

**KARAKTERISTIK BIOSORBEN PELEPAH NIPAH (*Nypa Fruticans*)
UNTUK PENURUNAN KADAR LOGAM BERAT AIR MERKURI (Hg)
CHARACTERISTICS ON NYPA MIDRIB (*Nypa Fruticans*) BIOSORBENT TO REDUCTION
LEVELS OF HEAVY METAL MERCURY (Hg) WATER**

Aulia Noor Ikhsan, Yaya Azmiati, Ulfah Delvianti dan Isna Syaughiah

*Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Jalan Ahmad Yani KM
35,5, Banjarbaru, 70714, Indonesia
E-mail: auliahhsan7@gmail.com*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik biosorben pelepah nipah dan menentukan kondisi optimum ukuran partikel dan waktu kontak dalam penurunan kadar merkuri. Proses maserasi menggunakan metanol dan diaktivasi menggunakan HCl. Hasil analisa FT-IR menunjukkan bahwa pada biosorben pelepah nipah memiliki kandungan selulosa yang ditunjukkan dengan gugus fungsi O-H, C-H dan C-O. Pada analisa SEM menunjukkan bahwa luas permukaan biosorben ukuran 100 mesh lebih besar dibandingkan dengan luas permukaan 60 dan 80 mesh. Hasil pengujian AAS pada sampel pada ukuran 60 mesh dengan waktu kontak 30,60 dan 90 menit yaitu 99,99902 %, 99,99922 % dan 99,99942 %, pada ukuran 80 mesh dengan waktu kontak 30,60 dan 90 menit yaitu 99,99951 %, 99,99958 % dan 99,99966 %, pada ukuran 100 mesh dengan waktu kontak 30,60 dan 90 menit yaitu 99,99973 %, 99,99981 % dan 99,99989 %. Penyerapan kadar merkuri terbanyak terjadi pada biosorben ukuran 100 mesh dengan waktu kontak 90 menit yaitu 99,99989 %.

Kata Kunci : Adsorpsi, biosorben, karakteristik, merkuri, pelepah nipah.

ABSTRACT

This research attempts to know characteristic of nypa midrib biosorbent and determine optimization particle size and contact time in reduce level mercury. Maceration process using methanol and activation biosorbent is using HCl. The results of FTIR analysis shows that nypa midrib biosorbent contains cellulose indicated by the functional group O-H, C-H and C-O. SEM analysis is shows that the surface area biosorbent 100 mesh is bigger than surface area 60 and 80 mesh. The result of AAS for sample 60 mesh with contact time 30, 60 and 90 minute is 99,99902 %, 99,99922 % dan 99,99942 %, at 80 mesh with contact time 30,60 and 90 minute is 99,99951 %, 99,99958 % dan 99,99966 %, and at 100 mesh with contact time 30, 60 and 90 minute is 99,99973 %, 99,99981 % dan 99,99989 %. The highest absorption of mercury levels occurred in biosorbent 100 mesh with contact time 90 minute is 99,99989 %.

Keywords: Adsorption, biosorbent, characteristic, mercury, nypa midrib.

1. PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan karena logam berat saat ini sangat mengkhawatirkan. Pencemaran akibat logam berat akan menimbulkan gangguan kesehatan hingga berakibat kematian. Sebagai contoh pencemaran yaitu senyawa kompleks yang terbentuk dari bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi. Kandungan logam dapat meningkat dengan meningkatnya limbah perkotaan, pertambangan dan perindustrian yang banyak mengandung logam berat masuk ke lingkungan. Limbah industri merupakan limbah yang paling besar mengandung kadar logam berat, hal ini disebabkan senyawa dan unsur logam yang dimanfaatkan sebagai bahan baku ataupun bahan tambahan (Wicakso dkk., 2012). Pencemaran air ini menyebar ke daerah-daerah sungai, seperti di Kalimantan Selatan yang sering kali menjadikan sungai sebagai sumber airnya sehingga dapat mengakibatkan penduduk terjangkit penyakit gatal dan gejala lainnya.

Salah satu upaya pencegahan dan meminimalisasi dampak negatif dari kandungan logam ialah dengan mengolah terlebih dahulu air yang akan digunakan. Metode yang paling banyak digunakan dan mudah dalam penerapannya adalah menggunakan metode adsorpsi. Adsorben yang digunakan adalah arang aktif yang berasal dari hewan, tumbuh-tumbuhan, limbah ataupun mineral yang mengandung karbon (Nurhayati dkk., 2015).

Nipah atau *Nypa fruticans* tumbuhan yang termasuk family Palmae. Nipah tumbuh subur di hutan daerah pasang surut dan daerah rawa atau muara sungai yang berair payau. Di Indonesia luas daerah tanaman nipah adalah 10% dari luas daerah pasang surut sebesar 7 juta Ha atau sekitar 700.000 Ha dengan penyebarannya meliputi wilayah pulau Sumatra, Kalimantan, Jawa, Sulawesi, Maluku dan Irian Jaya (Mulyadi dkk., 2013). Kalimantan Selatan sering disebut pulau seribu sungai sehingga potensi tumbuhan sangat banyak di daerah air payau. Sebaran tanaman nipah terdapat di Kab. Pulau Laut, Kab. Tanah Bumbu, Kab. Tanah Laut, Kab. Hulu Sungai Selatan dan Kab. Hulu Sungai Tengah. Potensi nipah yang sangat belum dimanfaatkan dengan optimal (Fatriani, 2009). Dengan kandungan selulosa sebesar 35,1%, lignin 17,8% serta abu 11,7% pada nipah menunjukkan bahwa nipah memiliki potensi untuk digunakan sebagai adsorben dengan biaya yang lebih rendah untuk menyerap logam berat pada limbah cair (Tamunaida, 2011).

Pada penelitian ini biosorben dari pelepah nipah (*Nypa Fruticans*) menggunakan metode adsorpsi. Adsorpsi sendiri adalah pemisahan dengan cara penjerapan terikat. Senyawa-senyawa ini bertindak seperti basa, sehingga jika direaksikan dengan asam akan mengalami reaksi netralisasi. Adsorbat yang digunakan pada penelitian ini adalah logam merkuri (Hg) dalam larutan artifisial merkuri.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Proses Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.

2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada percobaan ini adalah gelas beker, gelas ukur, labu ukur, corong, saringan, botol *shaker*, pengaduk kaca, penggiling, ayakan 60;80;100 *mesh*,

indikator pH, *magnetic heated stirrer*, *oven*, *shaker* serta alat instrumental ialah analisa FT-IR, SEM dan AAS.

2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan artifisial merkuri 10 ppm, HCl 5%, metanol teknis, kertas saring, akuades dan pelepah nipah yang diambil dari Desa Tarjun, Kecamatan Kelumpang Hilir, Kabupaten Kotabaru.

2.3 Variabel Penelitian

- Variabel bebas
Variabel bebas adalah kondisi yang dikehendaki, yang mana akan mempengaruhi variabel terikat. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah:
 - a. Ukuran partikel serbuk pelepah nipah sebesar 60 *mesh*, 80 *mesh* dan 100 *mesh*.
 - b. Waktu kontak 30, 60 dan 90 menit.
- Variabel terikat
Variabel terikat adalah variabel yang selama proses penelitian dikondisikan sama dan diasumsikan konstan. Adapun variabel terikat dalam penelitian ini adalah:
 - a. Larutan artifisial merkuri 10 ppm.
 - b. Larutan HCl 5%
 - c. Serbuk pelepah nipah 3 gram.
 - d. Kecepatan pengadukan 60 rpm dan kondisi operasi pada pH 6.

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Preparasi Pelepah Nipah

Pelepah nipah yang diperoleh dari Desa Tarjun dipotong menjadi beberapa bagian lalu dicuci bersih dan dijemur dibawah sinar matahari hingga kering. Setelah dijemur, pelepah nipah dikeringkan lagi menggunakan *oven* dengan suhu 70 °C selama 240 menit. Sampel yang telah kering kemudian dipotong kecil dan digiling sampai halus hingga berbentuk serbuk dan diayak dengan pengayak ukuran partikel 60, 80 dan 100 *mesh* (Hidayat dkk., 2014).

2.4.2 Aktivasi Serbuk Pelepah Nipah Menjadi Biosorben

Proses aktivasi diawali dengan proses maserasi menggunakan metanol teknis selama 8 hari. Setelah itu serbuk pelepah nipah disaring dan dikeringkan dengan *oven* pada suhu 70°C selama 1 jam. Serbuk pelepah nipah yang sudah dioven kemudian diaktivasi menggunakan HCl 5% selama 2,5 jam dengan pemanasan menggunakan *magnetic heated* (Hidayat dkk., 2014). Serbuk yang sudah diaktivasi kemudian disaring menggunakan kertas saring lalu dicuci dengan akuades dan diukur hingga pH 6 (Isna dkk., 2015). Setelah itu serbuk nipah dikeringkan selama 4 jam dengan suhu 80°C.

2.4.3 Karakterisasi Biosorben

Karakterisasi biosorben pelepah nipah menggunakan instrumen alat *Fourier Transmittance Infrared Spectroscopy* (FT-IR) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). FT-IR digunakan untuk mengetahui gugus fungsional dari sampel. Analisa SEM digunakan untuk mengetahui bentuk permukaan dari sampel.

2.4.4 Pembuatan Larutan Artifisial Merkuri (Hg)

Larutan artifisial merkuri dibuat dengan konsentrasi 10 ppm. Larutan artifisial merkuri 10 ppm pada volume larutan sebanyak 3000 mL dibuat dengan cara menimbang 0,0443 g HgSO_4 kemudian dilarutkan dengan akuades 1000 mL digelas beker. Lalu ditambahkan beberapa tetes H_2SO_4 hingga larut. Setelah itu larutan dimasukkan ke dalam wadah dan ditambahkan akuades sebanyak 2000 mL lalu diaduk hingga homogen. Kondisi pH larutan diatur pada pH 6 (Syamsuni, 2006).

2.4.5 Adsorpsi Merkuri Menggunakan Biosorben

Botol *shaker* disiapkan sebanyak 3 buah. Kemudian sampel larutan artifisial merkuri (Hg) dimasukkan ke dalam 3 buah botol *shaker* masing-masing sebanyak 250 mL. Setelah itu, biosorben pelepah nipah berukuran 60 *mesh* dimasukkan ke dalam 3 buah botol *shaker* yang berisi larutan artifisial merkuri masing-masing sebanyak 3 gram. Lalu dikocok menggunakan *shaker* pada kecepatan konstan yaitu 60 rpm dengan waktu kontak selama 30, 60 dan 90 menit untuk setiap sampel, kemudian disaring menggunakan kertas saring. Prosedur diulangi untuk biosorben pelepah nipah ukuran partikel 80 dan 100 *mesh*. Filtrat larutan artifisial merkuri yang sudah dikontakkan dengan biosorben tersebut kemudian dianalisa.

2.4.6 Analisis Kadar Merkuri

Analisa kadar merkuri menggunakan analisa *Atomic Absorbsion Spectrofotometri* (AAS). Analisa dengan *Atomic Absorbsion Spectrofotometri* (AAS) bertujuan untuk mengetahui kandungan merkuri (Hg). Perhitungan persentase kadar adsorpsi dapat dihitung dengan persamaan (Priadi dkk., 2014):

$$R = \frac{Co - Ce}{Co} \times 100\% \quad \dots(1)$$

Dengan R adalah persentase adsorpsi (%), Co sebagai konsentrasi awal logam (mg/L) dan Ce menyatakan konsentrasi akhir logam (mg/L)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Aktivasi Pelepah Nipah

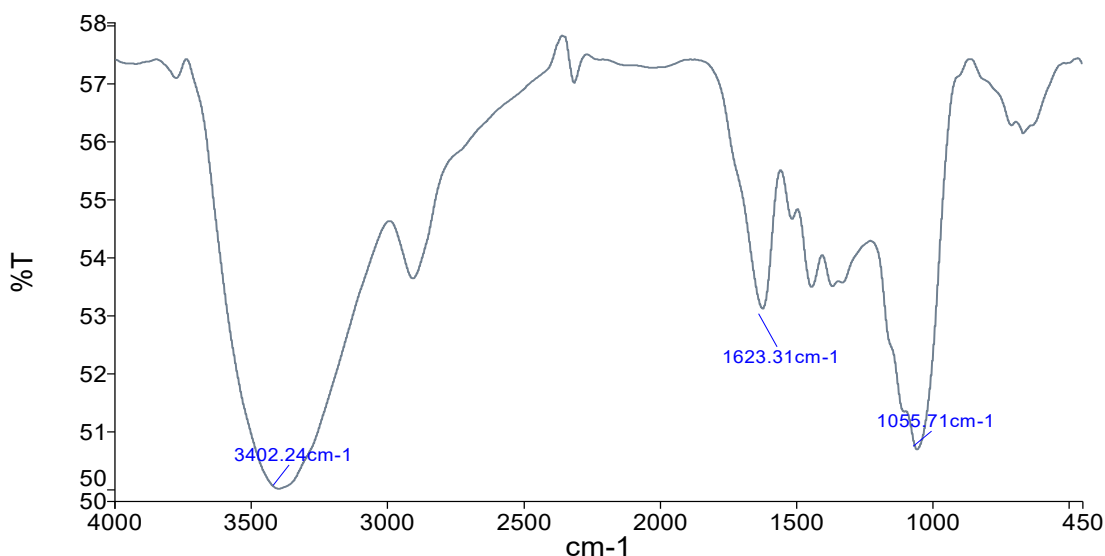
Pelepah nipah yang sudah dipreparasi dilakukan proses meserasi menggunakan pelarut metanol teknis selama 8 hari dalam suhu ruangan. Proses meserasi ini dilakukan untuk memisahkan zat aktif dengan serbuk pelepah nipah karena pada proses meserasi dinding sel dan membran sel akan memecah dikarenakan adanya perbedaan tekanan dibagian luar dan dalam yang mengakibatkan metabolit sekunder akan pecah dan terlarut dalam senyawa organik. Pelarut yang digunakan yaitu metanol karena metanol berfungsi untuk menyisihkan lemak, protein dan metabolit sekunder (Hidayat dkk., 2014). Maserasi dilakukan 8 hari dengan penggantian larutan setiap 2 hari sekali agar tidak terjadi perubahan warna pada larutan metanol, hal ini dikarenakan semakin lama waktu akan memperbanyak jumlah sel yang terpecah dan bahan aktif yang terlarut (Chairunnisa dkk., 2019).

Serbuk pelepah nipah diaktivasi menggunakan HCl 5% selama 2,5 jam dengan pemanasan. Aktivator HCl 5% digunakan untuk melarutkan hemiselulosa dan lignin serta mengaktifkan pori-pori permukaan sehingga dapat dipisahkan dari sampel. Proses aktivasi juga dilakukan pemanasan untuk menyebabkan degradasi selulosa karena pada suhu tinggi lignin akan habis

terlarut karena terpecah menjadi partikel yang lebih kecil dan terlepas dari selulosa, sehingga didapatkan selulosa yang bebas lignin (Chairunnisa dkk., 2019).

3.2. Karakterisasi Pelepah Nipah

Karakteristik pelepah nipah menggunakan 2 instrumen yaitu *Fourier Transmittance Infrared Spectroscopy* (FT-IR) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Analisa FT-IR bertujuan untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang ada dalam adsorben (Astari dan Utami, 2018). Hasil analisa FT-IR untuk karakteristik pelepah nipah dapat dilihat pada **Gambar 4.1** berikut.

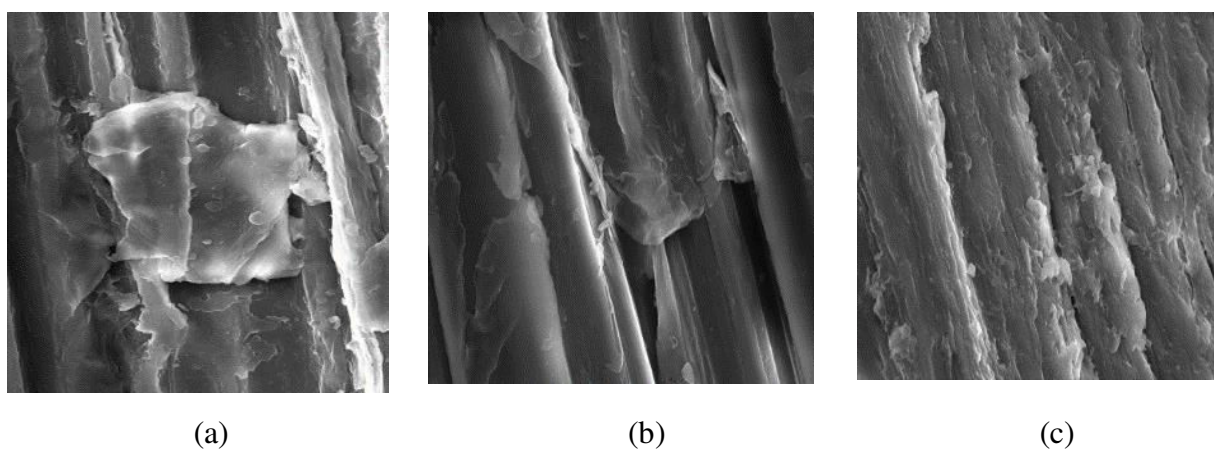


Gambar 1. Grafik Analisa FT-IR Biosorben Pelepah Nipah

Hasil analisa gugus fungsi menggunakan FT-IR dilakukan dengan menginterpretasikan puncak-puncak serapan dari spektrum inframerah. Pada **Gambar 3.1** menunjukkan gugus-gugus fungsi pada biosorben pelepah nipah. Pada panjang gelombang serapan $3409,04\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus alkohol, fenol, ikatan hidrogen (O-H), hal ini sesuai dengan penelitian Istinanda dkk, 2018 yang menyatakan bahwa gugus O-H muncul pada daerah serapan antara $3000\text{ cm}^{-1} - 3700\text{ cm}^{-1}$. Pada panjang gelombang serapan $2917,4\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus fungsi C-H sesuai dengan penelitian Suarsa, 2016 yang menyatakan pada daerah serapan antara $2853\text{ cm}^{-1} - 2962\text{ cm}^{-1}$ dengan intensitas sedang-tajam menunjukkan adanya gugus fungsi C-H. Pada biosorben pelepah nipah terdapat gugus fungsi C=O dengan panjang gelombang serapan $1633,53\text{ cm}^{-1}$ yang sesuai dengan penelitian Suarsa, 2016 yang menyatakan gugus fungsi C=O terdapat pada panjang gelombang serapan $1600\text{ cm}^{-1} - 1820\text{ cm}^{-1}$. Selain gugus fungsi O-H, C-H dan C=O pada biosorben pelepah nipah juga terdapat gugus fungsi N=O pada panjang gelombang serapan 1520 cm^{-1} , gugus fungsi CH_3 panjang gelombang serapan $1449,28\text{ cm}^{-1}$ dan gugus fungsi C-O pada panjang gelombang serapan $1057,6\text{ cm}^{-1}$. Gugus fungsi N=O, CH_3 dan C-O sesuai dengan penelitian Suara, 2016 yang menyatakan bahwa gugus fungsi N=O terdapat pada $1500\text{ cm}^{-1} - 1600\text{ cm}^{-1}$, gugus fungsi CH_3 terdapat pada $1375\text{ cm}^{-1} - 1450\text{ cm}^{-1}$ dan pada penelitian Pari, 2011 yang menyatakan gugus fungsi C-O terdapat pada $1066\text{ cm}^{-1} - 1084\text{ cm}^{-1}$.

Berdasarkan identifikasi gugus fungsi biosorben terdapat gugus fungsi O-H, C-H dan C-O yang merupakan suatu penyusun utama dari selulosa (Thaiyibah dkk, 2006). Gugus fungsi C=O yang terdapat pada biosorben pelepah nipah menunjukkan adanya lignin (Pari, 2011). Didapatkan juga gugus pengotor yaitu N=O dan CH₃. Gugus N=O merupakan pengotor yang berasal dari pelepah nipah yang tidak bisa untuk dihilangkan sehingga masih terbaca oleh serapan. Sedangkan pada gugus CH₃ merupakan sisa reaksi yang terjadi dari proses maserasi metanol dengan pelepah nipah untuk ekstraksi selulosa yang menyebabkan gugus CH₃ tertinggal.

SEM digunakan untuk mengetahui struktur mikro suatu material meliputi tekstur, morfologi, komposisi dan informasi kristalografi permukaan partikel. Morfologi yang diamati oleh SEM berupa bentuk, ukuran dan susunan partikel (Hasfita, 2017). Analisa SEM pelepah nipah dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Permukaan dari Biosorben 60 mesh (a) 80 mesh (b) 100 mesh (c)

Dapat dilihat pada gambar luas permukaan masing-masing ukuran partikel dari biosorben pelepah nipah pada perbesaran 2000x. Pada ukuran 60 mesh memiliki pori-pori permukaan yang lebih sedikit dan luas permukaan pori-pori yang lebih kecil pula dibanding ukuran 80 dan 100 mesh sedangkan ukuran partikel 100 mesh memiliki pori-pori permukaan yang banyak dan luas permukaan pori-porinya yang besar pula. Hal ini sesuai menurut Elmariza dkk. (2015) bahwa semakin kecil dari ukuran partikel maka luas permukaan semakin besar. Luas permukaan yang besar akan menghasilkan daya serap yang lebih tinggi.

3.3. Pengujian Daya Serap Serbuk Pelepah Nipah Terhadap Merkuri

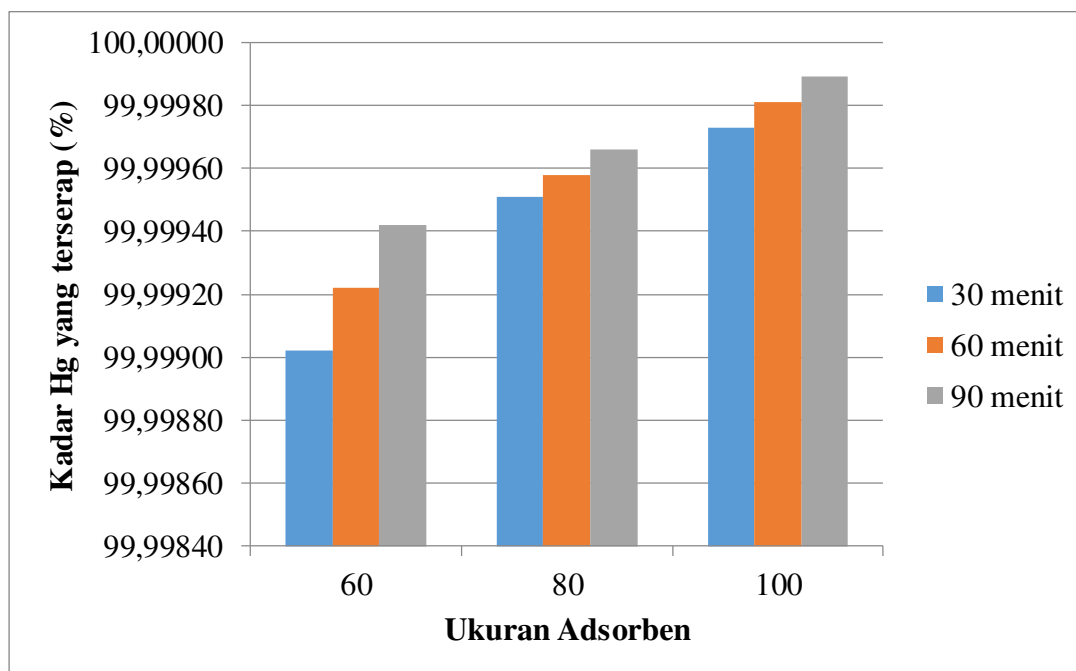
Pengujian daya serap serbuk pelepah nipah terhadap merkuri dilakukan dengan cara mengontakkan larutan artifisial merkuri 10 ppm sebanyak 250 mL dengan biosorben pelepah nipah berukuran 60 mesh, 80 mesh dan 100 mesh masing-masing sebanyak 3 gram. Penggunaan kecepatan *shaker* akan berpengaruh terhadap kontak dari biosorben dengan larutan yang akan lebih cepat beradsorpsi, kecepatan *shaker* yang digunakan ialah 60 rpm. Waktu kontak akan mempengaruhi lama dari proses penyerapan dari biosorben terhadap larutan sehingga semakin lama akan mempengaruhi penyerapannya, waktu kontak yang digunakan yaitu 30, 60 dan 90 menit. Larutan yang telah dikontakkan dengan adsorben atau filtrat hasil adsorpsi kemudian di uji menggunakan analisa *Atomic Adsorption Spectrophotometer* (AAS) untuk menganalisa kadar merkuri yang tertinggal di larutan.

Berikut merupakan data hasil pengujian daya serap biosorben pelepah nipah terhadap larutan merkuri yang dipengaruhi oleh variasi ukuran partikel 60 *mesh*, 80 *mesh* dan 100 *mesh* dengan waktu kontak 30 menit, 60 menit dan 90 menit yang dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Persentase penurunan kadar Hg pada Biosorben

Waktu (menit)	Ukuran Adsorben (<i>mesh</i>)		
	60	80	100
30	99,99902 %	99,99951 %	99,99973 %
60	99,99922 %	99,99958 %	99,99981 %
90	99,99942 %	99,99966 %	99,99989 %

Dari data pada **Tabel 1**, dapat dilihat bahwa penyerapan kadar merkuri paling banyak terjadi pada ukuran adsorben 100 *mesh* dengan waktu 90 menit. Hal ini dikarenakan semakin besar luas permukaan maka daya serap akan semakin tinggi (Elmariza dkk., 2015) dan semakin lama waktu kontak maka daya serap akan semakin besar (Syauqiah dkk., 2016). Hubungan antara ukuran partikel dan waktu kontak terhadap kadar merkuri oleh pelepah nipah ditunjukkan pada **Gambar 3**. berikut.



Gambar 3. Diagram Pengaruh Ukuran Adsorben Terhadap Kadar Hg Terserap

Berdasarkan **Gambar 3.** dapat dinyatakan terjadi peningkatan daya serap pada merkuri seiring meningkatkan waktu kontak. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu kontak maka daya serap akan semakin besar (Syauqiah dkk., 2016).

Pada ukuran 60 *mesh* kadar merkuri yang teradsorpsi dengan waktu kontak 30 menit, 60 menit dan 90 menit berturut-turut 99,99902 % ; 99,99922 % dan 99,99942 %. Pada ukuran 80 *mesh* kadar merkuri yang teradsorpsi dengan waktu kontak 30 menit, 60 menit dan 90 menit berturut-turut 99,99951 %; 99,99958 % dan 99,99966 %. Pada ukuran 100 *mesh* kadar merkuri yang teradsorpsi dengan waktu kontak 30 menit, 60 menit dan 90 menit berturut-turut 99,99973 %; 99,99981 % dan 99,99989 %. Penyerapan terbaik terjadi pada 100 *mesh* dengan waktu kontak 90 menit yaitu sebesar 99,99989 %. Hal ini dikarenakan 100 *mesh* memiliki ukuran lebih kecil dari 60 *mesh* dan 80 *mesh*. Semakin kecil ukuran partikel maka luas permukaan akan semakin besar. Semakin besar luas permukaan maka semakin tinggi daya serap (Elmariza dkk., 2015).

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Semakin kecil ukuran adsorben maka akan semakin luas permukaan adsorben dan semakin lama waktu kontak akan mengakibatkan semakin besarnya interaksi biosorben pelepah nipah dengan Hg.
- b. Biosorben dari pelepah nipah memiliki gugus alcohol ikatan hydrogen, fenol (O-H) ditunjukkan dengan panjang bilangan gelombang serapan hingga $3402,24\text{ cm}^{-1}$, memiliki gugus fungsi alkena (C=C) yang ditunjukkan dengan panjang gelombang serapan $1623,31\text{ cm}^{-1}$ dan memiliki gugus fungsi ester kuat (C-O) yang ditunjukkan dengan panjang bilangan gelombang serapan $1056,71\text{ cm}^{-1}$. Struktur dari biosorben pelepah nipah dapat dilihat pada analisa SEM yang menghasilkan bahwa luas permukaan dari ukuran partikel 100 *mesh* lebih besar dari pada ukuran partikel 80 dan 60 *mesh*, sedangkan ukuran partikel 60 *mesh* memiliki luas permukaan pori pori yang lebih kecil dari pada ukuran 80 dan 100 *mesh*.
- c. Persentase penurunan kadar merkuri (Hg) menggunakan biosorben pelepah nipah pada ukuran 60 *mesh* dengan waktu kontak 30, 60 dan 90 menit berturut-turut 99,99902 % ; 99,99922 % dan 99,99942 %. Pada ukuran 80 *mesh* dengan waktu kontak 30, 60 dan 90 menit berturut-turut 99,99951 %; 99,99958 % dan 99,99966 %. Pada ukuran 100 *mesh* dengan waktu kontak 30, 60 dan 90 menit berturut-turut 99,99973 %; 99,99981 % dan 99,99989 %. Kondisi optimum adsorpsi logam Hg terjadi pada biosorben ukuran 100 *mesh* dengan waktu kontak 90 menit dengan besar daya serap 99,99989 %.

5. SARAN

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah dengan variasi kecepatan pengadukan serta variasi pada kondisi pH untuk mengetahui pengaruh pH.

DAFTAR PUSTAKA

- Astari, M. A. dan Utami, B. (2018): *Uji Daya Adsorpsi Adsorben Kombinasi Sekam Padi dan Bagasse Fly Ash untuk Menjerap Logam Cu pada Sistem Batch*.
- Chairunnisa, S., Wartini, N. M. dan Suhendra, L. (2019): Pengaruh Suhu dan Waktu Maserasi terhadap Karakteristik Ekstrak Daun Bidara (*Ziziphus mauritiana* L.) sebagai Sumber Saponin. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri ISSN*. 2503. 488X
- Elmariza, J., Zaharah, T. A. dan Arreneuz, S. (2015): Optimasi Ukuran Partikel, Massa dan Waktu Kontak Karbon Aktif Berdasarkan Efektivitas Adsorpsi β -karoten Pada CPO. *JKK, Tahun*. 4. 21-25
- Fatriani (2009): Struktur Anatomi Serat Pelelah dan Tandan Kosong Nipah (*Nypa fruticans* wurb) sebagai Alternatif Bahan Baku Pulp dan Kertas dari Desa Penyolongan, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan. *Teknologi Hasil Hutan*. ULM.
- Hasfita, F. (2017): Study pembuatan biosorben dari limbah daun akasia mangium (*Acacia Mangium* Wild) untuk aplikasi penyisihan logam. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 1. 36-48
- Hidayat, N., Wahyuni, N. dan Irsan, R. (2014): Pemanfaatan Serbuk Pelelah Nipah (*Nypa Fruticans*) Untuk Desalinasi Di Muara Sungai Kakap. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik UNTAN*.
- Isna, S., Kurnain, A., Masrevaniah, A. dan Kusuma, Z. (2015): pH Effects on Hg²⁺ Level by Composite Pellet of Coal-Chitosan Fly Ash. *International Journal of ChemTech Research*. 8. 769-772
- Mulyadi, F. A., Dewi, A. I. dan Deoranto, P. (2013): Pemanfaatan Kulit Buah Nipah Untuk Pembuatan Briket Bioarang Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Teknologi Pertanian*. Vol. 14 No. 1.
- Nurhayati, I., Sutrisno, J., Pungut dan Sembodo, B. P. (2015): Arang Aktif Ampas Tebu sebagai Media Adsorpsi untuk Meningkatkan Kualitas Air Sumur Gali. *WAKTU*. Vol. 13 Nomor 02.
- Priadi, C. R., Anita, S., Sari, P. dan Moersidik, S. (2014): Adsorpsi Logam Seng dan Timbal pada Limbah Cair Industri Keramik oleh Limbah Tanah Liat. *Universitas Indonesia, Depok. Reaktor*. 15. 10-19
- Syamsuni (2006): *Farmasetika Dasar Dan Hitungan Farmasi*. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta
- Syauqiah, I., Amalia, M. dan Kartini, H. A. (2016): Analisis variasi waktu dan kecepatan pengaduk pada proses adsorpsi limbah logam berat dengan arang aktif. *Info-Teknik*. 12. 11-20

Tamunaida, P., & Saka, S. (2011): Chemical Characterization Of Various Parts Of Nypa Palm. *Industrial Crops and Product*, 34 3. 1423 –1428

Wicakso, D. R., Mirwan, A. dan Abdullah (2012): Upaya Penurunan Kadar Merkuri dalam Media Air Menggunakan Adsorben 2-Mercaptobenzothiazole (MBT)-Lempung Aktif. *Journal Konversi*. Vol. 1, No. 1.