

# STUDI PENURUNAN KONSENTRASI NIKEL DAN TEMBAGA PADA LIMBAH CAIR ELEKTROPLATING DENGAN METODE ELEKTROKOAGULASI

Rachmanita Nofitasari, Ganjar Samudro dan Junaidi

Program Studi Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik UNDIP, Jl. Prof H. Sudarto SH Tembalang Semarang  
Email: ganjarsamudro@undip.ac.id

## ABSTRAK

*Limbah cair industri elektroplating mengandung logam berat yang berbahaya sehingga pengolahan terhadap limbah hasil elektroplating agar dapat diminimalisir dampaknya terhadap lingkungan. Sebagian besar mengolah air limbah mereka berdasarkan coagulation-floculation sistem. Hal ini nyaman dalam pengolahan biaya dan jumlah besar lumpur mengakibatkan, terutama untuk yang di industri berbasis logam. Penelitian ini dilakukan untuk menemukan teknologi alternatif baru berdasarkan elektrokoagulasi dan flotasi. Percobaan dilakukan secara batch 1 liter untuk 120 menit, arus searah dari 5 A dan tegangan 3 V pada densitas arus 40, 50, 60, dan 70 mA/cm<sup>2</sup> dan Aluminium jenis elektroda dan Iron. From percobaan dapat diperoleh nilai efficiency elektrokoagulasi dari contaminan Ni adalah 95% dan Cu adalah 98% pada kepadatan arus 70mA/cm<sup>2</sup> dan waktu procees dari 120 menit.*

**Kata Kunci:** elektrokoagulasi, nikel, tembaga, limbah elektroplating

## PENDAHULUAN

Meningkatnya perekonomian Indonesia ditandai dengan berkembangnya berbagai industri salah satunya adalah industri elektroplating. Elektroplating adalah pelapisan logam dengan menggunakan teknik elektrokimia atau elektrolisa. Produk industri yang membutuhkan pelapisan logam antara lain adalah, peralatan rumah tangga yang terbuat dari besi, kuningan, dan aluminium. Biasanya produk seperti, meja, kursi, sendok makan, dan alat dapur lainnya dilapis dengan menggunakan logam nikel dan krom. Umumnya, produk logam bisa dilapisi dengan menggunakan emas, nikel, tembaga, seng, kuningan, perak, krom, atau logam pelapis lainnya (MenLH, 2007).

Air limbah elektroplating memiliki kandungan logam berat yang tinggi. Air limbah yang dihasilkan banyak mengandung logam-logam terlarut, pelarut dan senyawa organik maupun anorganik terlarut lainnya. (Purwanto, 2005). Untuk mengolah nilai parameter-parameter logam berat seperti krom, besi, nikel, tembaga dan mangan dengan konsentrasi yang berbeda-beda digunakan pengolahan secara elektrokoagulasi. Pengolahan ini memiliki kelebihan yaitu lebih cepat pengoperasiannya, peralatannya sederhana, efisiensi penyisihan yang cukup

tinggi dan tidak memerlukan tambahan bahan kimia.

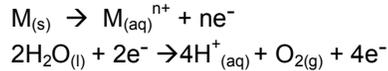
Berdasarkan uraian tersebut, maka diperlukan suatu usaha untuk mengolah limbah hasil elektroplating agar dapat diminimalisir dampaknya terhadap lingkungan. Elektrokoagulasi merupakan metode elektrokimia untuk pengolahan air dimana pada anoda terjadi pelepasan koagulan aktif berupa ion logam (biasanya aluminium atau besi) ke dalam larutan, sedangkan pada katoda terjadi rekasi elektrolisis berupa pelepasan gas hidrogen (Holt et.al., 2005). Sedangkan menurut Mollah, (2004), elektrokoagulasi merupakan proses kompleks yang melibatkan fenomena kimia dan fisik dengan menggunakan elektroda untuk menghasilkan ion yang digunakan untuk mengolah air limbah.

Penelitian elektrokoagulasi ini merupakan alternatif lain dari pengolahan kimiawi untuk dijadikan bahan pertimbangan agar mencapai hasil pengolahan yang berada dibawah standar baku mutu (Kep. Gub. DKI No. 582/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri/Perusahaan/Badan) yang telah ditetapkan oleh pemerintah serta dengan harapan agar dapat lebih efisien dan lebih baik efisiensi pengolahannya (Bambang, 2009).

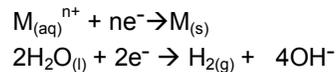
Proses elektrokoagulasi melibatkan peristiwa elektrolisis, yaitu peristiwa dimana

energi listrik dengan arus searah digunakan untuk menginduksi reaksi redoks yang tidak spontan sehingga terjadi dekomposisi material elektroda (anoda) dan elektrolit. Persamaan reaksinya adalah sebagai berikut:

**Reaksi pada anoda**



**Reaksi pada katoda**

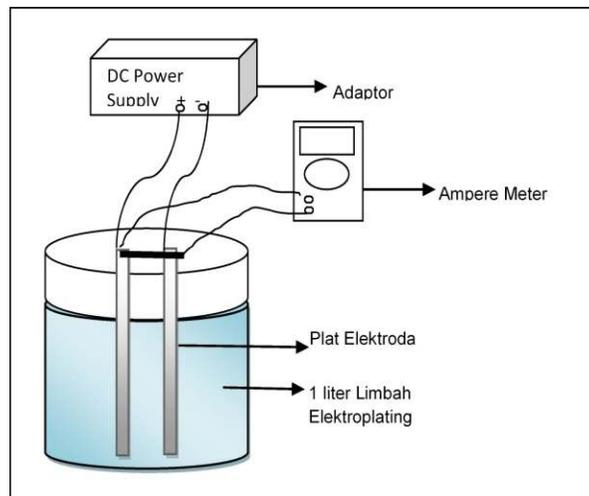


Kuantitas rapat arus yang digunakan pada proses elektrokoagulasi bervariasi dari 10 A/m<sup>2</sup> hingga 2000 A/m<sup>2</sup>. Umumnya rapat arus yang digunakan pada interval 10 – 150 A/m<sup>2</sup>. Perbedaan kuantitas rapat arus yang digunakan tergantung pada perbedaan kondisi aplikasi. Rapat arus tinggi dipilih bila aplikasi melibatkan proses flotasi dengan dimensi proses yang besar. Sebuah analisis sistematis

dibutuhkan untuk mendefinisikan dan memperjelas hubungan antara rapat arus dengan faktor-faktor pemisahan yang diinginkan (Koparal and Ogutveren, 2002).

**METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian pengolahan air limbah elektroplating ini dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan metoda elektrokoagulasi dalam suatu bak elektrokoagulasi berkapasitas 1 liter dengan sistem aliran batch. Rapat arus yang digunakan sebesar 40, 50, 60, dan 70 mA/cm<sup>2</sup>. Untuk percobaan ini digunakan reaktor gelas beaker dengan kapasitas 1000 mL. Waktu kontak selama 120 menit dan pengambilan sampel setiap 15 menit. Pengukuran secara langsung dilakukan untuk parameter nikel dan tembaga. Pengukuran lain juga dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai pada setiap variabel kontrol seperti suhu, kekeruhan, TDS, TSS dan pH.



**Gambar 1.** Skema Reaktor Elektrokoagulasi

Air limbah elektroplating dimasukkan ke reaktor yang telah dipasang elektroda-elektroda Aluminium dan juga elektroda Besi, yang tersusun dengan jarak yang tetap dan dihubungkan dengan arus listrik searah. Penelitian ini dilakukan analisis terhadap kemampuan masing-masing elektroda dari plat Aluminium (Al) dan Besi (Fe) sebagai anoda dan katoda. Perbandingan penggunaan bahan elektroda Aluminium dan Besi dilakukan untuk mengetahui bahan elektroda terbaik dalam menyingkirkan kandungan Nikel dan tembaga. Perlakuan dilakukan dengan menggunakan kerapatan arus sebesar 40 mA/cm<sup>2</sup>, 50

mA/cm<sup>2</sup>, 60 mA/cm<sup>2</sup>, 70 mA/cm<sup>2</sup>. Pada setiap reaktor dilengkapi dengan Ampere meter, adaptor dengan tegangan sebesar 3 Volt dan kuat arus sebesar 5 Ampere. Proses pengambilan sampel dilakukan di reaktor dengan menggunakan pipet. Pengambilan sampel dilakukan setiap 15 menit selama 120 menit untuk masing-masing percobaan. Lokasi pengambilan sampel di tengah-tengah (bagian paling jernih). Hal ini bertujuan supaya flok yang mengapung atau yang mengendap tidak ikut terbawa melalui pipa karet yang dipasang pada tengah-tengah reaktor.

**ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Pembahasan hasil-hasil penelitian yang meliputi hasil percobaan elektrokoagulasi dengan menggunakan variasi jenis plat (Besi dan Aluminium) untuk penyisihan Nikel dan

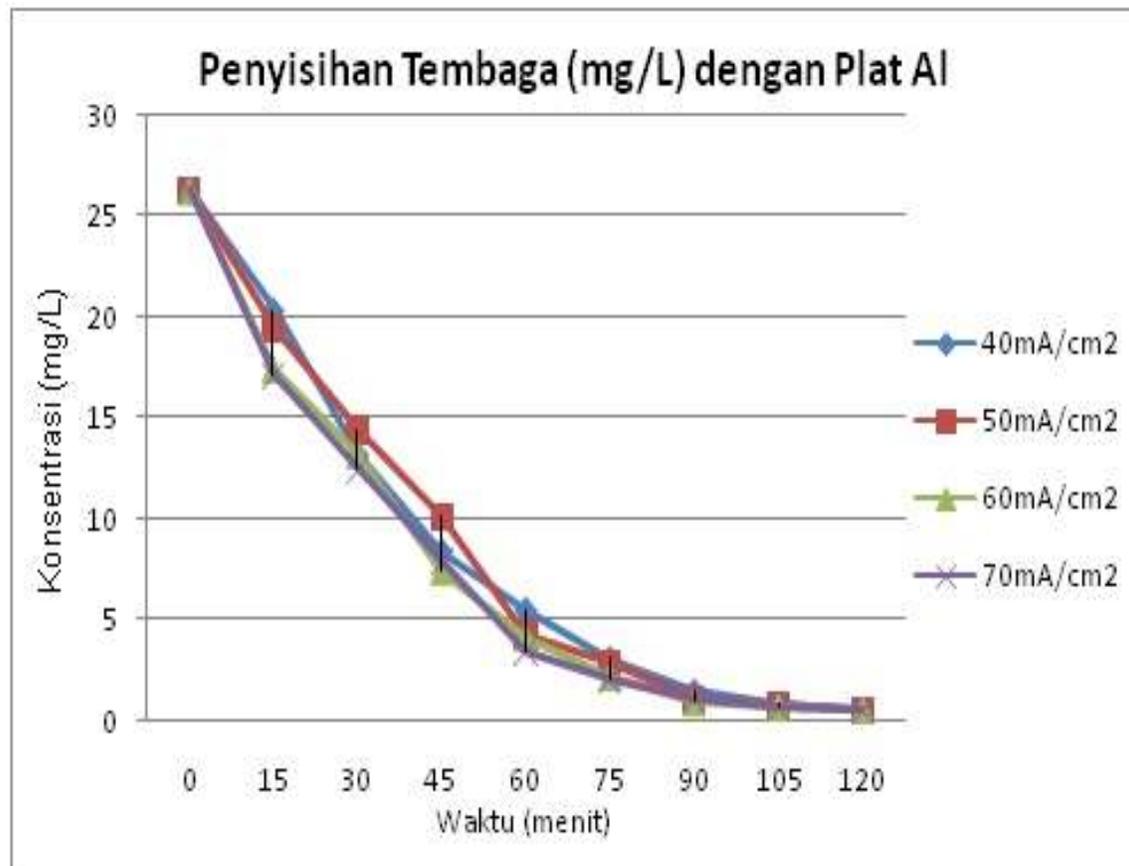
Tembaga. Pengukuran lain juga dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai pada setiap variabel kontrol seperti suhu, kekeruhan, TDS, TSS dan pH.

**1. Hasil Pengujian Konsentrasi Tembaga (mg/L)**

**Tabel 1.** Hasil Penyisihan Tembaga (mg/L) dengan Plat Aluminium

Waktu (menit)	Rapat Arus (mA/cm <sup>2</sup> )			
	40	50	60	70
0	26,30	26,30	19,48	14,42
15	20,37	10,12	4,28	2,87
30	13,21	1,04	0,76	0,52
45	8,43	26,30	17,45	13,19
60	5,54	7,42	4,13	2,16
75	3,11	0,92	0,68	0,51
90	1,49	26,30	17,11	12,47
105	0,87	7,88	3,44	2,08
120	0,58	1,05	0,67	0,51

Sumber: Data Primer 2012

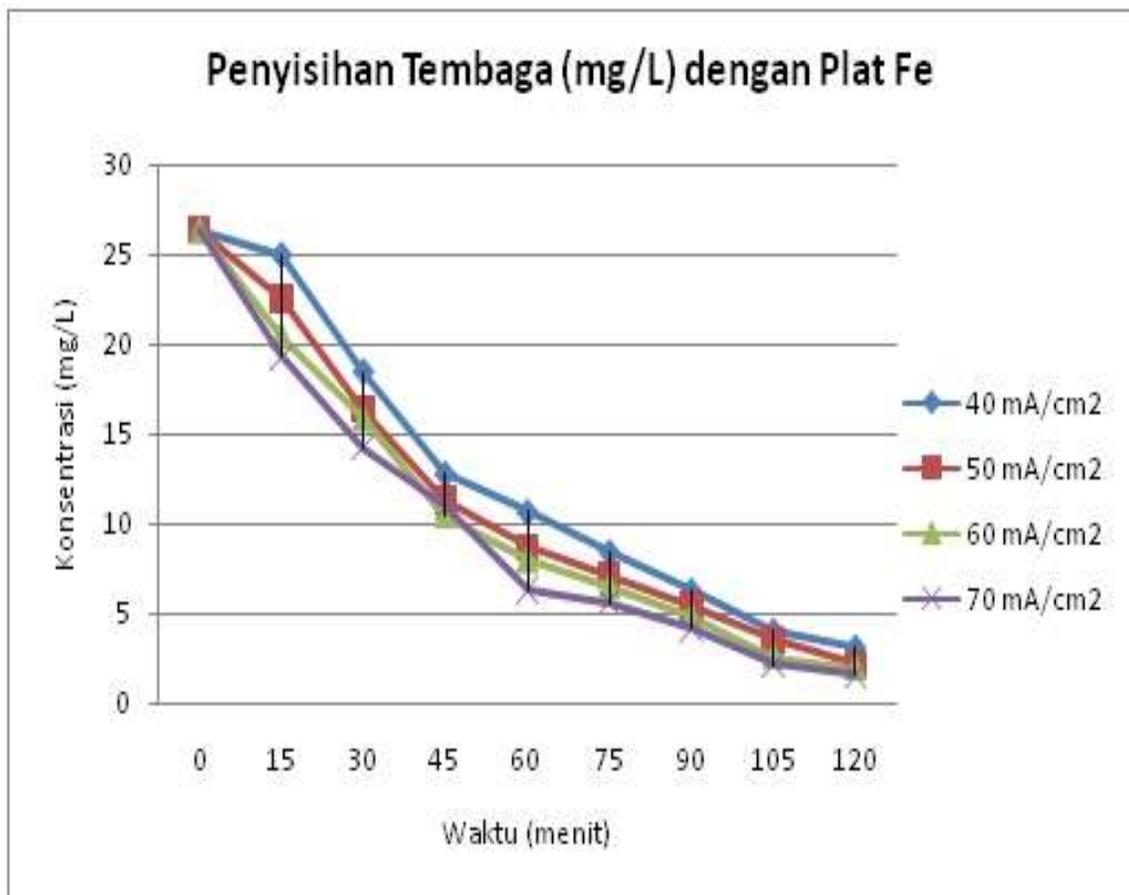


**Gambar 2.** Kurva Penyisihan Konsentrasi Cu (mg/L) dengan Plat Aluminium

Tabel 2. Hasil Penyisihan Tembaga dengan Plat Besi

Waktu (menit)	RAPAT ARUS (mA/cm <sup>2</sup> )			
	40	50	60	70
0	26,30	26,30	22,46	16,31
15	24,92	11,28	8,61	7,07
30	18,45	5,38	3,47	2,14
45	12,75	26,30	20,41	15,84
60	10,63	10,46	7,95	6,47
75	8,41	4,79	2,62	1,94
90	6,27	26,30	19,25	14,21
105	4,03	10,93	6,28	5,56
120	3,11	4,12	2,11	1,54

Sumber: Analisis Penulis 2012



Gambar 3. Kurva Penyisihan Konsentrasi Cu dengan Plat Besi (mg/L)

Konsentrasi Cu mengalami perubahan yang cukup signifikan dengan penurunan sebesar 26,3 mg/L menjadi 0,51 mg/L pada menit ke 120 dengan menggunakan plat Aluminium. Sedangkan dengan penggunaan

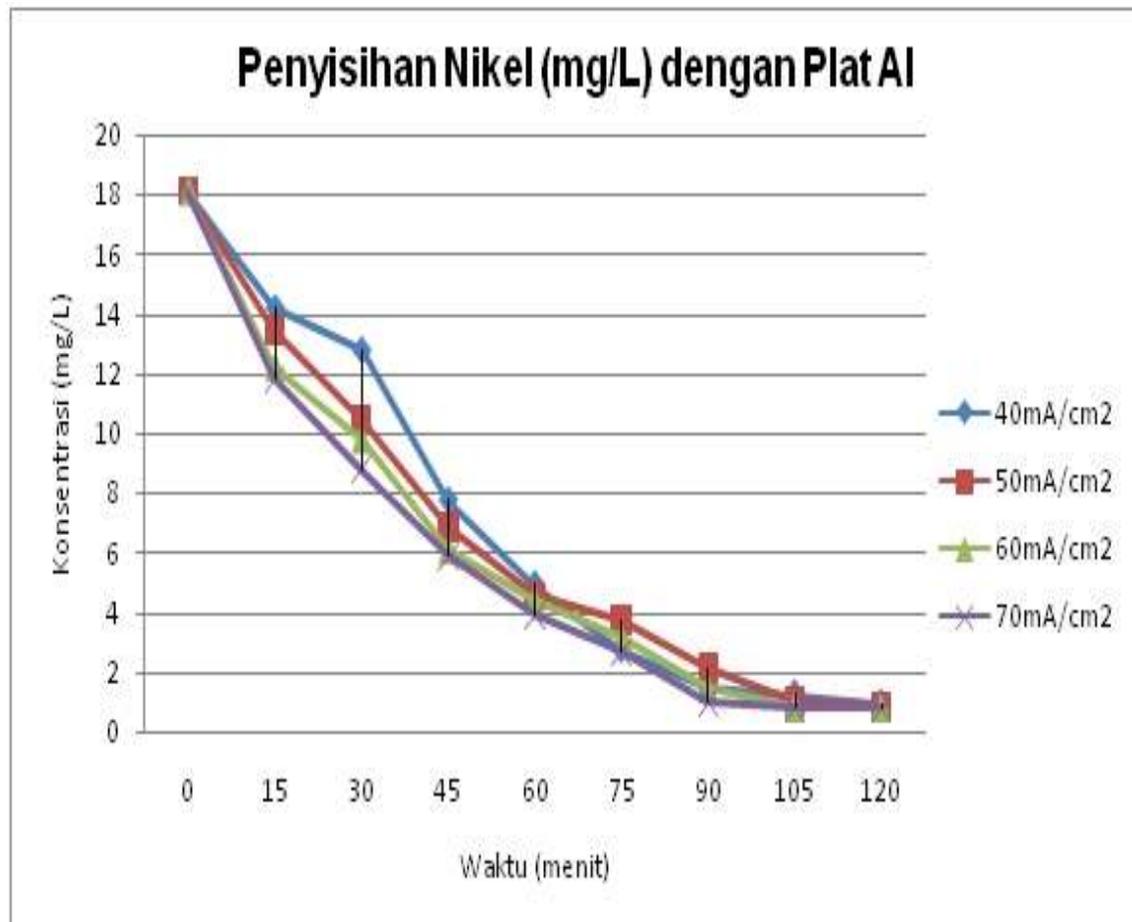
plat besi penurunan terbaik pada konsentrasi 1,54 mg/l. Hasil penurunan maksimal dapat terlihat dengan menggunakan jenis plat elektroda Al dengan rapat arus sebesar 70 mA/cm<sup>2</sup>

2. Hasil Penyisihan Konsentrasi Nikel (mg/L)

Tabel 3. Hasil Penyisihan Nikel (mg/L) dengan Plat Aluminium

Waktu (menit)	Rapat Arus (mA/cm <sup>2</sup> )			
	40	50	60	70
0	18,1	18,1	18,1	18,1
15	14,19	13,46	12,22	11,82
30	12,78	10,48	9,81	8,76
45	7,75	6,85	6,1	5,88
60	4,93	4,54	4,39	3,91
75	2,75	3,73	3,14	2,67
90	1,46	2,15	1,44	1,02
105	1,27	1,02	0,81	0,8
120	0,94	0,88	0,8	0,8

Sumber: Analisis Penulis 2012

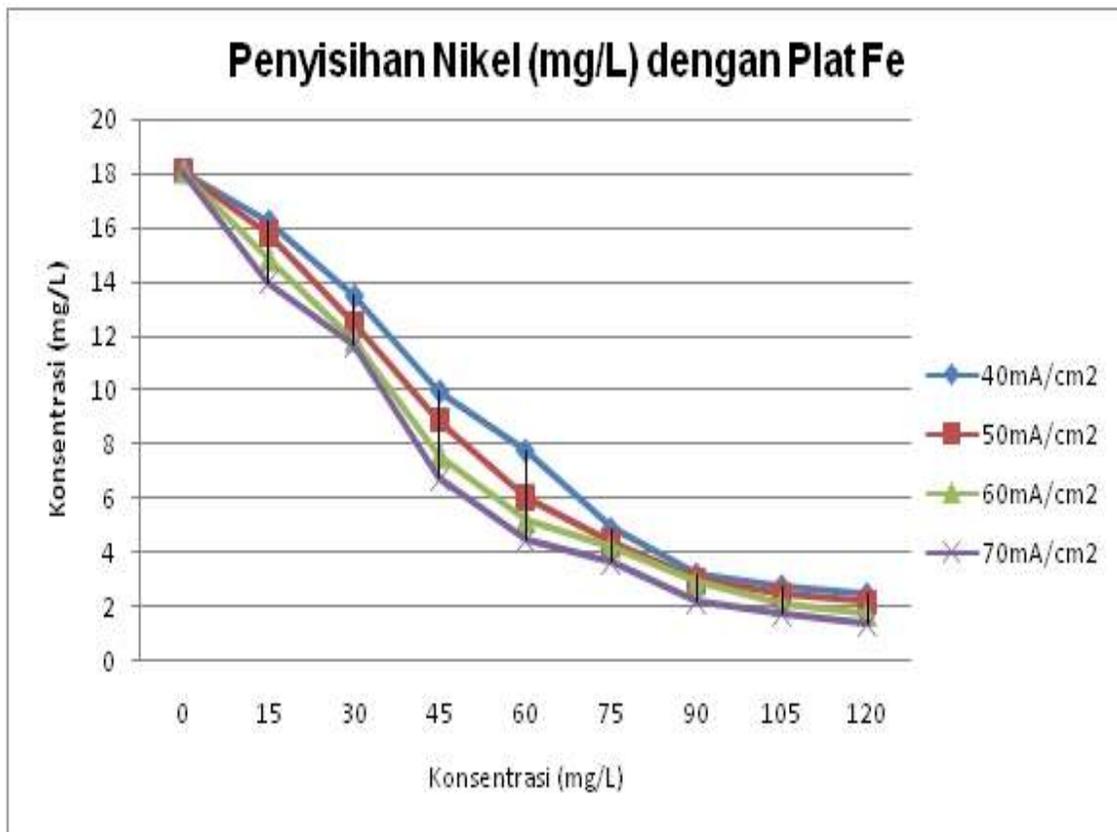


Gambar 4. Kurva Penyisihan Konsentrasi Ni dengan Plat Al (mg/L)

**Tabel 4.** Hasil Penyisihan Nikel (mg/L) dengan Plat Fe

Waktu (menit)	Rapat Arus (mA/cm <sup>2</sup> )			
	40	50	60	70
0	18,1	18,1	18,1	18,1
15	16,25	15,79	14,87	13,99
30	13,48	12,48	11,87	11,67
45	9,96	8,91	7,6	6,73
60	7,76	6,04	5,18	4,42
75	4,87	4,42	4,23	3,61
90	3,18	3,01	2,87	2,18
105	2,74	2,47	2,09	1,74
120	2,44	2,19	1,72	1,34

Sumber: Analisis Penulis 2012



**Gambar 5.** Kurva Penyisihan Konsentrasi Ni dengan Plat Fe (mg/L)

Konsentrasi Ni mengalami perubahan yang cukup signifikan dengan penurunan sebesar 18,1 mg/L menjadi 0,8 mg/L pada menit ke 105. Penurunan terbaik pada konsentrasi 0,8 dengan menggunakan plat Alumunium. Penggunaan plat elektroda besi terjadi penurunan konsentrasi sebesar 1,34 mg/L. Hasil penurunan maksimal dapat terlihat

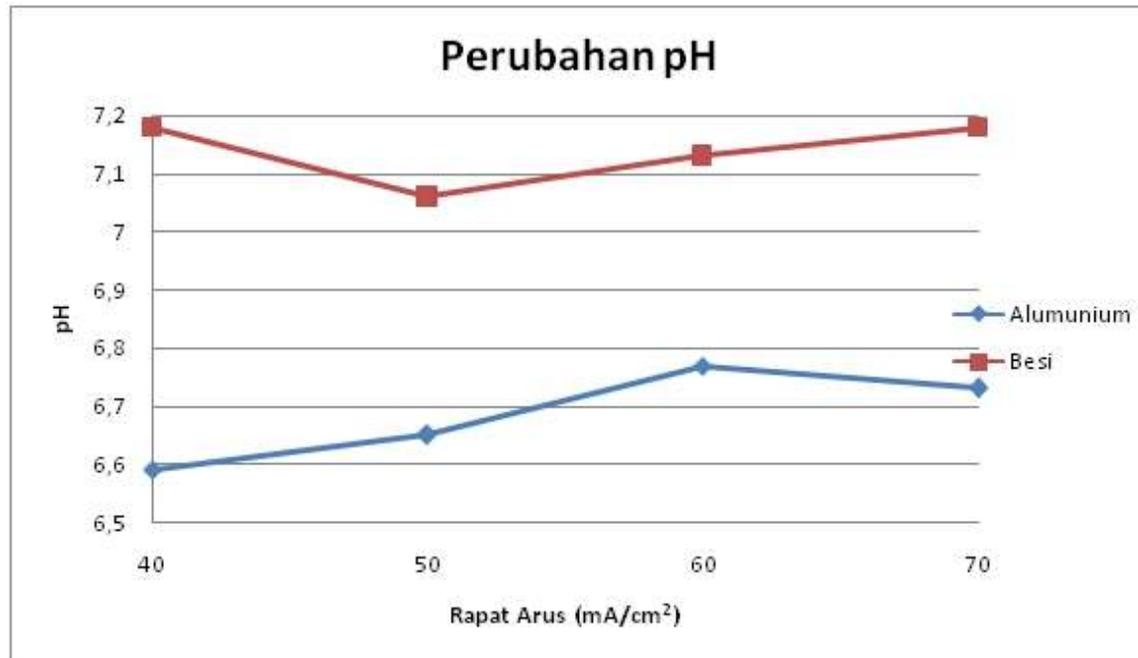
dengan menggunakan jenis plat elektroda Al dengan rapat arus sebesar 70 mA/cm<sup>2</sup>. Pada proses elektrokoagulasi ini terjadi pembentukan endapan dan flok-flok yang terapung (flotation), hal ini sebagai indikasi bahwa ion-ion Al<sup>3+</sup> dan Fe<sup>3+</sup> mengikat polutan atau pengotor sangat efektif.

### 3. Hasil Perubahan pH

Tabel 5. Nilai pH Setelah Pengolahan

Rapat Arus (mA/cm <sup>2</sup> )	pH Awal	pH Akhir	
		Alumunium	Besi
40	6,26	6,59	7,18
50		6,65	7,06
60		6,77	7,13
70		6,73	7,18

Sumber: Analisis Penulis 2012



Gambar 6. Kurva Perubahan pH

Besarnya pH tidak mengalami perubahan yang berarti. pH awal sebesar 6,26 dan pH akhir tertinggi sebesar 7,18. Terjadinya kenaikan pH dikarenakan katoda memproduksi ion hidroksi (OH<sup>-</sup>) secara berlebih, seiring dengan pertambahan waktu, sedangkan

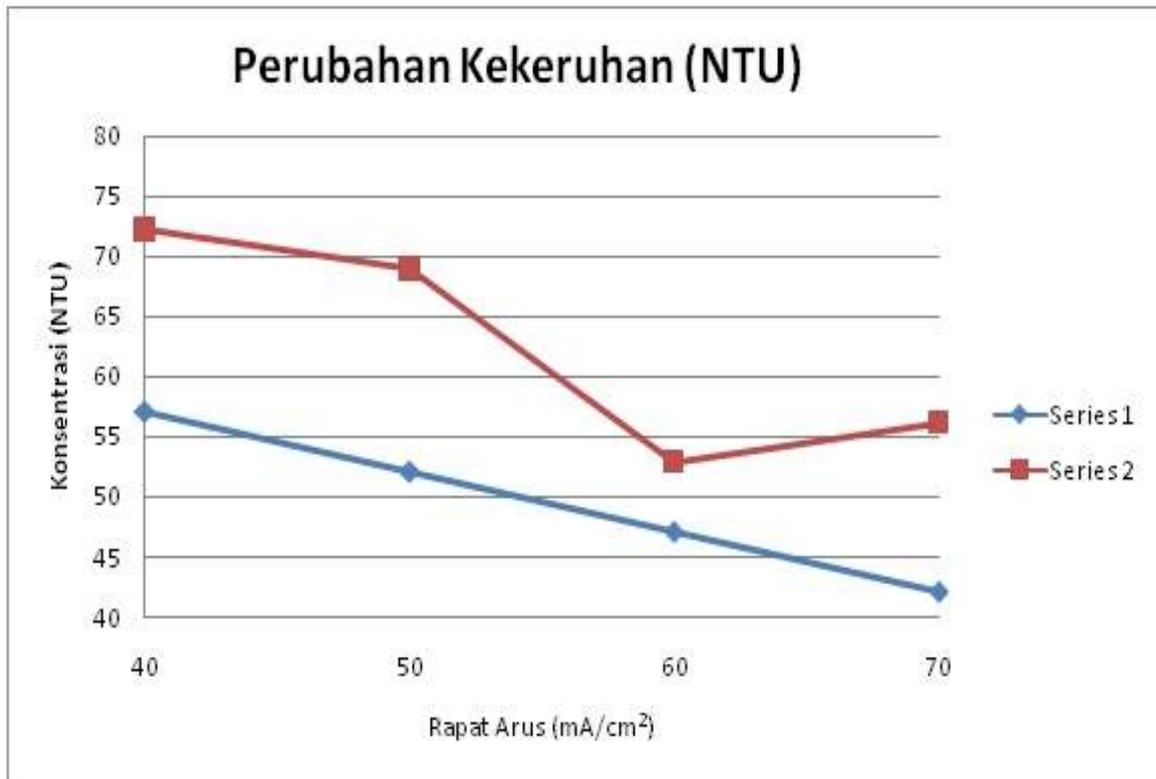
berkurangnya pH juga dikarenakan pada anoda terjadi oksidasi air (H<sub>2</sub>O) yang menghasilkan ion H<sup>+</sup>. Besarnya pH yang dihasilkan masih memenuhi baku mutu yang ditentukan oleh pemerintah sekitar 6-9.

### 4. Hasil Perubahan Kekeruhan (NTU)

Tabel 6. Hasil Perubahan Kekeruhan (NTU)

Rapat Arus (mA/cm <sup>2</sup> )	Kekeruhan Awal (NTU)	Kekeruhan Akhir (NTU)	
		Alumunium	Besi
40	278	57,1	72,2
50		52,1	68,9
60		47,1	52,9
70		42,1	56,2

Sumber: Analisis Penulis 2012



**Gambar 7.** Kurva Perubahan Kekeruhan (NTU)

Konsentrasi Kekeruhan mengalami perubahan yang cukup signifikan dengan penurunan sebesar 278 NTU menjadi 42,1 NTU. Hasil penurunan maksimal dapat terlihat dengan menggunakan jenis plat elektroda

Alumunium dengan rapat arus sebesar 70 mA/cm<sup>2</sup>. Dibandingkan dengan hasil penyisihan dengan Besi pada 70 mA/cm<sup>2</sup> sebesar 56,7 NTU.

### 5. Hasil Perubahan Suhu (°C)

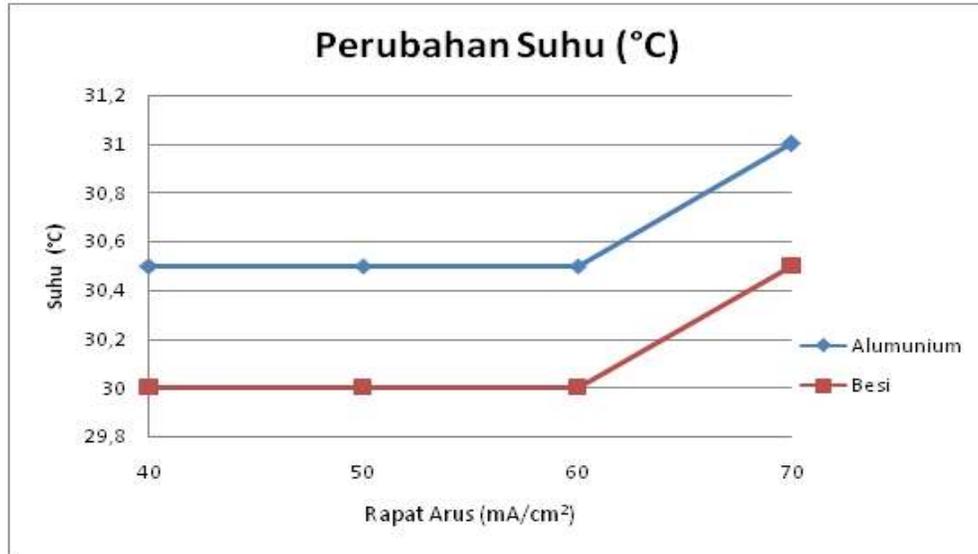
**Tabel 7.** Hasil Perubahan Suhu (°C)

Rapat Arus (mA/cm <sup>2</sup> )	Suhu Awal (°C)	Suhu Akhir (°C)	
		Alumunium	Besi
40	28	30,5	30
50		30,5	30
60		30,5	30
70		31	30,5

Sumber: Analisis Penulis 2012

Suhu awal sebesar 29 °C, pada akhir percobaan mengalami kenaikan suhu tertinggi sebesar 31 °C. Kenaikan Suhu tertinggi pada plat elektroda Alumunium yaitu sebesar 31 °C. Plat elektroda Besi mengalami kenaikan suhu

sebesar 30,5 °C dengan rapat arus sebesar 70 mA/cm<sup>2</sup>. Perubahan suhu pada proses elektrokoagulasi karena melepaskan energi berupa panas atau perubahan suhu dalam limbah.



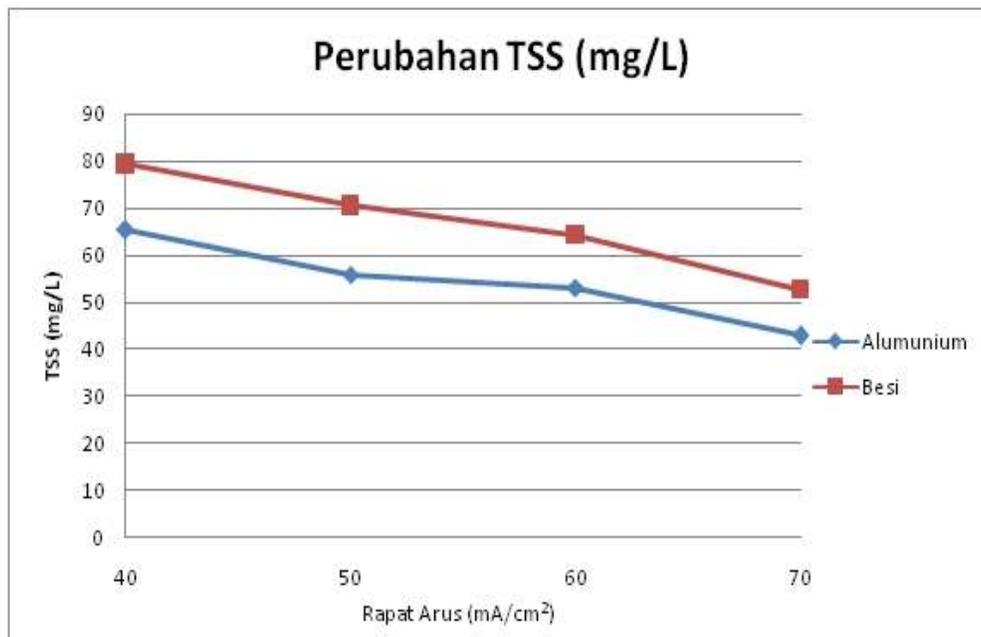
Gambar 8. Kurva Perubahan Suhu (°C)

6. Hasil Perubahan TSS (mg/L)

Tabel 8. Hasil Perubahan TSS 9mg/L

Rapat Arus (mA/cm <sup>2</sup> )	TSS Awal (mg/L)	TSS Akhir (mg/L)	
		Aluminium	Besi
40	163	65,2	79,3
50		55,8	70,5
60		52,9	64,1
70		42,8	52,7

Sumber: Analisis Penulis 2012



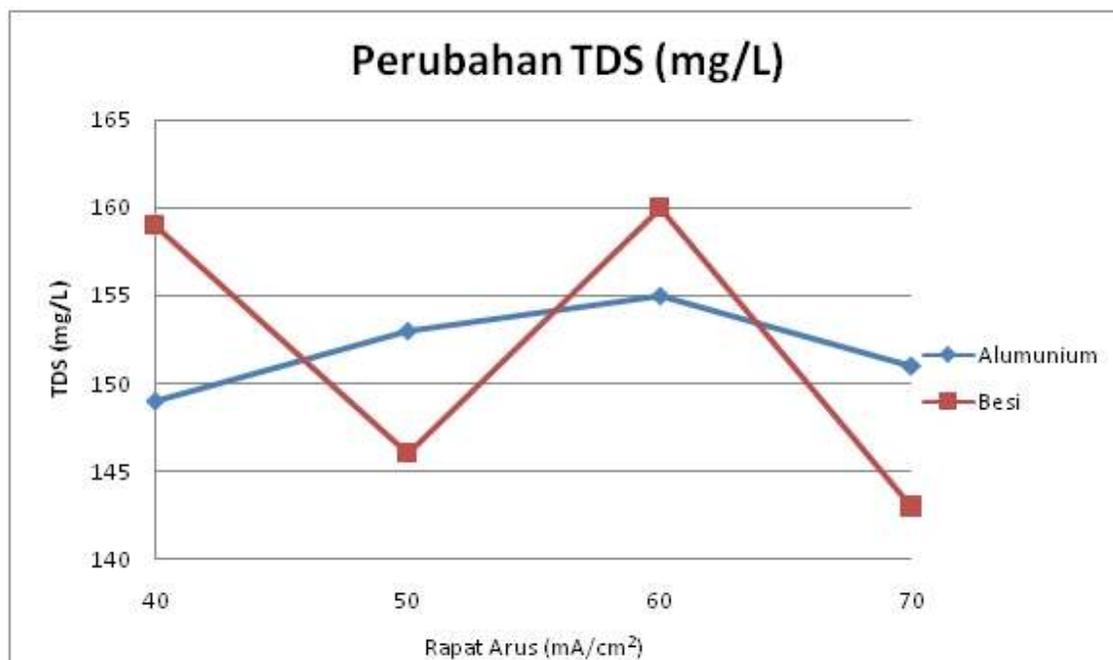
Gambar 9. Kurva Perubahan TSS (mg/L)

## 7. Hasil Perubahan TDS (mg/L)

Tabel 9. Hasil Penurunan TDS (mg/L)

Rapat Arus (mA/cm <sup>2</sup> )	TDS Awal (mg/L)	TDS Akhir (mg/L)	
		Alumunium	Besi
40	177	149	159
50		153	146
60		155	160
70		151	143

Sumber: Analisis Penulis 2012



Gambar 10. Kurva Perubahan TDS (mg/L)

Konsentrasi TDS tidak mengalami perubahan yang cukup signifikan dimungkinkan karena pada anoda menghasilkan ion Al<sup>3+</sup> dan Fe<sup>3+</sup>. TDS awal sebesar 177 mg/L dan TDS akhir sebesar 151 pada plat elektroda Alumunium dan 143 mg/L pada plat elektroda Besi.

Hasil analisis setelah melalui proses elektrokoagulasi dengan variasi jenis plat elektroda (Al dan Fe) dan Rapat arus (40, 50, 60 dan 70 (mA/cm<sup>2</sup>)) secara umum memberikan perubahan yang signifikan. Baik konsentrasi Ni, Cu, kekeruhan, Suhu dan TSS, sedangkan perubahan pH dan TDS kurang signifikan karena pada proses elektrokoagulasi menghasilkan ion-ion dari anoda. Serta menghasilkan ion OH<sup>-</sup> dan H<sup>+</sup> yang berasal dari reaksi redoks dari air. Hasil penurunan maksimal dapat terlihat dengan menggunakan

jenis plat elektroda Al dengan rapat arus sebesar 70 mA/cm<sup>2</sup>. Pada proses elektrokoagulasi ini terjadi pembentukan endapan dan flok-flok yang terapung (flotation), hal ini sebagai indikasi bahwa ion-ion Al<sup>3+</sup> dan Fe<sup>3+</sup> mengikat polutan atau pengotor sangat efektif.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan temuan studi, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Proses elektrokoagulasi efektif digunakan dalam pengolahan untuk menurunkan konsentrasi Tembaga dan Nikel, yaitu masing-masing sebesar 97% dan 98,9 %. Penurunan Konsentrasi tembaga dan nikel terbaik pada rapat arus 70 mA/cm<sup>2</sup> yaitu sebesar 97,5% pada menit ke 105

- dan penurunan konsentrasi nikel sebesar 98,5% pada menit ke 90.
2. Penggunaan plat elektroda Alumunium dapat menyisihkan penurunan konsentrasi nikel dan tembaga diatas 90 pada menit ke 60 sedangkan plat elektroda besi penurunan diatas 90 % terjadi pada menit ke 90.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Bambang, I., Mawar D.S.S., dan Utari A. 2009. *“Design Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Proses Elektrokoagulasi dengan Menggunakan Elektroda Alumunium”* Jurnal Teknologi Lingkungan Universitas Trisakti 5,1
- Holt, P. 2006. *Electrocoagulation as a Wastewater Treatment*. Journal of Australian Environmental Engineering. Vol. 3, November 1999.
- Koparal, A. S. dan Ogutveren, U. B. (2002) *Removal of nitrate from water by electroreduction and electrocoagulation*. *Journal of Hazardous Materials*, B89, 83-94
- MenLH, 2007, *Panduan Penyusunan dan Pemeriksaan Dokumen UKL-UPL Industri Elektroplating*
- Mollah, M.Y.A., Morkovsky, P., Gomes, J. A. G., Kesmez, M., Parga, J., and Cocke, D.L. (2004), *Fundamentals, Present and Future Perspectives of Electrocoagulation*, *Journal of Hazardous Materials*, B114: 199 – 210
- Purwanto, Syamsul H, 2005, *Teknologi Industri Elektroplating*, Badan penerbit Universitas Diponegoro, Semarang