

Optimasi kondisi pada sintesis biosorben dari pandan laut dan uji adsorptivitasnya terhadap ion logam kromium dan timbal dalam berbagai macam limbah

(Condition optimization of sea pandan leaves biosorben synthesis and adsorptivity test on chromium and lead metal ions in different kinds of waste)

Susila Kristianingrum, Endang Dwi Siswani, dan Annisa Fillaeli

Jurdik Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta (UNY),
Kampus Karangmalang, Sleman, DI Yogyakarta 55281
Telp.(0274)565411 dan email: susila.k@uny.ac.id

diterima 2 Desember 2013, disetujui 3 Februari 2014

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: dapat tidaknya biosorben disintesis dari daun pandan laut, pengaruh jenis asam yang digunakan, efisiensi penjerapan optimal terhadap ion logam Cr dan Pb dari berbagai limbah, serta karakter biosorben hasil sintesis tersebut. Subjek penelitian ini adalah biosorben dari pandan laut jenis *Pandanus tectorius* dari pantai Selatan Jawa. Objeknya adalah sifat adsorptif dan karakter biosorben dari pandan laut hasil sintesis sebelum dan setelah aktivasi. Teknik pengambilan sampel secara *purposive sampling*. Variabel bebas adalah jenis aktivator (HCl dan H₂SO₄) dan air limbah. Variabel terikat adalah sifat adsorptif dan karakter biosorben pandan laut hasil sintesis. Penelitian dilakukan melalui tiga tahap, yaitu pembuatan biosorben dari daun Pandan laut, karakterisasi dan penentuan efisiensi penjerapan (Ep) biosorben hasil sintesis terhadap ion logam Cr dan Pb dalam limbah batik, lindi, dan oli. Analisis kualitatif dan kuantitatif menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom pada panjang gelombang 357,9 nm untuk Cr dan 217 nm untuk Pb. Karakterisasi biosorben yang dilakukan meliputi kadar air, kadar abu, kadar volatil, dan kadar karbon yang dibandingkan dengan SNI 06-3730-1995 serta analisis spektra dengan FTIR. Selain itu juga dilihat luas permukaan dari biosorben hasil sintesis baik sebelum aktivasi maupun setelah aktivasi secara porosimetri. Biosorben dari pandan laut telah dapat disintesis. Biosorben hasil sintesis dengan larutan H₂SO₄ 5% menghasilkan Ep optimum terhadap ion logam Cr dan Pb diperoleh dari limbah lindi yaitu 75,831% dan 98,714%. Karakter biosorben hasil aktivasi dengan larutan HCl maupun H₂SO₄ 5% mempunyai spektra FTIR hampir mirip. Kadar air, kadar abu, kadar volatil, dan kadar karbon dari biosorben hasil sintesis dengan larutan HCl 5% dan H₂SO₄ 5% sesuai dengan SNI 06-3730-1995. Karakterisasi secara porosimetri dari biosorben hasil sintesis sebelum aktivasi adalah 3,5756 m²/g, sedangkan setelah aktivasi dengan larutan HCl 5% menjadi 770,7636 m²/g, dan setelah aktivasi dengan larutan H₂SO₄ 5% menjadi 153,7002 m²/g.

Kata kunci: biosorben, pandan laut, uji adsorptivitas, kromium, timbal

Abstract

This study aims to determine whether or not biosorben synthesized from sea pandanus leaves, the influence of the type of acid used, the optimum adsorption efficiency of Cr and Pb metal ions from various wastes, as well as the synthesis results of biosorben character. The subjects were biosorben of sea pandanus *Pandanus tectorius* types of Java's southern coast. The objects are adsorptive properties and the character of the pandanus sea biosorben synthesized before and after activation. Purposive sampling is used as the sampling technique. The independent variables are the type of activator (HCl and H₂SO₄) and waste water. The dependent variables are the adsorptive nature and character of the sea pandanus biosorben synthesis results. The study was conducted in

three phases, namely the manufacture of biosorben sea pandan leaves, characterization and determination of adsorption efficiency (E_p) biosorben synthesized on metal ions of Cr and Pb in batik waste, leachate, and oil. Qualitative and quantitative analysis are done using Atomic Absorption Spectrophotometer instrument at a wavelength of 357.9 nm for Cr and 217 nm for Pb. Biosorben characterization was conducted on the moisture content, ash content, volatile content, and carbon content compared with SNI 06-3730-1995 and analyzed by FTIR spectra. It is also seen biosorben surface area of synthesized both before and after activation by porosimetry. Biosorben of pandanus sea has to be synthesized. Biosorben synthesized with 5% H_2SO_4 solution produced optimum E_p for Cr and Pb metal ions from waste leachate obtained are 75.831% and 98.714%. Character biosorben activation results in a solution of 5% HCl and H_2SO_4 by FTIR have almost similar spectra. Moisture content, ash content, volatile content, and carbon content of biosorben synthesized with 5% HCl and 5% H_2SO_4 in accordance with SNI 06-3730-1995. Porosimetry characterization of biosorben synthesized before activation is $3.5756 \text{ m}^2 / \text{g}$, whereas after activation with HCl 5% to $770.7636 \text{ m}^2/\text{g}$, and after activation with 5% H_2SO_4 solution become $153.7002 \text{ m}^2/\text{g}$.

Keywords: biosorben, sea pandanus, adsorptivity test, chromium, lead

Pendahuluan

Adanya berbagai industri akan menghasilkan limbah industri. Sebagai contoh nyatanya adalah limbah dari industri batik skala UKM di wilayah Desa Gulurejo, Kecamatan Lendah, Kulonprogo, disinyalir mencemari sungai. Ada sekitar lima warga yang mengalami iritasi gatal-gatal di bagian kaki setelah mencari rumput di Sungai Rowo Jembangan, juga ditemukan ada ikan mati yang ususnya ke luar. Pewarna yang digunakan mengandung zat-zat kimia seperti adanya kandungan HCl, nitrit, dan soda kaustik. Bahkan dikhawatirkan ada juga kandungan logam berat yang bisa membahayakan kesehatan, seperti menyebabkan kanker [1].

Logam sebagai semacam sumber daya membawa pencemaran lingkungan yang serius, mengancam kesehatan manusia dan ekosistem. Tiga jenis logam berat yaitu logam beracun seperti Hg, Cr, Pb, Zn, Cu, Ni, Cd, As, Co, Sn, dll; logam mulia seperti Pd, Pt, Ag, Au, Ru, dll; dan radionuklida seperti U, Th, Ra, Am, dll [2].

Pengaruh pencemaran terhadap lingkungan global, melalui kegiatan seperti pertambangan, pembakaran bahan bakar fosil, pertanian, dan urbanisasi telah memicu fluks logam-logam berat. Laju fluks (pemasukan) global logam-logam berat seperti timbal, timah hitam, seng dan kadmium telah melebihi laju alamiah siklus biogeokimiawi [3]

Metode untuk menghilangkan ion-ion logam dari larutan berair terutama terdiri dari teknologi

fisik, kimia dan biologi. Metode tersebut dapat berupa presipitasi kimia, filtrasi, pertukaran ion, elektrokimia, teknologi membran, adsorpsi pada karbon aktif, penguapan dll. Namun, presipitasi kimia dan elektrokimia tidak efektif, terutama ketika logam dengan konsentrasi ion dalam larutan air antara 1 sampai 100 ppm. Teknologi membran dan karbon aktif menjadi pilihan. Proses adsorpsi dengan karbon aktif (arang aktif) ini sangat mahal untuk sejumlah besar air limbah yang mengandung logam berat dengan konsentrasi kecil, sehingga metode ini hanya cocok digunakan untuk skala kecil [4].

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk dapat mengatasi pencemaran yang disebabkan oleh logam berat Cr dan Pb adalah dengan menjerap logam tersebut dengan suatu adsorben yang berupa arang aktif. Daun pandan laut (*Pandanus tectorius*) kaya akan berbagai macam senyawa kimia yang di antaranya merupakan senyawa karbon. Berdasarkan hasil penelitian Dwi Yunia Hartanti, Lia Yuniarti, Sabti [5] menunjukkan bahwa efisiensi adsorpsi dari biosorben yang dibuat dari daun pandan laut terhadap ion logam Cr dalam limbah penyamakan kulit hanya sekitar 25%. Oleh karena masih kecilnya efisiensi adsorpsi yang diperoleh maka dalam penelitian ini dilakukan proses aktivasi gabungan fisik dan kimia, dengan harapan dapat meningkatkan efisiensi adsorpsinya.

Proses aktivasi adsorben dapat dilakukan dengan cara menambahkan larutan asam. Dalam penelitian ini jenis larutan aktivator yang digunakan adalah larutan HCl dan larutan H_2SO_4 serta penggabungan aktivasi fisika dan

kimia untuk mempertinggi daya adsorpsi biosorben dari pandan laut tersebut. Setelah disintesis kemudian dikarakterisasi berdasarkan SNI No. 06-3730-1995 tentang standar kualitas arang aktif seperti ditunjukkan pada Tabel 1 [6].

Tabel 1. Standar Kualitas Arang Aktif Menurut SNI (1995)

Uraian	Persyaratan	
	Butiran	Serbuk
Bag. hilang pd pemanasan 950°C %	Maks. 15	Maks. 25
Kadar air %	Maks.	Maks. 15
Kadar abu, %	Maks.	Maks. 10
Bagian tidak mengarang	0	0
Daya serap terhadap I ₂ , mg/g	Min. 750	Min. 750
Karbon aktif murni, %	Min. 80	Min. 65
Daya serap terhadap benzena, %	Min. 25	-
Daya serap thd biru metilen, mg/g	Min. 60	Min. 120
Berat jenis curah, g/ml	0,45-0,55	0,3-0,35
Lolos mesh 325, %	-	Min. 90
Jarak mesh, %	90	-
Kekerasan, %	80	-

Metode Penelitian

Subjek penelitian ini adalah biosorben dari pandan laut jenis *Pandanus tectorius* dari pantai Selatan Jawa. Objeknya adalah sifat adsorptif dan karakter biosorben dari pandan laut hasil sintesis sebelum dan setelah aktivasi. Teknik pengambilan sampel secara *purposive sampling*. Variabel bebas adalah jenis aktivator (HCl dan H₂SO₄) dan air limbah. Variabel terikat adalah sifat adsorptif dan karakter biosorben pandan laut hasil sintesis.

Alat yang diperlukan adalah spektrofotometer serapan atom Perkin Elmer 3100, Shimadzu FTIR 8210PC, porosimeter Micromeritics ASAP 2020, *muffle furnace*, pengaduk magnet dan pemanas listrik, *dryng oven*, penyaring buchner, pompa vakum, desikator, neraca analitik, pHmeter, ayakan 80 mesh, serta peralatan gelas.

Bahan yang diperlukan adalah daun pandan laut, limbah cair batik, lindi dan oli bekas, larutan standar Cr dan Pb, larutan H₂SO₄, larutan HCl, akuades, kertas saring.

Penelitian dilakukan melalui tiga tahap, yaitu sintesis biosorben dari daun pandan laut,

karakterisasi dan penentuan sifat adsorptif biosorben hasil sintesis terhadap ion logam Cr dan Pb dalam limbah batik, lindi, dan oli. Tahap ke-1 yaitu Sintesis biosorben dari daun pandan laut (*Pandanus tectorius*): Sampel daun pandan laut diambil pada tanggal 2 September 2013 di sepanjang pantai Selatan Yogyakarta. Sebanyak 4 kg sampel daun pandan dicuci dengan air sampai bersih, dipotong kecil-kecil lalu dikeringkan di oven pada suhu 100°C selama setengah jam, selanjutnya diaktivasi fisika pada suhu 700°C selama 4 jam sampai terbentuk arang, kemudian dihaluskan dengan mortar, diayak dengan ayakan 80 mesh. Selanjutnya ditimbang sebanyak 50 gram diaktivasi dengan HCl. Proses aktivasi juga dilakukan dengan H₂SO₄ 5% sebanyak 100 ml. Selanjutnya dicuci dengan akuades hingga pH netral. Biosorben aktif ini kemudian dikeringkan dalam oven suhu 100°C selama 3 jam, didinginkan dan dianalisis dengan FTIR. Tahap ke-2 yaitu karakterisasi biosorben yang meliputi: kadar air, kadar abu, kadar volatil, dan kadar karbon. Tahap ke-3 adalah penentuan sifat adsorptif biosorben hasil sintesis terhadap ion logam Cr dan Pb. Sebelum diterapkan untuk limbah nyata terlebih dahulu diujikan pada limbah simulasi Cr dan Pb. Proses adsorpsi selanjutnya diterapkan pada sampel limbah cair industri batik, lindi, dan oli yang telah diberi perlakuan terlebih dahulu. Sifat adsorptif biosorben hasil sintesis yang dipelajari adalah efisiensi adsorpsi (Ep) dihitung berdasarkan rumus:

$$E_p (\%) = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\%,$$

dengan C₀ = konsentrasi ion logam mula-mula (ppm), dan C₁=konsentrasi ion logam setelah adsorpsi(ppm).

Hasil dan Diskusi

Pada penelitian ini daun pandan laut yang sudah kering diaktivasi fisika pada suhu 400°C selama 4 jam sampai terbentuk arang. Selanjutnya dihaluskan dan diayak dengan ukuran 80 mesh agar diperoleh ukuran partikel yang seragam hingga menjadi arang aktif yang disebut biosorben daun pandan laut. Selanjutnya dilakukan aktivasi secara kimia

dengan tujuan supaya proses adsorpsi berjalan optimal.

Aktivasi secara kimia dilakukan dengan larutan HCl maupun H_2SO_4 5%. Kedua aktivator ini berguna untuk membuka pori-pori biosorben daun pandan laut sehingga rongganya akan semakin besar dan memungkinkan proses adsorpsi dapat berjalan lebih maksimal. Setelah biosorben daun pandan laut diaktivasi dengan larutan HCl maupun H_2SO_4 5% kemudian dicuci dengan akuades sampai pH netral. Pencucian ini perlu dilakukan karena saat pemakaian bahan kimia sebagai pengaktif sering mengakibatkan pengotor pada biosorben yang dihasilkan, sehingga diperlukan akuades untuk menetralkan pH. Proses ini sesuai dengan Guerrero, Collamates dan Reyes [7]. Dua tahap pembuatan biosorben yaitu pembentukan arang yang bersifat *amorf porous* pada suhu rendah dan pengaktifan biosorben untuk menghilangkan hidrokarbon yang melapisi permukaan biosorben sehingga meningkatkan porositas biosorben.

Perlakuan fisika termasuk pemanasan/mendidih, pembekuan/pencairan, pengeringan dan liofilisasi. Berbagai perawatan kimia yang digunakan untuk memodifikasi biomassa (biosorben) termasuk mencuci biomassa dengan deterjen, silang dengan pelarut organik, dan perlakuan alkali atau asam. Pretreatment dapat memodifikasi karakteristik permukaan / kelompok baik dengan menghapus atau masking kelompok atau dengan mengekspos lebih metalbinding situs [8].

Hasil pengujian biosorben (arang aktif) daun pandan laut sebelum diaplikasikan, diuji kualitasnya dengan menggunakan pengujian arang aktif menurut SNI 06-3730-1995. Hasil pengujian biosorben hasil sintesis ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Biosorben Hasil Sintesis

Nama	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Volatil (%)	Kadar Karbon (%)
SNI-1995	Maks.15	Maks.10	Maks.25	Min.65
Bio-mula mula	27,4	17,8	23,4	31,4
Bio-HCl	7,6	3,2	17,4	71,8
Bio- H_2SO_4	7,2	4,6	18,6	69,6

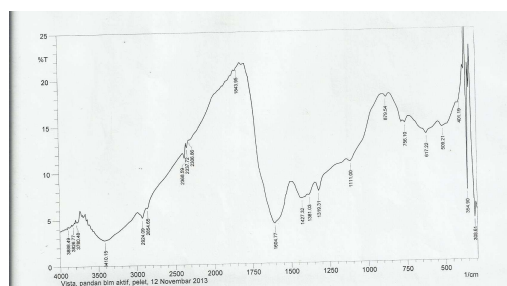
Berdasarkan Tabel 2 ternyata biosorben hasil sintesis sebelum aktivasi secara kimia dengan

larutan HCl maupun H_2SO_4 memiliki kadar air dan kadar abu yang tinggi, yaitu di atas 15% untuk kadar air dan di atas 10% untuk kadar abu. Tingginya kadar abu biosorben sebelum aktivasi dikarenakan masih tingginya kadar air, sehingga saat dipanaskan dalam *muffle* pada suhu 950 °C selama 10 menit banyak kadar air yang hilang. Hal ini tentu mempengaruhi kadar zat volatil biosorben daun pandan laut. Kadar abu yang tinggi dapat mengurangi daya jerap biosorben terhadap gas dan larutan, karena mineral seperti kalsium, kalium, magnesium, dan natrium menyebar dalam kisi biosorben, dan dapat mempengaruhi pembentukan lebar lapisan kristalit [9].

Kadar zat volatil pada biosorben aktif daun pandan laut dengan aktivator HCl & H_2SO_4 5% secara berurutan adalah 17,4% dan 18,6%. Hasil ini telah memenuhi kadar zat volatil SNI 06-3730-1995 yaitu kurang dari 25 %.

Kadar karbon SNI 06-3730-1995 yaitu minimal 65 %. Dari hasil pengujian ternyata dapat dikatakan kualitas biosorben sebelum aktivasi (mula-mula) masih kurang baik, karena karbon yang dihasilkan lebih kecil dari karbon yang dipersyaratkan, hal ini dikarenakan asal bahan dari daun yang massanya jauh lebih ringan dibandingkan dengan massa kayu untuk uji arang dalam SNI-1995, di samping masih banyaknya zat pengotor.

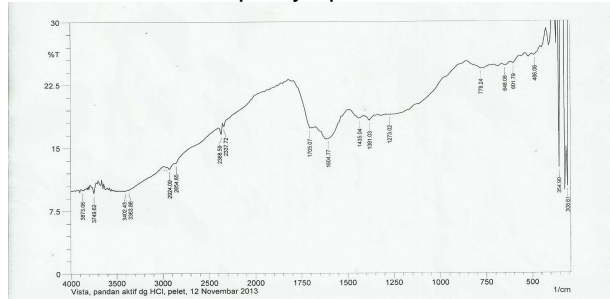
Biosorben daun pandan laut dikarakterisasi dengan FTIR. Karakter biosorben daun pandan laut yang dipelajari adalah biosorben tanpa aktivasi, dan setelah aktivasi dengan larutan HCl dan setelah aktivasi dengan larutan H_2SO_4 seperti ditunjukkan dalam Gambar 1, 2, dan 3.



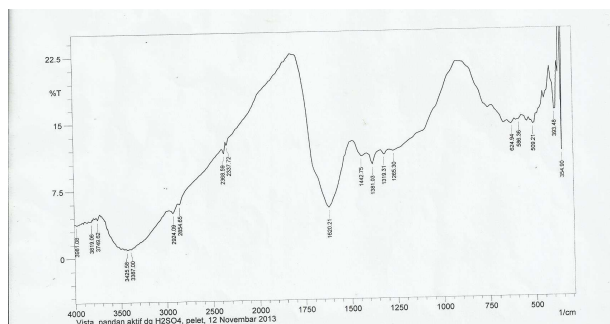
Gambar 1. Biosorben daun pandan laut sebelum aktivasi dengan HCl dan H_2SO_4

Karakter IR biosorben daun pandan laut sebelum diaktivasi seperti pada Gambar 1, menunjukkan bahwa serapan tajam yang

karakteristik untuk gugus C=O pada daerah $1600-1800\text{ cm}^{-1}$, tepatnya pada $1604,77\text{ cm}^{-1}$.



Gambar 2. Biosorben daun pandan laut yang diaktivasi dengan HCl



Gambar 3. Biosorben daun pandan laut yang diaktivasi dengan H_2SO_4

Serapan melebar pada $3410,15\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan kemungkinan adanya gugus OH bebas atau overlap dengan NH. Namun karena tidak ada serapan karakteristik untuk pendukung karbonil amida pada daerah $1640-1550\text{ cm}^{-1}$, maka disimpulkan bahwa gugus karbonil yang terdapat dalam biosorben daun pandan laut adalah karbonil asam. Kemudian serapan pada $2854,55\text{ cm}^{-1}$ dan $2924,09\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan vibrasi rentangan dari $-\text{CH}$ yang menunjukkan adanya gugus alkil, dan serapan pada $1381,03\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan $-\text{CH}$ bending yang menunjukkan adanya gugus metil. Beberapa serapan pada daerah $500-1000\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ada beberapa gugus halogen (setidaknya ada 3), yang terikat pada rantai alkilnya.

Variasi aktivasi lain untuk biosorben daun pandan laut adalah dengan menggunakan larutan HCl 5% (Gambar 2). Dibandingkan dengan aktivasi menggunakan larutan H_2SO_4 5%, aktivasi menggunakan larutan HCl 5% menurunkan intensitas serapan gugus-gugus utama jauh lebih besar. Bahkan muncul pita serapan pada $1705,07\text{ cm}^{-1}$ di samping pita serapan pada $1604,77\text{ cm}^{-1}$. Dengan demikian

ada kemungkinan atom C pada rantai alkil merupakan C karbonil keton dengan ujung yang lain merupakan asam karboksilat, meskipun pita serapan melebar pada $3402,43\text{ cm}^{-1}$ juga sudah sangat menurun intensitasnya. Hanya saja, serapan pada daerah di bawah 1000 cm^{-1} menunjukkan pita-pita yang cenderung tidak berubah dibandingkan dengan biosorben daun pandan laut tanpa aktivasi. Hal ini menunjukkan masih banyak senyawa pengotor terdapat pada biosorben dengan aktivator larutan HCl.

Penggunaan larutan H_2SO_4 5% yang digunakan untuk mengaktivasi biosorben daun pandan laut mempengaruhi beberapa karakter biosorben daun pandan laut, yang ditunjukkan pada Gambar 3. Secara umum serapan gugus-gugus utama mengalami penurunan intensitas, dan serapan karakteristik untuk klorida pada $879,54\text{ cm}^{-1}$ dan kemungkinan klorida asam pada $1843,95\text{ cm}^{-1}$ (Gambar 1) menjadi hilang. Demikian pula untuk beberapa senyawa pengotor dengan serapan di bawah 500 cm^{-1} , menjadi jauh berkurang. Dengan demikian, aktivasi dengan larutan H_2SO_4 5% dapat membersihkan banyak senyawa pengotor yang terdapat dalam biosorben daun pandan laut aktif, dan melarutkan atau mengoksidasi senyawa klorida menjadi klorida bebas, dan tak lagi terdapat dalam biosorben daun pandan laut yang aktif.

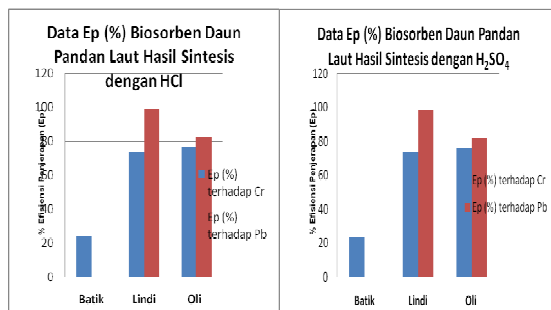
Diharapkan keadaan demikian akan meningkatkan kemampuan adsorpsi biosorben daun pandan laut dibandingkan sebelum diaktivasi. Hal ini didukung oleh hasil uji sifat adsorptifnya (Ep) yang lebih besar dibandingkan dengan biosorben hasil aktivasi dengan larutan HCl 5% meskipun perbedaannya tidak terlalu signifikan (Tabel 3). Namun demikian penelitian ini telah dapat meningkatkan efisiensi penjerapan dari biosorben daun pandan laut dari 25% [5] menjadi sekitar 76% untuk ion logam Cr dengan jenis limbah yang berbeda. Sedangkan kata lain hampir semua ion logam dapat terjerap. Metode gabungan aktivasi fisika dan aktivasi kimia juga pernah dilakukan oleh Gilar S. Pambayun, dkk [10], akan tetapi perbedaannya pada jenis aktivator yang digunakan yaitu ZnCl_2 dan Na_2CO_3 .

Data Ep dari biosorben hasil sintesis dengan HCl dan H_2SO_4 terhadap ion logam Cr dan Pb dalam berbagai limbah ditunjukkan dalam Tabel 2 dan Gambar 4.

Tabel 3. Efisiensi penjerapan (Ep) dari biosorben hasil sintesis dengan HCl dan H₂SO₄ terhadap ion logam Cr dan Pb dalam berbagai limbah

Jenis Limbah	Ep (%) Biosorben*)			
	Bio-HCl-Cr	Bio-HCl-Pb	Bio-H ₂ SO ₄ -Cr	Bio-H ₂ SO ₄ -Pb
Batik	24,148	-	29,545	-
Lindi	73,687	98,627	75,831	98,714
Oli	76,333	82,219	76,882	83,455

*) rerata dari 3 x ulangan



Gambar 4. Diagram Ep biosorben setelah aktivasi dengan HCl dan H₂SO₄.

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa dalam limbah cair batik tidak mengandung ion logam Pb ataupun kalau mengandung ion logam Pb terdeteksi di bawah batas deteksi alat (Tabel 4) yaitu untuk Pb batas deteksi=0,015 ppm, sehingga tidak dapat ditentukan harga Ep nya.

Tabel 4. Kondisi untuk analisis SSA [11].

Unsur	Panjang gelombang (nm)	Tipe nyala	Sensitivitas (µg/ml)	Rang kerja (µg/ml)	Batas deteksi (µg/ml)
Pb	217	Udara-Asetilen	0,11	5-20	0,015
Cr	357,9	Udara-Asetilen	0,055	2-8	0,005

Hal ini terbukti saat dilakukan analisis dengan AAS meskipun limbah batik tersebut sudah

dipekatkan 10x hasil yang terdeteksi di bawah 0,015 ppm. Kemungkinan memang industri batik yang tergolong dalam UKM dengan inisial NS sebagai sampel dalam penelitian ini tidak menggunakan pewarna yang mengandung ion logam berat Pb.

Sedangkan untuk lindi (limbah cair) yang diperoleh dari TPA (Tempat Pembuangan Akhir) Sampah yang ada di daerah Piyungan kadar Pb nya sangat tinggi dengan diberi treatment biosorben hasil aktivasi dengan HCl maupun H₂SO₄ memberikan harga Ep yang sangat signifikan. Modifikasi metode aktivasi fisika dan kimia ini ternyata dapat meningkatkan daya adsorpsi atau efisiensi adsorpsi dari biosorben pandan laut yang disintesis. Namun demikian untuk memastikan hal ini karakterisasi lanjut secara porosimetri juga dilakukan untuk melihat luas permukaan dari biosorben hasil sintesis baik sebelum aktivasi maupun setelah aktivasi. Hasilnya disajikan dalam Tabel 5 dan 6.

Tabel 5. Hasil analisis porositas dari biosorben hasil sintesis sebelum aktivasi.

Jenis Biosorben	Parameter Analisis	
	Single point surface area (m ² /g)	BET surface area (m ² /g)
Sebelum aktivasi (mula-mula)	3,7719	3,5756

Tabel 6. Hasil analisis porositas ASAP dari biosorben hasil sintesis setelah aktivasi.

Jenis Biosorben	Parameter Analisis	
	Single point surface area (m ² /g)	BET surface area (m ² /g)
Bio-HCl	817,9326	770,7636
Bio-H ₂ SO ₄	162,6679	153,7002

Berdasarkan data yang diperoleh dengan alat porosimeter dapat disimpulkan bahwa proses aktivasi mempengaruhi luas permukaan biosorben. Hal ini ditunjukkan dengan bertambahnya luas permukaan biosorben dari 3,5756 m²/g menjadi 153,7002 m²/g (Bio-H₂SO₄), sedangkan untuk biosorben (Bio-HCl) ditunjukkan dengan bertambahnya luas permukaan biosorben dari 3,5756 m²/g menjadi 770,7636 m²/g. Perbandingan ukuran pori karbon aktif ditunjukkan dalam Tabel 7 [12].

Tabel 7. Perbandingan Ukuran Pori-pori Karbon Aktif

Karbon aktif	Ukuran Pori (nm)	Radius Efektif		Vol (mL/g)	Luas Perm. (m ² /g)
		Max (nm)	Min (nm)		
Makro Pori	> 50	-	100-200	0.2-0.8	0.5-2
Meso Pori	2-50	100-200	1.5-1.6	0.1-0.5	20-100
Mikro pori	<2	1.5-1.6	-	0.2-0.6	91

Biosorben yang sudah teraktivasi secara fisika dan kimia (Bio-H₂SO₄) memiliki ukuran pori dalam kategori mesopori karena memiliki luas permukaan antara 200-100 m²/g [13]. Luas permukaan berkaitan dengan struktur kristal, jumlah dan ukuran pori yang ada dalam adsorben. Jumlah pori yang banyak dan lebar akan memperlebar kapasitas adsorpsi. Semakin besar luas permukaan adsorben makin besar pula kapasitas dan laju adsorpsinya [14].

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa Biosorben hasil sintesis dengan H₂SO₄ 5% menghasilkan Ep optimal terhadap ion logam Cr dan Pb diperoleh dari limbah lindi yaitu 75,831% dan 98,714%. Karakter biosorben hasil aktivasi dengan HCl maupun H₂SO₄ 5% mempunyai spektra FTIR hampir mirip. Kadar air, kadar abu, kadar volatil, dan kadar karbon dari biosorben hasil sintesis dengan larutan HCl 5% dan H₂SO₄ 5% sudah sesuai dengan SNI 06-3730-1995, sehingga biosorben dari daun pandan laut merupakan adsorben yang baik yang dapat digunakan untuk proses adsorpsi.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta sebagai penyandang dana pelaksanaan penelitian ini.

Pustaka

- [1] <http://m.suaramerdeka.com>. 11 Februari 2013.
- [2] J. L. Wang dan C. Chen, *Biotechnol Adv.* 24 (2006), pp. 427–451.
- [3] J.O. Leckie dan R. O. James, *Control Mechanisms for Trace Metals in Natural Waters*, dalam A. J. Rubin (Ed.), *Aqueous-Environmental Chemistry of Metals*, Ann Arbor Science, Michigan, 1974.
- [4] J. L. Wang dan C. Chen, *Biotechnol Adv.* 27 (2009), pp. 195–226.
- [5] D. Yunia, L. Yuniarti, Sabti, *Laporan Penelitian FMIPA UNY*, tidak dipublikasikan, 2013.
- [6] Standar Nasional Indonesia SNI 06-3730-1995: *Arang Aktif Teknis*, Jakarta, Dewan Standardisasi Nasional, 1995.
- [7] A. E. Guerrero, M. F. Collamates dan L. A. Reyes, *Coconut Research and Development*, Vol.3 (1970), United Coconut Association of The Philippines Inc.
- [8] R. H. S. Vieira dan B. Volesky, *Int Microbiol.*, 3 (2000), 17–24.
- [9] A. Manivannan, M. Chirila, N. C. Giles, and M.S. Seehra, *Carbon*, 37 (1999), pp. 1741-1747.
- [10] G. S. Pambayun, Y. E. Remigius, Yulianto, M. Rachimoellah, Endah M.M. Putri, *JURNAL TEKNIK POMITS* Vol. 2, No. 1, (2013) pp. 2301-9271.
- [11] S. M. Khopkar, *Konsep Dasar Kimia Analitik*. UI Press, Jakarta, 1990, 279.
- [12] H. Jankowska, *Active Carbon*, Ellis Horwood, New York, 1991, 79.
- [13] C. Gribble, G. P. Matthews, G. Laudone, A. Turner, and C. Ridgway, *Journal Chemical Engineering Science* (2011) 1-9.
- [14] A. W. Adamson, *Physical Chemistry of*

Surface, John Wiley & Sons, Inc, New York,
1997, 241.