

SINTESIS BIOMASSA BULU AYAM TERAKTIVASI NaOH/Na₂SO₃ APLIKASINYA PENURUN KADAR TEMBAGA LIMBAH ELEKTROPLATING

Fahrizal Nor*), Wisnu Sunarto dan Agung Tri Prasetya

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Mei 2014
Disetujui Juni 2014
Dipublikasikan Agustus 2014

Kata kunci:
tembaga
bulu ayam
adsorpsi
desorpsi

Abstrak

Bulu ayam merupakan limbah yang dapat dimanfaatkan keberadaannya karena adanya kandungan keratin. Penelitian ini dilakukan karena ion logam tembaga bersifat karsinogenik sehingga sangat berbahaya bagi kesehatan serta bertujuan untuk mengetahui bahwa adsorben bulu ayam yang diaktivasi dengan menggunakan NaOH/Na₂SO₃ dapat digunakan untuk menurunkan kadar ion logam tembaga, mengetahui kapasitas adsorpsinya serta mengetahui pengaruh pH, konsentrasi tembaga, massa adsorben dan waktu kontak terhadap jumlah tembaga yang terserap. Variasi pH dilakukan pada 3, 5, 7, 9 dan diperoleh hasil pada kondisi pH optimum 5 dengan massa adsorben 0,5 gram yang divariasi dari 0,1; 0,3; 0,5 dan 0,7 g dengan waktu kontak 80 menit. Kapasitas adsorpsi bulu ayam dalam menyerap ion logam tembaga adalah 38,43 mg/g pada kondisi optimum. Konsentrasi awal limbah setelah dianalisis dengan SSA sebesar 2384,1 ppm. Setelah diadsorpsi menunjukkan hasil konsentrasi akhir logam tembaga sebesar 95,48 ppm dengan prosentase hasil adsorpsi sebesar 95%. Bulu ayam yang telah digunakan didesorpsi dengan melarutkannya dalam larutan HCl. Prosentase tembaga hasil desorpsi sebesar 98%.

Abstract

Chicken feathers is a waste that can be utilized existence because it contains keratin. This study was conducted because copper ions are carcinogenic metals making it very dangerous for health and aims to find out that the adsorbents are activated with a chicken feathers using NaOH/Na₂SO₃ can be used to reduce levels of copper metal ions, adsorption capacity to know and to know the effect of pH, copper concentration, mass adsorbent and contact time the amount of copper that is absorbed. pH variation performed at pH 3, 5, 7, 9 and obtained optimum results at pH 5 to 0.5 g of the adsorbent mass varied from 0.1, 0.3, 0.5 and 0.7 g with a contact time of 80 minute. Chicken feathers adsorption capacity to absorb metal ions of copper is 38.43 mg/g at optimum conditions. Initial concentration of the waste when analyzed by AAS is 2384.1 ppm. After adsorbed the results of the final concentration of copper equal to 95.48 ppm with a percentage of 95% adsorption results. The chicken feathers that have been used in desorption with dissolving it in a solution of HCl. The percentage of copper desorption results by 98%.

Pendahuluan

Kehidupan masyarakat modern saat ini tidak bisa terlepas dari benda-benda yang dibuat dengan proses elektroplating (Purwanto dan Huda; 2005). Seiring dengan meningkatnya kemajuan teknologi dan berkembangnya kegiatan industri, kegiatan elektroplating selain menghasilkan produk yang berguna juga menghasilkan limbah padat dan cair serta emisi gas. Bahan pencemar dalam limbah cair elektroplating yang sering menjadi perhatian adalah ion-ion logam berat karena selain sifat toksik dari ion-ion tersebut meskipun berada pada konsentrasi yang rendah (ppm) juga dapat bersifat bioakumulasi dalam siklus rantai makanan (Sharma dan Weng; 2007) dan umumnya sebagai polutan utama bagi lingkungan.

Adsorpsi merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam limbah elektroplating karena metode ini aman, tidak memberikan efek samping yang membahayakan kesehatan, tidak memerlukan peralatan yang rumit dan mahal, mudah pengerjaannya dan dapat di daur ulang (Erdawati; 2008).

Adsorpsi ion logam oleh bahan berserat misalnya keratin dapat ditingkatkan dengan mengolah bahan-bahan tersebut dengan suatu bahan kimia tertentu, misal aktivasi kimia menggunakan larutan alkali (Kulkarni dan Rane; 1980). Kemungkinan penggunaan bahan-bahan berserat seperti keratin sebagai biosorben baru yang murah dan sederhana pembuatannya dapat kita temukan dalam bulu ayam.

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, penulis melakukan penelitian tentang adsorpsi logam tembaga pada limbah elektroplating dengan bulu ayam yang diaktivasi dengan menggunakan NaOH/Na₂SO₃.

Metode Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: neraca analitik *AND GR-200*, *magnetic stirrer*, *oven Precision GCA Corp*, *SSA model Analyst 100* buatan *Perkin Elmer*, Spektrometer FT-IR *Shimadzu-8201PC*. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bulu ayam broiler, aquademineralata serta bahan kimia NaOH, Na₂SO₃, HNO₃, HCl, dietil eter, Cu(NO₃)₂·3H₂O dengan *grade pro analyst* buatan *Merck*.

Bulu ayam broiler dicuci dengan air dan detergen beberapa kali, kemudian dijemur sampai kering sehingga hilang baunya. Setelah kering, bulu ayam tersebut dipotong 0,5 cm, selanjutnya dicuci/direndam dengan dietil eter

selama 15 menit, kemudian disaring dengan menggunakan corong *buchner*. Residu yang didapat dikeringkan dengan *oven* pada suhu 40°C sampai berat konstan sehingga biomassa siap digunakan.

Biomassa diambil sebanyak 35 g dan diaktivasi dengan cara direndam dengan NaOH 5% sebanyak 50 mL, distirer selama 20 menit dan direndam kembali dengan Na₂SO₃ 0,1 N sebanyak 50 mL, distirer selama 20 menit. Kemudian, disaring menggunakan corong *buchner*. Residu yang didapat dikeringkan dengan *oven* pada suhu 50°C sehingga diperoleh biomassa bulu ayam teraktivasi yang siap digunakan. Karakteristik biomassa ini dilakukan menggunakan FT-IR (Ketaren; 1986).

Optimasi penyerapan ion logam tembaga oleh biomassa bulu ayam teraktivasi. Lima puluh mL larutan tembaga 250 ppm diatur keasamannya pada pH 3, 5, 7, dan 9 dengan menambahkan larutan HCl 0,1 M atau NaOH 0,1 M kemudian masukkan 0,5 g bulu ayam dan diaduk di atas *magnetic stirrer* selama 30 menit. Larutan disaring, kemudian larutan dianalisis dengan SSA pada λ 324,8 nm.

Biomassa bulu ayam ditimbang 0,1; 0,3; 0,5; dan 0,7 g kemudian dimasukkan dalam 50 mL larutan tembaga 250 ppm dengan pH optimum hasil penentuan pH optimum adsorpsi dan diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Larutan disaring, kemudian larutan dianalisis dengan SSA pada λ 324,8 nm.

Menyiapkan 50 mL larutan tembaga dengan variasi konsentrasi 100, 200, 300, 400 dan 500 ppm, dengan pH optimum hasil penentuan pH optimum adsorpsi, dan masukkan biomassa bulu ayam sebesar massa optimum hasil penentuan massa adsorben optimum adsorpsi ke dalam masing-masing larutan kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Larutan disaring, kemudian larutan dianalisis dengan SSA pada λ 324,8 nm.

Biomassa bulu ayam ditimbang sesuai dengan massa optimum hasil penentuan massa adsorben optimum adsorpsi kemudian dimasukkan dalam 50 mL larutan tembaga dengan konsentrasi optimum hasil Penentuan konsentrasi tembaga optimum adsorpsi, pada pH optimum hasil Penentuan pH optimum adsorpsi kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* dengan variasi waktu 20, 40, 60, 80, 100, dan 120 menit. Larutan disaring, kemudian larutan dianalisis dengan SSA pada λ 324,8 nm.

Biomassa bulu ayam ditimbang 0,3 g

kemudian dimasukkan dalam 50 mL larutan tembaga dengan variasi konsentrasi 200, 250 dan 300 ppm, diaduk dan didiamkan selama semalam, larutan disaring dan dianalisis dengan SSA. Kemudian dihitung kapasitas adsorpsinya.

Penentuan konsentrasi Cu dalam sampel air limbah elektroplating. Sampel air limbah elektroplating disaring kemudian diawetkan dengan menambahkan HNO₃ pekat sampai pH kurang dari 2 kemudian dianalisis dengan SSA untuk mengetahui konsentrasi awal limbah.

Bulu ayam sebanyak massa optimum dimasukkan dalam 50 mL sampel yang telah diketahui kadarnya pada preparasi sampel air limbah elektroplating, konsentrasi dan pH diatur pada kondisi yang memberikan serapan optimum, kemudian diaduk sampai batas waktu optimum. Larutan disaring dan tepatkan dalam labu ukur 50 mL, lalu dianalisis dengan SSA.

Desorpsi larutan tembaga. Residu hasil penyaringan pada penentuan konsentrasi akhir dari Cu dalam sampel dicuci dengan HCl 4 N kemudian diaduk dengan *magnetic stirrer* pada waktu penyerapan optimum, disaring dan filtratnya ditepatkan sesuai dengan volume awal, kemudian dianalisis dengan SSA.

Hasil dan Pembahasan

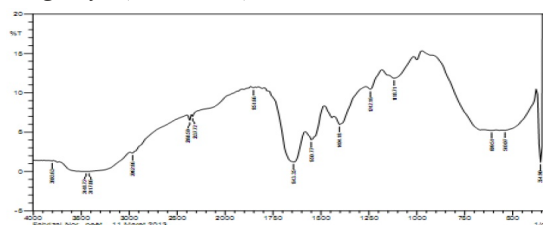
Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah industri elektroplating yang mengandung tembaga. Berikut ini adalah karakteristik limbah cair pada industri elektroplating.

Tabel 1. Karakteristik cair tembaga yang digunakan dalam penelitian

No.	Karakteristik	Pengamatan
1.	Fisik	
	a. Warna	Biru jernih
	b. Bau	Memilik bau yang khas
	c. Fase	Cair tanpa endapan
2.	Kimia	
	a. pH	1
	b. Konsentrasi Cu	2384,1 ppm

Adsorpsi merupakan suatu peristiwa penyerapan molekul-molekul dari suatu senyawa oleh permukaan zat padat. Dalam penelitian ini digunakan adsorben bulu ayam karena bulu ayam tersusun dari 80% protein kasar dan α -keratin yang mengandung protein serat. Protein serat ini kaya akan sulfur dan sistein. Sistein merupakan asam amino yang mengandung gugus fungsional berupa karboksilat, amina dan rantai samping sulfhidril yang diyakini dapat memberikan sifat polielektrolit sehingga dapat berperan sebagai penukar ion yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben terhadap logam berat dari perairan.

Sebelum digunakan sebagai adsorben, bulu ayam dicuci bersih untuk menghilangkan kotoran yang melekat. Bulu ayam dipotong kecil-kecil untuk memperbesar luas permukaan adsorben. Semakin luas permukaan adsorben semakin besar juga penyerapannya. Bulu ayam yang sudah halus direndam dengan dietil eter untuk menghilangkan lapisan lilin yang melekat pada permukaan bulu ayam. Adanya lapisan lilin ini dapat menghalangi penyerapan ion logam tembaga pada bulu ayam. Bulu ayam yang sudah direndam dengan dietil eter disaring dan dikeringkan. Bulu ayam yang sudah kering kemudian diaktivasi dengan menggunakan larutan NaOH dan Na₂SO₃ untuk mengaktifkan gugus protein pada bulu ayam, yaitu α -keratin yang mengandung sistein sehingga dapat menyerap lebih optimal kemudian disaring dan dikeringkan. Bulu ayam dianalisa dengan menggunakan FT-IR untuk mengetahui gugus fungsinya (Gambar 1).



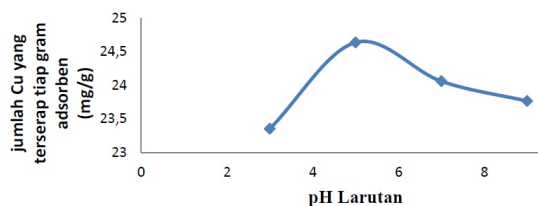
Gambar 1. Gugus fungsi keratin

Dari hasil spektra tersebut dapat dilihat bahwa struktur atau komponen menunjukkan karakteristik daerah serapan untuk ikatan peptida. (-CONH-), dimana vibrasi pada ikatan tersebut dikenal sebagai daerah serapan amida I-III. Daerah serapan amida I menunjukkan adanya vibrasi *stretching* gugus C=O yang muncul pada bilangan gelombang 1700-1600 cm⁻¹ (Sun, *et al.*; 2009). Pada biomassa bulu ayam daerah ini muncul pada bilangan gelombang 1639 cm⁻¹. Daerah serapan amida II yang muncul pada bilangan gelombang antara 1560-1335 cm⁻¹ berasal dari vibrasi *bending* N-H dan *stretching* C-H, dimana pada bulu ayam muncul pada 1539 cm⁻¹.

Untuk daerah serapan amida III muncul pada bilangan gelombang sekitar 1240 cm⁻¹ merupakan daerah yang dihasilkan dari kombinasi vibrasi *stretching* C-N dan *bending* sebidang N-H, dengan beberapa pengaruh dari vibrasi *stretching* C-C dan *bending* C=O (Sun, *et al.*; 2009). Hasil spektra sesuai dengan gugus fungsi dari keratin karena menunjukkan serapan gugus C-H, C-O, N-H₂.

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh pH

karena pH dapat mempengaruhi gugus-gugus fungsional dari dinding biomassa yang berperan aktif dalam proses penyerapan logam berat. Selain itu, pH juga berpengaruh pada kelarutan ion logam dalam larutan, sehingga pH merupakan parameter yang penting dalam adsorpsi ion logam dalam larutan. Penentuan pH optimum dilakukan untuk mengetahui pH interaksi dimana adsorben menyerap logam berat secara optimal.



Gambar 2. Hubungan pH dan jumlah tembaga yang terserap

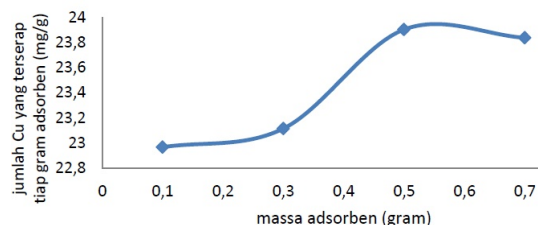
Pada pH 3, didapatkan prosentase serapan tembaga yang paling kecil yaitu sebesar 93% dikarenakan pada proses pembentukan kompleks biomassa (sistein) dengan ion logam umumnya disertai dengan pelepasan ion hidrogen (proton). Jika pH larutan rendah (asam) maka logam lebih cenderung larut, sehingga menyebabkan pengurangan kemampuan gugus aktif biomassa dalam mengikat ion logam.

Pada pH di atas 3, tembaga membentuk spesi Cu^{2+} dan $\text{Cu}(\text{OH})^+$, yang selanjutnya dengan semakin meningkatnya nilai pH akan meningkatkan ionisasi rantai samping sistein yang berupa thiol (-SH) sehingga semakin meningkatkan tarikannya dengan ion tembaga yang bermuatan positif. Hal ini mengakibatkan semakin meningkatkan penyerapan terhadap tembaga. Pada penelitian ini, pH 5 sebagai pH yang memberikan hasil penyerapan optimum yaitu sebesar 98%.

Sedangkan pada pH di atas 5, terjadi penurunan terhadap penyerapan logam tembaga oleh biomassa bulu ayam yaitu pada pH 7 sebesar 96% dan pada pH 9 sebesar 95% karena pada pH di atas 5 mulai terjadi pengendapan dari ion tembaga membentuk $\text{Cu}(\text{OH})_2$ sehingga menghalangi terjadinya penyerapan tembaga oleh biomassa. Hal ini dikarenakan penambahan NaOH berlebih untuk menaikkan pH menjadi 7 dan 9 menyebabkan terjadinya reaksi antara OH^- dengan Cu^{2+} menjadi $\text{Cu}(\text{OH})_2$ sehingga sebelum diserap oleh biomassa, logam tembaga sudah bereaksi terlebih dahulu dengan gugus -OH.

Penentuan massa adsorben dilakukan

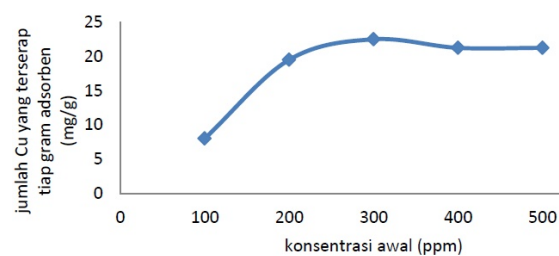
untuk mengetahui kondisi optimal bulu ayam dapat bekerja dengan melakukan variasi massa. Dikatakan sebelumnya bahwa salah satu yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah banyak sedikitnya massa adsorben yang digunakan pada proses adsorpsi.



Gambar 3. Hubungan antara massa adsorben dan jumlah tembaga yang terserap

Semakin besar massa adsorben akan meningkatkan jumlah tembaga yang terserap. Sebanyak 0,1 g adsorben mampu menyerap tembaga sebesar 229,672 ppm dan 0,3 g adsorben mampu menyerap tembaga sebesar 231,148 ppm sedangkan untuk 0,5 g adsorben mampu menyerap tembaga sebesar 139,016 ppm dan cenderung konstan pada 0,7 g. Namun semakin besar massa adsorben kapasitas adsorpsinya akan semakin menurun. Hal ini dikarenakan konsentrasi tembaga yang digunakan sama yaitu 250 ppm sedangkan massa adsorben yang digunakan semakin besar.

Konsentrasi ion logam yang diserap berhubungan dengan jumlah sisi aktif yang terdapat pada permukaan adsorben, jika jumlah sisi aktif pada adsorben lebih besar dari jumlah ion logam yang akan diserap maka efisiensi penyerapan akan tinggi. Namun pada kondisi tertentu efisiensi penyerapan akan konstan karena telah terjadi kejenuhan pada adsorben.

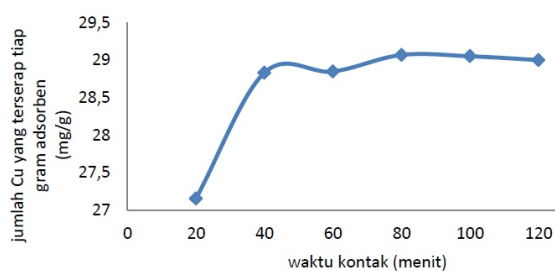


Gambar 4. Hubungan antara konsentrasi awal dan jumlah tembaga yang terserap

Dari Gambar 4. diatas dapat dilihat bahwa kecepatan naiknya konsentrasi tembaga terserap dan daya serap paling besar adalah pada awal penyerapan yaitu pada 100 ppm dengan konsentrasi tembaga terserap 87,5 ppm hingga konsentrasi 300 ppm sebanyak 225 ppm. Sedangkan pada konsentrasi yang lebih tinggi penyerapan konstan hingga pada konsentrasi

500 ppm. Hal ini terjadi karena pada awal penyerapan, permukaan adsorben masih belum terlalu banyak berikatan dengan tembaga sehingga proses penyerapan berlangsung kurang efektif. Pada konsentrasi 400 ppm hingga 500 ppm konsentrasi konstan yaitu 212,5 ppm. Pada keadaan ini, kapasitas adsorpsi permukaan biomassa telah jenuh telah tercapai kesetimbangan antara konsentrasi tembaga dalam biomassa dengan lingkungannya sehingga penyerapan pada konsentrasi diatas 300 ppm menjadi konstan atau hampir sama.

Waktu kesetimbangan adsorpsi perlu ditentukan untuk mencapai adsorpsi optimum adsorbat pada permukaan adsorben. Waktu kontak merupakan waktu yang dibutuhkan biomassa bulu ayam untuk menyerap logam tembaga. Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Waktu kontak untuk mencapai keadaan setimbang pada proses serapan logam oleh adsorben berkisar antara beberapa menit hingga beberapa jam (Bernasconi, *et al.*; 1995).



Gambar 5. Hubungan antara waktu kontak dan konsentrasi tembaga yang terserap

Pada waktu kontak 20 menit konsentrasi tembaga yang terserap sebesar 271,525 ppm. Pada menit ke-40 konsentrasi tembaga yang terserap naik menjadi 288,305 ppm dan pada menit ke-60 dan ke-80 naik lagi menjadi 288,475 ppm dan 290,678 ppm. Sedangkan pada waktu kontak diatas 80 menit konsentrasi tembaga menurun dan cenderung konstan sampai menit ke-120. Menurunnya konsentrasi ini karena pada keadaan ini, kapasitas adsorpsi permukaan biomassa telah jenuh dan telah tercapai kesetimbangan antara konsentrasi tembaga dalam biomassa dengan lingkungannya sehingga penyerapan pada waktu kontak diatas 80 menit cenderung konstan atau hampir sama.

Semakin lama waktu kontak antara ion logam tembaga dan adsorben bulu ayam memungkinkan terjadinya peningkatan penyerapan ion logam, namun jika terlalu lama dapat menurunkan tingkat penyerapan. Hal ini di-

sebabkan semakin lama waktu kontak dapat mengakibatkan desorpsi, yaitu lepasnya ion logam tembaga yang sudah terikat pada gugus aktif adsorben.

Kapasitas adsorpsi adalah kemampuan suatu adsorben dalam menyerap adsorbat dengan jumlah tertentu. Kapasitas adsorpsi bulu ayam terhadap ion logam tembaga sebesar 38,43 mg/g, konsentrasi yang digunakan sebesar 200, 250 dan 300 ppm. Dalam proses ini larutan tembaga dikontakkan dengan adsorben dan diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 30 menit. Sebelum dianalisis larutan didiamkan selama semalam agar penyerapannya lebih maksimal.

Biomassa bulu ayam yang telah diaktivasi dan telah diketahui kondisi optimumnya akan digunakan untuk menurunkan kadar ion logam tembaga dalam limbah industri elektroplating. Kadar logam tembaga dalam sampel sebelum dilakukan proses adsorpsi adalah sebesar 2384,1 ppm. Pada penyerapan sampel limbah ini digunakan massa adsorben optimum untuk mengadsorpsi logam tembaga yang ada dalam sampel. Sampel kemudian diaduk dengan pengaduk magnet selama waktu optimum. Setelah diaduk sampel disaring dan filtratnya dianalisis dengan SSA. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa logam tembaga yang terdapat pada sampel 95,48 ppm. Berikut adalah tabel hasil adsorpsi tembaga dalam sampel limbah oleh biomassa bulu ayam.

Tabel 2. Hasil adsorpsi tembaga dalam sampel limbah oleh biomassa bulu ayam

Larutan	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi akhir (ppm)	% Adsorpsi
Sampel 1	2389,8	94,92	95
Sampel 2	2406,7	98,31	
Sampel 3	2355,9	93,22	
Rata-rata	2384,1	95,48	

Desorpsi larutan tembaga dalam adsorben dilakukan untuk mengetahui apakah adsorben dapat diregenerasi atau tidak, sehingga adsorben dapat digunakan lagi untuk melakukan adsorpsi. Desorpsi dapat dilakukan dengan mengontakkan adsorben yang telah digunakan dengan larutan yang dikenal dengan agen desorpsi. Dalam penelitian ini digunakan HCl sebagai agen desorpsi. Adsorben bulu ayam yang telah digunakan untuk menyerap limbah tembaga dikontakkan dengan HCl, kemudian diaduk dengan pengaduk magnet selama waktu optimum. Kemudian larutan disaring dan filtratnya dianalisis dengan SSA untuk mengetahui banyaknya ion logam, yang terdesorpsi.

Larutan HCl digunakan sebagai agen desorpsi karena pada medium asam, gugus sulfhidril pada adsorben terprotonasi dan tidak menarik ion logam yang bermuatan positif, sehingga terjadi pelepasan ion-ion logam ke dalam larutan atau agen desorpsi.

Berdasarkan hasil analisis didapatkan tembaga sebesar 2259,9 ppm atau sebesar 98% dalam desorpsi ini tidak semua ion logam tembaga yang terserap dapat dilepaskan dari adsorben, masih ada ion logam tembaga yang terikat pada adsorben. Ini mungkin disebabkan karena ikatan antara logam tembaga dan adsorben cukup kuat. Berikut adalah tabel hasil analisis desorpsi tembaga.

Tabel 3. Hasil analisis desorpsi tembaga

Larutan	Jumlah ion yang diadsorpsi (ppm)	Jumlah ion yang terdesorpsi (ppm)	% desorpsi
Sampel 1	2294,88	2254,2	98
Sampel 2	2308,39	2305,1	
Sampel 3	2262,68	2220,3	
Rata-rata	2288,62	2259,9	

Simpulan

Adsorben biomassa bulu ayam teraktivasi NaOH/Na₂SO₃ dapat digunakan untuk menurunkan kadar ion logam berat tembaga dalam limbah elektroplating. Hasil analisis limbah elektroplating dengan konsentrasi awal tembaga rata-rata sebesar 2384,1 ppm, konsentrasi terserap rata-rata sebesar 2288,62 ppm dan konsentrasi akhir tembaga rata-rata sebesar 95,48 ppm dengan prosentase teradsorpsi sebesar 95% dan prosentase desorpsi sebesar 98%. Kapasitas adsorpsi optimal dari bulu ayam teraktivasi NaOH/Na₂SO₃ dalam menyerap ion logam tembaga sebesar 38,43 mg/g. Semakin

tinggi nilai pH kemampuan adsorben dalam menyerap tembaga semakin menurun, namun jika pH terlalu rendah konsentrasi tembaga yang terserap semakin berkurang. Bertambahnya massa adsorben dan konsentrasi awal tembaga akan meningkatkan konsentrasi tembaga yang terserap. Namun pada konsentrasi yang berlebih, jumlah tembaga yang terserap cenderung stabil karena adsorben sudah jenuh. Semakin lama waktu kontak memungkinkan terjadinya peningkatan penyerapan. Namun jika terlalu lama dapat mengakibatkan desorpsi.

Daftar Pustaka

- Bernasconi, G. H. Gerster, H. Hawster, H. Stauble dan E. Schneiter. 1995. *Teknologi Kimia bagian 2*. (Alih bahasa: Lienda Handojo). Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- Erdawati. 2008. *Kapasitas Adsorpsi Kitosan dan Nanomagnetik Kitosan terhadap Ion Ni(II)*. Prossiding. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Universitas Lampung
- Ketaren. 1986. *Lemak dan Minyak Pangan*. UI-press. Jakarta
- Kulkarni M.W. dan Rane V.C. 1980. Studies in Treatment of Liquid Effluent from Chlor-Alkali Industry. *Chem. Age*. 31: 99-503
- Purwanto dan Huda S. 2005. *Teknologi Industri Elektroplating*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro. Semarang
- Sharma Y.C. dan Weng C.H. 2007. Removal of Chromium(VI) from Aqueous Solution by Activated Carbons: Kinetic and Equilibrium Studies. *Journal of Hazardous Materials*: 142: 449-454
- Sun P., Liu Z.T dan Liu Z.W. 2009. Particles from Bird Feather: A Novel Application of an Ionic Liquid and Waste Resource. *Journal of Hazardous Materials*. 170: 786-790