8	0,431	0,431	79,33
13	0,29	0,05	10	0,50	2,9	0,097	0,098	99,21
14	0,29	0,125	10	1,25	3,6	0,245	0,245	99,21
15	0,29	0,2	10	2,00	4,2	0,393	0,393	99,47
16	0,29	0,275	10	2,75	4,8	0,528	0,528	97,19

Setelah percobaan dengan variasi dan kondisi operasional pada **Tabel 1**. Didapat berat serbuk tembaga teoritis dan berat serbuk

tembaga actual. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan rumus Faraday, didapat hasil efisiensi arus pada setiap percobaan dapat

dilihat pada **Tabel 3**, dan jika diplot kedalam grafik akan menjadi seperti **Gambar 3**. Grafik Pengaruh Rapat Arus terhadap Efisiensi Arus dan **Gambar 4**. Grafik pengaruh Konsentrasi Cu Terhadap Efisiensi Arus.

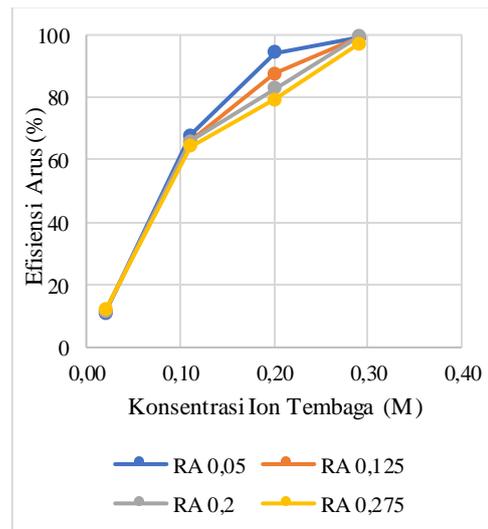


**Gambar 3.** Grafik Pengaruh Rapat Arus terhadap Efisiensi Arus

Secara teoritis, efisiensi arus akan semakin menurun seiring dengan semakin besarnya arus listrik yang digunakan (Fidyaningsih et al., 2015). Penurunan efisiensi arus terjadi akibat dari evolusi hidrogen yang kuat pada katoda atau terbentuknya gas oksigen di anoda (Damisih et al., 2015). Peningkatan rapat arus akan meningkatkan pembentukan gas hidrogen (Annisa, 2018), akan tetapi berdasarkan data diatas, pada kondisi konsentrasi larutan tertentu efisiensi tidak menunjukkan kecenderungan turun.

Pada konsentrasi Cu 0,29M terjadi sebaliknya, yaitu efisiensi arus mengalami kenaikan seiring meningkatnya rapat arus yang digunakan. Hal ini terjadi karena gas hidrogen yang terbentuk pada konsentrasi Cu tinggi lebih sedikit dari pada pada konsentrasi Cu rendah, sehingga endapan serbuk tembaga lebih mudah terbentuk dan akan mempengaruhi berat serbuk tembaga yang dihasilkan sehingga akan menaikkan efisiensi arus yang didapat. Namun pada rapat arus 0,275 A/cm<sup>2</sup> terjadi penurunan arus mungkin disebabkan karena adanya *human error* saat melakukan proses *scrapping* serbuk atau saat proses elektrolisis berlangsung.

Pada konsentrasi Cu 0,02M efisiensi mengalami kenaikan sedikit disetiap meningkatnya rapat arus, namun efisiensi yang dihasilkan masih sangat sedikit hanya sekitar 11%. Maka dari itu pada kondisi ini merupakan kondisi yang tidak optimum untuk menghasilkan serbuk tembaga karena hanya menghasilkan efisiensi arus sebesar 11% yang berarti endapan serbuk tembaga yang terbentuk di katoda jauh lebih sedikit dibandingkan pada kondisi lain.

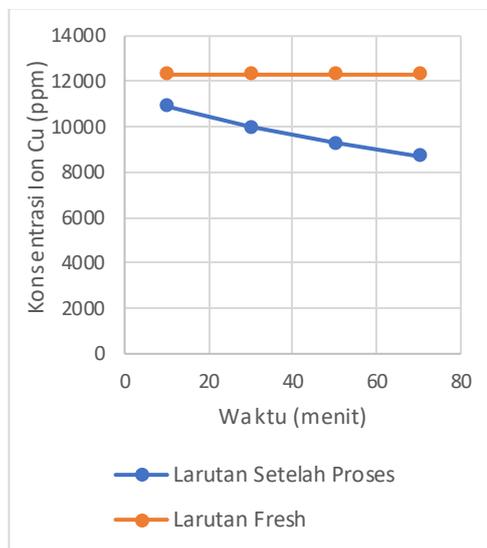


**Gambar 4.** Grafik Pengaruh Konsentrasi Cu Terhadap Efisiensi Arus

Pengaruh konsentrasi Cu terhadap efisiensi arus adalah semakin besar konsentrasi Cu yang digunakan, maka endapan tembaga di katoda semakin banyak dan semakin besar pula efisiensi arus yang didapat. Contohnya, pada konsentrasi Cu 0,11M dengan rapat arus 0,125 A/cm<sup>2</sup> dihasilkan efisiensi arus hanya sebesar 66,01% sedangkan pada konsentrasi elektrolit 0,2M dengan rapat arus 0,125 A/cm<sup>2</sup> dihasilkan efisiensi arus sebesar 87,47%. Dalam hal ini komposisi konsentrasi Cu sangat mempengaruhi reaksi reduksi di katoda.

Semakin tinggi nilai konsentrasi Cu didalam larutan elektrolit maka gas hidrogen yang terbentuk semakin sedikit, sehingga endapan serbuk tembaga dapat mudah terbentuk di katoda, sehingga dapat menaikkan efisiensi arus. Jika konsentrasi Cu sedikit pada larutan elektrolit memudahkan untuk terbentuknya gas hidrogen sehingga pembentukan endapan serbuk tembaga di katoda jadi terhalang dan menyebabkan efisiensi arus menurun.

Setelah percobaan dengan variasi dan kondisi operasional pada **Tabel 2**. Setelah dilakukan pengecekan kadar Cu didalam larutan elektrolit menggunakan *Hanna Checker* didapat hasil seperti pada **Gambar 5**.



**Gambar 5.** Grafik Pengaruh Waktu terhadap Penurunan Kadar Konsentrasi Cu dalam Larutan Elektrolit pada Rapat Arus 1,25 A/cm<sup>2</sup> dengan Konsentrasi Cu 0,2M

Hasil penelitian terlihat bahwa semakin lama waktu elektrolisis maka semakin berkurang kadar Cu di dalam larutan. Hasil elektrolisis pada larutan tembaga sulfat adalah berupa endapan serbuk tembaga yang menempel pada katoda. Hal ini menyebabkan Cu yang ada didalam larutan tereduksi menjadi endapan serbuk tembaga di katoda. Semakin lama waktu elektrolisis, maka semakin banyak endapan serbuk tembaga pada katoda, sehingga membuat kadar Cu didalam larutan akan berkurang seiring lamanya waktu elektrolisis.

#### IV. KESIMPULAN

1. Serbuk tembaga dapat dihasilkan melalui metode elektrolisis dengan menggunakan anoda *inert* timah hitam.
2. Efisiensi arus meningkat seiring menurunnya rapat arus dan meningkatnya konsentrasi ion tembaga.
3. Efisiensi arus paling rendah sebesar 11,14% diperoleh pada kondisi rapat arus 0,05 A/cm<sup>2</sup> dan konsentrasi ion tembaga 0,02M dan efisiensi arus paling tinggi sebesar 99,47% didapat pada kondisi rapat arus 0,2 A/cm<sup>2</sup> dan konsentrasi ion tembaga 0,29M.

4. Semakin lama waktu elektrolisis yang dilakukan, ion Cu dalam larutan akan semakin berkurang karena terbentuk menjadi serbuk, sehingga dapat menurunkan kadar ion tembaga didalam larutan, kadar ion tembaga paling rendah sebesar 8700 ppm didapat pada waktu elektrolisis selama 70 menit.
5. Serbuk tembaga berukuran kurang dari 74µm dapat dihasilkan dengan konsentrasi ion tembaga 0,2 M dengan range rapat arus 0,05 – 0,275 A/cm<sup>2</sup>.
6. Karakteristik serbuk tembaga pada efisiensi rendah memiliki morfologi serbuk berbentuk rounded dengan ukuran partikel rata – rata sebesar 60,83 µm. Sedangkan pada efisiensi tinggi memiliki morfologi serbuk berbentuk dendritic dengan ukuran partikel rata – rata sebesar 342,3µm.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- Damisih, D., Fidyarningsih, R., Pravitasari, R. D., Agustanhakri, Aprilia, L., & Purwati, H. (2015). Pembuatan Serbuk Tembaga Berukuran Di Bawah 1 Mikron Dengan Metode Elektrolisis. *Prosiding Seminar Nasional Fisika, IV*(Oktober), 127–132.
- Fidyarningsih, R., Pravitasari, R. D., Aprilia, L., & Purwati, H. (2015). Pembuatan Serbuk Tembaga Berukuran Di Bawah 1 Mikron Dengan Metode Elektrolisis Snf2015-Vii-127 Snf2015-Vii-128. *E-Proceeding of Engineering, IV*(January), 127–132.
- Haris, A., Riyanti, A. D., & Gunawan, G. (2005). Pengendapan Logam Tembaga dengan Metoda Elektrolisis Internal. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi, 8*(2), 33–38. <https://doi.org/10.14710/jksa.8.2.33-38>
- Maria N.Tj, G. (2002). Perolehan kembali logam tembaga dari limbah copper bath dengan metode electrowinning. *Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 5*–6.
- Marwati, S., Padmaningrum, R. T., & Marfuatun. (2009). Pemanfaatan Ion Logam Berat Tembaga (II), Kromium (II), Timbal (II), Dan Seng (II) Dalam Limbah Cair Industri Electroplating Untuk Pelapisan Logam Besi. *Jurnal Penelitian Sainstek, 14*(Ii), 17–40.
- Mubarok, M. Z., Nugroho, L., & Wahyudi, S. (2017). Sintesis Serbuk Tembaga dengan Metode Elektrolisis : Studi Perilaku Elektrokimia dan Karakterisasi Serbuk. *Jurnal Teknik, November, 623*–632.

Subagja, R., Bunudi, R., Arief, A., Sudaryat, & A.H, U. (1996). *Percobaan Pembuatan Serbuk Tembaga Dalam Skala Pilot Plant* (p. 1). Prosiding Pemaparan Hasil Litbang Ilmu Pengetahuan Teknik, Bandung.