

Pemanfaatan Serbuk Selulosa Kulit Kakao sebagai Adsorben Logam Berat Ni pada Limbah Cair Electroplating

Usage of Cacao Shell Cellulose as Ni Adsorbent in Electroplating's Waste Water

Azzumrotul Baroroh, Anita Dewi Moelyaningrum, Ellyke
Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Jember
Jalan Kalimantan 37, Jember 68121
Email: azzumrotulbaroroh94@gmail.com

Abstract

Jember is a cocoa producing districts, but Jember also produces farm waste in the form of cocoa shell. Electroplating industry is a place of research that using Cu, Ni, and Cr as a coating material, but it does not process the waste water treatment before the waste water went into the river behind the industry. Ni concentration in electroplating's waste water exceeds the quality standards set. This research used cacao shell cellulose as Ni adsorbent in electroplating's waste water. This type of research is True Experiment with Posttest Only Control Group Design. All variety of adsorbent dose (4 g/L, 7 g/L, and 10 g/L) contacted with 1 L of Ni waste water at 2 h. From the observed results, it is evident that the adsorption of Ni increases with the increase of adsorbent dose. About 4 g/L of cacao shell cellulose can remove 26% of 1,275 mg/L Ni, about 7 g/L can remove 47,53% of Ni, and about 10 g/L can remove 69,66% of Ni. From the result, it was concluded that 10 g/L cacao shell cellulose was found to be alternative to remove Ni in waste water of electroplating industry.

Keywords: Cellulose, Cacao shell, Nickel

Abstrak

Kabupaten Jember merupakan kabupaten penghasil kakao, namun Kabupaten Jember juga menghasilkan limbah perkebunan berupa kulit kakao. Industri electroplating yang menjadi tempat penelitian menggunakan Cu, Ni, dan Cr sebagai bahan pelapis, namun industri electroplating tidak melakukan pengolahan limbah sebelum limbah dibuang ke sungai di belakang industri. Kandungan Ni pada limbah electroplating X melebihi baku mutu yang ditetapkan. Serbuk selulosa kulit kakao digunakan sebagai adsorben Ni pada limbah cair electroplating. Jenis penelitian adalah True Eksperimen dengan desain Posttest Only Control Group Design. Semua variasi massa adsorben (4 g/L, 7 g/L, dan 10 g/L) dikontakkan dengan 1 L limbah electroplating yang mengandung Ni selama 2 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorpsi Ni meningkat seiring dengan penambahan massa serbuk selulosa kulit kakao. Serbuk selulosa sebanyak 4 g/L dapat mengadsorpsi Ni sebanyak 26% dari 1,275 mg/L. Serbuk selulosa sebanyak 7 g/L dapat mengadsorpsi Ni sebanyak 47,53%. Serbuk selulosa sebanyak 10 g/L dapat mengadsorpsi Ni sebanyak 69,66%. Kesimpulan penelitian adalah serbuk selulosa kulit kakao sebanyak 10 g/L dapat dijadikan sebagai alternatif media pengolahan limbah cair industri electroplating yang dihasilkan terutama untuk menurunkan kandungan Ni.

Kata kunci: Selulosa, Kulit kakao, Nikel

Pendahuluan

Kakao merupakan salah satu komoditas perkebunan. Bagian buah kakao yang mempunyai nilai ekonomis adalah biji kakao. Kabupaten Jember merupakan salah satu kabupaten penghasil kakao yang besar, namun Kabupaten Jember juga menghasilkan limbah perkebunan kakao berupa kulit kakao.

Elektroplating atau penyepuhan adalah pelapisan logam pada suatu benda dengan proses elektrolisis. Elektroplating bertujuan untuk mencegah karat pada benda dan memberi keindahan [1]. Industri elektroplating yang menjadi tempat penelitian menggunakan Cu, Ni, dan Cr sebagai bahan pelapis, namun industri elektroplating tidak melakukan pengolahan limbah sebelum limbah dibuang ke sungai di belakang industri.

Air limbah elektroplating yang menjadi tempat penelitian mengandung beberapa logam yakni Cu 233,5 ppm, Cr 219,6 ppm, dan Ni 195,6 ppm [2]. Baku mutu air limbah yang diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah menyebutkan bahwa parameter Ni pada air limbah bagi usaha dan atau kegiatan industri pelapisan logam tidak boleh melebihi 1,0 mg/ L [3]. Kandungan Ni pada limbah elektroplating X melebihi baku mutu yang ditetapkan.

Nikel adalah logam berwarna putih perak dengan berat jenis 8,5 dan berat atom 58,71 g/mol. Logam Ni memiliki sifat kuat, dapat ditempa, serta tahan terhadap karat dan oksidasi Ni diproduksi dari bijih nikel dan hasil dari peleburan/ daur ulang besi. Salah satu sumber terbesar Ni di atmosfer berasal dari hasil pembakaran bahan bakar minyak (BBM), pertambangan, dan penyulingan minyak [4]. Ni merupakan zat gizi esensial untuk beberapa jenis hewan dan manusia. Ni terdapat pada DNA dan RNA. Ni berfungsi menstabilisasi struktur asam nukleat serta protein dan sebagai kofaktor berbagai enzim. Defisiensi Ni dapat mengakibatkan kerusakan hati dan alat tubuh lain.

Paparan logam berat Ni berdampak buruk terhadap kesehatan manusia. Paparan Ni lewat kulit secara kronis dapat menimbulkan gejala dermatitis nikel (kulit kemerahan dan gatal) pada jari-jari, tangan, pergelangan tangan, serta lengan. Menurut *Agency of Toxic Substances & Disease Registry*, adsorpsi nikel dapat melalui inhalasi, oral dan dermal. Gangguan kesehatan yang timbul dapat berupa gangguan sistemik, gangguan imunologi, gangguan neurologis, dan gangguan reproduksi [5].

Terdapat penelitian terkait akumulasi logam berat dalam sedimen perairan pesisir Kota Dumai. Konsentrasi logam berat pada sedimen perairan

Dumai lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi logam berat pada badan air. Rata-rata kadar Ni sedimen jauh lebih tinggi dari logam lain. Rata-rata konsentrasi Ni, Zn, Pb, Cu, dan Cd berturut-turut 223.32, 53.09, 42.50, 5.55, dan 5.1 ppm. Pada tahun 2008 konsentrasi Ni juga paling tinggi dari pada logam berat lain [6].

Pencemaran logam berat terutama Ni sudah banyak terjadi, sehingga perlu diadakan pengolahan air limbah untuk menurunkan kadar Ni sebelum limbah dibuang ke lingkungan. Penelitian sebelumnya mengungkapkan bahwa kulit kakao 40 g/ L dapat mengadsorpsi Ni sebanyak 6,33 g/ L (45%). Penelitian tersebut mengungkapkan bahwa terjadi interaksi antara Ni dengan gugus hidroksil (-OH) dari lignin dan selulosa dan Ni dengan gugus N-H dari protein [7].

Faktor yang mempengaruhi kemampuan adsorpsi antara lain bentuk media adsorben, massa adsorben, waktu pengontakan, kemampuan adsorben dalam menyerap dan mengikat logam berat, dan jenis adsorpsi [8-10]. Peneliti mengambil variasi massa adsorben karena semakin banyak dosis adsorben yang digunakan maka semakin banyak Ni yang diikat. Pada penelitian Hajeeth *et al.* tentang penyerapan Cu dan Ni menggunakan ekstrak selulosa tanaman sisal menyebutkan bahwa pengikatan Cu dan Ni meningkat seiring dengan besarnya dosis adsorben [11].

Selulosa diambil sebagai bahan ekstraksi karena kandungan selulosa pada kulit kakao lebih tinggi dari pada kandungan lain. Kandungan selulosa pada kulit kakao sekitar 35% berat kering, beberapa komponen lainnya yaitu terdiri dari hemiselulosa 11%, lignin 15%, dan pektin 6%, mineral yaitu K 3,18%, Ca 0,32% dan P 0,15% [12]. Selulosa merupakan polisakarida struktural suatu organisme dan komponen utama dinding keras yang menyelubungi sel-sel tumbuhan [13]. Selulosa dikelilingi oleh hemiselulosa yang merupakan rantai polimer pentosa dan heksosa. [14].

Berdasarkan latar belakang peneliti tertarik untuk meneliti pemanfaatan serbuk selulosa kulit kakao sebagai adsorben logam berat Ni pada air limbah. Penelitian dilakukan untuk melihat perbedaan kadar Ni pada limbah cair yang tidak diberi perlakuan penambahan massa serbuk selulosa kulit kakao, limbah cair yang diberi perlakuan penambahan massa serbuk selulosa kulit kakao 4 g/ L, 7 g/ L, dan 10 g/ L

Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah *True Experiment* dengan desain *Posttest Only Control Group Designs*. Tempat pengujian kadar Ni

dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan (BBLK) Surabaya dan penelitian dilakukan pada bulan Mei-September 2016. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Penelitian dilakukan menggunakan RAL non faktorial yang terdiri dari 4 perlakuan dengan 6 kali pengulangan untuk masing-masing perlakuan. Kelompok kontrol (P₀) adalah air limbah yang tidak diberi penambahan massa serbuk selulosa kulit kakao. Kelompok perlakuan pertama (P₁) adalah air limbah yang diberi penambahan massa serbuk selulosa kulit kakao 4 g/ L, kelompok perlakuan kedua (P₂) adalah air limbah yang diberi penambahan massa serbuk selulosa kulit kakao 7 g/ L, dan kelompok perlakuan ketiga (P₃) adalah air limbah yang diberi penambahan massa serbuk selulosa kulit kakao 10 g/ L. Serbuk selulosa dikontakkan dengan air limbah sebanyak 1 L. Lama kontak yang digunakan adalah 2 jam. Objek penelitian berupa air limbah elektroplating yang mengandung Ni sebanyak 24 objek.

Tahapan pada penelitian adalah mempersiapkan serbuk kulit kakao, ekstraksi selulosa kulit kakao, pengambilan limbah elektroplating yang mengandung Ni, pengontakan serbuk selulosa dengan air limbah, pengukuran Ni, analisis data dan hasil penelitian.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven, alat penggiling, corong *Buchner*, pengayak 60 mesh termometer, pengaduk kaca, *beaker glass*, dan pemanas listrik. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk kulit kakao, kertas lakmus merah, NaOH, air, dan Na hipoklorit.

Ekstraksi selulosa dilakukan dengan cara memasak 5 g serbuk kulit kakao dengan NaOH 12% 100 ml suhu 100⁰ 3 jam. Mencuci sisa NaOH dengan air. *Bleaching* menggunakan Na hipoklorit 3% 25 ml suhu 60⁰ selama 60 menit lalu dicuci dengan air. Mengeringkan serbuk selulosa kulit kakao dengan oven suhu 60⁰ selama 3 hari.

Teknik pengumpulan data adalah pengukuran. Teknik analisis data menggunakan analisis deskriptif dan analitik. Uji statistik yang dilakukan adalah normalitas dengan Kolmogorov Smirnov, homogenitas, dan uji perbedaan dengan *One Way Anova*. Kelompok yang memiliki perbedaan paling signifikan dapat diketahui dengan uji *Post Hoc*

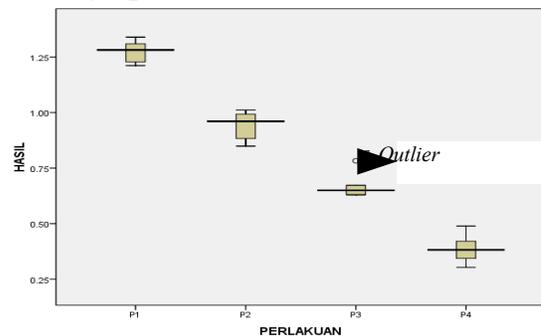
Hasil Penelitian

Hasil pemeriksaan kadar Ni pada limbah cair elektroplating seluruh kelompok perlakuan diajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Setiap Pengulangan pada Masing-masing Perlakuan

Pengulangan	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃
1	1.262	0.993	0.631	0.303
2	1.301	0.883	0.655	0.489
3	1.228	0.973	0.672	0.344
4	1.339	1.011	0.629	0.375
5	1.211	0.948	0.783	0.421
6	1.309	0.849	0.645	0.389
Minimum	1.21	0.85	0.63	0.3
Maksimum	1.34	1.01	0.78	0.49
Rata-rata	1.275	0.9428	0.6692	0.3868
SD	0.498	0.06401	0.058	0.06421
SE	0.02033	0.02613	0.02368	0.02621

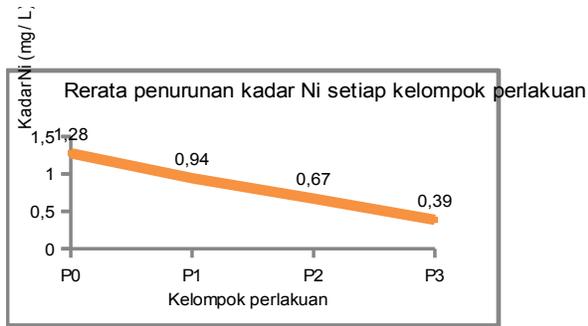
Data hasil kadar Ni setiap kelompok perlakuan juga disajikan secara visual menggunakan *boxplot*. *Boxplot* menjelaskan 5 ukuran statistik yang dapat dibaca, yaitu: nilai minimum, kuartil terendah, median, kuartil tertinggi, dan nilai maksimum, *boxplot* juga menunjukkan ada tidaknya nilai *outlier* dari data pengukuran.



Gambar 1. *Boxplot* Kadar Ni Setiap Kelompok Perlakuan

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa median terendah terdapat pada P₃, kemudian disusul P₂ dan P₁, sedangkan median tertinggi terdapat pada P₀. Nilai *outlier* terdapat pada P₂ dan berada di data ke-17. *Boxplot* juga menjelaskan kesimetrisan sebaran data. Pada kelompok P₀ dan P₁ data tidak berbentuk simetris. Kelompok P₂ dan P₃ data berbentuk simetris sehingga memiliki penyebaran data yang terpusat. Kesimpulannya adalah dari keempat perlakuan, P₃ adalah kelompok perlakuan yang paling baik jika dilihat dari rata-rata, median, penyebaran, dan nilai *outlier*. Kelompok P₃ memiliki rata-rata dan median yang paling rendah, penyebaran data yang simetris dan terpusat, dan tidak terdapat nilai *outlier*.

Kemampuan serbuk selulosa kulit kakao dalam menurunkan kadar Ni pada air limbah industri elektroplating dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rerata Penurunan Kadar Ni pada Setiap Kelompok Perlakuan

Gambar 2 menunjukkan kemampuan penurunan kadar Ni tertinggi terjadi pada kelompok P₃ dengan kemampuan penurunan kadar Ni sebesar 0.888 mg/ L atau 69,66%, sedangkan kemampuan penurunan kadar Ni terendah terjadi pada kelompok P₁ dengan kemampuan penurunan kadar Ni sebesar 0.332 mg/ L atau 26%.

Perbedaan Penambahan Massa Serbuk Selulosa Kulit Kakao terhadap Penurunan Kadar Ni pada Setiap Kelompok Perlakuan (Kelompok P₀, P₁, P₂, dan P₃)

Perbedaan antar kelompok perlakuan dapat diketahui dengan melakukan uji normalitas, uji homogenitas varian serta uji perbedaan populasi. Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui populasi berdistribusi normal atau tidak.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas

Kelompok Perlakuan	Signifikansi
P ₀	0,971
P ₁	0,972
P ₂	0,596
P ₃	0,999

Data berdistribusi normal jika nilai signifikansi >0,05. Hasil uji normalitas dari kadar Ni seluruh kelompok perlakuan >0,05, sehingga seluruh data setiap kelompok perlakuan berdistribusi normal. Hasil uji homogenitas menunjukkan angka 0,922. Populasi memiliki varian yang sama karena signifikansi >0,05. Hasil uji homogenitas menunjukkan salah satu asumsi dasar yang harus dipenuhi dalam analisis Anova.

Uji F merupakan salah satu langkah dalam prosedur uji Anova untuk mengetahui perbedaan rerata antara populasi. Nilai F hitung kadar Ni pada

limbah cair industri elektroplating adalah 0,000. Angka tersebut menunjukkan probabilitas yang lebih kecil dari 0,05, sehingga seluruh kelompok memiliki rata-rata populasi yang berbeda. Hubungan perbedaan antara kelompok-kelompok perlakuan dapat diketahui dengan melakukan uji Post Hoc.

Tabel 3. Hasil Uji Post Hoc

Kelompok Perlakuan	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃
P ₀	-	0,000*	0,000*	0,000*
P ₁	-	-	0,000*	0,000*
P ₂	-	-	-	0,000*
P ₃	-	-	-	-

Setiap kelompok perlakuan memiliki tanda (*), artinya kelompok P₀ berbeda secara signifikan dengan P₁, P₂, dan P₃. Kelompok P₁ berbeda secara signifikan dengan P₀, P₂, dan P₃. Kelompok P₂ berbeda secara signifikan dengan P₀, P₁, dan P₃. Kelompok P₃ berbeda secara signifikan dengan P₀, P₁, dan P₂.

Pembahasan

Air limbah elektroplating yang mengandung Ni didapat dari pembilasan bahan setelah bahan mengalami proses elektroplating. Air bilasan yang mengandung Ni dibuang ke tempat saluran pembuangan air limbah tanpa diolah terlebih dahulu, selanjutnya air limbah dialirkan menuju sungai dibelakang Industri Elektroplating X. Gambar di bawah ini menjelaskan sumber Ni pada limbah cair elektroplating sampai dibuang ke sungai.

Menghilangkan cat dan karat yang berada pada bahan kemudian dicuci dan dibilas dengan air



Pelapisan Ni dengan cara bahan dididihkan dalam tempat plating Ni



Setelah bahan dilapisi Ni bahan dicuci dengan air.



Limbah ditampung

Air limbah yang mengandung Ni dibuang ke saluran pembuangan limbah menuju sungai



Melanjutkan proses pelapisan bahan dengan logam lain

Gambar 3. Diagram Sumber Ni pada Limbah Cair Elektroplating

Kemampuan penurunan kadar Ni yang berbeda dari setiap kelompok perlakuan berkaitan dengan beberapa faktor. Faktor tersebut adalah bentuk media adsorben, massa adsorben, waktu pengontakan, kemampuan adsorben dalam menyerap dan mengikat logam berat, dan jenis adsorbsi.

Faktor pertama adalah bentuk media adsorben. Bentuk media adsorben yang digunakan dalam penelitian ini adalah serbuk. Semakin kecil ukuran media maka semakin luas permukaan media tersebut. Semakin luas permukaan adsorben maka semakin banyak zat yang teradsorbsi karena interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben [15]. Semakin luas permukaan adsorben maka pori-pori semakin banyak sehingga banyak adsorbat yang masuk kedalam pori-pori [16].

Penelitian Tandigau menggunakan media adsorben berbentuk serbuk dari kulit buah kopi arabika. Tandigau memvariasikan ukuran partikel kulit buah kopi arabika sebagai adsorben logam Ni. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa logam Ni yang terserap meningkat seiring dengan makin kecilnya ukuran media adsorben. Ukuran adsorben 150 mesh lebih banyak mengadsorbsi Ni dari pada ukuran 60 mesh [17].

Serbuk selulosa kulit kakao yang digunakan dalam penelitian tidak memiliki ukuran yang sama, karena ketersediaan jumlah serbuk selulosa terbatas. Ukuran serbuk yang tidak sama dapat menjadi sebab munculnya nilai *outlier* pada kelompok perlakuan kedua (P₂).

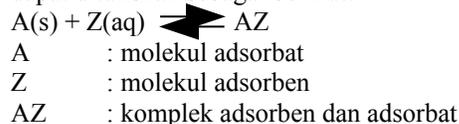
Faktor kedua adalah massa adsorben. Penelitian ini menunjukkan bahwa penyerapan Ni berbanding lurus dengan penambahan massa adsorben, semakin banyak massa adsorben maka semakin banyak penurunan kadar Ni pada air limbah. Bertambahnya massa adsorben mengakibatkan banyaknya reaksi tumbukan antar partikel, sehingga kemungkinan pembentukan molekul produk semakin meningkat [18].

Faktor ketiga adalah waktu pengontakan. Semakin lama waktu kontak, maka frekuensi tumbukan diantara partikel adsorbat dengan adsorben semakin besar. Setelah kesetimbangan tercapai, ikatan antara gugus aktif pada permukaan biosorben dan ion logam melemah sehingga proses desorpsi terjadi. Semakin lama waktu pengontakan tidak selalu berbanding lurus dengan banyaknya logam yang diikat, karena pada waktu tertentu seluruh permukaan adsorben telah mengikat logam sehingga tidak mampu lagi menyerap logam lebih banyak [19].

Faktor keempat adalah kemampuan adsorben dalam menyerap logam berat. Penelitian ini

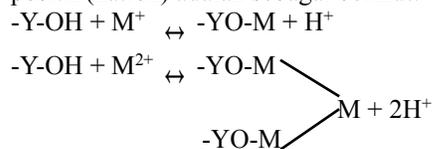
menggunakan serbuk selulosa kulit kakao sebagai adsorben Ni. Penurunan kadar Ni selama perlakuan disebabkan oleh terjadinya proses penyerapan dan pengikatan logam berat Ni oleh gugus aktif yang terdapat pada serbuk selulosa. Gugus aktif OH yang terdapat pada selulosa menyebabkan terjadinya sifat polar pada adsorben, sehingga terjadi interaksi antara ion logam Ni²⁺ dengan gugus OH⁻ [1]. Partikel dari adsorben memiliki sisi aktif negatif yang akan berinteraksi dengan ion logam bermuatan positif [20]. Pada penelitian ini sisi aktif negatif dari serbuk selulosa kulit kakao adalah OH⁻ dan ion logam bermuatan positif adalah Ni²⁺, keduanya akan berinteraksi membentuk kompleks selulosa dan Ni.

Faktor kelima, adsorbsi dipengaruhi oleh jenis adsorbsi yang terjadi pada adsorben dan adsorbat. Penurunan Ni pada air limbah elektroplating dapat terjadi karena adsorbsi fisika dan kimia. Adsorbsi fisika terjadi karena adanya gaya Van Der Wall. Gaya Van Der Wall adalah daya tarik menarik antara zat terlarut dan adsorben lebih besar dari gaya tarik menarik antara zat terlarut dengan pelarutnya maka zat yang terlarut akan diadsorbsi pada permukaan adsorben. Gaya tarik menarik disebabkan oleh ketidakseimbangan gaya. Kesetimbangan adsorbsi dapat dituliskan sebagai berikut:



Molekul adsorbat pada penelitian ini adalah logam berat Ni dan molekul adsorben adalah selulosa, sehingga kompleks adsorben dan adsorbat yang terbentuk adalah kompleks selulosa dan Ni. Pada kesetimbangan tersebut, penambahan serbuk selulosa menyebabkan kesetimbangan bergeser ke kanan, yaitu ke arah kompleks selulosa dan Ni.

Adsorbsi kimia terjadi karena interaksi ion antara adsorben dengan adsorbat. Mekanisme adsorbsi yang terjadi antara gugus OH yang terikat pada permukaan dengan ion logam yang bermuatan positif (kation) adalah sebagai berikut:



M⁺ dan M²⁺ dalam penelitian ini adalah ion logam Ni, sedangkan -OH adalah gugus hidroksil, dan Y adalah matriks tempat gugus -OH terikat. Ion logam Ni memiliki orbital D kosong yang akan diisi oleh elektron bebas dari atom oksigen pada gugus OH. Selulosa berperan sebagai ligan yang dapat menyumbangkan sepasang elektron bebas pada ion logam, sedangkan ion logam Ni berperan sebagai

atom pusat dalam pembentukan senyawa kompleks [21].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa kelompok perlakuan yang paling efektif dalam menurunkan kadar Ni limbah cair industri elektroplating adalah kelompok P₃ yaitu dengan penambahan serbuk selulosa kulit kakao sebanyak 10 g/ L dan kemampuan penurunan kadar Ni adalah 69,66%. Hasil rerata kadar Ni pada kelompok P₃ adalah 0,3868 mg/ L. Nilai akhir dari kadar Ni ini sudah memenuhi baku mutu lingkungan sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

Simpulan dan Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa serbuk selulosa kulit kakao dengan variasi massa 4 g/ L, 7 g/ L, dan 10 g/ L mampu menurunkan kadar Ni pada limbah cair elektroplating. Rerata kadar Ni P₀ yakni 1,275 mg/ L melebihi Baku Mutu Lingkungan. Rerata kadar Ni kelompok P₁, P₂, dan P₃ berturut-turut adalah 0,9428 mg/ L, 0,6692 mg/ L, dan 0,3868 berada di bawah Baku Mutu Lingkungan. Kelompok perlakuan yang paling efektif dalam penurunan kadar Ni adalah P₃.

Pemilik industri elektroplating X dapat menggunakan serbuk selulosa kulit kakao sebanyak 10 g/L untuk dijadikan alternatif media pengolahan limbah cair untuk menurunkan kadar Ni. Peneliti lebih lanjut disarankan memperbanyak bahan baku kulit kakao, menyamakan ukuran media adsorben, memvariasikan waktu, konsentrasi adsorbat, tegangan permukaan, dan kecepatan pengadukan sehingga diperoleh kondisi adsorpsi yang optimum.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih saya ucapkan kepada pihak Balai Besar Laboratorium Kesehatan (BBLK) Surabaya dan industri elektroplating X yang telah membantu dalam proses penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] Neny Anggraeni. Faraday dan Kelistrikan. [Internet]. Jakarta: Elex Media Komputindo; 2010 [cited 2015 November 26]. Available from Google book: https://books.google.co.id/books?id=N19IVoS_pqC&printsec=frontcover&dq=Faraday+dan+Kelistrikan&hl=id&sa=X&ved=0ahUKEwjEvLyKhvDKAhXQjo4KHRF_DrsQ06AIEGTAA#v=onepage&q=Far

- [aday%20dan%20Kelistrikan&f=false](#).
- [2] Ningtyas I. Isolasi dan Identifikasi Logam Kromium, Nikel, Tembaga, dari Air Limbah Elektroplating. Jember: Skripsi Universitas Jember; 2014.
- [3] Indonesia. Menteri Lingkungan Hidup. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air limbah. Jakarta: Menteri Lingkungan Hidup; 2014.
- [4] Widowati W, Sastiono A, and Jusuf R. Efek Toksik Logam. Yogyakarta: ANDI; 2008.
- [5] Toxicological Profile for Nickel. [Internet]. Atlanta: Agency for Toxic Substances & Disease Registry; 2015 [cited 2016 May 11]. Available from: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=245&tid=44#bookmark01>
- [6] Siregar Y dan Edward J. Faktor Konsentrasi Pb, Cd, Cu, Ni, Zn dalam Sedimen Perairan Pesisir Kota Dumai. Maspari Journal. 2010; 01: 01-10.
- [7] Malimongan M, Nafie N, and Taba P. Pemanfaatan kulit buah coklat (Theobroma cacao) sebagai biosorben ion logam Ni (II). [Internet]. Tanpa Tahun [cited 2015 Dec 2]. Available from: <http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/14569/Merlin%20Malimongan%20H31111010.pdf?sequence=>
- [8] Jang-Soon K, Seong-Taek W, Jong -Hwa L, Soon-Oh K, and Ho-Young J. Removal of divalent heavy metals (Cd, Cu, Pb, and Zn) and Arsenic (III) from aqueous Solutions Using Scoria: Kinetics and Equilibria of Sorption. Journal of Hazardous Materials [Internet]. 2010 [cited 2016 Dec 3]; 174 (1-3): 307-313. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389409015131>
- [9] Ngandayani, D. Pengaruh Konsentrasi adsorbat, temperatur, dan tegangan permukaan pada proses adsorpsi gliserol oleh karbon aktif. [Internet]. Surakarta: Skripsi Universitas Sebelas Maret; 2011. Available from: <http://eprints.uns.ac.id/8983/>
- [10] Windra. Pengaruh massa adsorben, waktu adsorpsi dan konsentrasi pewarna terhadap efisiensi adsorpsi arang aktif pada pewarna direct brown teknis. [Internet]. Yogyakarta: Skripsi Universitas Negeri Yogyakarta; 2011. Available from: <http://eprints.uny.ac.id/id/eprint/18321>
- [11] Hajeeth, T, Vijayalakshmi K., Gomathi T., Sudha

- P., & Anbalagan S. Adsorption of Copper(II) and Nickel(II) Ions from Aqueous Solution Using Graft Copolymer of Cellulose Extracted from the Sisal Fiber with Acrylic Acid Monomer. *Composite Interface* [Internet]. 2007 [cited 2016 Dec 2]; 21 (1): 75-86. Available from <http://dx.doi.org/10.1080/15685543.2013.832072>
- [12] Sobamiwa O, and Longe O. Utilization of cocoa-pod pericarp fractions in broiler chick diets. *Journal of Animal Feed Science and Technology* [Internet]. 1994 [cited 2015 Dec 10]; 47: 237-244. Available from: <http://www.animalfeedscience.com/article/0377-8401%2894%2990127-9/pdf>
- [13] Campbell N, Reece J, Mitchell L. *Biologi*. Jakarta: Erlangga; 2002
- [14] Biofuels Primer Placemat: From Biomass to Cellulosic Ethanol and Understanding Biomass: Plant Cell Walls. [Internet]. U.S. Department of Energy Genomic Science; 2007 [Cited 2016 Nov 26] <http://genomicscience.energy.gov/biofuels/placemat.shtml>
- [15] Fatmawati. *Kajian Adsorpsi Cd (II) oleh Biomassa Patogen (Rumput naga) yang Termobilisasikan pada Silica Gel*. Banjarnegara: Skripsi Universitas Lambung Mangkurat; 2006.
- [16] Suteu D, Biliuta G, Rusu L, Coseri S, and Nacu G. Cellulose Cellets as New Type of Adsorbent for The Removal of Dyes from Aqueous Media. *Journal Environmental Engineering and Management* [Internet]. 2015 [cited 2016, Nov 13]; 14 (3): 525-532. Available from: http://omicron.ch.tuiasi.ro/EEMJ/pdfs/vol14/no3/full/4_998_Suteu_14.pdf
- [17] Tandigau S, Nafie N, and Budi, P. Biosorpsi Ion Ni(II) oleh Kulit Buah Kopi Arabika (*Coffea arabica*). [Internet]. Makasar. Skripsi Universitas Hasanuddin; 2015 [cited 2016 Nov 26]. Available from: <http://repository.unhas.ac.id/handle/123456789/16647>
- [18] Walfe D. *Chemistry Introduce to College*. USA: MC. Graw Hill Book Compars; 1984.
- [19] Meunier N, Jerome L, Jean-Francois B, and Tyagi R. Cocoa shells for heavy metal removal from acidic solutions. *Bioresource Technology* [Internet]. 2003 [cited 2015 Dec 2]; 90: 255-263. Avilable from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852403001299>
- [20] Mahvi, A, Naghipor D, Vaezi F, and Nazmara S. Teawaste as an Adsorbent for Heavy Metal Removal from Industrial Wastewater. *Amreican Juornal of Applied Science* [Internet]. 2005 [cited 2016 Nov 11]; 2(1): 372-375. Available from: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=AV20120161528>
- [21] Apriliani, A. *Pemanfaatan Arang Ampas Tebu sebagai Adsorben Ion logam Cd, Cr, Cu, dan Pb dalam Air Limbah*. [Internet]. Jakarta: Skripsi Universitas Islam Negri Syarif Hidayatullah; 2010. Available from: <http://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/2852/1/ADE%20APRILIANI.pdf>