

SAINTEKS: JURNAL SAIN DAN TEKNIK

Volume 1, Nomor 2 Tahun 2019

E-ISSN: 2685-8304

Sistem Pengolahan Air Limbah Elektroplating Berbasis Nikel

Djaenudin, Galu Murdikaningrum, Kenny Kencanawati, Wendi Hermawan

57-68

Perbandingan Model Characteristic Drying Rate Curve dan Reaction Engineering Approach Berdasarkan Hasil Eksperimen Pengeringan Mango Tissues

Johannes Martua Hutagalung

69-76

Penentuan Jumlah Pesanan Bahan Baku Pada Sistem Persediaan Backorder Di PT ABC

Tombak Gapura Bhagya

77-87

Studi Tentang Program Operasi Danau Jatiluhur Jernih untuk Mendukung Revitalisasi Waduk Jatiluhur

Riza Rizkiah

87-98

Pengaruh Taut Silang Natrium Tripolifosfat Dengan Kitosan Terhadap Sifat Fisis Chitosan Edible Film Sebagai Drug Delivery System

Mutiara Putri Utami Susanto

98-103

Analisis Faktor-Faktor Penerimaan Konsumen Pada Aplikasi E-Marketplace Lazada Menggunakan TAM

Graha Prakarsa

103-115

Diterbitkan Oleh:
UNIVERSITAS BANDUNG RAYA dpm. UNIVERSITAS INSAN CENDEKIA MANDIRI

Fakultas Teknik
Jl . Banten 11 Bandung, Jawa Barat
[http // sainteks.uicm-unbar.ac..id](http://sainteks.uicm-unbar.ac.id)



UICM-UNBAR

www.uicm-unbar.ac.id



Sistem Pengolahan Air Limbah Elektroplating Berbasis Nikel

Djaenudin¹⁾, Galu Murdikaningrum²⁾, Kenny Kencanawati³⁾, Wendi Hermawan⁴⁾

¹⁾Laboratoium Loka Penelitian Teknologi Bersih, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Jl. Sangkuriang, Cisitu, Bandung 40135

Email : djae004@lipi.go.id

²⁾Prodi Teknik Kimia Universitas Bandung Raya, Jl. Banten No. 11 Bandung, 40272
 Email : gmurdikaningrum@gmail.com

²⁾Prodi Teknik Kimia Universitas Bandung Raya, Jl. Banten No. 11 Bandung, 40272
 Email : kkencanawati@gmail.com

²⁾Prodi Teknik Kimia Universitas Bandung Raya, Jl. Banten No. 11 Bandung, 40272

Abstract: *In line with industrial development and scientific and technological advancement, the use of metals cannot be separated from human life. Aside from benefits, the rapidly increasing industrial developments also give negative impact from their heavy metal waste. Some electroplating waste treatment methods are studied in this research, specifically electrodeposition method, electrocoagulation, and pH 9 hydroxide coagulation method. This research aimed to determine the most effective method and conditions from the 3 methods mentioned above in reducing contents of nickel in the wastewater. The artificial wastewater was made to have the same concentration to waste from electroplating industry; specifically 2154.20 mg/L. The most effective reduction of nickel for this method occurs at 6 volts with final concentration of 404.86 mg/L. The treatment result from electrodeposition was then further processed through two different processes, a electrocoagulation method and pH 9 hydroxide coagulation method. Electrocoagulation process was done for 1 hour with variation in voltage at 5; 7, 5; and 10 volts. Metal Al was used at the anode, while metal Cu was at the cathode. The optimum voltage for this process occurs at 10 volts with final concentration of nickel at 164,98 mg/L, nickel elimination efficiency was at 59.25 %, specific energy at 1.0777 kWh/kg and current efficiency at 32.3 %. Sample from electrodeposition which was processed further with pH 9 coagulation process produced final nickel concentration at 25.59 mg/L, nickel elimination efficiency was at 93.68 %.*
Keywords: *electrocoagulation; electrodeposition; electroplating; hydroxide coagulation; nickel.*

Abstrak: Sejalan perkembangan industri dan kemajuan ilmu dan teknologi, penggunaan logam tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia. Di samping memberikan keuntungan, perkembangan industri juga memberikan dampak negatif berupa limbah logam berat. Ada beberapa metode pengolahan limbah elektroplating yang diteliti pada penelitian ini, yaitu : metode elektodeposisi, elektrokoagulasi dan metode koagulasi hidroksida. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan metode dan kondisi yang paling efektif dari ke tiga metode dalam pengurangan kandungan nikel dalam air limbah. Limbah artifisial yang dibuat dalam penelitian ini memiliki konsentrasi yang sama dengan limbah industri elektroplating, yaitu : 2154,20 mg/L. Pengurangan konsentrasi nikel paling efektif untuk metode elektodeposisi terjadi pada tegangan 6 volt dengan konsentrasi nikel akhir sebesar 404,86 mg/L. Hasil pengolahan dari proses elektodeposisi diolah lebih lanjut melalui dua proses yang berbeda, sebagian diolah dengan proses elektrokoagulasi dan sebagian lagi diolah dengan proses koagulasi hidroksida. Proses elektrokoagulasi dilakukan selama 1 jam dengan variasi tegangan 5; 7,5; dan 10 volt. Tegangan optimum untuk proses ini terjadi pada tegangan 10 volt dengan konsentrasi nikel akhir sebesar 164,98 mg/L, efisiensi penyisihan nikel 59,25%. Sampel dari proses elektodeposisi yang diolah lebih lanjut dengan proses koagulasi hidroksida pada pH 9 menghasilkan konsentrasi nikel akhir sebesar 25,59 mg/L dan efisiensi penyisihan nikel sebesar 93,68%.

Kata kunci: eceng gondok; elektodeposisi; elektrokoagulasi; elektroplating; koagulasi; nikel.

PENDAHULUAN

Sejalan dengan perkembangan industri serta kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, penggunaan logam tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia. Dengan demikian, logam harus tampil dengan kondisi sesuai yang dibutuhkan, misalnya penggunaan logam untuk

perhiasan, maka logam harus tampil indah dan menarik. Untuk peralatan rumah tangga harus kuat dan awet, dan seterusnya. Atas dasar tersebut, dibutuhkan suatu upaya untuk mempercantik maupun melindungi logam dari bahaya kerusakan atau korosi.

Kata korosi berasal dari bahasa latin "*corrodere*" yang artinya perusakan logam atau berkarat. Korosi adalah proses degradasi perusakan material yang disebabkan oleh pengaruh lingkungan sekelilingnya. Pengaruh disekeliling yang dimaksud dapat berupa udara atau sinar matahari, embun, air tawar, air laut, air sungai, air tanah, air kapur, tanah pasir berbatu – batu (Supardi et al., 1997).

Proses elektroplating pada saat ini berkembang semakin pesat seiring dengan kebutuhan masyarakat. Elektroplating diaplikasikan antara lain dalam industri elektronika, konstruksi pabrik, peralatan rumah tangga, otomotif dan lain-lain. Proses elektroplating bertujuan untuk memberikan perlindungan dari karat dan memberikan efek mengkilap pada besi dan baja. Meningkatnya kebutuhan akan produk yang menggunakan proses elektroplating mendorong berkembangnya industri elektroplating yang berada di Indonesia. Perkembangan industri yang semakin pesat selain memberikan manfaat, juga menimbulkan dampak negatif dari limbah yang dihasilkan (Khandegar et al., 2013).

Limbah dari proses elektroplating merupakan limbah logam berat yang termasuk dalam limbah B3 (Bahan Beracun Berbahaya) (Purwanto et al., 2005).

Kehadiran logam berat dalam air dan air limbah menyebabkan masalah lingkungan dan kesehatan yang serius karena kelarutannya dalam air. Meskipun kontaminan organik dapat menjadi biodegradable, polutan anorganik tidak dapat biodegradable dan mereka bisa masuk ke rantai makanan dan terakumulasi dalam organisme hidup (Umran et al., 2015).

Adapun logam-logam yang terlarut dalam limbah elektroplating diantaranya Ni, Cr, Cr⁶⁺, Cu, CN, Zn dan Pb (KepMenLH No.Kep-51/MENLH/10/1995). Logam-logam terlarut diatas dikategorikan sebagai bahan berbahaya sehingga membutuhkan penanganan lebih lanjut agar tidak mencemari lingkungan. Nikel murni menunjukkan aktivitas kimia yang cukup signifikan. Paparan dari akumulasi nikel dapat mengakibatkan masalah serius pada paru-paru, ginjal dan masalah kulit (Umran et al., 2015).

Oleh karena itu, semakin berkembangnya jaman banyak hal yang dilakukan oleh manusia untuk melakukan pengolahan limbah, yaitu salah satunya adalah pengolahan limbah elektroplating dengan metode elektrodposisi. Metode ini memiliki beberapa keuntungan diantaranya adalah lebih ekonomis, logam murni dapat dimanfaatkan kembali dan proses ini ramah lingkungan karena tidak memerlukan penambahan bahan kimia sehingga tidak menghasilkan lumpur sebagai hasil samping dari proses (Doan et al., 2009).

Elektrodposisi merupakan aplikasi analitik dari proses elektrolisis. Elektrodposisi merupakan proses pengendapan logam pada elektroda dengan memanfaatkan reaksi elektrokimia. Arus listrik dialirkan ke anoda inert melalui elektrolit yang mengandung ion logam sehingga logam tersebut mengendap dalam bentuk murninya di katoda (Marwati, 2009). Meskipun pengendapan terjadi pada katoda, tetapi kita tidak dapat mengabaikan peranan anoda. Anoda dipilih sedemikian rupa sehingga produk oksidasi tidak mengganggu proses katoda (Khopkar et al., 1990). Dalam metode ini ada yang menggunakan reaktor tanpa membran dan dua reaktor dengan membran, penggunaan membran pada reaktor elektrodposisi ini adalah sebagai pemisah dari larutan elektrolit yang ada di katoda (katolit) dan larutan elektrolit yang ada di anoda (anolit) tanpa mengurangi aktifitas penukaran ion selama proses elektrodposisi ini berlangsung. Namun membran sintesis yang biasa digunakan memiliki harga yang cukup tinggi, oleh karena itu penelitian ini menggunakan biomembran yaitu eceng gondok sebagai penggantinya. Eceng gondok dijadikan biomembran karena mengandung selulosa yang cukup tinggi yaitu 64,15 %, dengan ukuran pori 6,158 nm (Farid et al., 2012).

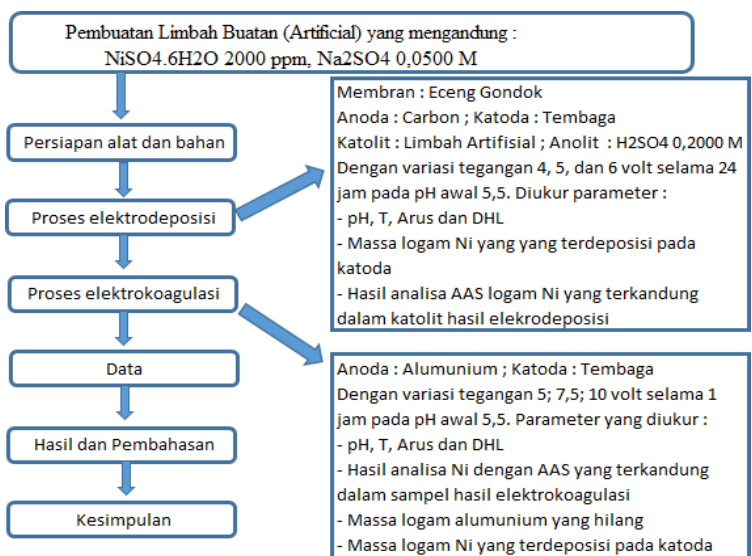
Berdasarkan penelitian sebelumnya, penelitian yang akan dilakukan kali ini yaitu dengan ditamhkannya proses lanjutan setelah proses elektrodposisi variasi tegangan 4 ; 5 ; 6 volt, yaitu dengan proses elektrokoagulasi variasi tegangan 5 ; 7,5 ; 10 volt dengan logam aluminium sebagai anoda dan logam tembaga sebagai katoda selain itu setelah proses elektrodposisi juga

diuji dengan dilanjutkan dengan proses koagulasi pada pH 9. Ketiga metoda ini nantinya akan dicari kombinasi untuk optimisasi agar penurunan konsentrasi nikel terlarut dibawah baku mutu maksimum yang ditetapkan pemerintah.

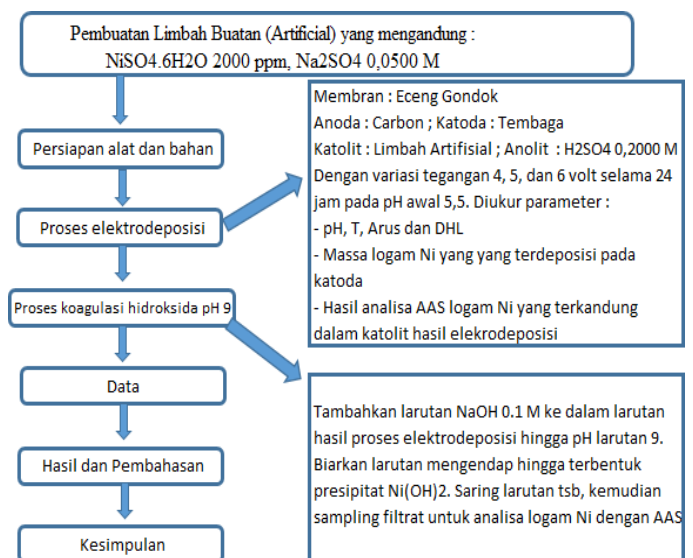
METODE PENELITIAN

Waktu proses untuk proses elektrodposisi pada penelitian kali ini selama 24 jam. Elektrolit pendukung yang digunakan hanya SO²⁻ dalam Na SO. Sedangkan komposisi limbah artifisial hanya terdiri atas NiSO₄.6H₂O 2.000 ppm.

Kemudian setelah proses elektrodposisi selesai maka sebagian larutan akan dilanjutkandengan proses dengan methode elektrokoagulasi dan dan sebagiannya lagi akan dilakukan proses koagulasi hidroksida pada pH 9.



Gambar 1. Diagram Alir Proses Elektrodposisi dan Elektrokoagulasi



Gambar 2. Diagram Alir Proses Elektrodposisi dan Koagulasi Hidroksida pH 9

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan terhadap limbah artifisial atau limbah buatan. Konsentrasi nikel di dalam limbah artifisial mendekati konsentrasi nikel pada limbah electroplating yang

sebenarnya. Limbah artifisial ini terdiri dari NiSO_4 2.154,200 mg/L, Na_2SO_4 0,2000 M. Limbah artifisial ini dibuat mengacu kepada penelitian yang dilakukan sebelumnya pada tahun 2014. Pembuatan limbah artifisial ini berdasarkan kepada hasil uji pada limbah elektroplating yang sebenarnya, hasil karakterisasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakterisasi Limbah Industri Elektroplating

Parameter	Satuan	Hasil PT. X
Nikel (Ni)	mg/L	2.218
Tembaga (Cu)	mg/L	94,3000
Besi (Fe)	mg/L	74,2000
Cromium (Cr)	mg/L	0,8800
Magnesium (Mg)	mg/L	1,5300
Natrium (Na)	mg/L	38.249
Kalium (K)	mg/L	20,9000
Sulfat (SO_4^{2-})	mg/L	4.068
Klorin (Cl^-)	mg/L	25.552

Sumber: Afyanti (2014)

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu adanya penambahan proses elektrokoagulasi atau proses koagulasi hidroksida pada pH 9 setelah proses elektrodposisi selesai dilakukan. Elektrolit yang ditambahkan pada penelitian kali ini adalah Na_2SO_4 . Hal ini berdasarkan pada percobaan yang dilakukan Sefira pada tahun 2012, garam yang dapat menyisihkan nikel yang paling baik adalah garam yang berbasis Na^+ . Limbah artifisial ini sebagai katolit yang tersimpan pada katoda, sedangkan H_2SO_4 0,2000 M digunakan sebagai anolit pada anoda.

Anolit merupakan larutan yang berfungsi sebagai katalisator atau perantara yang menghantarkan arus listrik menuju katolit. Larutan anolit yang digunakan adalah H_2SO_4 , karena anolit dari jenis asam kuat dan basa kuat dengan derajat disosiasi mendekati satu atau mudah terurai semuanya (Priyono, 2013). Elektroda yang digunakan pada penelitian ini berupa elektroda tembaga (Cu) pada katoda dan elektroda grafit (C) pada anoda. Reaktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah Double Chamber Elektrodposisi Cell (DCEC) dengan penambahan biomembran dari daun eceng gondok.

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan tegangan yang diberikan pada saat pengujian. Tegangan yang diberikan sebesar 4 volt, 5 volt, dan 6 volt dengan waktu pengujian selama 24 jam. Parameter yang diuji dalam penelitian ini adalah arus listrik, DHL, pH, dan temperatur, baik pada katolit maupun pada anolit yang dilakukan setiap 4 jam sekali. Pengambilan sampel ini dilakukan untuk menguji nikel terlarut yang terkandung dalam limbah artifisial yang telah diolah dengan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

Setelah proses elektrodposisi, maka selanjutnya dilanjutkan dengan proses elektrokoagulasi pada variasi tegangan 5 volt, 7,5 volt, dan 10 volt. Parameter yang diuji sama dengan ketika proses elektrodposisi yaitu arus listrik, DHL, pH, dan temperatur setiap 15 menit selama 1 jam. Pengambilan sampel dilakukan setelah proses elektrokoagulasi selesai untuk dilakukan pengujian kadar nikel dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

Selain proses elektrokoagulasi, dilakukan pula proses koagulasi dengan cara menaikkan pH hingga 9 (dengan penambahan larutan NaOH ke dalam larutan) setelah proses elektrodposisi. Proses koagulasi hidroksida pH 9 ini akan dijadikan perbandingan dengan proses elektrokoagulasi dalam hal efektifitas pengurangan kadar nikel, dan parameter-parameter lainnya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi optimum tegangan listrik

terhadap proses elektrodeposisi dan proses elektrokoagulasi Ni. Berdasarkan hal tersebut, maka untuk mengetahui kondisi optimum dari pemberian tegangan listrik dilakukan pengukuran parameter-parameter yang dapat mempengaruhi proses elektrodeposisi dan proses elektrokoagulasi tersebut

Rapat Arus Listrik

Sukarjo, 1985 menjelaskan hubungan antara beda potensial dalam elektrolit dan kekuatan arus listrik yang mengalir menurut Hukum Ohm yaitu:

$$I = V/R \quad (1)$$

Di mana :

I = Kuat arus listrik (ampere)

V = Beda potensial (volt)

R = Tahanan listrik (ohm)

Besarnya listrik yang mengalir dinyatakan dengan coulomb adalah sama dengan arus listrik dikalikan dengan waktu.

$$Q = I.t \quad (2)$$

Di mana :

Q = Muatan listrik (coulomb)

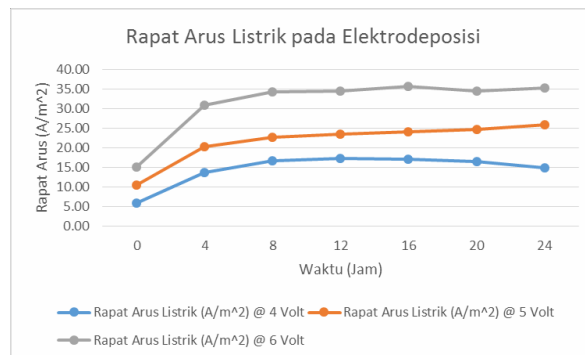
I = Kuat arus listrik (ampere)

t = Waktu (detik)

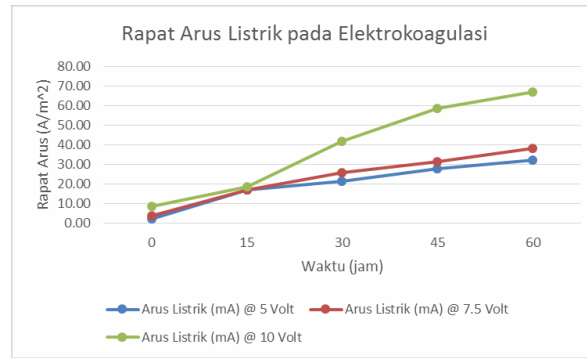
Pada penelitian ini, larutan yang dipakai untuk semua variasi tegangan itu sama, maka arus listrik yang mengalir berbanding lurus dengan tegangan yang diberikan, karena hambatan setiap tegangan sama. Berdasarkan hukum Ohm di atas, maka arus listrik yang mengalir pada setiap variasi tegangan harus semakin besar.

Rapat arus (*current density*) adalah bilangan yang menyatakan jumlah arus listrik yang mengalir per luas unit elektroda. Terbagi dalam dua macam, yaitu rapat arus katoda (*cathode current density*) dan rapat arus anoda (*anode current density*). Satuan rapat arus dinyatakan dalam A/m^2 , A/Ft^2 , A/in^2 .

Berdasarkan percobaan yang dilakukan untuk proses elektrodeposisi dan proses elektrokoagulasi, luas unit elektroda yang terendam di dalam larutan sebesar $0,0024 m^2$. Jarak katoda dan anoda untuk proses elektrodeposisi sepanjang 7 cm sedangkan untuk proses elektrokoagulasi sepanjang 5,5cm.



Gambar 3. Rapat Arus Listrik Proses Elektrodeposisi Berbagai Tegangan



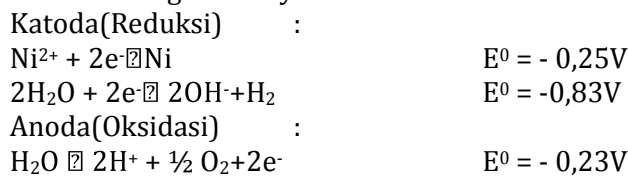
Gambar 4. Rapat Arus Listrik Proses Elektrokoagulasiberbagai Tegangan

Grafik di atas, menunjukkan rapat arus yang mengalir pada tegangan 4 volt, 5 volt, 6 volt untuk proses elektrodeposisi dan rapat arus yang mengalir pada tegangan 5 volt, 7,5 volt, dan 10 volt untuk proses elektrokoagulasi. Hasil penelitian ini menunjukkan rapat arus akan semakin besar sesuai dengan tegangan yang diberikan. Hal ini selaras dengan hukum Ohm yang telah dijelaskan di atas.

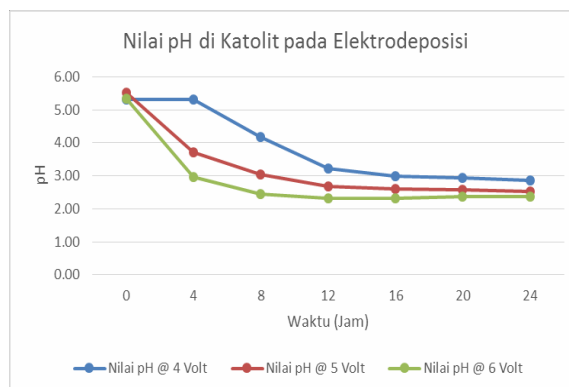
Nilai pH

Pada proses elektrodeposisi terjadi reaksi reduksi oksidasi. Reaksi reduksi terjadi di katoda, sedangkan reaksi oksidasi terjadi di anoda. Selama proses reaksi ini, terjadi perubahan nilai pH, dikarenakan adanya reaksi setengah sel sebagai berikut :

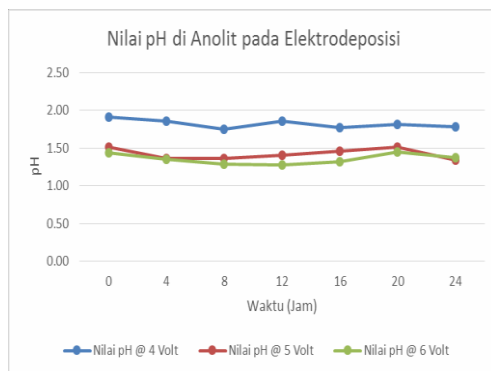
Reaksi setengah sel-nya :



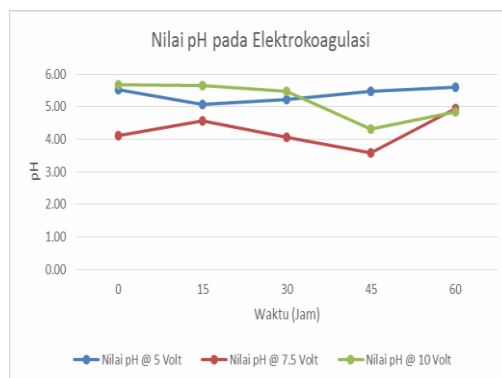
Dari persamaan reaksi di atas dapat dilihat bahwa arus listrik yang mengalir pada katoda, memiliki peran mereduksi 2 bilangan oksidasi yaitu mereduksi Ni^{2+} menjadi Ni, dan mereduksi H_2O menjadi OH^- (berdasarkan penelitian sebelumnya, OH^- terbentuk setelah proses berlangsung lebih dari 24 jam). Ini berarti energinya terbagi untuk mereduksi Ni^{2+} dan H_2O . Berbeda halnya dengan kondisi di anoda, di mana arus listrik yang mengalir hanya mengoksidasi H_2O menjadi H^+ . Ini menyebabkan kandungan H^+ pada anoda lebih banyak dibandingkan kandungan OH^- pada katoda.



Gambar 5. Nilai pH di Katolit Proses Elektrodeposisi



Gambar 6. Nilai pH di Anolit Proses Elektrodeposisi



Gambar 7. Nilai pH Proses Elektrokoagulasi

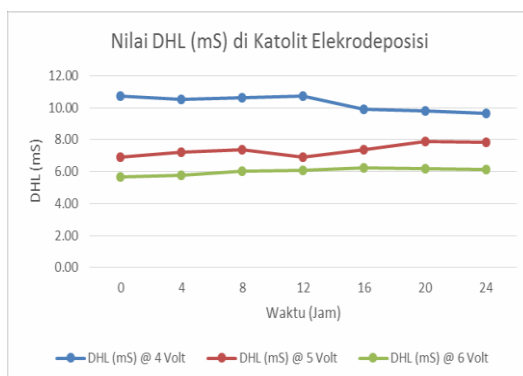
Adanya penurunan nilai pH pada grafik di gambar 5 ini disebabkan adanya perpindahan H^+ dari anoda ke katoda melewati biomembran eceng gondok.

Grafik nilai pH di anolit proses elektrodeposisi di atas menunjukkan bahwa pada berbagai variasi tegangan, perubahan pH tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan perubahan pH yang terjadi pada katolit. Hal ini disebabkan karena OH^- yang terbentuk di katoda tidak bisa melewati biomembran pada reaktor yang menyebabkan kondisi pH pada anolit tetapasam.

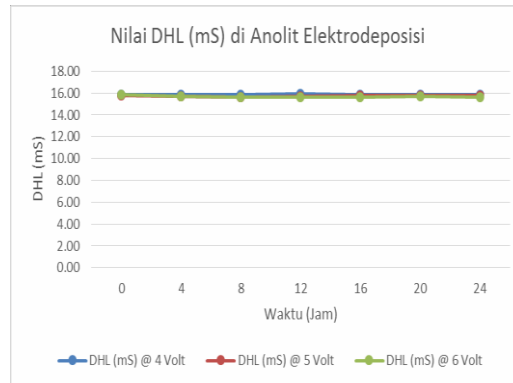
Sedangkan untuk grafik pada gambar 6, memperlihatkan bahwa nilai pH tidak berubah secara signifikan.

Daya Hantar Listrik (DHL)

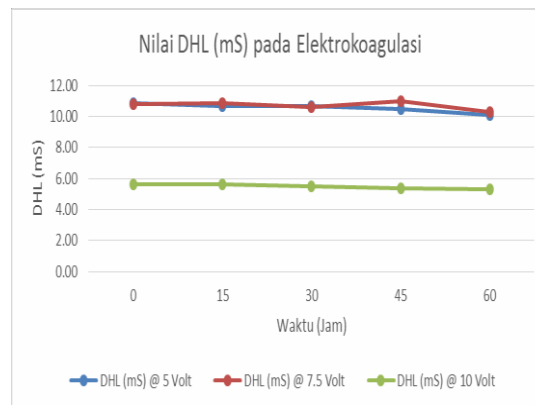
Parameter selanjutnya adalah daya hantar listrik. Daya hantar listrik ini salah satu parameter yang sangat penting. Dengan adanya daya hantar listrik, aliran listrik dari elektroda dapat mengalir ke dalam larutan katolit maupun anolit. Besarnya nilai daya hantar listrik ini berdasarkan dari banyaknya ion dalam larutan katolit maupun anolit.



Gambar 8. Nilai DHL di Katolit Proses Elektrodeposisi



Gambar 9. Nilai DHL di Anolit Proses Elektrodeposisi



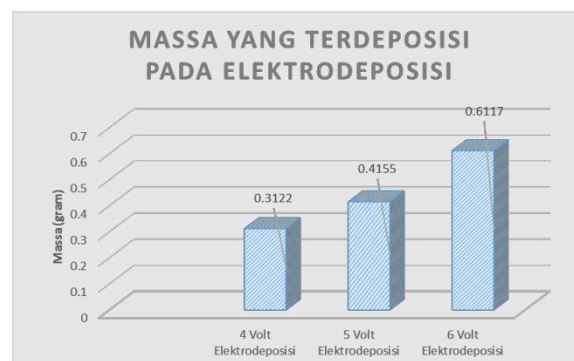
Gambar 10. Nilai DHL Proses Elektrokoagulasi

Berdasarkan grafik pada Gambar 8 dan Gambar 10, terlihat bahwa nilai DHL semakin berkurang apabila tegangan semakin diperbesar. Hal ini disebabkan oleh semakin tingginya tegangan yang diberikan, maka semakin banyak ion Ni^{2+} yang tereduksi menjadi Ni. Dikarenakan nilai DHL ini bergantung pada jumlah ion di dalam larutan.

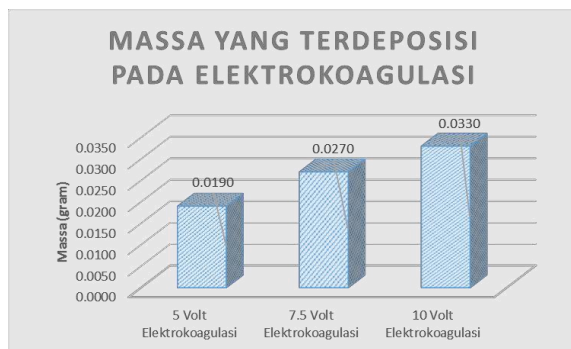
Sedangkan pada gambar 9, tidak ada perubahan nilai DHL yang signifikan karena jumlah ion di dalam larutan yang relatif stabil.

Massa yang Terdeposisi

Massa yang terdeposisi ini merupakan logam-logam hasil dari ion-ion yang mengalami proses reduksi pada katoda yang menempel pada elektroda tembaga (Cu). Logam pada penelitian ini merupakan logam nikel.



Gambar 11. Massa yang Terdeposisi pada Elektrodeposisi

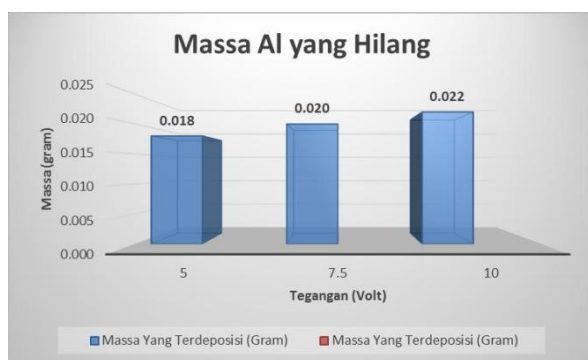


Gambar 12. Massa yang Terdeposisi pada Elektrokoagulasi

Berdasarkan tabel di atas, terlihat bahwa massa logam yang terdeposisi pada proses elektrodeposisi dan proses elektrokoagulasi akan semakin besar bila tegangan diperbesar, sehingga *recovery* nikel paling baik terjadi pada tegangan yang terbesar.

Massa Logam Alumunium yang Berkurang

Selama proses elektrokoagulasi, massa logam alumunium pada anoda akan berkurang seiring dengan terbentuknya koagulan $Al(OH)_3$.

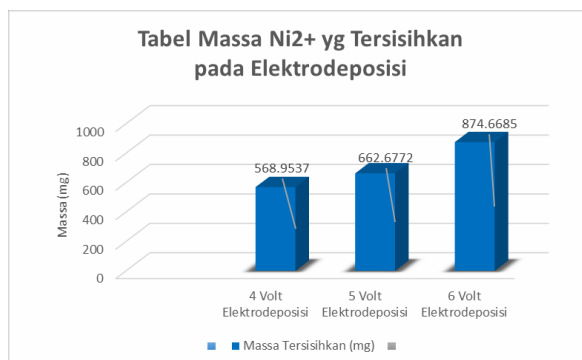


Gambar 13. Massa Alumunium yang Berkurang

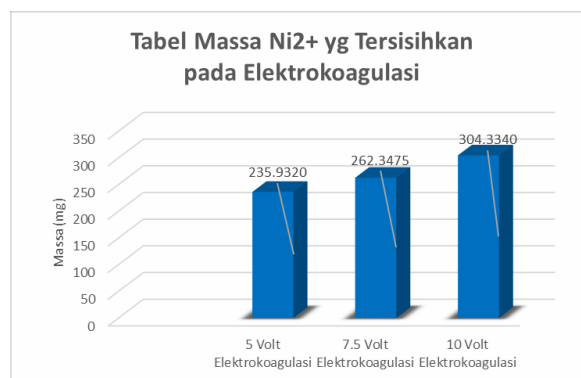
Berdasarkan gambar di atas, terlihat bahwa pengurangan massa alumunium akan semakin besar apabila tegangan diperbesar.

Massa Logam Nikel (Ni) Terlarut yang Tersihkan

Massa logam yang tersihkan merupakan massa logam terlarut pada katolit yang telah mengalami reduksi, Ni^{2+} berubah menjadi Ni sehingga konsentrasi akhir nikel terlarut pada katolit menjadi berkurang.



Gambar 14. Massa Ni^{2+} yang Tersihkan pada Elektrodeposisi



Gambar 15. Massa Ni²⁺ yang Tersisihkan pada Elektrokoagulasi

Berdasarkan grafik di atas, menunjukkan bahwa semakin besar tegangan yang diberikan pada proses elektrodeposisi dan proses elektrokoagulasi maka massa Ni²⁺ yang tersisihkan akan semakin besar.

Efisiensi Penyisihan Nikel (Ni) Terlarut

Penelitian kali ini diharapkan memperoleh metode dengan efisiensi penyisihan logam nikel yang optimum, sehingga bisa memenuhi baku mutu yang ditetapkan pemerintah. Berikut merupakan tabel dan gambar mengenai efisiensi penyisihan nikel pada berbagai variasi metode.

Tabel 2. Efisiensi Penyisihan Nikel (Ni) Variasi Tegangan

Jenis Metode	Tegangan, volt	Konsentrasi Nikel, ppm	Pengurangan, %
Elektrodeposisi	4	1016,29	52,82
Elektrodeposisi	5	828,85	61,52
Elektrodeposisi	6	404,86	81,21
Elektrokoagulasi	5	537,71	46,76
Elektrokoagulasi	7,5	510,71	50,68
Elektrokoagulasi	10	418,60	59,25
Koagulasi hidroksida pH 9		25,59	93,68

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa metode yang paling optimum adalah metode koagulasi hidroksida pH 9. Untuk metode elektrodeposisi dan metode elektrokoagulasi dipengaruhi oleh besarnya tegangan yang diberikan, semakin tinggi tegangan maka % pengurangan-nya semakin besar.

Sedangkan jika dilihat dari hasil yang diperoleh pada semua variasi tegangan proses elektrokoagulasi dan proses koagulasi hidroksida pH 9, hasilnya belum memenuhi baku mutu yang telah ditentukan oleh pemerintah.

Maka dapat disimpulkan, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penambahan tegangan diatas 10 volt pada proses elektrokoagulasi dan penambahan pH diatas 9 untuk proses koagulasi hidroksida pH 9 dengan harapan bisa memenuhi baku mutu maksimum yang sudah ditetapkan oleh pemerintah yaitu 1 mg/L.

Efisiensi Arus

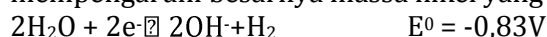
Efisiensi arus merupakan perbandingan massa deposit dalam percobaan terhadap massa deposit teoritis untuk muatan listrik tertentu.

Tabel 3. Efisiensi Arus Variasi Tegangan

Jenis Metode	Tegangan, volt	Kuat Arus (A)	Wfisiensi Arus (%)
Elektrodeposisi	4	0,0352	33,94
Elektrodeposisi	5	0,0520	30,53
Elektrodeposisi	6	0,0755	30,97
Elektrokoagulasi	5	0,0484	36,00
Elektrokoagulasi	7,5	0,0558	44,38
Elektrokoagulasi	10	0,0935	32,37

Berdasarkan Tabel 3 di atas, maka pada proses elektrodeposisi % efisiensi arus paling tinggi pada tegangan 4 volt, sedangkan % efisiensi arus paling tinggi pada proses elektrokoagulasi yaitu pada tegangan 7,5volt.

Efisiensi arus pada tegangan 4 volt mempunyai nilai yang paling besar dibanding pada tegangan 5 volt dan 6 volt. Itu artinya pada tegangan 4 volt, energi yang digunakan untuk mendepositkan nikel merupakan yang paling besar dibandingkan pada 5 volt dan 6 volt. Hal ini terjadi karena pada tegangan 4 volt tidak terlalu banyak gangguan yang menyebabkan proses penurunan konsentrasi nikel menjadi efektif. Menurut Afyanti (2014) terbentuknya gas H₂ bisa mempengaruhi besarnya massa nikel yang terdeposit.



Energi Spesifik

Energi spesifik adalah energi yang dibutuhkan dalam kWh untuk menyisihkan massa nikel seberat 1 kg. Pada penelitian ini, energi spesifik proses elektrodeposisi yang terbesar terdapat pada tegangan 6 volt, sedangkan energi spesifik yang terendah terdapat pada tegangan 4 volt. Sedangkan untuk proses elektrokoagulasi, energi spesifik yang terbesar pada tegangan 10 volt dan paling rendah di 5 volt. Energi spesifik dari penelitian ini dapat dilihat pada tabel.

Tabel 4. Hubungan Jenis Metode, Tegangan, Energi dan Energi Spesifik

Jenis Metode	Tegangan, volt	E (kWh)	Energi Spesifik, (kWh/kg)
Elektrodeposisi	4	0,003375	5,9328
Elektrodeposisi	5	0,006242	9,4189
Elektrodeposisi	6	0,01087	12,4270
Elektrokoagulasi	5	0,000242	0,2995
Elektrokoagulasi	7,5	0,000419	0,5094
Elektrokoagulasi	10	0,000935	1,0777

Berdasarkan Tabel 4, semakin kecil energi spesifiknya maka semakin kecil energi yang digunakan pada proses elektrodeposisi. Oleh karena itu, semakin kecil pula biaya yang dikeluarkan dalam pengurangan limbah nikel pada limbah elektroplating.

Dilihat pada tabel di atas, dapat disimpulkan biaya yang dikeluarkan untuk penyisihan nikel pada limbah elektroplating dengan proses elektrodeposisi untuk tegangan 6 volt paling besar dibandingkan dengan pada tegangan 4 volt dan 5 volt. Sedangkan untuk proses elektrokoagulasi energi spesifik yang paling tinggi yaitu pada tegangan 10 volt bila dibandingkan dengan tegangan lainnya pada 5 volt dan 7,5 volt.

Namun jika dilihat dari hasil akhir kandungan nikel pada limbah elektroplating, semakin besarnya energi spesifik yang dikeluarkan akan menghasilkan konsentrasi nikel yang semakin kecil.

SIMPULAN

- 1) Tegangan 6 volt merupakan tegangan listrik optimum untuk proses elektrodeposisi Ni menggunakan metode *Double Chamber Elektrodeposisi Cell* dengan elektrolit pendukung Na_2SO_4 .
- 2) Tegangan 10 volt merupakan tegangan listrik optimum untuk proses elektrokoagulasi Ni menggunakan alumunium sebagai anoda.
- 3) Pada parameter suhu tidak terjadi perubahan yang signifikan, sedangkan untuk parameter rapat arus, DHL, dan pH dipengaruhi oleh perubahan tegangan yang diberikan pada proses elektrodeposisi dan elektrokoagulasi.
- 4) Konsentrasi nikel akhir yang diperoleh dari proses elektrodeposisi pada tegangan 4 volt, 5 volt, dan 6 volt yang dilanjutkan dengan proses elektrokoagulasi pada tegangan 5 volt, tegangan 7,5 volt dan tegangan 10 volt atau metode koagulasi hidroksida pH 9 belum memenuhi standar pemerintah berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup no. KEP/51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Industri, konsentrasi nikel yang diperbolehkan adalah 1 mg/L. Dengan limbah artifisial yang mengandung (konsentrasi) nikel sebanyak 2154,20 mg/L, konsentrasi nikel akhir yang diperoleh proses elektrodeposisi dengan tegangan optimum 6 volt yang dilanjutkan dengan proses elektrokoagulasi pada tegangan optimum 10 volt dengan % pengurangan masing-masing yaitu 81,21% dan 59,25% masih mengandung nikel sebanyak 164,98 mg/L. Sedangkan apabila setelah proses elektrodeposisi pada tegangan optimum 6 volt dilanjutkan dengan proses koagulasi hidroksida pH9, diperoleh % pengurangan sebesar 93,68% masih mengandung nikel sebanyak 25,59 mg/L. Dengan hasil ini, bisa disimpulkan bahwa proses yang dilakukan masih belum memenuhi baku mutu.
- 5) *Recovery* nikel murni dari limbah artifisial menggunakan metode elektrodeposisi pada tegangan 6 volt sebanyak 0,6117 gram dan metode elektrokoagulasi pada tegangan 10 volt sebanyak 0,0330gram.

DAFTAR PUSTAKA

- Gunatilake, S. K., 2015, *Methods of Removing Heavy Metals from Industrial Wastewater*. Department of Natural Resources Sabaragamuwa University of Sri Lanka Belihuloya, Sri Lanka.
- Humberto, R. J. dkk.,2015, A Combined Electrocoagulation-Electrooxidation Process for Carwash Wastewater Reclamation. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 10 (2015) 6754 – 6767.
- Khandegar, Anil K.S.2014, Treatment of Distillery Spentwash by Electrocoagulation. *Journal of Clean Energy Technologies*, Vol. 2, No. 3, 2014.
- Mojtaba, S. R. dkk.,2014, *Effect of pH on Separation of Solid Content from Paint Contained Wastewater by a Coagulantflocculant Compound*. Chemistry Faculty, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran.
- Nazmul,dkk. 2014, *Treatment of Textile Wastewater by Electro-coagulation and Activated Sludge Process*. Department of Applied Chemistry & Chemical Engineering, University of Dhaka, Dhaka-1000.
- Saleh, A., 2014, *Electroplating Teknik Pelapisan Logam dengan Cara Listrik*, Yrama Widya, Bandung.
- Ukiwe, L. N. dkk.,2014, *Chemical and Electrocoagulation Techniques in Coagulation-Folcculationin Water and Wastewater Treatment*. Department of Chemistry, Federal University of Technology, Owerri, Nigeria.
- Umran, T. U., Sadettin, E. O. 2015, Removal of Heavy Metals (Cd, Cu, Ni) by Electrocoagulation. *International Journal of Environmental Science and Development*, Vol. 6, No. 6, June 2015.