



Penurunan Kandungan Polutan pada Lindi dengan Metode Elektrokoagulasi-Adsorpsi Karbon Aktif

Anang Takwanto*, Asalil Mustain, Hadi Priya Sudarminto

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang
E-mail: anang.takwanto@polinema.ac.id

ABSTRAK

Sampah merupakan suatu masalah yang sering dialami oleh penduduk di kota-kota besar di Indonesia, dimana dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk menyebabkan volume sampah menjadi semakin meningkat. Salah satu dampak dari timbunan sampah adalah terbentuknya lindi, dimana lindi yang tidak diolah dengan baik akan menyebabkan terjadinya pencemaran air tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kandungan polutan dalam lindi dengan menggunakan metode kombinasi elektrokoagulasi-adsorpsi karbon aktif. Tahapan proses penelitian ini diawali dengan proses elektrogaulasi limbah lindi dengan elektrode besi dan variabel peubah adalah rapat arus dan kandungan garam pada larutan elektrolitnya, selanjutnya hasil dari proses tersebut di proses lebih lanjut dengan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif, parameter yang diuji pada produk adalah nilai TSS, BOD, *turbidity*, dan pH nya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses elektrokoagulasi dapat menurunkan TSS (95%) dari 24,375 mg/l menjadi 1,875mg/l dan BOD (91,60%) dari 893,25 mg/l menjadi 79,46 mg/l . Sedangkan metode kombinasi elektrokoagulasi dan adsorpsi karbon aktif ini dikatakan sangat efektif untuk mengurangi konsentrasi polutan pada lindi pada rapat arus 1,01 mA/cm² dan kandungan garam 0,5% dihasilkan penurunan sebesar 77,49% dan setelah melewati proses adsorpsi karbon aktif dihasilkan penurunan sebesar 91,60%. Hasil tersebut sesuai dengan baku mutu lindi yang dsesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016

Kata kunci: adsorpsi, air lindi, elektrokoagulasi, karbon aktif

ABSTRACT

Garbage is a problem that is often experienced by residents in big cities in Indonesia, where with the increasing number of residents increasing the volume of waste is increasing. One of the impacts of waste accumulation is the formation of leachate, where leachate that is not treated properly will cause the occurrence of groundwater contamination. This study aims to reduce pollutant content in leachate by using combination method of activated carbon electrocoagulation. Stages of this research process begins with electrogaulation process of leachate waste with iron electrode and variable variables is the current density and salt content in electrolyte solution, then the results of the process in the process further by adsorption process using activated carbon, the parameters tested on the product is the value of TSS, BOD, *turbidity* and pH. The results showed that electrocoagulation process could decrease TSS (95%) from 24.375 mg / l to 1.875 mg / l and BOD (91.60%) from 893.25 mg / l to 79.46 mg / l. While the combination method of electrocoagulation and adsorption of activated carbon is said to be very effective to reduce the concentration of pollutants in leachate at a current density of 1.01 mA / cm² and 0.5% salt content produced a decrease of 77.49% and after passing the adsorption process of activated carbon produced a decrease of 91.60%. The results are in accordance with the leachate quality standard that is compatible with the Minister of Environment and Forestry Regulation of the Republic of Indonesia No. P.59 / Menlhk / Setjen / Kum.1 / 7/2016.

Keywords: adsorption, leachate, electrocoagulation, activated carbon

1. PENDAHULUAN

Sampah mempunyai sifat-sifat yang dapat menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan, apabila tidak dikelola dengan baik maka akan mempengaruhi tingkat kebersihan dan mencemari lingkungan kota, maka diperlukannya pengolahan sampah sebelum dibuang langsung ke lingkungan.

Sampah yang disalurkan ke TPA memerlukan waktu untuk mengolahnya sehingga memungkinkan terjadinya penumpukan sampah sementara. Adanya tumpukan sampah di TPA, volume sampah cenderung meningkat dan dampak dari timbunan sampah ini menyebabkan pembusukan sampah yang dapat mengeluarkan air yang disebut dengan limbah lindi.

Sampah yang masuk ke TPA kota Malang setiap harinya mencapai \pm 400 ton dan ditempat ini pengolahan lindi hanya menggunakan sedimentasi dengan memanfaatkan gaya gravitasi untuk mengendapkan padatan padatan yang ada di dalam lindi sehingga saat dibuang tidak mengotori area sekitar, metode tersebut tidak terlalu efektif karena hanya sedikit mengurangi kandungan yang berbahaya di dalam lindi karena kadar COD = 8960 mg/l dan BOD5 = 3968,293 mg/l masih terdapat di dalam lindi [1]. Dari hasil pengolahan limbah lindi ini di TPA malang belum memenuhi baku mutu air bersih menurut Keputusan Menteri No. 03 Tahun 1991. Dari evaluasi tersebut kami mencoba untuk meneliti efektifitas dari pengolahan limbah lindi dengan mengaplikasikan metode elektrokoagulasi dan adsorpsi.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Susilowati [2] pada proses elektrokoagulasi dengan menggunakan multiplate Fe-Al untuk pengolahan air limbah dari industri batik, diperoleh hasil penurunan COD sebesar 68,8 %. Dengan hasil yang memuaskan ini bisa dikatakan metode ini mempunyai efektifitas lebih baik daripada metode koagulasi biasa. Gandhimati [3] melakukan penelitian menggunakan 3 elektrode yang digunakan

yaitu Fe, Zn, serta Al. Setiap jenis elektrode ini memberikan pengaruh yang berbeda-beda. Hasil terbaik pada penelitian ini di dapat pada logam Al dengan penurunan TSS sebesar 95,3%, sedangkan untuk Fe terjadi penurunan sebesar 94,39% dan Zn sebesar 91,96%. Penggunaan jenis elektrode ini dipengaruhi kereaktifan logam serta pembentukan koagulan untuk mengikat kotoran yang ada.

Elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan air secara elektrokimia dimana pada anoda terjadi pelepasan koagulan aktif berupa ion logam (biasanya aluminium atau besi) ke dalam larutan, sedangkan pada katoda terjadi reaksi elektrolisis berupa pelepasan gas hidrogen [4].

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam. Karbon aktif merupakan adsorben yang mampu menyerap logam berat 3.22 kali lebih besar dari pada silica gel dan karbon aktif pun banyak di pasaran dan harganya sangat terjangkau sehingga mudah untuk diaplikasikan [5].

2. METODE PENELITIAN

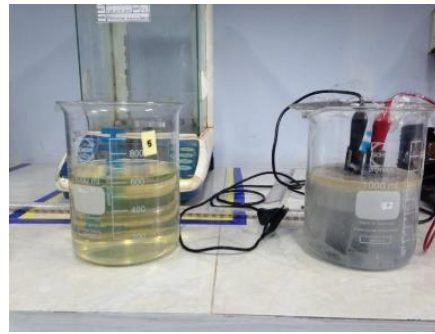
Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, yaitu melakukan kajian tentang pengolahan limbah cair (lindi) dari TPA di Malang menggunakan metode elektrokoagulasi-adsorpsi yang diharapkan dari penelitian ini dapat menghasilkan lindi yang sesuai standar baku mutu lingkungan. Bahan pencemar yang harus dihilangkan dari lindi sendiri adalah *turbidity*, konsentrasi BOD, pH, dan TSS yang jika dibiarkan dapat mencemari lingkungan dan akan sangat berbahaya dan merugikan berbagai aspek kehidupan makhluk hidup. Teknik pengumpulan data pada penelitian ini yaitu dengan melakukan uji terhadap lindi dengan beberapa variable berubah yaitu rapat arus, kandungan garam, dan waktu tinggal proses. Metode analisis pada penelitian ini yaitu

dengan melakukan uji kandungan BOD, TSS, *turbidity*, dan pH lindi .

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan lindi [6] yang didapat dari TPA yang berada di Malang. Penetapan parameter yang digunakan dalam percobaan ini berdasarkan pada pertimbangan besarnya konsentrasi polutan, ketersediaan peralatan uji/analisa, serta parameter dalam baku mutu, dimana pada penelitian ini ditetapkan parameter yang diukur adalah pH, kekeruhan (*turbidity*), TSS (*Total Suspended Solid*), dan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*). Dari parameter tersebut dapat dilihat efisiensi dari metode elektrokoagulasi-adsorpsi untuk pengolahan lindi dapat sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah ataupun tidak. Elektrolit *support* yaitu NaCl ditambahkan pada proses elektrokoagulasi. Garam mineral (NaCl) dipilih karena selain harganya murah dan mudah didapat juga mampu menyisihkan logam. NaCl memiliki tingkat DHL yang cukup tinggi sehingga dapat berfungsi sebagai pengikat DHL optimum yang dapat mempercepat pengikatan koloid menjadi flok-flok oleh ion-ion elektroda.

Dari rapat arus terkecil (kandungan garam 0,5%) yaitu $0,57 \text{ mA/cm}^2$ pH akhir setelah dielektrokoagulasi adalah 7 dan setelah melewati proses adsorpsi pH akhirnya adalah 8 yang masih dalam standar baku mutu yaitu pH 6-9. Semakin besar rapat arus yang diberikan pada elektroda semakin turun pH yang dihasilkan, hal ini dikarenakan seiring dengan berlangsungnya proses elektrokoagulasi yang menghasilkan dengan ion hidroksil (OH^-) akan meningkatkan pH dengan sendirinya. Dari segi elektrokoagulasi tersebut metode kombinasi adsorpsi karbon aktif ini juga meningkatkan penurunan pH yang dihasilkan, terbukti pada rapat arus $1,17 \text{ mA/cm}^2$ dan $1,39 \text{ mA/cm}^2$ dihasilkan pH masing-masing 5 dan 6 tetapi setelah melewati proses adsorpsi pH kembali menjadi pH netral 7.



Gambar 1. Hasil perubahan warna pada lindi

Berdasarkan gambar 1 dapat dilihat apabila proses elektrokoagulasi sangat berpengaruh dalam mengurangi jumlah polutan dalam air lindi, Reaksi katodik yang terjadi pada katoda dengan membentuk gelembung – gelembung gas, maka kotoran – kotoran yang terbentuk di dalam air akan terangkat ke atas permukaan. Flok – flok yang terbentuk lama kelamaan akan membesar menjadi satu. Kondisi awal dari air lindi berwarna kuning bening, dan setelah proses elektrokoagulasi dilakukan, warna air lindi menjadi bening dengan jumlah flok yang cukup banyak di permukaan dengan endapan yang sedikit. Menurut [7] Proses elektrokoagulasi disebabkan oleh adanya perbedaan muatan pada kedua partikel tersebut (zat warna dan besi hidroksida).

Semakin besar tegangan yang diberikan maka semakin besar pula arus yang mengalir pada larutan. Hal ini menyebabkan semakin cepat terjadi reaksi pembentukan hidroksida koagulan dan reaksi dekolonisasi yang terjadi.

Dari analisa data Tabel 2 dapat dilihat bahwa semakin besar rapat arus yang diberikan pada elektroda semakin kecil kekeruhan yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat dari setelah melewati proses elektrokoagulasi setiap pertambahan rapat arus (kandungan garam 0.5%) dihasilkan dari masing masing rapat arus masing masing yaitu 37,7, 16,1, 15,4, 8,08, dan 7,54 NTU. Begitu pula dengan metode adsorpsi karbon aktif juga menurunkan kekeruhan dengan sangat baik

Tabel 1. Hasil analisa pH

Rapat Arus (mA/cm ²)	pH					
	elektrokogulasi			Adsorbsi ke-		
	0,5%	0.75%	1%	1	2	3
0.57	7	8	7	7	9	8
0.82	7	8	7	7	8	8
1.01	7	7	7	7	7	7
1.17	7	7	7	7	5	7
1.39	7	7	7	7	6	7

Tabel 2. Hasil analisa kekeruhan air lindi

Rapat Arus (mA/cm ²)	Turbidity (NTU)					
	Elektrokoagulasi			Adsorbsi		
	0.50%	0.75%	1%	0.50%	0.75%	1%
0.57	37.7	5.08	11.7	3	16.8	15
0.82	16.1	2.84	6.07	1.9	30	17.6
1.01	15.4	1.99	4.69	1.05	14.7	2.8
1.17	8.08	2.79	5.18	1.2	19.3	2.8
1.39	7.54	2.68	4.57	1.59	15.3	2.7

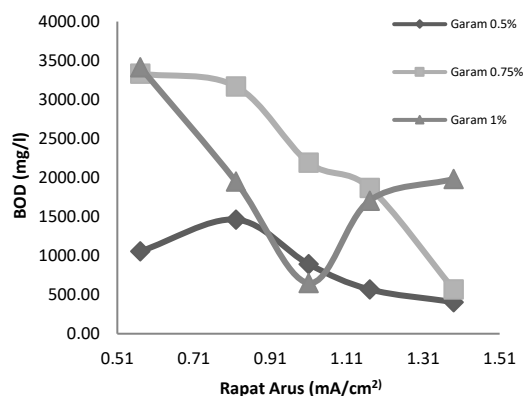
Tabel 3. Hasil analisa TSS

Rapat Arus (mA/cm ²)	Total Suspended Solid (mg/l)					
	Elektrokoagulasi			Adsorbsi		
	0.50%	0.75%	1%	0.50%	0.75%	1%
0.57	1187.5	812.5	1500	812.5	1187.5	1062.5
0.82	1062.5	500	1125	500	3500	2000
1.01	937.5	125	750	687.5	2625	1875
1.17	2437.5	187.5	812.5	500	1562.5	1000
1.39	1437.5	62.5	625	312.5	1687.5	1312.5

diambil sebagai contoh pada rapat arus 0,82 mA/cm² (kandungan garam 0,5%) dihasilkan turbidity sebesar 16,1 NTU tetapi setelah melewati adsorbsi karbon aktif dihasilkan turbidity sebesar 2,84 NTU. Hal ini disebabkan oleh terjadinya peningkatan pembentukan Al(OH)₃. Dalam hal ini Al(OH)₃ merupakan senyawa koagulan yang berperan sebagai bahan penggumpal dan penyerap berbagai polutan baik organik maupun anorganik yang terdapat dalam air limbah, sehingga membentuk senyawa kompleks dengan berat molekul yang lebih besar dan mudah diendapkan. Dengan semakin banyaknya endapan yang terbentuk menyebabkan penurunan jumlah polutan dalam air, sehingga semakin lama air nampak

semakin jernih atau tingkat kekeruhannya semakin berkurang.

Hasil analisa TSS yang didapat pada penelitian ini semakin besar rapat arus yang diberikan semakin rendah TSS yang dihasilkan. Semakin lama waktu proses maka semakin besar penyisihan TSS, demikian sebaliknya. Hal itu dikarenakan semakin lama waktu yang digunakan saat proses elektrokoagulasi terjadi interaksi antar partikel sehingga ukuran semakin meningkat dan kualitas air yang diolah semakin baik. Prinsip proses kerja pereduksian TSS secara umum yaitu adanya pertumbuhan massa flok sehingga berat jenis flok menjadi besar dan akhirnya mengendap.



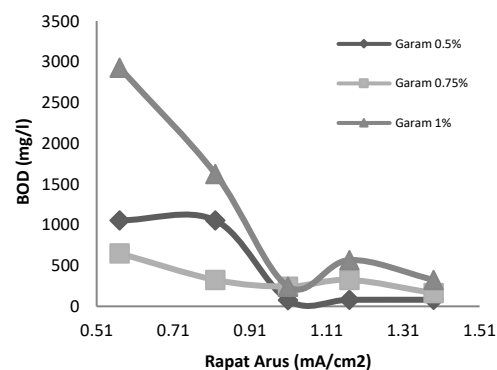
Gambar 2. Hubungan Antara BOD dan Rapat Arus Setelah Tahap I (Elektrokoagulasi)

Percobaan ini menggunakan BOD₅ sebagai parameter kandungan polutan yang ingin diuji. Dari gambar 2 dan 3 terlihat untuk kandungan garam 0,5%, semakin besar rapat arus semakin menurun kandungan BOD₅ pada proses elektrokoagulasi, begitupula setelah dilewatkan pada proses adsorpsi karbon aktif. Sebagai contoh pada kandungan garam 0,5% rapat arus 1,01mA/cm² setelah proses elektrokoagulasi BOD₅ sample sebesar 893,25 mg/l dan setelah melewati proses adsorpsi karbon aktif mengalami penurunan sebesar 91,60% menjadi 74,96 mg/l. dihasilkan %penurunan BOD terbesar pada kandungan garam 0.5% terjadi pada rapat arus 1,01 mA/cm² sebesar 91,06% sedangkan pada kandungan garam 0,75% didapatkan %penurunan BOD terbesar pada rapat arus 0,82 mA/cm² sebesar 89,77% dan %penurunan BOD sebesar 83,65% pada kandungan garam 1%.

Dalam hal ini berlaku semakin besar rapat arus, semakin besar penurunan kandungan polutan BOD₅ tetapi tidak berlaku pada semakin besar kandungan garam.

Semakin besar kandungan garam semakin besar BOD₅nya. Sebagai contoh pada rapat arus 0,57 mA/cm² diperoleh BOD₅ setelah elektrokoagulasisebesar 1055,20 mg/l pada kandungan garam 0,5%, 3332,28 mg/l pada

kandungan garam 0,75%, dan 3413.58 mg/l pada kandungan garam 1% hal ini dikarenakan karena kandungan garam yang diberikan sudah mencapai kondisi optimal pada kandungan garam 0,5% , dilihat pada kekeruhan dan TSS yang diperoleh.



Gambar 3. Hubungan Antara BOD Dan Rapat Arus Setelah Tahap 2 (Elektrokoagulasi-Adsorpsi)

Kekeruhan disebabkan oleh padatan tersuspensi dan baik yang bersifat anorganik maupun yang organik, jadi semakin naik kekeruhan yang diperoleh semakin besar BOD atau kandungan organik yang masih terdapat dalam limbah lindi tersebut. begitu pula dengan kelemahan elektrokoagulasi yaitu tidak dapat digunakan untuk limbah cair yang mempunyai kandungan elektrolit tinggi karena dapat terjadi hubungan singkat antar elektroda, hubungan singkat elektroda inilah yang mempengaruhi %penurunan kandungan polutan dari limbah lindi, maka diperlukan lebih lanjut untuk mengetahui kandungan garam yang sesuai sebagai elektrolit support untuk proses elektrokoagulasi.

KESIMPULAN

1. Pengolahan lindi akan lebih efektif apabila dilakukan dengan 2 metode kombinasi yaitu elektrokoagulasi – adsorpsi karbon aktif. pada rapat arus 1,01 mA/cm² dan kandungan garam 0,5%

- dihasilkan penurunan BOD, jika hanya menggunakan proses elektrokoagulasi dihasilkan penurunan BOD (77,49 %) tetapi setelah melewati proses adsorpsi karbon aktif dihasilkan penurunan BOD sebesar (91,60%).
2. Hasil kandungan polutan yang sesuai dengan baku mutu lindi yang ditetapkan oleh pemerintah terdapat pada perlakuan proses elektrokoagulasi dengan rapat arus $1,01 \text{ mA/cm}^2$ dan kandungan garam 0,5% dengan pH 7, BOD sebesar 79,46 mg/l dan TSS sebesar 1,25 mg/l.
- [5] Shofa, Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu Dengan Aktivasi Kalium Hidroksida. Skripsi, Fakultas Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Depok. 2012
- [6] A. Galunggung, Pengolahan Limbah Coolant Dengan Elektrokoagulasi. Sulawesi Utara. 2006.
- [7] A. Darmawan, Suhartana, Kristinawati, Koagulasi Pewarna Indigo Karmina (Disodium-3,3'-Dioxo-2,2'-bi-indolylidene-5,5'-disulfonat) dengan Metode Elektrolisis Menggunakan Anoda Seng. *J. Kim. Sains & Apl*, vol. IX, no.1, hal. 22-27, 2006

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Saleh, H. Purnomo, Analisis Efektifitas Instalasi Pengolahan Limbah Lindi di TPA Supit Urang Kota Malang, *Jurnal Teknik Pengairan*, vol. 5, no.1, hal. 103–109, 2014.
- [2] E. Susilowati, S. Budi Utomo, S. R.D. Ariani, Aplikasi Elektrokoagulasi Berelektroda Multiplate Fe-Al Untuk Meningkatkan Kualitas Air Limbah Industri Batik Domestik, In SN-KPK II, Surakarta, Maret, 2010.
- [3] R. Gandhimati, N. J. Durai, P. V. Nidheesh, S. T. Ramesh, S. Kanmani, Use Of Combined Coagulation-Adsorption Process As Pretreatment Of Landfill Leachate. *Iranian Journal Of Environmental Health Science & Engineering*, vol. 10, no. 24, hal. 1-7. 2013
- [4] Holt P.K., Barton G.W., Mitchell C.A., The Future For Electrocoagulation As A Localised *Water Treatment Technology*. *Chemos*, vol. 59, no. 3, hal. 355-367, 2005.