

**PENGARUH KONSENTRASI TEMBAGA DAN RAPAT  
ARUS TERHADAP EFISIENSI ARUS DAN KOMSUMSI  
ENERGI PADA SINTESIS SERBUK TEMBAGA DENGAN  
METODE ELEKTROLISIS**

**JURNAL ILMIAH**

**SIEGFRIED ALBERT HUSIG JUNIOR**

**123.16.005**



**PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI  
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN  
INSTITUT TEKNOLOGI DAN SAINS BANDUNG  
KOTA DELTAMAS  
FEBRUARI 2021**

**PENGARUH KONSENTRASI TEMBAGA DAN RAPAT  
ARUS TERHADAP EFISIENSI ARUS DAN KOMSUMSI  
ENERGI PADA SINTESIS SERBUK TEMBAGA DENGAN  
METODE ELEKTROLISIS**

**JURNAL ILMIAH**

**SIEGFRIED ALBERT HUSIG JUNIOR**

**123.16.005**

Diajukan Sebagai Salah Satu Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada  
Program Studi Teknik Metalurgi

Menyetujui,

Kota Deltamas, 12 Februari 2021

Dosen Pembimbing I



**Prof.Ir.Syoni Soepriyanto, M.Sc**

NIP. 195203181976031001

Dosen Pembimbing I



**Ir.Soleh Wahyudi, M.T**

NIDN. 0410017105

# PENGARUH KONSENTRASI TEMBAGA DAN RAPAT ARUS TERHADAP EFISIENSI ARUS DAN KOMSUMSI ENERGI PADA SINTESIS SERBUK TEMBAGA DENGAN METODE ELEKTROLISIS

Siegfried A Husig Junior<sup>[1]</sup>, Soleh Wahyudi<sup>[1]</sup> Syoni Soepriyanto<sup>[2]</sup>  
Program Studi Teknik Metalurgi, Institut Teknologi dan Sains Bandung<sup>[1]</sup>  
Program Studi Teknik Metalurgi, Institut Teknologi Bandung<sup>[2]</sup>  
Email: [siegfriedjunior3@gmail.com](mailto:siegfriedjunior3@gmail.com)

## Abstrak

Metode elektrolisis diterapkan untuk menghasilkan serbuk tembaga. Serbuk tembaga yang dihasilkan dengan elektrolisis memiliki banyak keunggulan seperti kemurnian tinggi, luas permukaan spesifik yang besar serta kompresibilitas dan cetakan yang baik. Parameter penting dalam elektrolisis adalah efisiensi arus dan konsumsi energi. Selanjutnya dalam penelitian ini diteliti pengaruh faktor konsentrasi ion tembaga dan rapat arus terhadap efisiensi arus dan konsumsi energi. Larutan elektrolit menggunakan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1M dengan kondisi operasional yang divariasikan adalah konsentrasi ion tembaga 0.04 M, 0.08 M, 0.16 M, 0.22 M, dan rapat arus 0.1 A/cm<sup>2</sup>, 0.25 A/cm<sup>2</sup>, 0.4 A/cm<sup>2</sup>, 0.55 A/cm<sup>2</sup>. Proses elektrolisis berlangsung selama 5 menit. Material anoda menggunakan tembaga murni dan material katodanya menggunakan titanium grade 1. Tabel rancangan percobaan ditetapkan menggunakan software Minitab. Serbuk tembaga yang dihasilkan ditimbang beratnya yang kemudian digunakan untuk menghitung efisiensi arus dan konsumsi energi. Selanjutnya, serbuk diuji dengan Scanning Elektron Microscope (SEM) untuk mengetahui morfologi serbuk dan ukuran partikelnya, Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX) untuk mengetahui komposisi unsur serbuk tembaga, dan X-ray Diffraction (XRD) untuk mengetahui senyawa yang terbentuk. Foto SEM partikel serbuk tembaga kemudian diolah dengan perangkat lunak ImageJ untuk mengetahui ukuran partikelnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi dan penurunan rapat arus dapat meningkatkan efisiensi dan menurunkan konsumsi energi namun dapat meningkatkan ukuran partikel serbuk tembaga. Efisiensi arus tertinggi sebesar 66% dicapai pada kondisi konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  0,22 M, rapat arus 0,1 A/cm<sup>2</sup> dan konsumsi energi terendah sebesar 1,895 KWh/gr dicapai juga pada kondisi konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  0,22 M, rapat arus 0,1 A/cm<sup>2</sup>. Karakteristik serbuk tembaga yang dihasilkan adalah memiliki morfologi berbentuk dendritik, mengandung Cu dan  $\text{Cu}_2\text{O}$  dengan komposisi 87,56% Cu dan 10,44%  $\text{Cu}_2\text{O}$ , serta ukuran partikel rata-rata untuk efisiensi arus rendah 301  $\mu\text{m}$ , dan efisiensi tinggi 386,4  $\mu\text{m}$ .

Kata Kunci : Elektrolisis, Serbuk Tembaga, Konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$ , Rapat Arus, Efisiensi Arus, Konsumsi Energi

## I. PENDAHULUAN

Serbuk logam banyak digunakan untuk pembuatan komponen seperti gera roda, cincin piston, gear, alat bedah dan lain-lain, karena serbuk logam mudah dibentuk maupun dicetak. Logam yang paling umum digunakan dalam serbuk logam adalah besi, aluminium, tembaga, timah, nikel titanium, dan logam tahan panas. Ada beberapa teknik pembuatan serbuk diantaranya yaitu dengan mekanik (Mechanical atau Pulverization), kimia (Chemical), elektrolisis (Electrolytic Deposition) dan atomisasi (Atomization) <sup>[1]</sup>.

Sintesis serbuk dengan metode elektrolisis merupakan metode pemrosesan yang ekonomis dengan investasi modal dan biaya operasional yang rendah. Kelebihan utama dari metode ini adalah

serbuk yang dihasilkan memiliki kemurnian tinggi dan kandungan oksigen yang rendah. Salah satu logam yang dapat dibuat menjadi serbuk dengan metode elektrolisis yaitu tembaga <sup>[2]</sup>.

Untuk mendapatkan serbuk tembaga, reaksi elektrolitik harus dilakukan pada rapat arus tinggi atau kelebihan potensial tinggi dengan konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  yang rendah. Namun, selain terbentuk serbuk pada permukaan katoda, reaksi lain yang juga terjadi pada permukaan katoda adalah reaksi evolusi gas hidrogen. Keberadaan reaksi evolusi gas hidrogen menyebabkan efisiensi arus terbentuknya serbuk tembaga menjadi rendah karena gelembung hidrogen yang terjadi pada permukaan katoda akan menghambat penempelan tembaga <sup>[3]</sup>. Dengan rendahnya efisiensi arus akan berkorelasi dengan tingginya konsumsi energi.

Berdasarkan kondisi tersebut, dilakukan penelitian pengaruh konsentrasi ion tembaga ( $\text{Cu}^{2+}$ ) dan rapat arus terhadap efisiensi arus dan konsumsi energi pada sintesis serbuk tembaga dengan metode elektrolisis.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Alat dan Bahan

#### 2.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rectifier 10A-30V DC, Gelas Beaker, Gelas Ukur, *Ultrasonic Vibrator*, Multimeter, Oven, Hairdryer, dan Timbangan.

#### 2.1.2 Bahan

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah Padatan  $\text{CuSO}_4$ , Larutan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , Amidis, Plat Tembaga 105 x 25 mmdan Plat Titanium 105 x 25 mm.

### 2.2 Prosedur Kerja

Disiapkan elektroda katoda (Titanium) dan Anoda (Copper). Lalu disiapkan bahan larutan elektrolit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 M dan konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  dengan variasi 0,04 M, 0,08 M, 0,16 M, 0,22 M. Langkah pertama membuat larutan elektrolit, dimasukan 250ml amidis ke dalam gelas beaker 1000ml, dimasukan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 M kedalam gelas beaker aduk hingga terlarut, ditambahkan konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  dengan variasi 0,04 M, 0,08 M, 0,16 M, 0,22 M. diaduk hingga merata, setelah itu ditambahkan amidis hingga volume larutan menjadi 1000ml, lalu dibagi larutan elektrolit ke gelas beaker 1000ml dan ditunggu suhu larutan elektrolit menjadi suhu ruang ( $27^\circ\text{C}$ ).

Proses elektrolisis serbuk tembaga dilakukan, dengan langkah pertama mengatur rapat arus yang digunakan pada proses elektrolisis serbuk tembaga dengan *rectifier*. Rapat arus yang digunakan pada proses elektrolisis serbuk tembaga adalah 0,1  $\text{A}/\text{cm}^2$ , 0,25  $\text{A}/\text{cm}^2$ , 0,4  $\text{A}/\text{cm}^2$ , dan 0,55  $\text{A}/\text{cm}^2$ . Setelah rapat arus telah selesai di atur maka dilakukan proses elektrolisis selama 5 menit pada setiap sampel hingga selesai.

Setelah proses elektrolisis dilakukan, dipisahkan serbuk tembaga pada katoda dengan *Vibrator Ultrasonic* (Krisbow) yang diberi air pada prosesnya. Proses ini membutuhkan waktu 3 sampai 4 menit. Hasil berupa serbuk tembaga basah dimasukkan kedalam wadah dan ditunggu hingga

mengendap selama 30 menit. Setelah serbuk tembaga mengendap, serbuk dipindahkan ke Aluminium Foil dan dikeringkan dengan oven  $100^\circ\text{C}$ . Setelah serbuk mengering, ditimbang dengan timbangan digital. Lalu disimpan pada plastik sampel yang sudah disiapkan. Semua sampel dilakukan pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan X-ray diffraction (XRD)

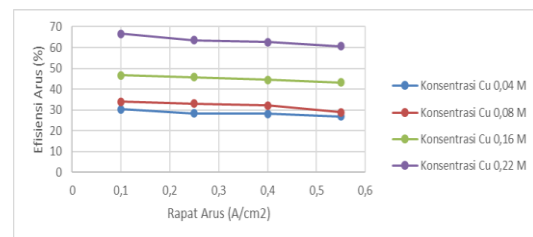
## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Efisiensi Arus dan Konsumsi Energi

Hasil efisiensi arus dan konsumsi energi serbuk tembaga dari elektrolisis, didapatkan sebagai berikut :

**Tabel 3.1** Hasil Efisiensi Arus dan Konsumsi Energi

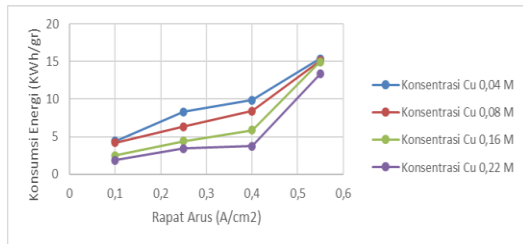
Kons $\text{Cu}^{2+}$ (M)	RA ( $\text{A}/\text{cm}^2$ )	Efisiensi Arus (%)	Konsumsi Energi (KWh/gr)
0,04	0,1	30,320	4,437
	0,25	28,356	8,303
	0,4	28,183	9,846
	0,55	26,802	15,373
0,08	0,1	34,017	4,202
	0,25	33,082	6,355
	0,4	32,052	8,395
	0,55	28,946	15,106
0,16	0,1	46,589	2,527
	0,25	45,783	4,408
	0,4	44,393	5,872
	0,55	43,286	14,959
0,22	0,1	66,556	1,895
	0,25	63,505	3,443
	0,4	62,629	3,759
	0,55	60,573	13,327



**Gambar 3.1** Pengaruh Konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  dan Rapat Arus Terhadap Efisiensi Arus

Rapat arus membawa pengaruh terhadap efisiensi arus yang dihasilkan, semakin tinggi rapat arus maka efisiensi arus akan semakin menurun. Semakin tinggi konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  maka efisiensi arus semakin tinggi. Efisiensi arus tinggi 66% pada kondisi konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  0,22 M, rapat arus 0,1  $\text{A}/\text{cm}^2$ . Efisiensi arus yang rendah disebabkan oleh terjadinya reaksi samping yaitu terbentuknya gas hidrogen pada katoda atau terbentuknya gas oksigen di anoda [6-8]. Hal ini terjadi karena adanya penguraian air yang terdapat dalam larutan elektrolit.

Semakin tinggi rapat arus maka semakin banyak volume gas hidrogen yang terbentuk



**Gambar 3.2** Pengaruh Konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  dan Rapat Arus Terhadap Konsumsi Energi

Semakin tinggi rapat arus maka konsumsi energi yang dihasilkan akan semakin besar, hal ini dikarenakan semakin tinggi rapat arus yang diberikan maka volt yang dikeluarkan pada alat rectifier pun semakin besar. Pada kondisi rapat arus 0.1 A/cm<sup>2</sup> konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  0.22 M, dihasilkan konsumsi energi yang rendah yaitu 1,895 KWh/gr.

### 3.2 Faktor yang Mempengaruhi Serbuk Tembaga

Untuk mengetahui faktor yang berpengaruh dalam penelitian ini, digunakan tabel Analysis of Variance (ANOVA). Setelah itu, dicari F tabel dengan menggunakan excel sebagai pembanding dengan F hitung. Nilai F tabel yang didapat yaitu 9,276.

**Tabel 3.2** Tabel ANOVA Untuk Pengaruh Konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  Dan Rapat Arus Terhadap Efisiensi Arus

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Konsentrasi Cu	3	2989,40	996,467	2070,62	0,000
Rapat Arus	3	41,49	13,830	28,74	0,000
Error	9	4,33	0,481		
Total	15	3035,22			

Hasil dari efisiensi arus terhadap konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  dan rapat arus. Dapat dikatakan hal yang mempengaruhi efisiensi arus ialah konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  dikarenakan hasil F hitung konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  lebih besar dibandingkan hasil F hitung rapat arus. F hitung konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  sebesar 2070,62, sedangkan F hitung rapat arus 28,74.

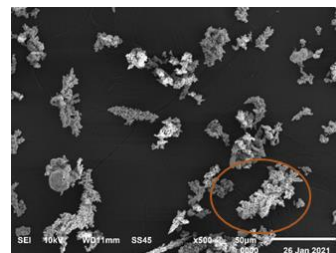
**Tabel 3.3** Tabel ANOVA Untuk Pengaruh Konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  Dan Rapat Arus Terhadap Konsumsi Energi

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Konsentrasi Cu	3	35,250	11,7501	13,63	0,001
Rapat Arus	3	293,433	97,8111	113,43	0,000
Error	9	7,761	0,8623		
Total	15	336,444			

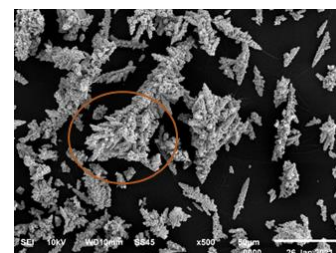
Hasil dari konsumsi energi terhadap konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  dan rapat arus. Hasil konsumsi energi berbanding terbalik dengan efisiensi arus, dimana hasil F hitung konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  lebih kecil dibandingkan hasil F hitung rapat arus. F hitung konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  13,63, sedangkan F hitung rapat arus sebesar 113,43. Sehingga dapat disimpulkan rapat arus yang mempengaruhi konsumsi energi.

### 3.1 Morfologi Serbuk yang Dihasilkan

Serbuk tembaga diuji dengan SEM untuk melihat morfologinya.



**Gambar 3.3** Efisiensi Arus Rendah (Konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  0,04 M, Rapat Arus 0,55 A/cm<sup>2</sup>)



**Gambar 3.4** Efisiensi Arus Rendah (Konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  0,022 M, Rapat Arus 0,1 A/cm<sup>2</sup>)

Scanning Electron Microscope (SEM) dengan sampel yang memiliki efisiensi arus rendah dan efisiensi arus tinggi. Hasil dari serbuk tembaga identik dengan bentuk dendritic Gambar 3.3 memiliki bentuk serbuk yang dendritik seperti jagung. Gambar 3.4 memiliki bentuk serbuk yang lebih dendritik dengan struktur yang bercabang

seperti pakis dengan rata-rata ukuran partikel serbuk tembaga efisiensi arus rendah  $301\mu\text{m}$  dan efisiensi arus tinggi  $386,4\mu\text{m}$ .

### 3.3 Unsur dan Senyawa Serbuk yang Dihasilkan

Komposisi serbuk tembaga yang dihasilkan menggunakan karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD) dengan hasil sebagai berikut.

**Tabel 3.4** Komposisi Serbuk Tembaga

Weight ratio		
Phase name	Content(%)	Normalize (%)
Pure Copper	87.6(3) [Peak.10]	87.56
Cuprite	10.44(6) [Peak.6]	10.44

Senyawa dan unsur yang terdapat pada serbuk tembaga, dihasilkan Cu murni sebesar 87,56%, dan Cuprite ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) sebesar 10,44%.. Sehingga dapat disimpulkan, hasil serbuk tembaga yang dielektrolisis menghasilkan banyak Cu murni dengan sedikit Cu yang teroksidasi.

## IV. KESIMPULAN

1. Faktor yang paling berpengaruh untuk meningkatkan efisiensi arus adalah konsentrasi ion  $\text{Cu}^{2+}$ , Sedangkan faktor yang paling berpengaruh terhadap penurunan konsumsi energi adalah rapat arus
2. Efisiensi arus tertinggi berada pada nilai 66% dan tercapai pada kondisi konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  0,22 M, rapat arus  $0,1\text{ A/cm}^2$
3. Konsumsi energi terendah tercapai pada nilai 1,895 kWh/gr dan tercapai pada kondisi konsentrasi  $\text{Cu}^{2+}$  0,22 M, rapat arus  $0,1\text{ A/cm}^2$
4. Serbuk tembaga yang dihasilkan memiliki struktur dendritik dengan rata-rata ukuran partikel serbuk tembaga efisiensi arus rendah  $301\mu\text{m}$  dan efisiensi arus tinggi  $386,4\mu\text{m}$ .
5. Serbuk tembaga yang dihasilkan mengandung Cu dan  $\text{Cu}_2\text{O}$  dengan komposisi 87,56% Cu dan 10,44%  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

## V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. H. Mulyani, Y. C. Tanjung, and D. H. Prajitno, "Pengaruh Variasi Arus dan Waktu terhadap Pembuatan Serbuk Timah Putih (Sn) melalui Proses Elektrodeposisi," *J. Kartika Kim.*, vol. 2, no. 1, pp. 7–

- 16, 2019.
- [2] M. G. Pavlović, N. D. Nikolić, and K. I. Popov, "The current efficiency during the cathodic period of reversing current in copper powder deposition and the overall current efficiency," *J. Serbian Chem. Soc.*, vol. 68, no. 8–9, pp. 649–656, 2003, doi: 10.2298/JSC0309649P.
- [3] M. Y. Wang, Z. Wang, and Z. C. Guo, "Preparation of electrolytic copper powders with high current efficiency enhanced by super gravity field and its mechanism," *Trans. Nonferrous Met. Soc. China (English Ed.)*, vol. 20, no. 6, pp. 1154–1160, 2010.

