

Biosorption Copper (Cu) and Mercury (Hg) by *Omphalina* sp. using Batch, Rotary, Biotray, and Pack Bed Flow Methods

(Biosorpsi Tembaga (Cu) dan Merkuri (Hg) oleh *Omphalina* sp menggunakan Metode *Batch*, *Rotary*, *Biotray*, dan *Pack Bed Flow*)

Desi Purwaningsih¹, I Made Artika¹, Tri Panji², Suharyanto²

¹*Department of Biochemistry, Bogor Agricultural University, Bogor, 16680, Indonesia*

²*Indonesian Research Institute for Biotechnology and Bioindustry, Bogor, 16151, Indonesia*

Received : 03 July 2015; Accepted: 1 April 2016

Corresponding author: Tri Panji; Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia, Jalan Taman Kencana No. 1 Bogor 16151; E-mail: tri_panji@yahoo.com

ABSTRACT

*Heavy metal waste treatment often uses dangerous chemicals. *Omphalina* sp is a nonpathogenic fungi that can be used to reduce the harmful effects of waste treatment. The use of fungal biomass has advantages such as low operating costs, efficient, and high metal binding capacity, minimal sludge, metals can be recovered, biosorbent can be regenerated, raw materials available easily, can use inactivated microorganism, and does not require additional nutrients. In the present study optimization of the biomass utilization for waste water treatment was conducted by comparing batch, rotary, packbed flow, and biotray methods. Results showed that *Omphalina* sp can reduce mercury level up to 91.38 % with rotary, 83.98 % with biotray, 87.14 % with pack bed flow, and 31.94 % with batch methods respectively from initial Hg concentration of 3 ppm. Similarly, *Omphalina* sp can reduce copper level up to 23.58 % with rotary, 22.66 % with biotray, 10.53 % with pack bed flow, 10.17 % with batch methods respectively from initial Cu concentration of 100 ppm. Optimum absorption Hg and Cu occurs in the first one hour.*

Keywords: *biosorption, cooper, mercury, *Omphalina* sp*

ABSTRAK

*Pengolahan limbah logam berat sering menggunakan bahan kimia berbahaya. Untuk mengurangi efek bahaya dari pengolahan limbah dapat digunakan jamur *Omphalina* sp yang bersifat tidak patogen. Penggunaan biomassa jamur memiliki kelebihan yaitu biaya operasional rendah, efisien, dan kapasitas pengikatan logam cukup tinggi, meminimalkan sludge, memungkinkan untuk perolehan kembali logam, biosorben dapat diregenerasi, bahan baku mudah didapat, dapat meng-*

gunakan mikroba yang sudah mati dan tidak memerlukan tambahan nutrisi. Pada penelitian ini, optimalisasi penggunaan biomassa jamur dilakukan dengan membandingkan metode batch, rotary, packed bed flow, dan biotray. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Hg dengan konsentrasi awal 3 ppm dapat berkurang hingga 91.38 % pada metode rotary, 83.98 % dengan biotray, 87.14 % dengan packed bed flow, dan 32.94 % dengan metode batch. Demikian pula logam Cu dengan konsentrasi awal 100 ppm dapat berkurang hingga 23.58 pada metode Rotary, 22.66 % dengan biotray, 10.53 % dengan packed bed flow, dan 10.17 % pada metode batch. Penyerapan optimal Hg dan Cu terjadi pada 1 jam pertama.

Kata kunci: biosorpsi, merkuri, *Omphalina* sp, tembaga

1. PENDAHULUAN

Limbah logam berat banyak dihasilkan dari limbah industri kimia, industri *electroplating*, metalurgi, *smelting*, penambangan emas, industri perak, pewarnaan dan pelapisan logam. Logam berat pada suatu lingkungan tidak hanya berasal dari limbah industri tetapi terdapat juga secara alami di lingkungan, hal ini dapat mempertinggi persentase logam berat dalam lingkungan (Lestari 2010). Logam berat dalam lingkungan sebagian besar disebarkan melalui perairan, sehingga dapat mempercepat masuknya logam berat kedalam tubuh manusia melalui rantai makanan.

Pengolahan limbah logam berat banyak dilakukan baik secara fisika, kimia, maupun biologi. Penggunaan zat kimia dalam reaksi tersebut dapat memberikan efek samping yang sama bahayanya dengan limbah logam, dan juga biaya yang dibutuhkan cukup mahal. Proses presipitasi tidak efektif diterapkan pada larutan dengan konsentrasi logam antara 1-1000 mg/l, menggunakan banyak bahan kimia dan menghasilkan *sludge* dalam jumlah besar (Soeprijanto *et al.* 2007). Untuk mengatasi hal tersebut maka digunakan mikroorganisme untuk menyerap logam berat yang terdapat pada limbah. Mikroorganisme dipilih karena

memiliki beberapa kelebihan, diantaranya biaya operasional yang rendah, efisien dan kapasitas pengikatan logam cukup tinggi, meminimalkan *sludge*, memungkinkan untuk *recovery* logam, biosorben dapat diregenerasi, bahan baku mudah didapat, dapat menggunakan mikroba yang sudah mati dan tidak memerlukan tambahan nutrisi.

Mikroorganisme yang sering digunakan salah satunya adalah jamur *Aspergillus* sp., *Rhizopus* sp, *Agaricus* sp., *Trichaptum* sp., *Scaccharomyces* sp., *Candida* sp (Abbas *et al.* 2014). Sebagai biosorpsi logam berat sebaiknya digunakan mikroorganisme yang bersifat tidak patogen. *Omphalina* sp merupakan salah satu mikroorganisme yang bersifat tidak patogen.

Biosorpsi logam berat dengan menggunakan biomassa jamur dapat dilakukan menggunakan berbagai metode, diantaranya: *packed bed column* (Kumar *et al.* 2011), *batch* (Chen *et al.* 2010), *rotary contactor*, dan *biotray*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui metode yang paling efektif dalam proses biosorpsi logam berat Cu dan Hg menggunakan jamur *Omphalina* sp.

2. METODOLOGI

Alat bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: tabung 500 ml, cawan petri, gelas ukur, botol jam, gelas kimia, seperangkat alat *Rotary reactor, batch, pack bed flow, biotray*, spektrofotometer atom, kompor, autoklaf, plastik tahan panas. Bahan alat yang digunakan adalah *Omphalina* sp yang berasal dari koleksi Laboratorium Mikrobiologi dan Bioproses PPBBI, kentang, dekstrosa, agar, aquades, glukosa, kloramfenikol, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, HgCl_2 , HNO_3 , beras, air, serbuk gergaji, dedak, aquades steril, klorofom, alkohol 70 %.

Persiapan Isolat *Omphalina* sp pada PDA

Media *potato dextrose* agar (PDA) dibuat dengan mencampurkan 250 ml air sari rebusan kentang, yang ditambahkan dengan 5 g agar dan 5 g gula pasir dan disterilkan suhu 121 °C selama 15 menit. PDA dituangkan pada 10 cawan Petri. *Omphalina* yang digunakan merupakan isolat dari koleksi PPBBI dipotong 1 cm² diinokulasi pada media PDA sampai tumbuh merata pada media selama 7 hari.

Persiapan Isolat *Omphalina* sp pada Media Beras

Satu liter beras dicuci lalu dipanaskan dengan sedikit air, kemudian dimasak sambil diaduk hingga airnya habis, ditambahkan 1 sendok makan minyak goreng agar beras tidak menggumpal. Sebanyak 100 gram beras dipindahkan ke dalam botol jam, disterilisasi pada suhu 121 °C, 1 atm selama 15 menit, setelah dingin media beras diaduk supaya tidak ada lagi yang menggumpal lalu dimasukkan setengah petri isolat *Omphalina* sp yang berasal dari media PDA, diaduk dan diinkubasi pada

suhu ruang sampai jamur tumbuh merata pada media yaitu selama 14 hari.

Persiapan Isolat *Omphalina* sp pada Serbuk Gergaji

Serbuk gergaji yang digunakan berasal dari sisa pengolahan kayu di daerah Kedung Halang dan Perumahan Yasmin, Bogor. Serbuk gergaji yang sudah dicuci bersih dan tidak berwarna ditambahkan dengan dedak 3 kg, dipindahkan 500-700 gram formula ke dalam plastik tahan panas, disterilisasi pada suhu 121 °C selama 15 menit, didinginkan dan ditiriskan, setelah dingin disterilisasi ulang. Setelah ditiriskan sampai airnya hilang lalu didinginkan. Setelah dingin formula diaduk supaya seluruh bagian mendapat udara lalu ditambahkan 18 gram isolat *Omphalina* sp dari media beras, diaduk lalu diinkubasi sampai tumbuh merata selama 60 hari.

Kultur Permukaan

Untuk pembuatan kultur permukaan digunakan *box* yang sudah dibersihkan lalu disteril menggunakan alkohol 70 %, dan didiamkan hingga kering. Setelah dibilas dengan aquades steril, *box* didiamkan hingga kering. Setelah *box* steril, ke dalam *box* pindahkan 1 kantong isolat *Omphalina* yang telah ditanam dalam serbuk gergaji. *Box* ditutup rapat untuk menjaga kelembaban udara di dalam *box* dan diinkubasi selama 7 hari.

Amobilisasi *Omphalina* sp

Ijuk dipotong-potong ukuran 5-7 cm, direndam dalam air selama satu minggu dengan penggantian air setiap harinya untuk menghilangkan kotoran yang terdapat pada ijuk. kemudian ditiriskan hingga kering. Sterilisasi

ijuk pada suhu 121 °C, selama 15 menit. Setelah dingin, sebanyak 5 gram ijuk digunakan untuk melapisi formula secara merata.

Penentuan Kemampuan Serapan Logam

Biosorpsi Cu dan Hg dilakukan di dalam *system batch*, *biotray*, *pack bed flow* dan *Rotary* dengan variasi konsentrasi Cu (100 ppm dan 200 ppm), Hg (3 ppm dan 5 ppm) dalam 5 liter larutan logam dan variasi waktu penyerapan (1, 3, 5, 7, dan 24 jam). Perlakuan dilakukan di dalam bak berukuran 20 cm x 30 cm x 10 cm, dengan laju alir 0.173 liter/detik.

A. Metode Rotary

Metode *Rotary reactor* dilakukan dengan cara merendam 40-50 % formula ke dalam medium dan memompakan cairan limbah logam sehingga menyebabkan *Rotary* berputar dan cairan limbah logam melewati formula yang berisi *Omphalina* sp sehingga terjadi penyerapan logam. Pompa yang terendam dalam larutan digunakan untuk menyerap larutan sehingga larutan dapat memutar *Rotary* secara terus-menerus. Perputaran dari formula menyebabkan adanya aerasi pada formula tersebut dan memperluas bidang penyerapan.

B. Metode Bacth

Metode *batch* dilakukan dengan cara merendam 50 % formula *Omphalina* sp pada air yang berisi larutan logam sehingga terjadi penyerapan logam secara terus-menerus dan *Omphalina* sp di bagian atas masih tetap dapat hidup, namun kontak dengan air larutan logam sangat sedikit, karena hanya dibagian bawah yang terjadi kontak dengan larutan logam dan dapat menyebabkan biomassa yang terdapat pada bagian bawah lebih cepat mati.

C. Metode Pack bed flow

Metode *pack bed flow* dilakukan dengan cara mengalirkan larutan logam secara terus-menerus ke dalam reaktor yang berisi formula. Larutan logam akan mengalir terus-menerus melalui permukaan atas reaktor yang telah berisi formula yang telah diamobilisasi, sehingga konsentrasi logam dalam larutan akan berkurang. Aliran air memungkinkan adanya aerasi.

D. Metode Biotray

Metode *Biotray* dilakukan dengan cara mengalirkan larutan seacara terus-menerus melalui pipa tinggi sehingga larutan logam akan jatuh ke dalam formula lalu terjadi proses biosorpsi. Larutan logam yang jatuh diharapkan dapat memperluas bidang penyerapan logam dan memungkinkan adanya aerasi yang cukup.

Konsentrasi ion logam berat yang diinginkan dibuat dengan melarutkan Cu yang berasal dari $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan untuk Hg mengencerkan larutan stok HgCl_2 , pH diatur menjadi 4. Pengambilan sampel dilakukan setiap 1, 3, 5, 7, dan 24 jam, dan diukur menggunakan AAS untuk mengetahui kandungan logam setelah perlakuan.

Pengukuran Kadar Logam

Preparasi sampel dilakukan sebelum pengukuran menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*). Dua ml larutan sampel ditambahkan dengan 5 ml asam nitrat pekat dan 1 ml perklorat, dipanaskan dalam *block digester* hingga volumenya menjadi 3 ml (larutan berwarna bening dan asap mengumpul di dalam tabung *block digester*). Setelah dingin, larutan dipindahkan ke dalam labu 50 ml dan volumenya ditetapkan hingga 50 ml. Cu 200

ppm, 300 ppm, dan Hg diencerkan lagi 5 kali. Cu siap diperiksa dengan AAS pada panjang gelombang 324.7 nm. SnCl₂ 10 % ditambahkan pada larutan Hg yang akan diukur, larutan Hg siap diukur menggunakan AAS pada panjang gelombang 253.6 nm.

Analisis Data

Hasil pengukuran menggunakan spektrofotometer AAS akan diperoleh :

Q = jumlah logam yang terserap dalam biomassa (mg/g)

C₀ = konsentrasi logam di dalam larutan sebelum absorpsi (ppm)

C = konsentrasi logam di dalam larutan sesudah absorpsi (ppm)

V = pada volume cairan (Liter)

M = jumlah biomassa (gram)

$$Q = [(C_0 - C) \times V] / M$$

Penurunan kandungan logam dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\alpha_s = (1 - C_s / C_0) \times 100 \%$$

α_s = presentase penurunan logam

C_s = konsentrasi akhir logam (ppm)

C₀ = konsentrasi awal logam (ppm)

M = massa biosorben (gram)

Serapan maksimum logam dihitung berdasarkan model persamaan isotermsorpsi Langmuir, sebagai berikut :

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{b q_{max}} \frac{1}{C_f} + \frac{1}{q_{max}}$$

Keterangan:

q = konsentrasi adsorbat yang terjadi (massa adsorbat/ massa biosorben)

q_{max} = jumlah maksimum logam yang dapat diserap biosorben (mg/g)

C_f = konsentrasi akhir logam dalam larutan

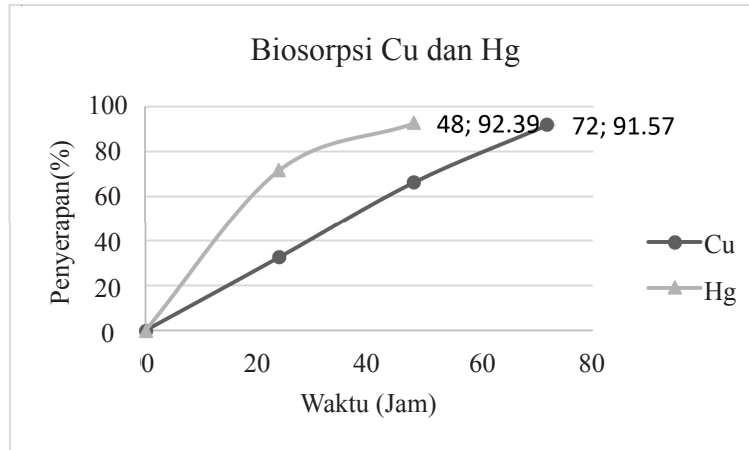
b = konstanta langmuir

Analisis data dilakukan menggunakan analisis ragam (ANOVA) rancangan acak lengkap (RAL) dengan menggunakan metode dan waktu sebagai variabel. Analisis ini menggunakan taraf kepercayaan 95 % dan taraf $\alpha = 0.05$. Jika hasil menunjukkan nilai signifikan < 0.05 maka terdapat perbedaan yang bermakna dan dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan.

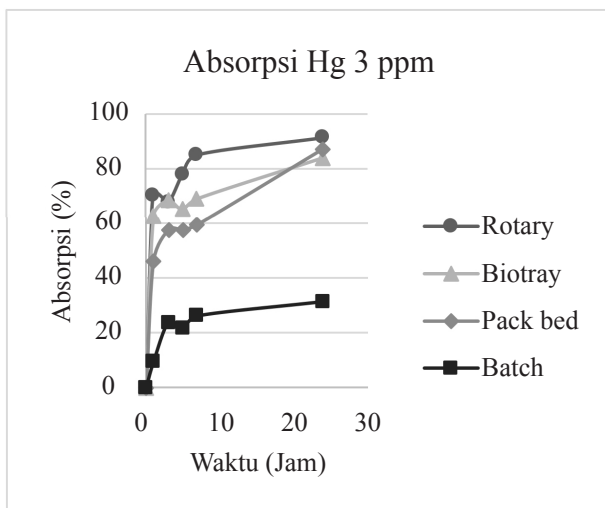
3. Hasil

Pengaruh Waktu terhadap Biosorpsi oleh *Omphalina sp*

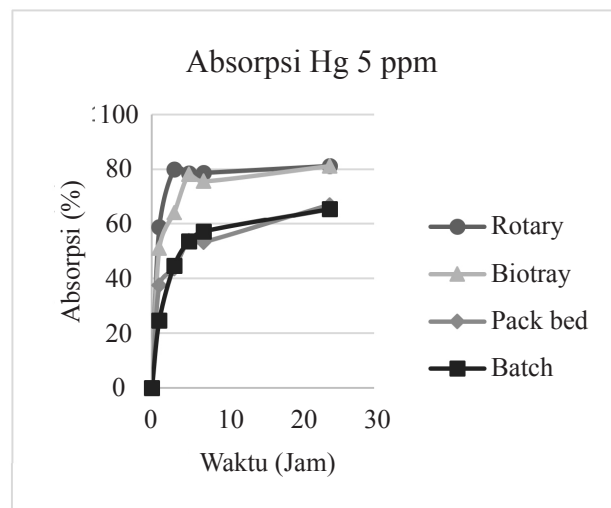
Proses biosorpsi dapat terjadi melalui proses pertukaran ion dan dapat juga melalui proses pembentukan ikatan kompleks antara gugus fungsi pada dinding sel *Omphalina* dengan ion-ion logam. Pada awal waktu kontak struktur jamur masih normal namun lama-kelamaan akan terisi oleh ion-ion logam yang akan menyebabkan kejenuhan pada biomassa. Lama waktu diperlukan hingga biomassa tersebut akan mengalami kejenuhan dapat dilihat dari selisih presentase penyerapan logam pada waktu-waktu tertentu. Presentase penyerapan dihitung dengan menganggap konsentrasi awal logam adalah 100 %. Konsentrasi ion logam yang terserap merupakan selisih dari konsentrasi sebelum dan setelah kontak dengan biomassa. Secara lengkap pengaruh waktu terhadap biosorpsi logam dapat dilihat pada Gambar 1



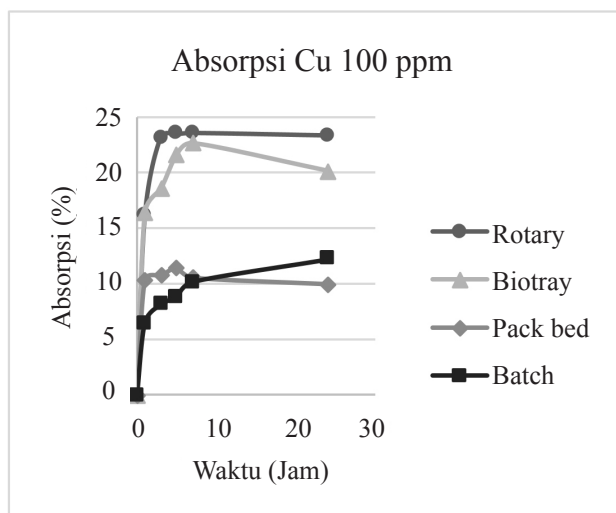
Gambar 1 Persentase penyerapan pada Cu dan Hg selama 48 jam



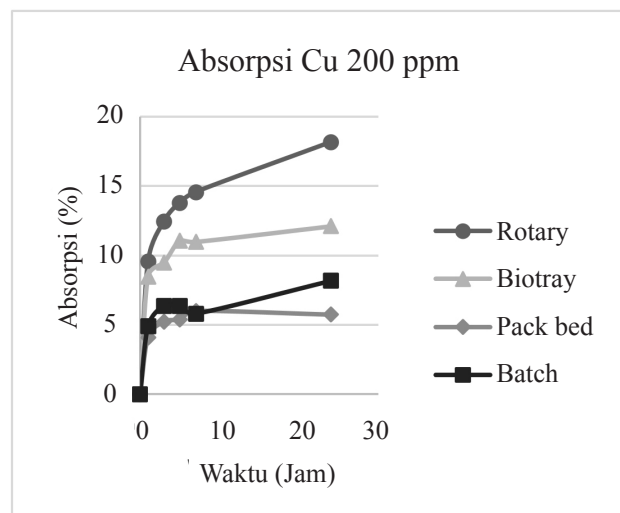
(a)



(b)



(c)



(d)

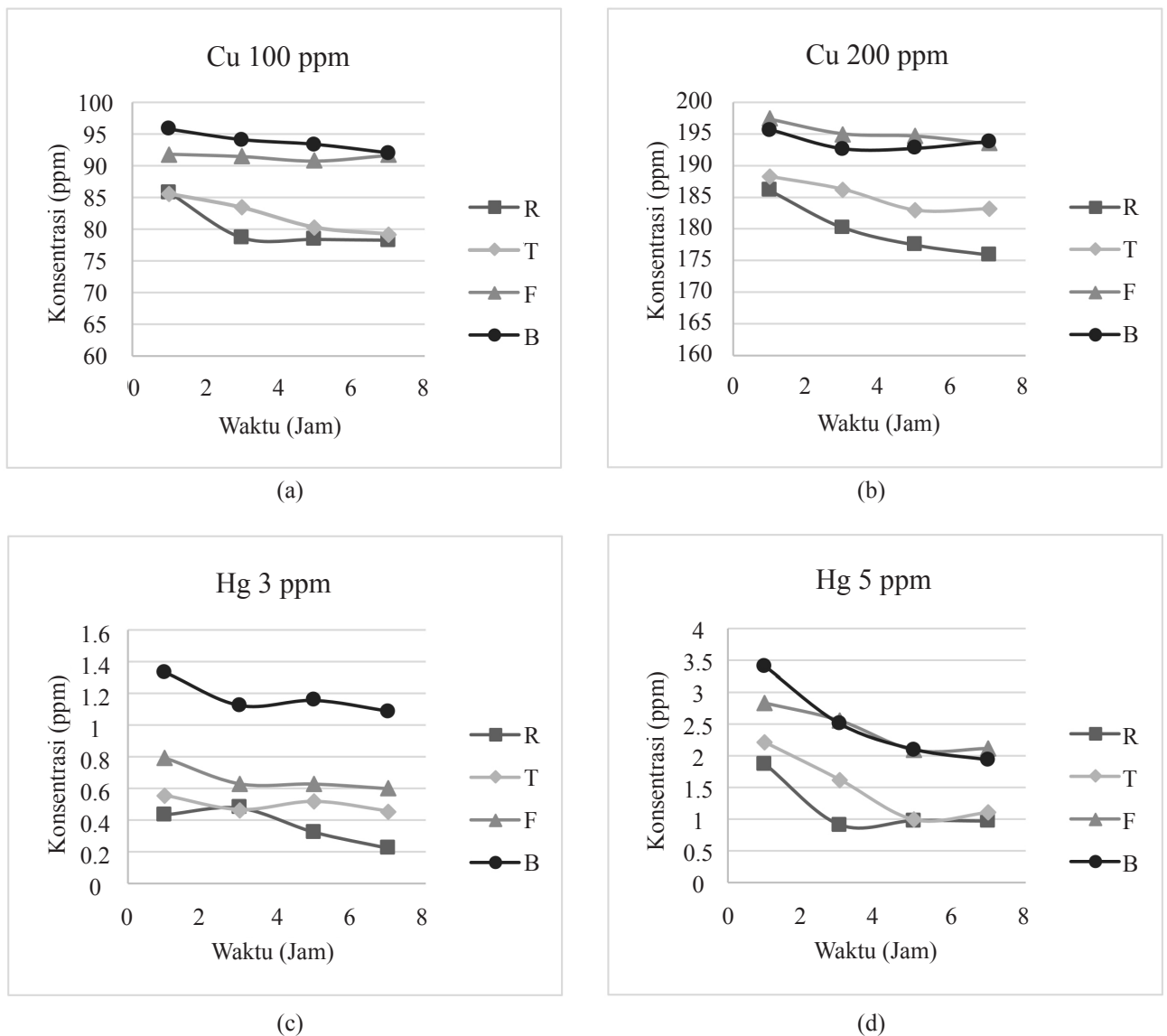
Gambar 2 Persentase penyerapan: a) Hg 3 ppm, b) Hg 5 ppm, c) Cu 100 ppm, d) Cu 200 ppm

Cairan limbah yang berwarna bening belum tentu bebas dari logam berat baik Cu maupun Hg. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah, disyaratkan bahwa konsentrasi tembaga (Cu) pada limbah cair kurang dari 3 ppm dan konsentrasi merkuri (Hg) yaitu kurang dari 0.005 ppm. Untuk memenuhi

standar baku mutu air limbah tersebut, maka dilakukan pengulangan perlakuan.

Pengaruh Konsentrasi terhadap Biosorpsi oleh *Omphalina* sp

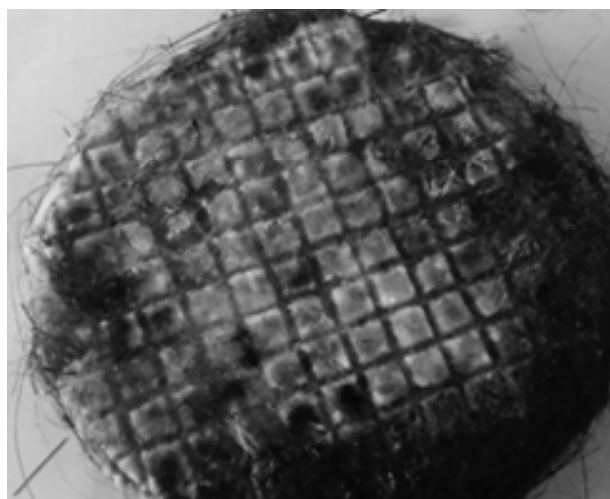
Semakin besar konsentrasi logam pada larutan maka akan semakin banyak pula jumlah ion-ion logam tersebut dalam larutan. Biomassa



Gambar 3 Penurunan konsentrasi logam pada konsentrasi awal yang berbeda: (a). Cu 100 ppm, (b). Cu 200 ppm, (c). Hg 3 ppm, d). Hg 5 ppm



(a)



(b)

Gambar 4 a). Kondisi jamur sebelum perlakuan, b) kondisi jamur setelah perlakuan.

memiliki daya serap maksimum tertentu, sehingga ketika penyerapan telah mencapai titik maksimum maka akan terjadi kejenuhan pada biomassa yang akan menghentikan penyerapan ion-ion logam oleh biomassa.

Kondisi Biomassa *Omphalina* sp

Omphalina sp merupakan organisme aerob yang membutuhkan oksigen untuk kelangsungan hidupnya. *Omphalina* juga membutuhkan nutrisi, dengan terpenuhinya kondisi lingkungan yang mendukung untuk *Omphalina* hidup maka *Omphalina* masih tetap dapat bertahan hidup. *Omphalina* merupakan jamur yang kuat yang tidak mudah terkontaminasi oleh mikroba lain, dan juga memiliki sifat yang tidak patogen. Penggunaan biomassa mikroba pada biosorpsi juga memiliki keuntungan, biomassa tersebut masih dapat digunakan bahkan ketika mikroba tersebut telah mati.

Analisis Data

Masing-masing biosorben memiliki kapasitas maksimum penyerapan yang berbeda-

beda, tergantung dari banyaknya biomassa, dan tingkat konsentrasi larutan yang digunakan. Nilai serapan maksimum (q_{Max}) dapat diketahui menggunakan persamaan Langmuir, dengan mula-mula menentukan persamaan linear Langmuir. Persamaan linear Langmuir diperoleh dengan membuat grafik antara $1/q$ pada sumbu X dan $1/c_f$ pada sumbu Y, yang nantinya akan diperoleh nilai dari koefisien determinasi, serapan maksimum, dan konstanta Langmuir.

4. PEMBAHASAN

Pengaruh Waktu terhadap Biosorpsi oleh *Omphalina* sp

Faktor yang mempengaruhi proses biosorpsi adalah konsentrasi ion logam, suhu, pH, dan konsentrasi biomassa (Das *et al.* 2008). Hubungan antara lamanya waktu penyerapan dengan persentase penyerapan logam berat oleh biomassa *Omphalina* sp (Gambar 2). Satu jam pertama terjadi penyerapan tertinggi pada semua metode, dan pada dua jam berikutnya masih terjadi penyerapan dengan jumlah

Tabel 1 Perhitungan q_{Max} (serapan maksimum), b (konstanta), r^2 pada Cu

Konsentrasi	r^2	Persamaan	q_{max}	B
Cu 100 ppm				
Rotary	0.9997	$y = -673.54x + 10.256$	0.0975	0.0152
Biotray	0.9901	$y = -717.17x + 10.785$	0.0927	0.0150
Pack bed flow	0.9992	$y = -2866.5x + 35.133$	0.0285	0.0123
Batch	0.9854	$y = -4874.6x + 56.912$	0.0176	0.0117
Cu 200 ppm				
Rotary	0.9211	$y = -2080x + 13.383$	0.0747	0.0064
Biotray	0.9851	$y = -4187x + 24.902$	0.0402	0.0059
Pack bed flow	0.9398	$y = -13733x + 75.316$	0.0133	0.0055
Batch	0.9787	$y = -27926x + 148.34$	0.0067	0.0053
Hg 3 ppm				
Rotary	0.8612	$y = -0.2402x + 13.928$	0.0718	57.9850
Biotray	0.9611	$y = -0.5319x + 14.85$	0.0673	27.9188
Pack bed flow	0.9005	$y = -0.5924x + 15.514$	0.0645	26.1884
Batch	0.9809	$y = -11.043x + 27.475$	0.0364	2.4880
Hg 5 ppm				
Rotary	0.9772	$y = -6.8956x + 18.571$	0.0538	2.6932
Biotray	0.8803	$y = -8.4683x + 20.047$	0.0499	2.3673
Pack bed flow	0.8567	$y = -30.446x + 32.44$	0.0308	1.0655
Batch	0.7738	$y = -61.119x + 48.638$	0.0206	0.7958

penyerapan yang sedikit. Penyerapan terjadi kurang dari 1 % pada metode *rotary*, *pack bed flow*, dan *batch*, sedangkan pada metode *biotry* terjadi penambahan penyerapan lebih dari 1 % setiap 2 jam pengamatan, dan pada larutan 200 ppm Cu terjadi kurang dari 1.5 % penyerapan setiap dua jam pengamatan, tetapi masih terjadi penyerapan sampai jam ke 24.

Penyerapan logam Cu menggunakan *Pleurotus ostreatus* terjadi penurunan konsentrasi logam yang sangat tajam pada 15-120 menit pertama. Hal itu disebabkan karena serapan cepat oleh permukaan jamur, lalu dilanjutkan penyerapan lambat karena transportasi membran ion logam ke dalam sitoplasma sel atau lambatnya difusi intraseluler (Javaid *et al.* 2011). *Aspergillus flavus* untuk biosorpsi Cu memiliki waktu optimum 15-120 menit (Akar

et al. 2006). Ikatan ion logam dipengaruhi gugus fungsional yang berada di permukaan jamur, mula-mula dengan cepat ion logam akan berikatan dengan sisi negatif dari dinding sel jamur (Say *et al.* 2007). Konsentrasi logam pada jam ke 7 mengalami penurunan sampai 23.58 % (78.2618) pada Cu 100 ppm dan pada Cu 200 ppm terjadi penurunan sampai 14.55 % (175.815 ppm) dan pada jam ke 24 konsentrasi logam menjadi 168.4315 ppm.

Cairan limbah yang berwarna bening belum tentu bebas dari logam berat baik Cu maupun Hg. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah menetapkan bahwa konsentrasi tembaga (Cu) pada limbah cair kurang dari 3 ppm dan merkuri (Hg) yaitu kurang dari 0.005 ppm. Pemenuhan standar baku mutu air

limbah tersebut dilakukan melalui pengulangan perlakuan. Perlakuan sebanyak dua kali pengulangan perlakuan pada Hg membuat konsentrasi Hg turun menjadi 0.259 ppm, dan pada Cu dilakukan 3 kali pengulangan perlakuan konsentrasi akhir menjadi 8.51 ppm untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2. Pengulangan perlu dilakukan beberapa kali untuk memenuhi standar baku mutu air limbah.

Pengaruh Konsentrasi terhadap Biosorpsi oleh *Omphalina* sp

Penyerapan Cu pada konsentrasi 100 ppm pada jam ke 7 untuk *rotary*, konsentrasi akhir menjadi 78.26 ppm (23.5 %), *biostry* 79.20 ppm (22.660 %), *pack bed flow* 91.63 ppm (10.5294 %), dan *batch* 91.99 ppm (10.1675 %). Pada Cu 200 ppm untuk metode *rotary* terjadi pengurangan konsentrasi logam menjadi 175.82 ppm (14.55 %), *biostry* 189.19 ppm (10.974 %), *pack bed flow* 193.43 ppm (5.998 %), dan *batch* sebanyak 193.83 ppm (5.8017 %). Hasil ini lebih rendah dari biosorpsi dengan biomassa *Phanerochaete chrysosporium* dengan konsentrasi lebih dari 180 ppm dalam waktu 200 menit (Soeprijanto *et al.* 2007). Pola penurunan konsentrasi untuk Cu 100 ppm dan 200 ppm dapat dilihat pada Gambar 3 (a) dan 4 (b).

Konsentrasi awal Hg yang digunakan adalah 3 ppm dan 5 ppm. Konsentrasi akhir Hg dengan metode *rotary* adalah 0.228 ppm (84.53 %) dan 0.967 ppm (78.69 %), pada metode *biostry* menjadi 0.456 ppm (69.05 %) dan 1.103 ppm (75.61 %), pada metode *pack bed flow* menjadi 0.596 ppm (59.54 %) dan 2.117 ppm (53.19 %), dan pada metode *batch* konsentrasi akhir adalah 1.087 ppm (26.17 %) dan 1.937 ppm (57.178 %). Hasil ini lebih rendah dari

pada biosorpsi menggunakan *M. rouxi* dengan konsentrasi awal 100 ppm dan setelah 7 jam menjadi 20 ppm (80 %) (Victor *et al.* 2012). Semakin tinggi konsentrasi ion logam maka efisiensi penyerapan biomassa akan semakin rendah. Hal itu dikarenakan, dengan peningkatan jumlah ion logam maka persaingan antar ion logam akan semakin meningkat untuk dapat berikatan dengan biomassa dan kurangnya sisi kompleksitas dari biomassa untuk mengikat seluruh ion logam (Akar *et al.* 2006).

Data pada Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa keempat metode, dapat digunakan dalam biosorpsi oleh Cu dan Hg oleh *Omphalina* sp. Larutan logam yang digunakan pada metode *rotary* memiliki konsentrasi akhir paling rendah, hal itu dikarenakan *Omphalina* sp merupakan organisme aerob (Suharyanto *et al.* 2014) sehingga untuk menunjang kelangsungan hidupnya *Omphalina* sp memerlukan oksigen. Metode *rotary* membuat aerasi yang terjadi menjadi lebih lancar sehingga *Omphalina* sp masih dapat hidup dan diharapkan biomassa bertambah banyak. Semakin banyak biomassa maka serapan logam akan semakin banyak (Victor *et al.* 2012).

Kondisi Biomassa *Omphalina* sp

Mahluk hidup memiliki perbedaan kemampuan bertahan hidup pada lingkungan yang toksik. *Omphalina* mampu bertahan hidup pada lingkungan yang tercemar oleh limbah, pada konsentrasi Cu 300 ppm dan Hg 5 ppm *Omphalina* masih dapat hidup (Suharyanto *et al.* 2014). Hal itu menandakan pada konsentrasi Cu 300 ppm dan Hg 5 ppm, logam berat belum mempengaruhi metabolisme dari *Omphalina* tersebut (Yulianto *et al.* 2006). Jamur merupakan organisme aerob (Suprihatin *et al.* 2009), sehing-

ga aktivitas biologisnya juga dipengaruhi oleh adanya oksigen dalam lingkungan. *Omphalina* dapat tumbuh pada kondisi-kondisi optimum misalnya, pada pH rendah (berkisar antara 4-9), media yang tinggi karbohidrat dan selulosa, pada suhu optimum 39 °C, dan kelembaban udara yang cukup (Suprihatin 2009, Soeprijanto *et al.* 2007).

Analisis Data

Tabel 1 menunjukkan bahwa kedua konsentrasi metode *rotary* memiliki serapan maksimum yang lebih tinggi, yaitu : 0.0975 mb/g biosorben dan 0.0747 mb/g biosorben. Hg juga terjadi serapan maksimum pada metode *rotary*, yaitu : 0.0718 mg/g biosorben, dan 0.0539 mg/g biosorben. Hasil analisis statistika menggunakan ANOVA rancangan acak lengkap dengan maka diperoleh nilai $P < 0.05$ yang menandakan adanya perbedaan yang nyata antara keempat metode yang digunakan.

5. DAFTAR PUSTAKA

Abbas SH, Ismail IM, Mostafa TM, Sulaymon AH. 2014. Biosorption of heavy metals. *Journal of Chemical Science and Technology*. 3(4): 74-102.

Akar T, Tunali S. 2006. Biosorption characteristic of *Aspergillus flavus* biomass for removal of Pb (II) ions from an aqueous solution. *Bioresource Technology*. 97: 1780-1787. Doi: 10.1016/j.biortech.2005.09.009.

Chen B, Wang Y, Hu D. 2010. Biosorption and biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in aqueous solutions by a consortium of white rot fungi. *Journal of Hazardous Materials*. 179: 845-851. Doi: 10.1016/j.jhazmat.2010.03.082.

Das N, Vimala R, Karthika P. 2008. Biosorption of heavy metals. *Indian J Biotechnology*. 7 : 159-169.

Javaid A, Bajwa R, Shafique U, Anwar J. 2011. Removal of heavy metals by adsorption on *Pleurotus ostreatus*. *Biomass and Bioenergy*. 35:1675-1682. Doi: 10.1016/j.biombioe.2010.12.035.

Kumar R, Bhatia D, Singh R, Rani S, Bishnoi NR. 2011. Sorption of heavy metals from electroplating effluent using immobilized biomass *Trichoderma viride* in a continuous packed bed column. *International Biodeterioration and Biodegradation*. (65):1133-1139.

Lestari T.2010. Faktor-faktor yang berhubungan dengan keracunan Merkuri (Hg) pada penambangan emas tanpa ijin (PETI) di kecamatan Kurun, kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah [Tesis]. Semarang (ID): Universitas Diponegoro.

Mitic-stojanovic D, zarubica A, Purenovic M, Bojic D, Andjelkovic T, Bojic ALj. 2011. Biosorptive removal of Pb²⁺, Cd²⁺, and Zn²⁺ ions from water by *Lagenaria vulgaris* shell. *AJOL*. 37(30): 303-312. ISSN 0378-4738. Doi.org/10.4314/wsa.v37i3.68481.

Said NI. 2010. Metode penghilangan logam merkuri di dalam air limbah industri. *JAI*. 6(1):11-23.

Say R, Yilmaz N, Denizli A. 2007. Biosorption of cadmium, lead, mercury, and arsenic ions by the fungus *Penicillium purpurogenum*. *Separation Science and Technology*. 38(9): 2039-2053. Doi:10.1081/ss-120020133.

Soeprijanto, Aryanto B, Fabella R. 2007. Biosorpsi ion logam berat Cu (II) dalam larutan menggunakan biomassa *Phanerochaete chrysosporium*. *Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*. 6(1):61-67.

Suharyanto, Tri P, Richana R, Zainudin A. 2014. Amobilisasi jamur pelapuk putih dengan tandan kosong kelapa sawit untuk bio-konsentrasi tembaga dan merkuri terlarut dalam limbah tailing pertambangan [Laporan Hasil Kegiatan]. Bogor (ID): PPBBI.

- Suprihatin, Erik A. 2009. Biosorpsi logam Cu (II) dan Cr (VI) pada limbah elektroplating dengan menggunakan biomassa *Phanerochaete chrysosporium*. *Jurnal Teknik Kimia*. 4(1):250-254.
- Takey M, Shaikh T, Mane N, Majumder DR. 2014. Bioremediation of xenobiotics: use of dead fungal biomass as biosorbent. *IJRET*. 3(1): 565-570.
- Victor M, Juan F, Maria ET, Ismail AR. 2012. Biosorption of mercury (II) from aqueous solutions onto fungal biomass. *Bioinorganic Chemistry and Applications*. 1-5. Doi: 10.1155/2012/156190.
- Yulianto B, Ario R, Triono A. 2006. Daya serap rumput laut (*Gracilaria sp*) terhadap logam berat tembaga (Cu) sebagai biofilter. *Ilmu Kelautan*. 11(2): 72-78.
- Yun-guo L, Ting F, Guang-ming Z, Xin L, Qing T, Fei Y, Ming Z, Wei-hua X, Yu-e H. 2006. Removal of cadmium and zinc ions from aqueous solution by living *Aspergillus niger*. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*. 16:681-686.