

IDENTIFIKASI DAN KARAKTERISASI JAMUR TANDAN KOSONG SAWIT SEBAGAI BIOSORBEN TERAKTIVASI BASA UNTUK PENYERAPAN LOGAM Cr(VI)

Elvi Yenie¹⁾, Syelvia Putri Utami²⁾

¹⁾Teknik Lingkungan S1 ²⁾Teknik Kimia S1 Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya, Jl. HR Soebrantas, Km.12,5, Panam-Pekanbaru
Email: elviyenie@yahoo.co.id

Abstract

In the palm oil processing factory, many macro-mushrooms of various sizes, shapes and colors grow quickly in empty fruit bunches. The potential of fungal biomass as a biosorbent is known for its ability to adsorb heavy metals. Conditioning of biomass used as a medium for adsorbing heavy metals is carried out by activation using alkaline solution (NaOH). One alternative for the separation of heavy metals from industrial waste that is effective, inexpensive, and environmentally friendly with biosorption processes, where the process uses microorganisms as biosorbents of heavy metals such as algae, fungi, and bacteria. The research objectives are: 1) macroscopic and microscopic identifying fungi that grow in empty fruit bunches. 2) Characterization of fungi using FTIR analysis. 3) Calculate the efficiency and adsorption capacity by fungi under conditions of activation using NaOH with variations in concentration and not activated on Cr (VI) metals. The results of macroscopic and microscopic identification of fungi that grow on empty fruit bunches is the fungus Coprinus comatus. After analysis using the fungus Coprinus comatus contains functional groups such as hydroxyl, alkenes, carboxylates, esters, amines and alkaline which qualify as biosorbents. Furthermore, the biosorbent is activated using NaOH with a concentration variation of 0.3 N; 0.5 N and 0.7 N and without activation. The best adsorption of Cr (VI) metal in the condition without activation. The highest efficiency values are 48.36% and 1.42 mg / gr adsorption capacity by the Coprinus comatus fungus. Biological waste treatment that uses fungi as biosorbents to adsorb heavy metals has the potential to be developed.

Key Word : Coprinus comatus mushroom, empty fruit bunch, biosorbent, activation, alkaline, functional group, heavy metal

PENDAHULUAN

pada pabrik pengolahan kelapa sawit banyak ditemukan jamur-jamur makro berbagai ukuran, bentuk dan warna yang tumbuh cepat pada tumpukan tandan kosong sawit (TKS). Jamur yang hidup pada limbah biomassa tersebut sangat ramah terhadap lingkungan, tak terkecuali yang hidup pada TKS. Tubuh buah dari jamur sangat baik digunakan sebagai biosorben berisikan dari beberapa spesies jamur berhasil melakukan proses penyerapan yang optimal (Li dkk., 2011 dan Wang dkk., 2011 dalam Suseem dan Nur, 2014).

Pencemaran logam berat merupakan salah satu faktor penyebab timbulnya pencemaran lingkungan terutama dalam hal pencemaran lingkungan oleh logam berat beracun. Penyebaran logam berat di tanah, perairan maupun udara dapat melalui berbagai hal seperti pembuangan secara langsung limbah industri baik limbah padat dan limbah cair maupun melalui udara yang membakar limbahnya dan membuang hasil pembakaran tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu (Nur, 2013).

Apabila kontaminasi logam berat yang hadir meskipun dalam konsentrasi rendah di lingkungan, dapat menjadi berbahaya bagi kesehatan manusia. Logam berat tersebut dapat mengakibatkan keracunan apabila terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup serta dapat menyebabkan kematian apabila



adar dalam tubuh melebihi ambang batas (Indrawati, 2009 dalam Rahayu, 2016).

Banyak teknologi yang telah dikembangkan untuk menyisahkan logam berat dari air limbah. Pengolahan dengan metode kimia antara lain melalui pengendapan (presipitasi), adsorpsi, proses membran, penukaran ion, koagulasi, osmosis balik, dan lain sebagainya. Namun teknologi tersebut relatif tidak ekonomis untuk mengolah sumber air yang tercemar logam berat pada skala besar. Salah satu alternatif untuk pemisahan logam berat dari limbah industri yang efektif, murah, dan ramah lingkungan (Busuic dan Carmen, 2013) dengan proses biosorpsi, dimana proses tersebut menggunakan mikroorganisme sebagai penyerap logam berat (Suhendrayatna, 2001 dalam Pratiwi, 2017). Mikroorganisme dapat berupa algae, fungi/jamur, dan bakteri sebagai biosorben. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa jamur mampu mereduksi polutan dari logam berat seperti Cd, Ni, Cr dan Cu melalui proses biosorpsi (Vimala dkk., 2011; Javaid dkk., 2011; Gencelep dkk., 2009 dalam Suseem dkk., 2014).

Biosorpsi merupakan proses pengikatan ion logam oleh sel mikroorganisme dalam kondisi sel hidup ataupun sel mati (Volesky, 2007 dalam Ratnawati dkk., 2010) sebagai adsorben yang tidak tergantung metabolisme melalui pertukaran ion, ikatan formasi kompleks ion logam dengan gugus fungsi dalam dinding sel dan penyerapan pasif (Fomina dan Gadd, 2014) sehingga terjadinya interaksi antara ion logam dengan gugus fungsional yang terdapat pada adsorben (Abdillah dkk., 2015 dalam Anti, 2018).

Pengolahan limbah secara biologi yang menggunakan mikroorganisme sebagai biosorben untuk menyerap logam berat yang berpotensi untuk dikembangkan. Keuntungan dari pemanfaatan mikroorganisme adalah ramah lingkungan, murah, daya ikat logam tinggi, memiliki mekanisme desorpsi recovery logam, dan dapat dimanfaatkan kembali (Mohamad, 2012 dalam Retno dkk., 2018). Menurut Abdel Ghani dan El Chaghaby (2014), jamur memiliki senyawa-senyawa dengan gugus fungsi potensial yang mampu mengikat kation logam sehingga biomassa seperti jamur sangat efektif dalam mengakumulasi logam berat (Ratnawati dkk., 2010).

Tandan kosong sawit (TKS) memiliki potensi limbah padat terbesar dalam mereduksi limbah sawit dengan total limbah tandan kosong yang dihasilkan 58, ton/hari (PKS Sei Pagar, 2018). Pengolahan kelapa sawit selain menghasilkan *Crude Palm Oil* (CPO) juga menghasilkan produk-produk sampingan dan limbah, yang bila tidak diperlakukan dengan benar akan berdampak negatif terhadap lingkungan (Sibarani. et.al.,2007). TKS merupakan salah satu limbah industri CPO yang sangat melimpah. Produksi rerata TKS adalah berkisar 22% hingga 24% dari total berat tandan kelapa sawit segar (Arif, 2012).

Keberkondisian biomassa yang digunakan sebagai media penyerap logam berat dilakukan dengan aktivasi menggunakan larutan alkali, asam, basa ataupun alkohol. Aktivasi biomassa tersebut bertujuan untuk membuka pori-pori (porositas) pada sel biomassa untuk kemudian digantikan dengan ion pengaktif (Na^{+}) yang mengisi kembali pori-pori yang terbuka, sehingga pada saat terjadi kontak dengan ion logam berat, maka terjadi pertukaran ion antara ion pengaktif dengan ion logam berat (Adi dan Dyah, 2010).

Oleh karena itu pada penelitian ini perlu dilakukan identifikasi dan karakterisasi biosorben jamur yang tumbuh pada tandan kosong sawit kemudian diaktivasi menggunakan basa (NaOH) untuk mendapatkan daya



terpap optimal sehingga mampu membersihkan limbah cair yang mengandung logam berat seperti Cr(VI).

METODOLOGI

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan termometer, timbangan, pH meter, baskom, sprayer, masker, sarung tangan karet, petri dish, kertas saring Whatmann No. 42, aluminium foil, indikator pH, perlengkapan alat untuk analisa FTIR. Bahan yang digunakan adalah limbah tandan kosong sawit (TKS), dedak padi, urea, TSP, kapur, kultur murni, aquabides, alkohol 95 %, larutan 250 ml HCl p.a dan 250 ml NaOH p.a, limbah elektroplating.

Metode

Penelitian dilakukan dengan dua tahapan yaitu 1) Pertumbuhan jamur serta identifikasi secara makroskopis dan mikroskopis dan 2) Karakterisasi jamur menggunakan analisa FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dan Menghitung efisiensi dan kapasitas penyerapan oleh jamur pada kondisi aktivasi menggunakan NaOH dengan variasi konsentrasi dan tidak diaktivasi terhadap logam Cr(VI).

Kegiatan pertumbuhan jamur pada media tandan kosong sawit.

1. Pencampuran Media Tumbuh Jamur.
2. Pasteurisasi Media.
3. Pemeliharaan.
4. Panen.

Kegiatan identifikasi jamur secara makroskopis dan mikroskopis.

1. Pengambilan Sampel Jamur.
2. Pembuatan Jejak Spora (Spore Print).
3. Pembuatan Kultur Jamur.
4. Karakterisasi dan Identifikasi Jamur.
5. Didapatkan data Spesies Jamur.

Preparasi Biomassa Jamur (Aktivasi) *Coprinus sp* Dengan Perlakuan Basa.

Jamur yang telah dipanen dicuci hingga bersih dan dibilas dengan aquabides, kemudian dipasteurisasi pada suhu 80°C selama 3 jam (Mayun, 2007). Selanjutnya jamur dimasukkan ke dalam 500 ml NaOH dengan konsentrasi (0,3 N; 0,5 N; 0,7 N) direndam selama (15 menit; 30 menit; 45 menit) Proses selanjutnya jamur dikeringkan dan dicuci dengan aquabides sampai mendekati pH netral (6,8-7,2). Biomassa yang telah dinetralkan, di oven pada suhu 60°C selama 24 jam (Purneli dkk., 2005), kemudian dihaluskan menggunakan *mortar* dan diayak dengan ukuran partikel lolos ayakan 100 mesh. Biomassa jamur kering yang diperoleh, disimpan dalam deksikator dan siap digunakan sebagai biosorben.

Determinasi Kapasitas Adsorpsi.

Biosorben sebanyak 0,5 gr dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 250 ml selanjutnya ditambah larutan limbah elektroplating yang sebelumnya diukur konsentrasinya. Kemudian larutan diaduk menggunakan shaker dengan kecepatan 150 rpm selama 180 menit pada suhu ruang. Dilakukan pengukuran konsentrasi limbah elektroplating dalam larutan menggunakan *atomic absorption spectrophotometer* (AAS). Konsentrasi akhir larutan limbah elektroplating dengan menggunakan kurva kalibrasi.

Karakterisasi FTIR.

Karakterisasi bertujuan untuk mengetahui gugus fungsional dari biomassa jamur sebelum dan setelah aktivasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN



Identifikasi Jamur Secara Makroskopis dan Mikroskopis

Pada penelitian ini dilakukan identifikasi jamur yang tumbuh pada tandan kosong sawit yang akan digunakan sebagai media tumbuh jamur secara makroskopis dan mikroskopis. Selanjutnya jamur tersebut diperbanyak dengan melakukan inokulasi didalam media agar dan ditumbuhkan dalam botol selai yang berisi tandan kosong sawit (Gbr.1 a) Miselium yang tumbuh dipindahkan ke dalam media tandan kosong sawit yang sudah dipreparasi sebelumnya (Gbr.1 b)



(a)



(b)

Gambar 3.1. (a) hasil inokulasi ditumbuhkan dalam botol selai dan (b) ditumbuhkan dalam media tandan kosong sawit



b.



c.

Gambar 3.2. (a) *Coprinus comatus*. (b) basidiokarp muda, (c) basidiokarp matang basidiospora (1000x)

Cyathipsi

Identifikasi secara Makroskopis

1. *shaggy scale*, diameter 3-6 cm, jika muda oval hingga silindris bila akan mengembang *conical* atau *bell shape*, warna awal putih, berubah menjadi agak pink kemudian berubah menjadi abu-abu bersamaan dengan pertumbuhannya *scale*, lama kelamaan menjadi hitam. Margin bergerigi pada saat mengembang, dan mengeluarkan eksudat berwarna hitam seperti tinta. Hancur. (Gambar 3.1. a dan b)

2. Stipe bebas dari stipe, putih, berubah menjadi pink dan kelamaan menjadi merah muda, paralel, sangat banyak dan rapat. (gbr b)

3. Stipe panjang 5,5 - 13,5 cm, diameter 0,2-0,4 cm, sentral, berongga, ada anulus atau volva, mempunyai *scale* jika muda dan akan menghilang bila tua, berwarna putih, sewaktu muda terdapat pembengkakan di subterminal.

Spore print: hitam



Identifikasi secara mikroskopis :

Basidia bersekat, mempunyai clamp connection. Basidia membentuk 4 spora, basidiospora eliptikal, berwarna coklat-coklat tua, salah satu apex tidak meruncing, dinding halus, (gbr. c)

Dari hasil identifikasi secara makroskopis dan mikroskopis jamur yang tumbuh pada media tandan kosong sawit adalah jamur *Coprinus Comatus*.

Jamur *Coprinus comatus* memiliki klasifikasi sebagai berikut:

- Kingdom : Fungi
- Filum : Basidiomycota
- Kelas : Agaricomycetes
- Ordo : Agaricales
- Familia : Coprinaceae
- Genus : Coprinus
- Spesies : *C. comatus*

Karakteristik Limbah Cair Elektroplating

D untuk mengetahui karakteristik awal, sampel limbah cair diuji menggunakan instrumen AAS dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Karakteristik Awal Limbah Cair Elektroplating

No	Jenis Logam	Hasil Analisa (mg/l)	Standar Baku Mutu (mg/l)	Status
1	Cr ⁶⁺	47,23	0,5	Melewati
2	Ni	1,0	1,0	Tidak Melewati
3	Cd	0,028	0,05	Tidak Melewati
4	Pb	0,1	0,1	Tidak Melewati
5	Zn	0,2897	1,0	Tidak Melewati
6	pH	2,6	6-9	Melewati

Sumber: UPT Pengujian Material Dinas Bina Marga Riau, 2019

Dari Tabel 3.1 menunjukkan bahwa hasil uji konsentrasi logam Cr(VI) yang berada pada limbah cair elektroplating berada diatas baku mutu yang telah ditetapkan melalui PERMENLH/5/2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Oleh karena itu, dilakukan pengolahan lebih lanjut agar limbah tersebut dapat memenuhi standar baku mutu air limbah sehingga tidak mencemari lingkungan.

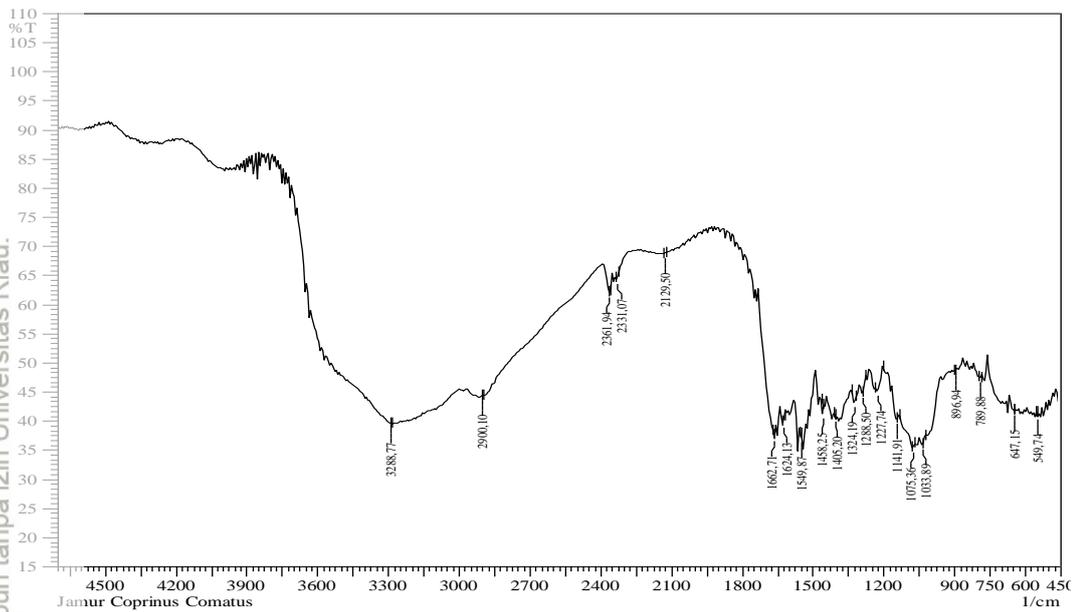
Karakterisasi Biomassa Jamur *Coprinus comatus* Sebelum aktivasi

FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi molekul yang terdapat pada jamur. Hasil pengujian FTIR dianalisis dengan melihat puncak spesifik yang terletak pada panjang gelombang tertentu. Puncak spesifik ini kemudian menunjukkan jenis gugus fungsional dalam biosorben jamur. Menurut Olan et al (2017), gugus fungsi pada jamur meliputi gugus hidroksil (OH), gugus karboksilat dan gugus fungsi lainnya. Berikut ini adalah hasil identifikasi FTIR sebelum proses aktivasi.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber.
- a. Pengutipan hanya untuk keperluan penelitian, pengajaran atau ilmiah.
- b. Pengutipan tidak diperbolehkan untuk tujuan komersial.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.



Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, dan penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak mengaitkan tanggung jawab kembali.
 Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.



Gambar 3.3 Spektrum FTIR jamur *C.Comatus*

Berdasarkan Gambar 3.3 dapat dilihat terdapat serapan di bilangan gelombang 3288,77 cm⁻¹ yang menunjukkan gugus O-H dari gugus hidroksil. Terdapat serapan di bilangan gelombang 2900,10 menunjukkan adanya vibrasi ulur C-H. Adanya serapan di bilangan gelombang 2361,94 ; 2331,07 ; 2129,50 menunjukkan adanya vibrasi ulur C=O dari gugus fungsi alkalin. Terdapat serapan di bilangan gelombang 1662,71 dan 1624,13 menunjukkan adanya vibrasi ulur C=O (karboksilat, ester). Pita serapan di bilangan gelombang 1549,87 menunjukkan adanya vibrasi ulur C=O dari gugus fungsi amida. Pita serapan di bilangan gelombang 1458,25 ; 1405,20 menunjukkan adanya vibrasi ulur C=O yang berarti mengandung hemiselulosa dan lignin. Terdapat serapan pada daerah 1324,19; 1288,50; 1227,74 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya vibrasi ulur C-H. dan terdapat gugus N-H pada daerah serapan 1141,91; 1075,36; 1033,89 menunjukkan adanya vibrasi ulur C-O. Terdapat serapan 896,94 cm⁻¹ menunjukkan adanya vibrasi ulur C-H dan gugus amida lainnya. Dari data hasil uji karakteristik menggunakan FTIR jamur *Coprinus comatus* memenuhi syarat sebagai biosorben.

Tabel 3.2 Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu Aktivasi Terhadap Efisiensi dan Kapasitas Penyerapan Logam Cr (VI)

	Waktu Kontak (menit)	Konsentrasi NaOH (N)	Konsentrasi Cr (VI) awal (ppm)	Hasil Uji (ppm)	Efisiensi (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/gr)
1. Aktivasi	15	0.3	47.23	24.64	47.83	11.30
		0.5		24.67	47.77	11.28
		0.7		24.69	47.72	11.27
	30	0.3	47.23	24.73	47.64	11.25
		0.5		24.73	47.64	11.25
		0.7		24.76	47.58	11.24
	45	0.3	47.23	24.78	47.53	11.23
		0.5		24.79	47.51	11.22
		0.7		24.83	47.43	11.20
1. Tanpa Aktivasi	0	0	47.23	24.39	48.36	11.42



Berdasarkan Tabel 3.2 menunjukkan bahwa pada perlakuan aktivasi jamur *C.comatus* dapat dilihat bahwa waktu kontak selama 15 menit dan konsentrasi NaOH 0,3 N persentase efisiensi dan kapasitas penyerapan menunjukkan hasil yang tertinggi dari variasi waktu kontak dan konsentrasi lainnya sebesar 47,83 % dan 11,30 mg/gr. Pada perlakuan tanpa aktivasi didapatkan hasil yang lebih tinggi yaitu 48,36 % efisiensi penyerapan dan 11,42 mg/gr kapasitas penyerapan oleh jamur *C.comatus*.

Dapat disimpulkan bahwa untuk penyerapan logam Cr(VI) oleh jamur *C.comatus* lebih baik pada kondisi tanpa diaktivasi. Hal ini dapat terjadi karena jamur *C.comatus* mengandung gugus fungsi seperti hidroksil, alkena, karboksilat, ester, amina dan alkalin yang memenuhi syarat sebagai biosorben yang baik. Selain itu NaOH sebagai aktivator menurunkan kinerjanya untuk meningkatkan kapasitas penyerapan logam Cr(VI) pada konsentrasi yang semakin besar dan waktu kontak yang lama.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Hasil identifikasi secara makroskopis dan mikroskopis jamur yang tumbuh pada media tandan kosong sawit adalah jamur *Coprinus Comatus*.

Hasil uji karakteristik menggunakan FTIR jamur *Coprinus comatus* memenuhi syarat sebagai biosorben.

Nilai efisiensi tertinggi yaitu sebesar 48,36 % dan 11,42 mg/gr kapasitas penyerapan oleh jamur *Coprinus comatus* yang kondisi yang tanpa diaktivasi

UCAPAN TERIMA KASIH

ucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Riau yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abd-El-Ghani, N., dan El-Ghaghaby, G.A. 2014. Biosorption for Metal Ions Removal from Aqueous Solutions: A Review of Recent Studies. *International Journal of Latest Research in Science and Technology*, 3(1) : 44-42.
2. Nur R.S., dan Dyah, N. 2010. Pengurangan Konsentrasi Ion Pb dalam Limbah Air Elektropalting dengan Proses Biosorpsi dan Pengadukan. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 5 No. 1, September 2010.
3. Nur R.S., Drastinawati., dan Yenti, S.R., 2018. Adsorpsi Tembaga Cu (II) menggunakan Limbah Cangkang Kepiting. *JOM FTEKNIK*, Vol. 5 Edisi 2, Juli s/d Desember 2018.
4. Armono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran; Hubungannya Dengan Teknologi Senyawaan Logam. UI Press. Jakarta.
5. Swarnita F, Suharyanto. Tri Panji, Ahmad Z, Nur R. 2015. Biosorpsi Ion Tembaga Dalam Limbah Tailing Menggunakan Jamur Pelapuk Putih Mobil. *Menara Perkebunan*.83 (1), 27-36.
6. Mastly, F. 2007. The Use Of The Pool Of Mangosteen (*Garcinia Mangostana* L) As Biosorbent Of Pb (II), Ni (II), Cd (II) And Cr (IV) Ion. Universitas Andalas. Sumatera Barat.
7. Fomina M & GM Gadd. 2014. Biosorption: Current Perspectives On Concept,



Definition And Application. *Biores Technol* 160, 3-14.

Laura, U., Razi, F., dan Meilina, H., 2017. Karakterisasi Adsorben Dari Kulit Manggis Dan Kinerjanya Pada Adsorpsi Logam Pb (II) Dan Cr (VI). *Biopropal Industri*, Vol. 8, No.1, Juni 2017 : 47-54.

Lughes , M.N, dan Poole, R.K. 1990. *Metals And Microorganism*. Chapman And Hall. London.

Indrawati, L. 2009. Aktivasi Abu Layang Batubara Dan Aplikasinya Pada Proses Adsorpsi Ion Logam Cr Dalam Limbah Elektroplating. Tugas II. Universitas Negeri Semarang. Semarang.

Kementerian Lingkungan Hidup. 2014. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Jakarta.

Mayun, I. A. 2007. Pertumbuhan Jamur Merang (*Volvariella volvacea*) pada Berbagai Media Tumbuh. *Agritrop*. 28(3): 124 – 128.

Pur, F. 2013. Fitoremediasi Logam Berat Kadmium (Cd). *Biogenesis*, Vol.1 No.1, Juni 2013 ISSN 2302-1616.

Purhasni., Salimin, Z., dan Nurifitriyani, I. 2015. Pengolahan Limbah Industri Elektroplating Dengan Proses Koagulasi Flokulasi. *Valensi* Vol. 3 No. ;41-47 ISSSN 1978-8193.

Sarbanesti, N.N. 2014. Efektivitas Ekstrak Biji Pepaya (*Carica Papaya*) Sebagai Anti Bakteri *Escherichia Coli*. Skripsi Sarjana. Univeristas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.

Pratiwi, R.R, Elystia, S., dan Muria, S.R. 2017. Biosorption of Cadmium from Aqueous Solutions using A local Fungus *Aspergillus cristatus* (Glaucus Group). *African Journal of Biotechnology*, Vol.4 No. 1, Februari 2017.

Rahayu, Helda Sri., Elystia, S., dan Azis, Y. 2016. Adsorpsi Logam Seng (Zn) Menggunakan Precipitated Calcium Carbonate (PCC) Dari Limbah Cangkang Kerang Lokan (*Geloina Expansa*). *Jom FTEKNIK*, Vol. 3, No.2, Oktober 2016.

Ramadhani, L., Majumder, R., dan Khowala, S. 2011. Removal of Hexavalent Chromium by Heat Inactivated Fungal Biomass Of *Termitomyces alypeatus*: Surface Characterization And Mechanism Of Biosorption. *Jurnal Teknik Kimia* 171 (1060-1068).

Rahmawati, M., Ermawati, R., Naimah, S. Teknologi Biosorpsi Oleh Mikroorganisme, Solusi Alternatif Untuk Mengurangi Pencemaran Logam Berat. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, Vol. 32 No.1 April 2010 : 34-40.

Rahmawati, T., dan Nurmaya, A. 2018. Reduksi Logam Berat Cd (II) dan Cr (IV) Pada Sistem Kontinyu Menggunakan *Phanerochaete chrysosporium* Yang Diradiasi Sinar Gamma. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol. 19 No. 1 Januari 2018.

Rarni, MZ. Ranita, L.I. 2017. Pembuatan Biosorben Dari Biji Pepaya (*Carica papaya L*) Untuk Penyerapan Zat Warna. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 6 No. 2, Juni 2017. Universitas Sumatera Utara.

Rehndrayatna. 2001. *Bioremoval Logam Berat Dengan Menggunakan Mikroorganisme: Suatu Kajian Kepustakaan*. Disampaikan Pada Seminar On-Air Bioteknologi Untuk Indonesia Abad 21. Japan, Sinergy Forum – PPI Tokyo Institute Of Technology.

Rehem, S.R., dan Saral, M.A. 2014. Biosorption of Heavy Metals Using Mushroom *Pleurotus eous*. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6(7) : 2163-2168.

Tunali, S., Kirain. I, and Akar. T. 2005. Chromium (VI) biosorption

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kitab atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan umum Universitas Riau.





Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan Universitas Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau.

Charateristics of Neuspora crassa fungal biomass. *Minerals Engineering*, 18: 681 – 689.

Charateristics of Neuspora crassa fungal biomass. *Minerals Engineering*, 18: 681 – 689.

Wijaya, V.C., Dan Ulfin, I., 2015. Pengaruh Ph Pada Adsorpsi Ion Cd²⁺ Dalam Larutan Menggunakan Karbon Aktif Dari Biji Trembesi (Samanea Saman). *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, Vol.4, No.2, 2337-3520.