

# Pengaruh Logam Tembaga dalam Penyisihan Logam Nikel dari Larutannya menggunakan Metode Elektrodeposisi

PAWITANIA AFIFAH SEKAR AZNI<sup>1</sup>, DJAENUDIN<sup>2</sup>, M. RANGGA SURURI<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Itenas Bandung  
Email: [pawitania@yahoo.com](mailto:pawitania@yahoo.com)

## ABSTRAK

*Nikel dan tembaga yang terdapat pada limbah elektroplating merupakan bahan berbahaya dan beracun (limbah B3) karena memiliki sifat karsinogenik (dapat menyebabkan kanker). Penelitian ini menggunakan metode elektrodeposisi untuk pengolahan limbah industri elektroplating. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya konsentrasi logam tembaga terlarut yang mempengaruhi proses elektrodeposisi nikel. Larutan yang digunakan adalah air limbah artifisial nikel dari industri elektroplating yaitu larutan  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dengan konsentrasi nikel 1000 ppm. Reaktor yang digunakan adalah gelas kimia berukuran 1 liter dengan menggunakan penutup dan terdapat 2 tabung berlubang untuk menempatkan katoda dan anoda. Variasi tembaga yang digunakan adalah; 1%, 5% dan 10%. Variasi tegangan yang digunakan adalah 2 volt, 3,5 volt dan 5 volt. Berdasarkan hasil penelitian, efisiensi penyisihan nikel mengalami peningkatan pada saat penambahan tembaga sebanyak 5% dan mengalami penurunan pada saat penambahan tembaga sebanyak 10% dan hal ini terjadi pada semua variasi tegangan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa penambahan tembaga membantu dalam penyisihan nikel namun dapat pula menghambat penyisihan nikel pada konsentrasi tertentu. Untuk semua variasi penambahan tembaga, energi spesifik terendah adalah pada tegangan 2 volt.*

**Kata kunci:** elektrodeposisi, nikel, tembaga.

## ABSTRACT

*Nickel and copper are contained in electroplating waste is hazardous and poisonous waste because it has carcinogenic. This study uses electrodeposition method for electroplating industry wastewater treatment. The aim of this research is to determined the concentration of dissolved copper metal which affect nickel electrodeposition process. The sample was an artificial nickel waste from electroplating industry,  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  with concentration of nickel is 1000 ppm. A 1 liter beaker was used as reactor, equipped with the cover and there are two hollow tubes to place the cathode and anode. Variations of the copper used was 1%, 5% and 10%, meanwhile the voltage used was 2 volt, 3,5 volt and 5 volt. Based on the results, the efficiency of nickel increased allowance at the time of the addition of copper as much as 5% and has decreased at the time of the addition of copper as much as 10% and this happens on all voltage variations. Therefore, it can be concluded that the addition of copper contributed in nickel removal, but also inhibiting nickel removal at the certain levels. For all variations of copper addition, the lowest specific energy is at 2 volts.*

**Keywords:** electrodeposition, nickel, copper.

## 1. PENDAHULUAN

Kegiatan industri elektroplating sering menimbulkan permasalahan lingkungan. Hal ini disebabkan penggunaan logam berat yaitu logam nikel dan tembaga. Logam nikel dan tembaga banyak ditemukan dalam lingkungan karena banyak industri yang tidak memperhatikan keselamatan lingkungan. Sumber utama kontaminan logam nikel dan tembaga berasal dari udara dan air yang mencemari tanah. Semua tanaman yang tumbuh di atas tanah yang telah tercemar akan mengakumulasi logam nikel dan tembaga pada semua bagian tanaman. Logam nikel dan tembaga yang ada dalam tanaman akan masuk ke tubuh hewan atau manusia pada saat proses pencernaan sehingga mengakibatkan tertimbunnya logam nikel pada tubuh hewan dan manusia. Selain dari tanaman, manusia dapat tercemar logam nikel melalui udara saat bernafas, air minum serta hasil ternak yang dikonsumsi (berupa daging, telur dan susu). Bahaya nikel bagi manusia secara langsung atau tidak langsung adalah dapat merusak DNA (*Deoxyribo Nucleic Acid*) dan meningkatkan resiko kanker, menyebabkan iritasi serta immuno-toksisitas. Apabila manusia terkontaminasi tembaga maka akan terjadi keracunan akut yang gejalanya antara lain adalah bau logam pada pernafasan, epigastrium terasa terbakar dan muntah berulang-ulang. Adapun keracunan kronis dapat menyebabkan terjadinya kemunduran dalam pertumbuhan, kerusakan kerja otak serta penurunan fungsi ginjal.

Berkenaan dengan permasalahan tersebut, perlu dikembangkan suatu teknik pengolahan limbah untuk mengurangi konsentrasi unsur logam nikel dan tembaga yang ada di dalam limbah industri elektroplating, salah satunya adalah metode elektrodeposisi. Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya yang menyimpulkan bahwa metode elektrodeposisi dapat menyisihkan konsentrasi nikel dalam air limbah artifisial sebesar 94,15% (Sefira, 2011). Terdapat perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu adanya penambahan tembaga pada proses elektrodeposisi. Hal ini dilakukan untuk mengetahui keberlanjutan dari penelitian sebelumnya dan mengetahui pengaruh dari ditambahkannya tembaga dalam proses elektrodeposisi limbah nikel yang pada penelitian sebelumnya tidak dilakukan.

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 51 Tahun 1995 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri, konsentrasi nikel yang diperbolehkan ada di dalam limbah industri adalah sebesar 1 mg/L. Bila konsentrasi tersebut melebihi baku mutu maka akan berdampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menurunkan konsentrasi nikel dalam air limbah elektroplating artifisial sehingga sesuai dengan standar baku mutu dan dapat menjadi alternatif dalam mengolah limbah logam.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh logam tembaga terlarut terhadap proses elektrodeposisi nikel dari larutannya dan tujuan penelitian ini yaitu mengetahui besarnya konsentrasi logam tembaga terlarut yang mempengaruhi proses elektrodeposisi nikel. Ruang lingkup yang merupakan pembatasan masalah dan pembahasan pada penelitian ini adalah sampel larutan yang digunakan merupakan air limbah artifisial nikel dari industri elektroplating, yaitu larutan  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dengan konsentrasi nikel yang terkandung didalamnya sekitar 1000 ppm. Reaktor yang digunakan adalah reaktor elektrodeposisi berbentuk tabung dengan diameter 14 cm dan tinggi 15 cm serta volume limbah yang digunakan sebesar 500 ml.

## **2. METODOLOGI PENELITIAN**

Untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan maksud dan tujuan maka dibuat tahapan penelitian agar lebih mudah dan terstruktur. Penelitian dilakukan di Pusat Penelitian Kimia Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) dan Laboratorium Analisis Kimia Teknologi Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batu Bara (PUSLITBANG TEKMIRA).

### **2.1 Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan informasi dan teori dasar yang diperlukan dalam melakukan penelitian ini. Studi literatur didapat dari berbagai sumber seperti internet, jurnal, buku, laporan penelitian dan lain sebagainya.

### **2.2 Persiapan Penelitian**

Persiapan yang dilakukan untuk melakukan penelitian ini meliputi persiapan alat dan bahan serta pembuatan sampel limbah artifisial. Reaktor yang digunakan adalah reaktor elektrodeposisi berbentuk tabung dengan diameter 14 cm dan tinggi 15 cm serta volume limbah yang digunakan sebesar 500 ml. Pada penelitian ini konsentrasi nikel yang digunakan adalah sebesar 1000 mg/L. Kandungan nikel sebesar 1000 mg/L dipilih karena industri elektroplating menghasilkan logam berat dengan konsentrasi sekitar 1000 mg/L (Dermentzis, 2010), dengan asumsi bahwa nikel juga termasuk logam berat didalamnya. Pada saat pembuatan limbah artifisial nikel, setelah diukur dengan menggunakan AAS konsentrasi nikel pada limbah ini adalah 1104,3 mg/L dan tidak tepat 1000 mg/L. Hal ini dapat disebabkan karena faktor ketidakteelitian pada saat pembuatan limbah artifisial menggunakan labu ukur 1L. Bahan yang digunakan untuk pembuatan limbah adalah  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  yang dilarutkan dengan akuades. Pelarutan  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  itu akan menyebabkan terdisosiasinya nikel dengan reaksi :



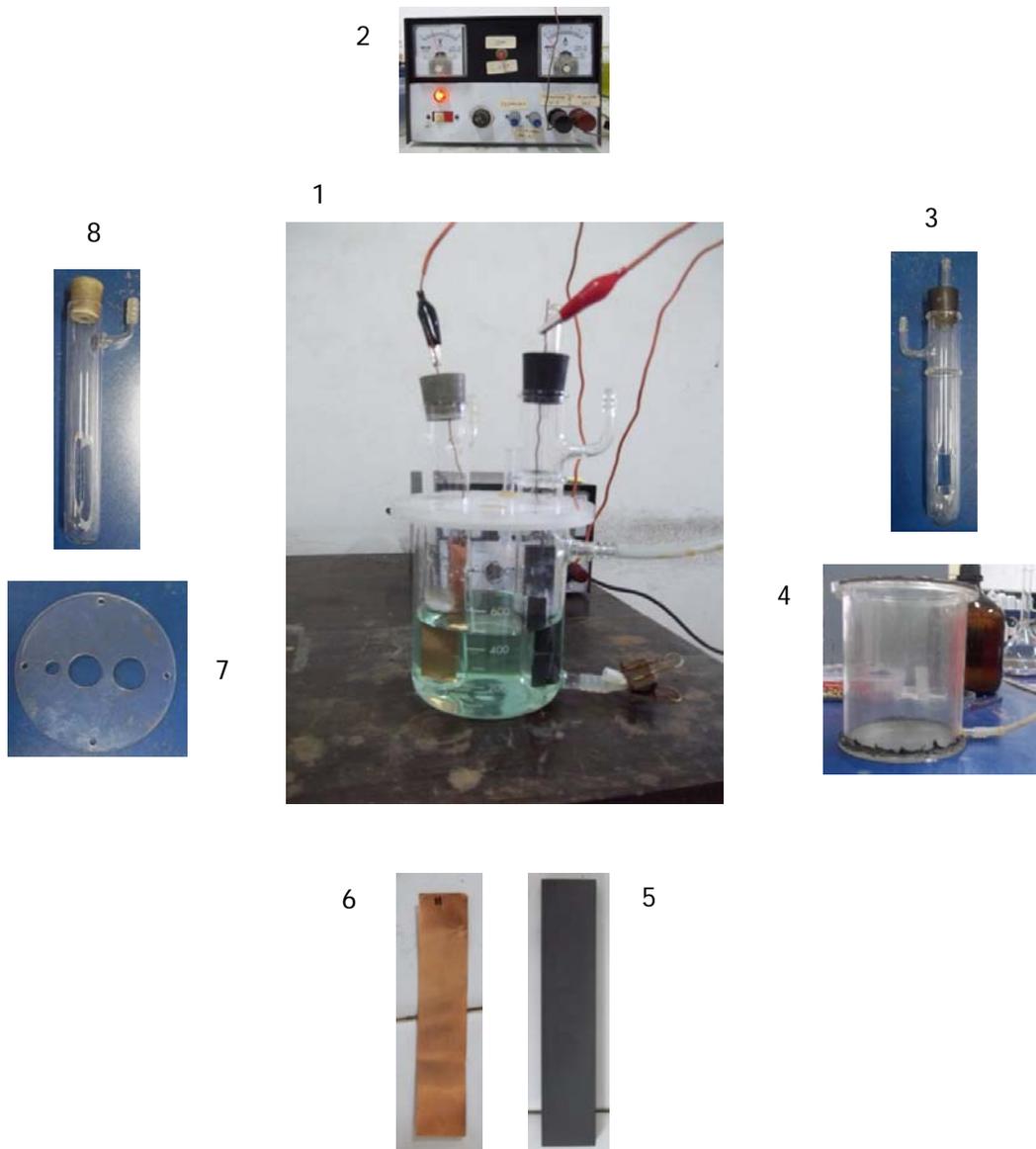
Reaksi ini menunjukkan bahwa nikel ada di dalam limbah artifisial dalam bentuk terlarut, yaitu  $\text{Ni}^{2+}$ .

Adapun konfigurasi reaktor yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

### **2.3 Penyisihan Nikel**

Pada penelitian ini dilakukan penyisihan nikel tanpa dan dengan penambahan tembaga selama 0,5 jam dengan menggunakan sampel limbah artifisial sebanyak 500 ml dan menggunakan elektrolit support berupa  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  1M sebanyak 71,021 gram. Variasi tembaga yang digunakan adalah; 1%, 5% dan 10%. Variasi konsentrasi tersebut dipilih karena tembaga ditambahkan untuk melihat pengaruhnya pada penelitian ini maka penambahannya pun hanya diperlukan sedikit. Variasi tegangan listrik yang digunakan adalah; 5 volt, 3,5 volt dan 2 volt. Ketiga tegangan itu dipilih berdasarkan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan Sefira (2011) dimana pada tegangan 5 volt, arus dapat terdeteksi.

Katoda yang digunakan adalah tembaga dan anoda yang di gunakan adalah karbon. Analisa pH, DHL, suhu, arus, berat katoda dan anoda serta konsentrasi logam nikel dan tembaga dilakukan sebelum dan sesudah proses. Pengukuran pH menggunakan pH meter, pengukuran DHL menggunakan konduktivimeter, pengukuran suhu menggunakan termometer, pengukuran konsentrasi logam nikel pada sampel menggunakan perangkat AAS dan pengukuran berat katoda dan anoda menggunakan timbangan analitik.



**Gambar 1. Konfigurasi Reaktor**

Keterangan:

- 1 = Reaktor elektrodposisi
- 2 = *Rectifier*
- 3 = Tempat penyimpanan anoda
- 4 = Tabung reactor
- 5 = Anoda
- 6 = Katoda
- 7 = Penutup reaktor
- 8 = Tempat menyimpan katoda

## 2.5 Analisa dan Pembahasan

Analisa dan pembahasan meliputi pengukuran parameter pH, DHL, temperatur, arus dan konsentrasi logam (nikel dan tembaga) pada sampel limbah artifisial. Analisa dilakukan

dengan membandingkan karakteristik awal dengan karakteristik akhir setelah dilakukan proses elektrodeposisi sehingga diperoleh persentase penyisihan nikel pada sampel. Data hasil penelitian akan dianalisa dalam bentuk grafik dan tabel. Efisiensi penyisihan nikel dihitung dengan persamaan :

$$\% \text{ Penyisihan nikel} = \frac{(\text{konsentrasi Ni awal} - \text{konsentrasi Ni akhir})}{\text{konsentrasi Ni awal}} \times 100\% \quad (1)$$

Pada penelitian ini terdapat arus yang mengalir selama proses, maka dilakukan perhitungan energi spesifik (Es). Energi spesifik menunjukkan besarnya energi yang diperlukan untuk menghasilkan berat endapan nikel di katoda selama proses.

Energi spesifik (Es) dihitung dengan persamaan:

$$Es = \frac{E}{\text{massa nikel}} \quad (2) \qquad E = \frac{V \cdot I \cdot t}{1000} \quad (3) \qquad \text{Massa nikel} = \frac{(Co - Ct) \cdot 0,5 \text{ L}}{1000000} \quad (4)$$

Keterangan :

- |                               |                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Es = energi spesifik (kWh/kg) | T = waktu (detik)                   |
| E = energi (kWh)              | Co = konsentrasi nikel awal (mg/L)  |
| V = tegangan listrik (volt)   | Ct = konsentrasi nikel akhir (mg/L) |
| I = arus (A)                  | Massa nikel yang tersisihkan = kg   |

## 2.6 Kesimpulan

Kesimpulan diambil berdasarkan hasil penelitian yang telah dianalisis.

## 3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Daya hantar listrik (DHL), pH dan suhu merupakan variabel respon. Variabel respon adalah variabel yang berubah sebagai hasil dari perubahan variasi pada penelitian ini. Parameter arus merupakan variabel kontrol dalam penelitian ini. Maksud dari arus merupakan variabel kontrol adalah sesuai dengan Hukum Faraday, semakin besar konsentrasi suatu larutan elektrolit support, maka semakin besar daya hantar listriknya. Semakin besar daya hantar listriknya, maka semakin besar arusnya dimana arus berbanding lurus dengan penyisihan Ni (Newman, J.S, 1984). Massa katoda dan anoda ditimbang untuk melihat perubahan yang terjadi sebelum dan setelah proses elektrodeposisi.

### 3.1 Penyisihan Nikel tanpa Penambahan Tembaga

Pada penelitian ini dilakukan penyisihan nikel tanpa penambahan tembaga selama 0,5 jam. Data pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1:

**Tabel 1. Data Penelitian tanpa Tembaga**

Parameter	Tegangan Listrik					
	5 volt		3,5 volt		2 volt	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
pH	5,41	3,47	5,43	5,36	5,68	5,23
Suhu (°C)	26	35	25	27	26	26
DHL (mS/cm)	96,4	97,0	96,4	96,6	96,7	97,4
Kuat Arus Listrik (A)	0,75	1,12	0,225	0,86	0,12	0,13
Konsentrasi Logam Ni (mg/L)	1104,3	993,1	1104,3	1097,3	1104,3	1070,2
% penyisihan Ni <sup>2)</sup>	10,075 %		0,640 %		3,088 %	
Berat Katoda (gram)	2,777	2,786	2,713	2,728	2,722	2,729
Berat Anoda (gram)	18,439	18,413	18,649	18,653	18,443	18,447

*Sumber : Hasil Penelitian, 2012, 2) Perhitungan, 2012*

Pada saat pembuatan limbah artifisial nikel, konsentrasi nikel pada limbah ini adalah 1104,3 mg/L, tidak tepat 1000 mg/L. Hal ini disebabkan karena faktor ketidaktepatan pada saat pembuatan limbah artifisial menggunakan labu ukur 1L. Tujuan menentukan pH untuk melihat kemampuan dari larutan dalam menghasilkan lapisan yang baik. Parameter DHL merupakan salah satu faktor penentu pada penelitian ini karena besarnya DHL berbanding lurus dengan besarnya arus listrik yang mengalir.

Tabel 1 menunjukkan parameter arus listrik dan parameter DHL pada semua variasi tegangan mengalami peningkatan. Kenaikan arus listrik yang terjadi berbanding lurus dengan kenaikan DHL. Bila arus listrik yang terbentuk besar, maka massa logam yang terambil atau tersisihkan juga besar. Pada semua variasi tegangan, parameter pH mengalami penurunan. Hal itu terjadi karena produksi ion  $H^+$  yang lebih besar dibandingkan dengan  $OH^-$ . Pada variasi tegangan 5 volt dan 3,5 volt, parameter temperatur mengalami peningkatan. Hal ini sesuai dengan parameter arus listrik yang juga mengalami peningkatan. Pada tegangan 2 volt, temperatur pada awal dan akhir penelitian tetap, hal ini karena arus listrik pada tegangan 2 volt mengalami peningkatan hanya 0,01 A sehingga tidak berpengaruh terhadap parameter temperatur karena peningkatannya hanya sedikit.

Pada Tabel 1 dapat terlihat massa katoda pada semua variasi mengalami peningkatan karena adanya lapisan pada katoda. Pada tegangan 5 volt, massa anoda mengalami penurunan sedangkan pada tegangan 3,5 volt dan 2 volt massa anoda mengalami peningkatan. Penurunan massa pada anoda disebabkan karena batang karbon yang strukturnya berpori, sehingga bila gas hasil hidrolisis yang terbentuk besar ( $O_2$ ), menyebabkan ada bagian karbon yang ikut luruh, sedangkan peningkatan massa pada anoda disebabkan adanya endapan yang terbentuk pada saat proses melapisi anoda, yang seharusnya hanya melapisi katoda. Efisiensi penyisihan nikel terbesar adalah pada variasi tegangan 5 volt yaitu 10,075%.

### 3.2 Penyisihan Nikel dengan Penambahan Tembaga

Pada penelitian ini dilakukan penyisihan nikel dengan penambahan tembaga selama 0,5 jam. Variasi tembaga yang digunakan adalah 1%, 5% dan 10%. Data penelitian dengan penambahan tembaga sebanyak 1% dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini :

**Tabel 2. Data Penelitian dengan Konsentrasi Tembaga 1%**

Parameter	Tegangan Listrik					
	5 volt		3,5 volt		2 volt	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
pH	5,61	5,43	5,51	3,91	5,66	5,03
Suhu ( $^{\circ}C$ )	26	32	25	27	26	26
DHL (mS/cm)	94,7	94,5	94,5	95,1	95,1	93,9
Kuat Arus Listrik (A)	0,54	0,70	0,34	0,34	0,07	0,03
Konsentrasi Logam Ni (mg/L)	1104,3	1081,7	1104,3	1098,7	1104,3	1035,8
% penyisihan Ni <sup>2)</sup>	2,053 %		0,513 %		6,209 %	
Konsentrasi Logam Cu (mg/L)	12,3	11,1	12,3	11,4	12,3	5,8
% penyisihan Cu <sup>2)</sup>	9,756 %		7,317 %		52,846 %	
Berat Katoda (gram)	2,75	2,769	2,717	2,726	2,712	2,735
Berat Anoda (gram)	18,428	18,392	18,655	18,642	18,648	18,640

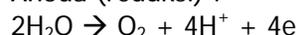
Sumber : Hasil Penelitian, 2012; <sup>2)</sup> Perhitungan, 2012

Tabel 2 menunjukkan arus listrik pada tegangan 5 volt mengalami peningkatan dan pada tegangan 3,5 volt arus listriknya tetap dan pada tegangan 2 volt mengalami penurunan. DHL

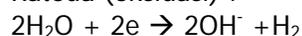
pada tegangan 5 volt dan 2 volt mengalami penurunan, sedangkan pada tegangan 3,5 volt mengalami peningkatan. Parameter DHL merupakan variabel respons dan salah satu faktor penentu pada penelitian ini karena besarnya DHL berbanding lurus dengan besarnya arus listrik yang mengalir. Hal ini sesuai dengan yang terjadi pada variasi tegangan 2 volt dimana nilai arus listrik dan nilai DHL mengalami penurunan. Akan tetapi pada tegangan 5 volt, arus listrik yang mengalami peningkatan berbanding terbalik dengan DHL yang mengalami penurunan dan pada tegangan 3,5 volt, arus listrik yang tetap dan nilai DHLnya mengalami peningkatan.

Pada Tabel 2 dapat terlihat parameter pH pada semua variasi tegangan mengalami penurunan, hal ini karena produksi ion  $H^+$  yang lebih besar dibandingkan dengan  $OH^-$ . Pada proses elektrodeposisi ini terjadi reaksi katoda dan anoda, yaitu :

Anoda (reduksi) :



Katoda (oksidasi) :



Tabel 2 menunjukkan parameter temperatur pada variasi tegangan 5 volt mengalami peningkatan, hal ini sesuai dengan parameter arus listrik yang juga mengalami peningkatan. Menurut konsep *joule heating* (Meier, 2006), bila arus listrik semakin besar maka temperatur yang terbentuk juga akan semakin besar. Pada tegangan 3,5 volt, parameter temperatur mengalami peningkatan akan tetapi arus listriknya tetap. Pada tegangan 2 volt, nilai temperatur tetap akan tetapi arus listriknya mengalami penurunan. Massa katoda pada semua variasi mengalami peningkatan karena adanya lapisan pada katoda. Pada semua variasi, massa anoda mengalami penurunan. Penurunan massa pada anoda disebabkan karena batang karbon yang strukturnya berpori, sehingga bila gas hasil hidrolisis yang terbentuk besar ( $O_2$ ), menyebabkan ada bagian karbon yang ikut luruh. Efisiensi penyisihan nikel terbesar adalah pada tegangan 2 volt yaitu 6,209% dan efisiensi penyisihan tembaga terbesar adalah pada tegangan 2 volt yaitu 52,846%.

Data penelitian dengan penambahan tembaga sebanyak 5% dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini :

**Tabel 3. Data Penelitian dengan Konsentrasi Tembaga 5%**

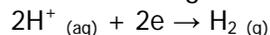
Parameter	Tegangan Listrik					
	5 volt		3,5 volt		2 volt	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
pH	5,70	4,13	5,23	4,19	5,5	4,45
Suhu ( $^{\circ}C$ )	26	27	24	24	26	26
DHL (mS/cm)	89,0	72,9	84,6	91,3	94,3	94,7
Kuat Arus Listrik (A)	0,27	0,24	0,11	0,06	0,08	0,04
Konsentrasi Logam Ni (mg/L)	1104,3	872,6	1104,3	1091,5	1104,3	973,1
% penyisihan Ni <sup>2)</sup>	20,987 %		1,165 %		11,887 %	
Konsentrasi Logam Cu (mg/L)	50,5	49,3	50,5	49	50,5	39,3
% penyisihan Cu <sup>2)</sup>	2,376 %		2,970 %		22,178 %	
Berat Katoda (gram)	2,686	2,707	2,670	2,681	2,771	2,781
Berat Anoda (gram)	18,433	18,387	18,430	18,423	18,277	18,261

Sumber : Hasil Penelitian, 2012; <sup>2)</sup> Perhitungan, 2012

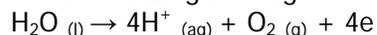
Pada Tabel 3, arus listrik pada semua variasi tegangan mengalami penurunan. Arus listrik yang besar tidak menjamin penyisihan nikel akan semakin besar, karena bisa jadi arus listrik

yang terbentuk tidak seluruhnya digunakan untuk proses penyisihan nikel tetapi digunakan untuk reaksi lain seperti reaksi penguraian H<sub>2</sub>O, peristiwa joule heating, dan pembentukan gas.

Pembentukan gas hidrogen :



Pembentukan gas oksigen :



Pada Tabel 3 dapat terlihat pada variasi tegangan 5 volt parameter DHL mengalami penurunan sedangkan pada variasi tegangan 3,5 volt dan 2 volt parameter DHL mengalami peningkatan. Parameter DHL merupakan variabel respons dan salah satu faktor penentu pada penelitian ini karena besarnya DHL berbanding lurus dengan besarnya arus listrik listrik yang mengalir. Hal ini berbeda dengan turunnya arus listrik listrik yang terjadi berbanding terbalik dengan kenaikan DHL pada tegangan 3,5 volt dan 2 volt. Sedangkan pada variasi tegangan 5 volt berbanding lurus dengan turunnya arus listrik listrik. Parameter pH pada semua variasi tegangan mengalami penurunan. Hal itu terjadi karena produksi ion H<sup>+</sup> yang lebih besar dibandingkan dengan OH<sup>-</sup>. Menurut penelitian sebelumnya (Orhan et al, 2002), pH optimum dalam penyisihan Ni adalah antara 5,45-5,55 sehingga pada semua variasi pada penelitian pendahuluan pHnya belum optimum. Pada variasi tegangan 5 volt, parameter temperatur mengalami peningkatan. Hal ini berbanding terbalik dengan parameter arus listrik yang mengalami penurunan. Pada tegangan 3,5 volt dan 2 volt temperatur pada awal dan akhir penelitian tetap, sedangkan parameter arus listrik mengalami penurunan.

Tabel 3 menunjukkan massa katoda pada semua variasi mengalami peningkatan karena adanya lapisan pada katoda. Pada semua variasi, massa anoda mengalami penurunan. Penurunan massa pada anoda disebabkan karena batang karbon yang strukturnya berpori, sehingga bila gas hasil hidrolisis yang terbentuk besar (O<sub>2</sub>), menyebabkan ada bagian karbon yang ikut luruh. Efisiensi penyisihan nikel terbesar adalah pada tegangan 5 volt yaitu 20,987% dan efisiensi penyisihan tembaga terbesar adalah pada tegangan 2 volt yaitu 22,178%.

Data penelitian dengan penambahan tembaga sebanyak 10% dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini :

**Tabel 4. Data Penelitian dengan Konsentrasi Tembaga 10%**

Parameter	Tegangan Listrik					
	5 volt		3,5 volt		2 volt	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
pH	5,41	5,07	5,58	4,72	5,62	4,76
Suhu (°C)	26	27	27	26	25	26
DHL (mS/cm)	96,1	96,3	70,9	80,9	91,5	80,3
Kuat Arus Listrik (A)	0,28	0,25	0,03	0,02	0,06	0,03
Konsentrasi Logam Ni (mg/L)	1104,3	1077,8	1104,3	1095,3	1104,3	1074,9
% penyisihan Ni <sup>2)</sup>	2,403 %		0,821 %		2,665 %	
Konsentrasi Logam Cu (mg/L)	98,7	95	98,7	91,8	98,7	96,2
% penyisihan Cu <sup>2)</sup>	3,749 %		6,991 %		2,533 %	
Berat Katoda (gram)	2,672	2,695	2,687	2,7	2,774	2,783
Berat Anoda (gram)	18,426	18,408	18,418	18,404	18,416	18,423

Sumber : Hasil Penelitian, 2012; <sup>2)</sup> Perhitungan, 2012

Tabel 4 menunjukkan parameter arus listrik pada semua variasi tegangan mengalami penurunan. Parameter DHL merupakan variabel respons dan salah satu faktor penentu pada penelitian ini karena besarnya DHL berbanding lurus dengan besarnya arus listrik yang mengalir. Pada variasi tegangan 2 volt, parameter DHL mengalami penurunan. Hal ini berbanding lurus dengan parameter arus listrik yang mengalami penurunan. Pada semua variasi tegangan, parameter pH mengalami penurunan. Hal itu terjadi karena produksi ion  $H^+$  yang lebih besar dibandingkan dengan  $OH^-$ . Menurut konsep *joule heating* (Meier, 2006), bila arus listrik semakin besar maka temperatur yang terbentuk juga akan semakin besar. Pada tegangan 3,5 volt, temperatur mengalami penurunan. Hal itu berbanding lurus dengan parameter arus listrik yang mengalami penurunan.

Peristiwa *joule heating* adalah peningkatan suhu yang terjadi karena adanya arus pusar. Arus pusar terjadi karena adanya konduktor yang bergerak. Rumus yang paling umum dan mendasar dalam peristiwa joule heating adalah  $P = V \cdot I$ , dimana P adalah daya (energi per satuan waktu) yang dikonversi dari energi listrik menjadi energi panas, I adalah arus yang mengalir melalui resistor atau elemen lainnya, V adalah penurunan tegangan pada elemen (Meier, 2006).

Pada Tabel 4 dapat terlihat massa katoda pada semua variasi mengalami peningkatan karena adanya lapisan pada katoda. Pada tegangan 5 volt dan 3,5 volt, massa anoda mengalami penurunan sedangkan pada tegangan 2 volt massa anoda mengalami peningkatan. Penurunan massa pada anoda disebabkan karena batang karbon yang strukturnya berpori, sehingga bila gas hasil hidrolisis yang terbentuk besar ( $O_2$ ), menyebabkan ada bagian karbon yang ikut luruh, sedangkan peningkatan massa pada anoda disebabkan adanya endapan yang terbentuk pada saat proses melapisi anoda, yang seharusnya listriknya hanya melapisi katoda. Efisiensi penyisihan nikel terbesar adalah pada tegangan 2 volt yaitu 2,665% dan efisiensi penyisihan tembaga terbesar adalah pada tegangan 3,5 volt yaitu 6,991%.

### **3.3 Perbandingan Porsen Penyisihan Nikel dan Kuat Arus Listrik terhadap Variasi Konsentrasi Tembaga dan Tegangan**

Pada penelitian ini dilakukan percobaan dengan variasi pada penambahan konsentrasi tembaga dan variasi tegangan. Untuk melihat perbedaan yang terjadi dilakukan perbandingan terhadap tiga parameter yaitu porsen penyisihan nikel, kuat arus listrik dan selisih berat katoda dengan variasi yang digunakan. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

**Tabel 5. Perbandingan Porsen Penyisihan Nikel terhadap Variasi Konsentrasi Tembaga dan Tegangan**

Tegangan Listrik	Efisiensi Penyisihan Nikel (%)			
	Konsentrasi Cu			
	0 %	1 %	5 %	10 %
5 volt	10,075	2,053	20,987	2,403
3,5 volt	0,640	0,513	1,165	0,821
2 volt	3,088	6,209	11,887	2,665

*Sumber : Hasil Penelitian, 2012.*

Tabel 5 menunjukkan efisiensi penyisihan nikel mengalami peningkatan pada saat penambahan tembaga sebanyak 5% dan mengalami penurunan pada saat penambahan tembaga sebanyak 10% dan hal ini terjadi pada semua variasi tegangan. Efisiensi penambahan tembaga sebanyak 5 % merupakan efisiensi penyisihan nikel yang terbesar. Hal ini dapat disimpulkan bahwa penambahan tembaga dapat membantu penyisihan nikel dan dapat pula menghambat penyisihan nikel dengan konsentrasi tertentu.

**Tabel 6. Perbandingan Persen Penyisihan Nikel terhadap Variasi Konsentrasi Tembaga dan Tegangan**

Tegangan Listrik	Kuat Arus listrik (A)			
	Konsentrasi Cu			
	0 %	1 %	5 %	10 %
5 volt	1,12	0,7	0,24	0,24
3,5 volt	0,86	0,34	0,06	0,02
2 volt	0,13	0,03	0,04	0,02

Sumber : Hasil Penelitian, 2012.

Tabel 6 menunjukkan penambahan tembaga mempengaruhi besarnya kuat arus listrik. Semakin besar penambahan tembaga maka kuat arus listrik semakin menurun dan bila tegangan semakin kecil maka kuat arus listriknya pun mengalami penurunan.

### 3.4 Energi Spesifik

Pada penelitian ini terdapat arus yang mengalir selama proses, maka dilakukan perhitungan energi spesifik ( $E_s$ ). Energi spesifik menunjukkan besarnya energi yang diperlukan untuk menghasilkan berat endapan nikel di katoda selama proses. Maka dari itu pada penelitian ini dicari energi spesifik mana yang terkecil.

**Tabel 7. Perbandingan Energi Spesifik Terhadap Konsentrasi Tembaga dan Tegangan**

Tegangan Listrik	Energi Spesifik (kWh/kg nikel)			
	Konsentrasi Cu			
	0 %	1 %	5 %	10 %
5 volt	42,016	136,765	5.501	49.937
3,5 volt	268,691	210	23.122	9.651
2 volt	7,331	1,458	0.914	3.058

Sumber : Perhitungan, 2013

Menurut Tabel 7, energi spesifik terendah pada tegangan 5 volt dan 2 volt adalah pada konsentrasi tembaga 5%. Sedangkan pada tegangan 3,5 volt, energi spesifik terendah adalah pada Konsentrasi tembaga 10%. Pada semua variasi penambahan tembaga (0%, 1%, 5% dan 10%), energi spesifik terendah adalah pada tegangan 2 volt.

## 4. KESIMPULAN

Efisiensi penyisihan nikel mengalami peningkatan pada saat penambahan tembaga sebanyak 5% dan mengalami penurunan pada saat penambahan tembaga sebanyak 10% dan hal ini terjadi pada semua variasi tegangan. Efisiensi penambahan tembaga sebanyak 5 % merupakan efisiensi penyisihan nikel yang terbesar. Hal ini dapat disimpulkan bahwa penambahan tembaga dapat membantu penyisihan nikel dan dapat pula menghambat penyisihan nikel dengan konsentrasi tertentu.

Penambahan tembaga mempengaruhi besarnya kuat arus listrik. Semakin besar penambahan tembaga maka kuat arus listrik semakin menurun dan bila tegangan semakin kecil maka kuat arus listriknya pun mengalami penurunan.

Energi spesifik terendah pada tegangan 5 volt dan 2 volt adalah pada konsentrasi tembaga 5%. Sedangkan pada tegangan 3,5 volt, energi spesifik terendah adalah pada Konsentrasi tembaga 10%. Pada semua variasi penambahan tembaga (0%, 1%, 5% dan 10%), energi spesifik terendah adalah pada tegangan 2 volt.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Terima kasih kepada Pusat Penelitian Kimia Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) atas bantuan dan dukungannya dalam proses pengerjaan penelitian ini.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Dermentzis, Konstantinos. 2010. *Removal of Nickel from Electroplating Rinse Waters Using Electrostatic Shielding Electrodialysis/Electrodeionization*. Journal of Hazardous Material 173 (2010) 647-652.
- Meier, Alexandra von. 2006. *Electric Power Systems: A Conceptual Introduction*. Wiley.
- Sefira, Meyda. 2011. Penyisihan Logam Nikel (Ni) Dari Larutannya Dengan Menggunakan Metode Elektrodeposisi. Jurusan Teknik Lingkungan Itenas Bandung.
- Orhan, G. et al. (2002). Nickel recovery from the rinse waters of plating baths. *Hydrometallurgy*, 65(1), 1-8.
- Newman, J. S. 1984. *Electrochemical Systeme.*, 2nd Edition. Prentice Hall International Inc. New Jersey