

SERASAH MANGROVE (*Rhizophora* sp) SEBAGAI BIOSORBEN LIMBAH BATIK

Mangrove Leaf Litter (Rhizophora sp) As Biosorben of batik industrial waste

Mia Azizah ^{1)*}, Mamay Maslahat ²⁾, Luqman Maulana²⁾

¹⁾Progam Studi Biologi FMIPA Universitas Nusa Bangsa

²⁾Progam Studi Kimia FMIPA Universitas Nusa Bangsa

Jl. KH Sholeh Iskandar KM 4 Cimanggu Tanah Sereal, Bogor 16166

*Email : miaazizah@unb.ac.id

ABSTRACT

Mangrove litter contains lignin-cellulose elements which can adsorb heavy metals so that they can be modified into biosorbents. The batik industry is an industry that has the potential to produce waste containing heavy metals so that it can cause environmental damage. The type of pollutant metal found in batik industry waste in high quantities is lead. The purpose of this study was to utilize mangrove litter as a biosorbent for lead metal adsorption and applied to batik industrial waste. The optimum conditions in lead adsorption by biosorbent of mangrove litter occurred at pH 3, contact time 30 minutes and weight of biosorbent 0.5 gram. The results showed that mangrove litter could be used as biosorbent which was able to absorb lead metal from the batik industry with an adsorption capacity of 0.6025 $\mu\text{g} / \text{g}$ with 100% adsorption efficiency. Furthermore, research can be carried out related to using acid activation, and can be done in metals other than lead.

Keywords: Biosorben, Litter, *Rhizopora* sp, Waste, Lead, Adsoprsi.

ABSTRAK

Serasah mangrove mengandung unsur lignin-selulosa yang dapat mengadsorpsi logam berat sehingga dapat dimodifikasi menjadi biosorben. Industri batik merupakan industri yang berpotensi menghasilkan limbah yang mengandung logam berat sehingga dapat menimbulkan kerusakan lingkungan. Jenis logam pencemar yang ditemukan dalam limbah industri batik dalam jumlah tinggi adalah timbal. Tujuan penelitian ini untuk memanfaatkan serasah mangrove sebagai biosorben adsorpsi logam timbal dan diaplikasikan pada limbah industri batik. Kondisi optimum dalam adsorpsi timbal oleh biosorben serasah mangrove terjadi pada pH 3, waktu kontak 30 menit dan bobot biosorben 0,5 gram. Hasil penelitian menunjukkan serasah mangrove dapat dimanfaatkan menjadi biosorben yang mampu menyerap logam timbal dari industri batik dengan kapasitas adsorpsi 0,6025 $\mu\text{g}/\text{g}$ dengan efisiensi adsorpsi 100%. Selanjutnya dapat dilakukan penelitian terkait dengan menggunakan aktivasi asam, dan dapat dilakukan di logam lain selain timbal.

Kata Kunci : Biosorben, Serasah, *Rhizopora* sp , Limbah, Timbal, Adsoprsi.

PENDAHULUAN

Industri di Indonesia pada saat ini berkembang cukup pesat. Hal ini ditandai dengan semakin banyaknya industri yang memproduksi berbagai jenis kebutuhan manusia seperti tekstil, kertas, dan lain sebagainya. Bertambahnya industri tersebut, maka semakin banyak pula hasil samping yang diproduksi sebagai limbah. Salah satu limbah tersebut adalah logam berat berbahaya seperti logam timbal. Berdasarkan hasil penelitian Febriyeni (2010) terdapat kandungan logam berat tembaga kadmium dan timbal pada udang yang berada di sekitar teluk Jakarta. Biota seperti kerang hijau (*Perna viridis*) yang dibudidayakan di Muara Kamal Teluk Jakarta juga mengandung timbal dan kromium (Fernanda, 2012). Penelitian lain menyatakan terdapat akumulasi logam berat dengan kandungan timbal, tembaga dan zink di pohon mangrove Muara Angke Jakarta (Setiawan dan Hamzah 2010).

Beberapa penelitian menjelaskan tentang pemanfaatan serasah mangrove di antaranya pemanfaatan serasah daun mangrove *Rhizophora mucronata* pada pemeliharaan udang windu (*Penaeus monodon*) di laboratorium (Muliani *et. al.*, 2013) dan Hartanti *et. al.*, (2011) tentang pemanfaatan serasah mangrove sebagai pakan cacing lur (*Dendronereis pinnaticiris*), sedangkan pemanfaatan limbah mangrove untuk menyerap logam dari serasah daun mangrove belum pernah diteliti karena sebagian besar serasah daun tersebut akan terurai oleh mikroorganisme.

Industri batik merupakan industri yang berpotensi menghasilkan limbah yang mengandung logam berat sehingga dapat menimbulkan kerusakan lingkungan (Sasongko, 2010). Beberapa penelitian menyebutkan timbal merupakan logam berat yang ditemukan dalam prioritas tinggi dalam limbah industri batik (Sembodo, 2006; Muljadi, 2009). Kadar Pb dalam limbah cair industri batik dapat mencapai 0,2349 mg/L (Agustina *et. al.*, 2011). Analisis logam timbal menggunakan spektrofotometer serapan atom pada panjang gelombang 283 nm dengan metode *flame* dan larutan timbal 0 - 10 ppm (Badan Standar Nasional, 2004).

METODE

1. Pengambilan Serasah Daun Mangrove, Preparasi dan Pembuatan Biosorben

Serasah daun mangrove berasal hutan mangrove Pantai Indah Kapuk, Jakarta. Serasah dicuci dengan air mengalir serta air suling hingga bersih, setelah itu dikeringkan dalam oven dengan suhu 70°C dan digiling kemudian saring sampai berukuran 100 mesh (Horsfall *et. al.*, 2003). Sebanyak 100 gram serbuk serasah daun mangrove ditambahkan 2 liter NaOH 0,1 N. Campuran diaduk selama 20 menit sambil dipanaskan pada suhu 80°C kemudian saring dan airnya dibuang (dilakukan dua kali perlakuan). Setelah itu, dicuci dengan menggunakan air suling untuk menghilangkan kelebihan basa. Sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 24 jam (Marshall & Mitchell, 1996).

2. Penentuan Kadar Air Biosorben

Biosorben serasah mangrove sebanyak 1 gram dikeringkan dalam oven bersuhu 105°C sampai beratnya konstan, kemudian dimasukkan ke dalam desikator dan ditimbang. Kadar air biosorben dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{Bobot awal (gram)} - \text{Bobot kering (gram)}}{\text{Bobot awal (gram)}} \times 100\%$$

3. Optimasi Proses Sorpsi Timbal oleh Biosorben Pembuatan Larutan Standar Timbal

Standar timbal dengan konsentrasi 1000 mg/L. Dipipet 10 mL larutan timbal 100 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL kemudian dilarutkan dengan asam nitrat 0,05 N sehingga dihasilkan larutan stok standar timbal dengan konsentrasi 100 mg/L. Larutan stok standar

timbangan 100 mg/L dipipet 10, 8, 6, 4, 2 mL kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL ditepatkan dengan asam nitrat 0,05 N sehingga dihasilkan larutan standar timbal dengan konsentrasi 10, 8, 6, 4, 2 mg/L. Selanjutnya dilakukan penentuan absorbansi dari larutan standar menggunakan panjang gelombang 283 nm. Pengukuran yang diperoleh dari larutan standar tersebut kemudian dibuat kurva kalibrasi.

a. Penentuan pH Optimum

Sebanyak 0,5 gram biosorben dimasukkan masing-masing ke dalam 50 mL timbal 10 mg/L, dengan pH 1,0; 3,0; 5,0; 7,0; dan 9,0. Campuran diaduk selama 15 menit dengan kecepatan 100 rpm, kemudian disaring dan diukur dengan spektrofotometer serapan atom. pH optimum ditentukan dengan menghitung kapasitas adsorpsi maksimum.

b. Penentuan Waktu Kontak Optimum

Sebanyak 0,5 gram biosorben dimasukkan masing-masing ke dalam 50 mL timbal 10 mg/L, kemudian larutan diaduk dengan kecepatan 100 rpm. Adsorpsi dilakukan dengan ragam waktu adsorpsi 0; 15; 30; 45; dan 60 menit pada pH optimum. Setelah itu campuran disaring dan absorbansi filtratnya diukur dengan spektrofotometer serapan atom. Waktu optimum perhitungan :

$$Q = \frac{V(C_0 - C_a)}{m}$$

Q = Kapasitas adsorpsi per bobot biosorben ($\mu\text{g}/\text{gram}$)

V = Volume Larutan (mL)

C₀ = Konsentrasi awal (mg/L)

C_a = Konsentrasi akhir (mg/L)

M = Bobot biosorben

c. Penentuan Bobot Optimum Biosorben

Variasi bobot biosorben yang digunakan adalah 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 4,0 gram. Masing-masing dimasukkan ke dalam 50 mL timbal 10 mg/L kemudian diaduk dengan kecepatan 100 rpm. Adsorpsi dilakukan pada pH dan waktu optimum. Campuran disaring dan absorbansi filtratnya diukur dengan spektrofotometer serapan atom. Bobot optimum ditentukan dengan menghitung efisiensi adsorpsi. Perhitungan Efisiensi Adsorpsi :

$$\% \text{ Efisiensi Adsorpsi} = \frac{(C_0 - C_a)}{C_0} \times 100\%$$

% = Efisiensi Adsorpsi

C₀ = Konsentrasi awal (mg/L)

C_a = Konsentrasi akhir (mg/L)

d. Penentuan Konsentrasi Timbal Sebagai Adsorbat

Erlenmeyer yang berisi bobot optimum biosorben dimasukkan masing-masing 25 mL larutan timbal dengan konsentrasi 10; 20; 40; 60; 80; dan 100 mg/L pada kondisi pH dan diaduk pada waktu kontak optimum setelah itu campuran disaring dan

absorbansinya diukur dengan spektrofotometer serapan atom.. Hasil yang didapatkan kemudian ditentukan penentuan pola pada kurva Isoterm Langmuir dan Freundlich.

4. Analisis Gugus Fungsi Biosorben

Serasah mangrove yang sudah diayak diambil 0,5 gram kemudian ditambahkan KBr, haluskan pada mortar setelah itu masukkan kedalam lubang silinder dan dianalisis menggunakan Spektrofotometer Infra Merah merk Shimadzu, Japan.

5. Analisis Kadar Timbal pada Limbah Industri Batik

Sampel Limbah dipipet 50 mL dimasukkan kedalam gelas piala. Tambahkan 2.5 mL asam nitrat. Panaskan di pemanas listrik sampai larutan contoh uji hampir kering. Ditambahkan 50 mL air suling, masukan ke dalam labu ukur 250 mL melalui kertas saring dan ditepatkan 250 mL dengan air suling.

HASIL dan PEMBAHASAN

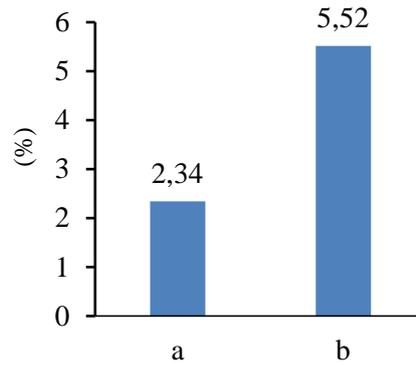
1. Biosorben Serasah Daun Mangrove Terimpregnasi Basa

Proses pembuatan biosorben dilakukan dengan cara aktivasi dengan metode impregnasi basa. Proses aktivasi bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan dan daya adsorpsi biosorben. Aktivasi dengan impregnasi basa merupakan salah satu metode modifikasi yang dilakukan untuk menambah jumlah pori dan meningkatkan sisi aktif biosorben. Bertambahnya sisi aktif maka kemampuan adsorpsi akan meningkat. Basa yang digunakan dalam proses impregnasi yaitu NaOH yang dapat memutus ikatan lignin dan selulosa. Lignin merupakan senyawa aromatik yang kurang menyerap air dan larut dalam basa. Keberadaan lignin akan menurunkan proses adsorpsi karena menghalangi proses transfer ion. Proses impregnasi basa dilakukan pengadukan selama 20 menit dengan suhu pemanasan 80°C. Pengadukan dan pemanasan bertujuan untuk memperbanyak kontak antara NaOH dengan biosorben sehingga pori-pori biosorben menjadi terbuka. Biosorben serasah daun mangrove sebelum dan sesudah impregnasi memiliki tekstur yang sama. Perbedaan antara keduanya dapat terlihat dari warna biosorben. Biosorben sebelum impregnasi basa memiliki warna coklat sedangkan biosorben setelah impregnasi memiliki warna kehitaman. Keberadaan lignin sebelum impregnasi menyebabkan warna biosorben menjadi coklat. Persen rendemen dari serasah awal ke serasah yang telah dioven sebesar 88,96 %, hal ini karena berkurangnya kadar air pada serasah daun mangrove sedangkan persen rendemen biosorben yang sudah diimpregnasi sebesar 24%. Hal ini karena penambahan larutan natrium hidroksida dan faktor penyaringan.

2. Kadar Air Biosorben

Penetapan kadar air serasah sebelum aktivasi memiliki nilai yang lebih rendah yaitu sebesar 2,34% dibandingkan yang sudah diaktivasi. Hal ini disebabkan air sudah menguap pada proses pemanasan. Hasil kadar air biosorben serasah daun mangrove yang sudah diaktivasi sebesar 5,52%. Standar kadar air untuk biosorben mengacu pada kadar air maksimum dari arang aktif SNI 06-3730-1995 yaitu sebesar 15%, hal ini menunjukkan bahwa kadar air biosorben serasah daun mangrove masuk persyaratan kadar air arang aktif. Penetapan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis biosorben yaitu kemampuan menyerap air dan udara sekeliling pada pori-pori di permukaan adsorben. Pada umumnya semakin besar luas permukaan akan meningkatkan daya serap biosorben terhadap suatu zat, sehingga molekul uap air dari udara akan semakin banyak yang teradsorpsi dan mengakibatkan kadar air meningkat. Kadar air biosorben berpengaruh pada

penyimpanan biosorben sehingga biosorben tidak mudah rusak. Biosorben berbasis selulosa akan mudah ditumbuhi jamur dengan kadar air yang tinggi. Data mengenai kadar air dapat dilihat pada Gambar 1.

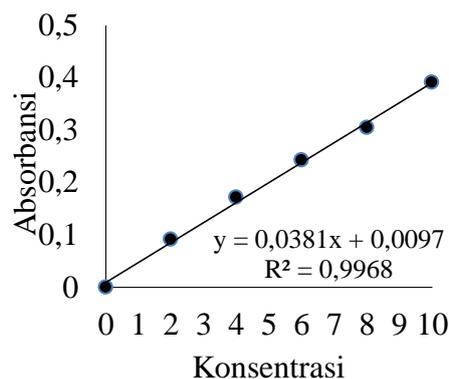


Gambar 1 . (a). Kadar Air Sebelum Impregnasi
(b). Kadar Air Sesudah Impregnasi

Figure 1. (a). Water Content Before Impregnation
(b). Water Content After Impregnation

3. Kondisi Optimum Adsorpsi Timbal oleh Biosorben

Penentuan kondisi optimum sorpsi dilakukan untuk mengetahui kondisi sorpsi yang memberikan nilai kapasitas adsorpsi tertinggi. Penentuan kondisi optimum adsorpsi timbal oleh biosorben dilakukan terhadap tiga parameter yaitu pH, waktu dan bobot optimum. Kurva standar timbal dengan nilai $y = 0,0381x + 0,0097$ dan $R^2 = 0,9968$ dapat dilihat pada Gambar 2.

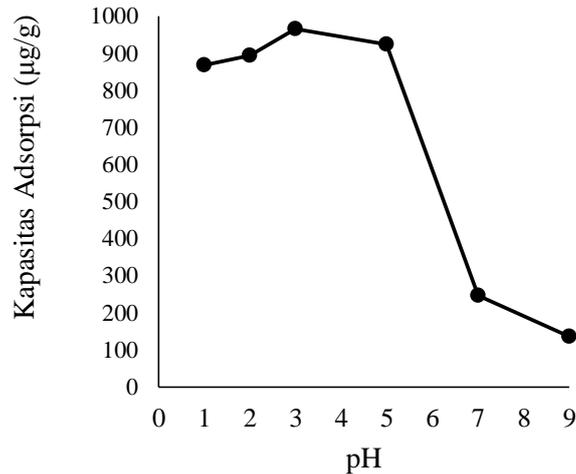


Gambar 2. Kurva Standar Timbal

Figure 2. Lead Standard Curves

a. pH Optimum Adsorpsi Timbal

Nilai pH merupakan salah satu parameter terpenting dalam proses adsorpsi. Penentuan pH larutan bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum larutan dalam sorpsi logam timbal oleh biosorben. Penentuan pH optimum dilakukan dengan variasi 1, 2, 3, 5, 7 dan 9 dengan menggunakan waktu kontak selama 20 menit dengan bobot biosorben sebesar 0,5 gram. Pengaturan pH asam dilakukan dengan penambahan larutan asam nitrat 0,05 N dan pengaturan pH basa dilakukan dengan penambahan larutan natrium hidroksida 0,1 N. Pengaruh pH terhadap kapasitas adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 3.

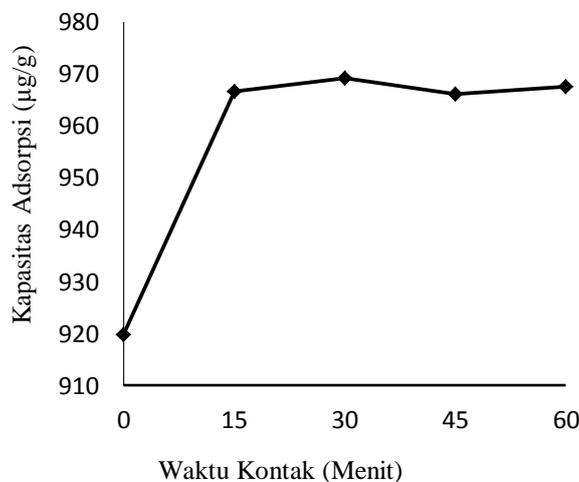


Gambar 3. pH Optimum Proses Sorpsi Timbal
Figure 3. pH Optimum Lead Sorption Process

pH optimum proses sorpsi timbal oleh biosorben adalah pada pH 3 karena menghasilkan kapasitas adsorpsi terbesar yaitu 965,9 µg/g. Hasil penelitian sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Mulyawan *et. al.*, (2015) yang menyatakan bahwa pH 3 merupakan pH optimum pada biosorben yang berasal dari daun ketapang untuk sorpsi logam timbal. Nilai K_{sp} $Pb(OH)_2$ secara teoritis adalah $1,43 \times 10^{-15}$ (Dean, 1999). Nilai K_{sp} yang diketahui jika dihitung dengan konsentrasi timbal 10 mg/L diperoleh pH pengendapan $Pb(OH)_2$ yaitu pada pH 8,54.

b. Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Timbal.

Waktu kontak optimum merupakan waktu pengadukan campuran biosorben dengan larutan standar dimana terjadi nilai kapasitas adsorpsi timbal paling besar. Pengadukan dilakukan agar terjadi kontak antara biosorben dengan larutan logam yang akan diserap. Penentuan waktu kontak optimum dilakukan dengan variasi masing – masing 0, 15, 30, 45, dan 60 menit. Gambar 4 menunjukkan pengaruh waktu kontak terhadap kapasitas adsorpsi.

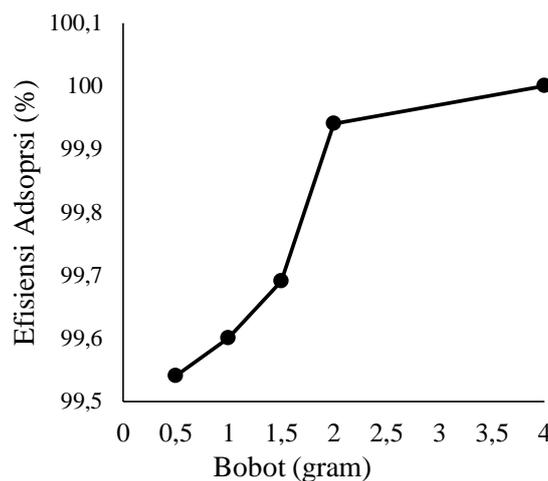


Gambar 4. Waktu Kontak Optimasi Proses Sorpsi Timbal
Figure 4. Time Contact Optimization of Lead Sorption Process

Waktu kontak optimum untuk sorpsi timbal oleh biosorben serasah daun mangrove terjadi pada waktu 30 menit karena memiliki nilai kapasitas adsorpsi tertinggi 969,2 $\mu\text{g/g}$. Peningkatan kapasitas adsorpsi ini berkaitan dengan pertambahan luas sisi permukaan aktif biosorben sehingga adsorbat yang tersorpsi lebih banyak. Pada menit ke-45 terjadi penurunan kapasitas adsorpsi. Waktu kontak antara adsorbat dan adsorben yang melebihi waktu optimum dapat menyebabkan desorpsi. Desorpsi merupakan pelepasan adsorbat dari permukaan adsorben, fenomena ini terjadi akibat jenuhnya permukaan adsorben sehingga molekul adsorbat yang telah tersorpsi kembali kedalam larutan (Atkins, 1999).

c. Bobot Optimum Adsorpsi Timbal

Penentuan bobot optimum dilakukan dengan variasi bobot 0,5, 1, 1,5, 2 dan 4 gram pada waktu kontak selama 30 menit pada pH optimum. Hasil pengukuran pengaruh bobot biosorben terhadap efisiensi adsorpsi timbal dapat dilihat pada Gambar 5.



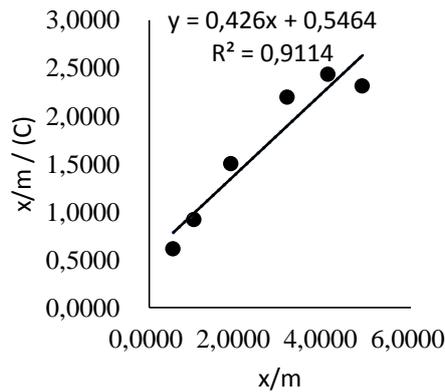
Gambar 5. Bobot Optimum Proses Sorpsi Timbal
Figure 5. Optimum Weight sorption Process Lead

Efisiensi adsorpsi mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya bobot biosorben. Bobot optimum dicapai pada 0,5 gram karena dengan berat tersebut sudah mampu mengadsorpsi logam timbal dengan nilai efisiensi sebesar 99,54%. Jumlah adsorben merupakan parameter penting dalam suatu proses adsorpsi karena dapat menentukan kapasitas adsorben selama penambahan konsentrasi awal adsorbat. Penelitian biosorben yang lain pada Koesprimadisari (2017) dan Mulyawan *et. al.*, (2015) menyatakan bobot optimum biosorben dari tandan kosong kelapa sawit dan biomassa daun ketapang sebesar 0.5 gram.

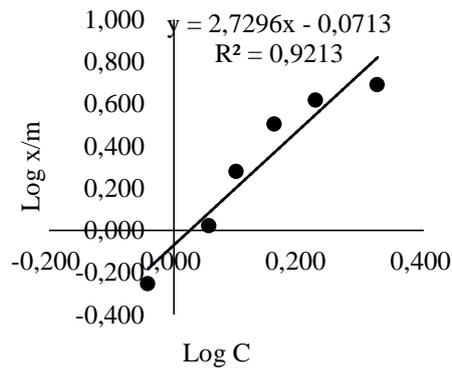
e. Isoterm Adsorpsi Langmuir dan Freundlich

Penentuan pola isoterm adsorpsi yang sesuai untuk proses sorpsi logam timbal oleh biosorben serasah daun mangrove dilakukan dengan perhitungan menggunakan persamaan Langmuir dan Freundlich. Persamaan Langmuir dan Freundlich merupakan persamaan yang menghubungkan antara konsentrasi zat yang diserap oleh suatu biosorben dengan konsentrasi zat adsorbat tersebut di fasa cairan pada keadaan setimbang dan pada suatu suhu. Nilai a dan k menunjukkan kapasitas dari adsorpsi logam timbal oleh biosorben, makin besar nilai a pada persamaan Langmuir dan nilai k pada persamaan Freundlich menunjukkan kapasitas adsorpsi semakin besar pula. Nilai $1/ab$ dan $\log k$ sangat dipengaruhi oleh temperatur sehingga mempengaruhi laju adsorpsi (Handayani *et. al.*,

2009). Berikut merupakan kurva regresi linear dari isoterm Langmuir (Gambar 6) dan Isoterm Freundlich (Gambar 7).



Gambar 6. Isoterm Langmuir Adsorpsi Timbal
Figure 6. Lead Adsorption Langmuir isotherm



Gambar 7. Isoterm Freundlich Adsorpsi Timbal
Figure 7. Lead Adsorption isotherms Freundlich

Pengujian persamaan adsorpsi Langmuir dan adsorpsi Freundlich dibuktikan dengan grafik linearitas yang baik dan mempunyai harga koefisien determinasi $R^2 \geq 0.9$ mendekati angka 1 (Handayani *et. al.*, 2009). Berdasarkan Gambar 7 dan Gambar 8 terlihat bahwa persamaan adsorpsi logam timbal oleh biosorben serasah daun mangrove mempunyai nilai R^2 sebesar 0,9114 dan persamaan adsorpsi Freundlich dengan nilai R^2 sebesar 0,9213 . Perbedaan nilai regresi kedua jenis isoterm tidak terlalu signifikan sehingga kedua jenis isoterm ini dapat diterapkan, namun linearitas persamaan Langmuir yang dihasilkan lebih kecil dari persamaan Freundlich, sehingga dapat diasumsikan bahwa pola isoterm Freundlich lebih cocok diterapkan untuk adsorpsi logam timbal oleh biosorben serasah dan mangrove yang diaktivasi basa. Krowiak *et. al.*, (2011) penentuan isoterm Langmuir ada beberapa tipe, dalam penelitian ini menggunakan isoterm Langmuir tipe ketiga dengan rumus:

$$Q_e/C_e = b. q_{max} - b. Q_e$$

Model persamaan isoterm Freundlich mengasumsikan bahwa setiap tempat memiliki tipe adsorpsi yang berbeda dan tidak dapat menentukan kapasitas adsorpsi maksimum (Somasundran, 2006). Isoterm adsorpsi Freundlich terjadi pada permukaan adsorben membentuk multilayer dan interaksi antara molekul adsorban dan permukaan adsorben terjadi secara fisorpsi. Semakin besar nilai k maka semakin besar kemampuan suatu adsorben dalam mengadsorpsi, begitu juga untuk kekuatan interaksi antara adsorben dan adsorbat dapat dilihat dari nilai $1/n$, semakin kecil nilai $1/n$ maka semakin kuat interaksi antara adsorben dengan adsorbat. Nilai a menggambarkan jumlah yang dijerap atau

kapasitas adsorpsi untuk membentuk lapisan sempurna pada permukaan adsorben. Nilai b merupakan konstanta yang bertambah dengan kenaikan ukuran molekuler yang menunjukkan kekuatan ikatan molekul adsorbat pada permukaan adsorben. Nilai n menggambarkan intensitas dari adsorpsi, sedangkan nilai k menunjukkan kapasitas adsorpsi dari adsorben. Nilai Konstanta n , k , a dan b dapat dihitung dari persamaan Langmuir dan Freundlich yang didapat dan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Konstanta
Table 1. Constant values

Tipe Isoterm	Langmuir			Freundlich		
	a	B	R^2	n	k	R^2
Serasah Mangrove	1,29	0,426	0,9114	0,37	1,18	0,9213

KESIMPULAN

Serasah mangrove dapat dimanfaatkan sebagai biosorben yang mampu mengadsorpsi logam timbal. Biosorben serasah mangrove memiliki kadar air sebesar 5,52%. Kondisi optimum sorpsi pada pH 3; waktu kontak selama 30 menit dan bobot biosorben sebesar 0,5 gram. Kapasitas adsorpsi biosorben serasah mangrove terhadap timbal dari industri batik sebesar 0,6025 $\mu\text{g/g}$ dengan efisiensi adsorpsi 100%. Isoterm adsorpsi timbal oleh biosorben serasah mangrove mengikuti pola Isoterm Freundlich dengan asumsi bahwa terjadi adsorpsi fisika yang membentuk lapisan multilayer dengan nilai regresi 0,9213, akan tetapi tipe Isoterm Langmuir memiliki nilai regresi yang tidak terlalu berbeda jauh yaitu 0,9114. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan aktivasi asam terhadap biosorben mangrove untuk membandingkan data yang diperoleh dengan aktivasi basa dan variasi ukuran biosorben serta diaplikasikan pada jenis logam berat lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T.E., Nurisman E., Prasetyowati, Haryani, N., 2011. Pengolahan Air Limbah Pewarna Sintetis dengan Menggunakan Reagen Fenton. *Prosiding Seminar Nasional AvoER Ke-3*, Palembang.
- Atkins, P.W. (1999). *Kimia Fisik* Jilid I Edisi Keempat. Erlangga. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). *SNI 06-6989.8-2004. Air dan air limbah – Bagian 8: Cara uji timbal (Pb) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala*.
- Dean, J.A. 1999. *Langes's Handbook Of Chemistry*. R.R. Donnelley & Sons Company. New York.
- Febriyeni, N.D. (2010). Analisis Tembaga Kadmium dan Timbal dalam Udang Jerbuang dan Udang Pacet Secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Fakultas Farmasi. Universitas Indonesia. Depok.
- Fernanda, L. (2012). Studi Kandungan Logam Berat Timbal, Nikel, Kromium dan Cadmium pada Kerang Hijau (*Perna viridis*) dan Sifat Fraksionalnya pada Sedimen Laut. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Departemen Kimia. Universitas Indonesia. Depok.
- Handayani, M. dan E. Sulistiyono. (2009). Uji Persamaan Langmuir dan Freundlich Pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) oleh Zeolit. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir*. PTNBR – BATAN. Bandung.

- Hartanti, N.U. Mutasih, S. Nurjanah. (2011). *Pemanfaatan Serasah Daun Mangrove sebagai Pakan Cacing Lur (Dendoneis pinnaticirris)*. Diakses pada tanggal 23 Februari 2018.
- Holtzapfle, M. T. (2003). *Hemicelluloses In Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. Academic Press. London.
- Horsfall MJ, Abia AA, Spiff AI. (2003). Removal of Cu(II) and Zn(II) ions from wastewater by cassava (*Manihot esculenta crantz*) waste biomass. *African J Biotechnol* 2:360-364.
- Krowiak, W, A., R. G. Szafran, S. Modelski. (2011). Biosorption of Heavy Metal from Aqueous Solutions onto Peanut Shell as a Low-cost Biosorbent. *Desalination*. Vol. 265, 126-134. Polandia.
- Marshall, W. E. Dan Mitchel M. J. (1996). *Agriculture by Product as Metal Adsorbent: Sorption Properties and Resistance to Mechanical Abrasion*. *J Chem Tehnol Biotechnol* 66: 192-198.
- Muliani, Nurbaya, Gunarto. (2013). *Pemanfaatan Serasah Daun Mangrove (Rhizophora mucronata) Pada Pemeliharaan Udang Windu (Panaeus monodon) Di Laboratorium*. Konferensi Akuakultur Indonesia. Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau. Maros. Sulawesi Selatan.
- Muljadi. (2009). Efisiensi Instalasi Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Cetak dengan Metode Fisika Kimia dan Biologi Terhadap Penurunan Parameter BOD, COD dan Logam Berat Krom. *Ekulibrium*. Vol 8 (1) : 7-6.
- Mulyawan, R., Sefumillah, A., Folaintini. (2015). Biosorpsi Timbal Oleh Biomassa Daun Ketapang. *Jurnal Molekul* 10 (1) Hal. 45-46. Purwokerto.
- Sasongko, D. P dan Tresna, W. P. (2010). Identifikasi Unsur dan Kadar Logam Berat pada Limbah Pewarna Batik dengan Metode Analisis Pengaktifan Neutron. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi TELAAH Vol 27,pp 22-27*. Semarang.
- Sembodo, B. T. (2006). Model Kinetika Langmuir untuk Adsorpsi Timbal pada Abu Sekam Padi. *Ekulibrium Vol 5 (1) : 28-33*.
- Setiawan, A. dan Hamzah, F. (2010). Akumulasi Logam Timbal, Tembaga dan Seng di Hutan Mangrove Muara Angke, Jakarta Utara. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis Vol 2 No 2 Hal 41-52*. Balai Riset dan Observasi Kelautan, Kementerian Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- Somasundaran,P. 2006. *Encyclopedia of Surface and Colloid Science*. CRS Pres.New York.