

Pemanfaatan Tawas $Al_2(SO_4)_3$ untuk Memperbaiki Kualitas Limbah Cair Pabrik Kertas dan Uji Toksisitas pada Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)

*The Application of Alum $Al_2(SO_4)_3$ to Repair the Quality of liquid Waste from Paper Factory and Toxicity Examination on Goldfishes (*Cyprinus carpio*)*

Erva S. Rusmaindah*, Herlina Fitrihidajati, Tjipto Haryono

Jurusan Biologi-FMIPA Universitas Negeri Surabaya

*e-mail: ervasukma895@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan penurunan kadar logam berat timbal limbah cair pabrik kertas dengan menggunakan koagulan tawas $Al_2(SO_4)_3$ dengan konsentrasi berbeda dan uji toksisitas hasil pengolahan limbah cair pabrik kertas pada ikan mas (*Cyprinus carpio*) setelah perlakuan dengan tawas $Al_2(SO_4)_3$. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor perlakuan, yaitu konsentrasi koagulan tawas. Jumlah sampel di penelitian ini adalah 20 sampel dengan 5 kali pengulangan. Konsentrasi yang digunakan adalah 0 mg/l tawas; 6,25 mg/l tawas; 12,5 mg/l tawas; dan 18,75 mg/l tawas. Parameter penelitian yang diamati adalah persentase penurunan kadar logam berat timbal (Pb) limbah cair pabrik kertas, nilai DO, pH, suhu, dan kematian ikan. Data dianalisis dengan analisis varian (ANAVA) satu arah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar logam berat timbal limbah cair pabrik kertas dengan menggunakan konsentrasi koagulan tawas $Al_2(SO_4)_3$ yang berbeda. Persentase yang tertinggi terdapat pada konsentrasi 18,75 mg/l, yaitu sebesar 56,25%. Hasil terbaik uji toksisitas limbah cair pabrik kertas pada ikan mas setelah perlakuan dengan tawas $Al_2(SO_4)_3$, yaitu pada konsentrasi tawas 18,75 mg/l, persentase kematian ikan mas sebesar 34 %.

Kata kunci: tawas; uji toksisitas; ikan mas (*Cyprinus carpio*); logam berat timbal

ABSTRACT

The aim of this research was to describe the reduction level of Pb-liquid waste from paper factory using coagulant of $Al_2(SO_4)_3$ in various concentrations and toxicity examination of liquid waste from paper factory in goldfishes after given $Al_2(SO_4)_3$ treatment. This research used a completely randomized design (CRD) with one treatment factor was coagulant of $Al_2(SO_4)_3$. This research used 20 samples with five repetition. The concentration used were 0 mg/l alum; 6,25 mg/l alum; 12,5 mg /l alum; and 18,75 mg /l alum. Parameters observed in this study were the percentage of reduction level of Pb in liquid waste from paper factory, the level of DO, pH, temperature, and the mortality of goldfishes Data were analyzed using one way ANOVA. The results showed that there was different on the reduction level of Pb in liquid waste from paper factory using $Al_2(SO_4)_3$ as coagulant. The highest percentage was at a concentration of 18.75 mg/l (56.25%). While the best result of toxicity examination of liquid waste from paper factory after given treatment $Al_2(SO_4)_3$ treatment showed that the mortality of goldfishes at concentration of 18.75 mg /l, percentage of fish mortality was 34%.

Key words: alum; toxicity tests; goldfish (*Cyprinus carpio*); Pb-liquid waste

PENDAHULUAN

Serat *pulp* diberi tekanan untuk menghasilkan suatu kertas (Paskawati, 2010). Bahan *Pulp* mempunyai komponen penyusunnya seperti selulosa ($C_6H_{10}O_5$)_n yang berfungsi untuk menentukan karakter serat, dan lignin yang

letaknya pada dinding sel tumbuhan berkayu (Dahlan, 2011). Lignin adalah bahan yang diinginkan oleh suatu industri kertas sehingga dipisahkan dari selulosa. Pemisahan tersebut bertujuan untuk membuat kertas tidak berwarna coklat (Paskawati, 2010). Lignin adalah bahan

organik yang dihasilkan dari proses *pulping* yang mana jika bahan tersebut banyak di perairan maka kadar oksigen terlarut di air semakin sedikit sehingga meracuni terhadap organisme sungai (Cahyono, 2007). Limbah yang dihasilkan dari proses *deinking* mengandung logam berat timbal yang dihasilkan oleh tinta yang terbuang di dalam suatu perairan sungai (Hardiani, 2009). Unsur yang menyebabkan permasalahan lingkungan dan berperan penting dalam fungsi biologis kehidupan salah satunya adalah logam berat (Nagajyoti, 2010). Suatu lingkungan yang terkontaminasi logam berat akan mengancam kehidupan suatu makhluk hidup karena toksisitasnya (Murthy, 2014). Oleh karena itu dibutuhkan suatu pemanfaatan bahan toksisitas yang mana dapat mengurangi logam berat timbal, pada penelitian Dhir dan kumar (2010) mengatakan bahwa limbah cair industri harus dihilangkan ion logam beratnya guna kelangsungan hidup makhluk hidup. Suatu usaha pabrik dan kegiatan usaha lainnya wajib untuk melakukan pengolahan limbah yang dihasilkan dari kegiatan usaha seperti yang tercantum pada Peraturan menteri Lingkungan Hidup Nomor 33 Tahun 2009 Pasal 3 tentang cara memulihkan lahan yang telah terkena limbah. Berdasarkan hal tersebut pabrik kertas harus mengolah dahulu limbahnya untuk dibuang di sungai akan tetapi pengolahan dari IPAL yang kurang maksimal masih menimbulkan dampak negatif yaitu masih meracuni organisme perairan sungai (Rina, 2012).

Suatu alternatif dalam mengolah limbah cair suatu pabrik adalah dengan mengelola limbah cair dengan tawas. Tawas mempunyai sifat asam dan mekanisme dalam mengolah limbah yaitu dengan koloid yang bermuatan positif (Al_{3+}) mengikat partikel koloid muatan negatif dan mengendapkannya (Efriandi, 2008). Penelitian yang dilakukan oleh Aziz (2013) tentang pengaruh tawas dan kaporit yang menentukan karakteristik fisik dan kimia sungai Lambidaro didapatkan hasil terbaik yaitu terjadi penurunan nilai BOD, COD, amonia, dan peningkatan DO dan kadar sulfat pada pemberian tawas 25 ppm ditambah dengan 10 ppm kaporit. Mekanisme tawas dan kaporit meningkatkan DO dan menurunkan nilai BOD, yaitu dengan mengikat partikel koloid negatif dan dilanjutkan peran kaporit dalam membunuh bakteri dan mikroorganisme pada air sungai Lambidaro.

Pada uji pendahuluan pemberian tawas konsentrasi 25 mg/l dan diendapkan selama 24 jam, kemudian dilanjutkan uji toksisitas dengan ikan mas (*Cyprinus carpio*) selama 24 jam dengan

pemberian 4 ekor ikan pada setiap wadah. Hasil kandungan Pb perlakuan konsentrasi tawas $Al_2(SO_4)_3$ 0 mg/l (kontrol) menunjukkan nilai 0,215 ppm sedangkan hasil kandungan Pb perlakuan dengan tawas $Al_2(SO_4)_3$ konsentrasi 25 mg/l menunjukkan nilai 0,167 ppm. Nilai tersebut mengalami penurunan sebanyak 0,048 ppm dengan persentase penurunannya sebesar 22%. Hasil pengukuran kualitas limbah cair perlakuan konsentrasi tawas $Al_2(SO_4)_3$ 0 ppm (kontrol) yaitu nilai DO sebesar 10,3 mg/l, nilai suhu 31,1°C, dan nilai pH sebesar 8,8. Pada perlakuan konsentrasi tawas $Al_2(SO_4)_3$ 25 mg/l yaitu nilai DO sebesar 7,2 mg / l, nilai suhu 31,1°C, dan nilai pH sebesar 8,0. Perlakuan konsentrasi tawas $Al_2(SO_4)_3$ 0 mg/l (kontrol) kematian ikan sebanyak 4 ekor ikan, sedangkan pada konsentrasi 25 mg/l kematian sebesar 50 % dari seluruh jumlah ikan.

Berdasarkan uraian di atas, maka pemanfaatan tawas $Al_2(SO_4)_3$ bertujuan untuk menurunkan kadar logam berat timbal limbah cair pabrik kertas di Kabupaten Sidoarjo. Selain itu, uji toksisitas limbah cair pabrik kertas di Kabupaten Sidoarjo pada ikan mas digunakan untuk mengetahui limbah cair pabrik kertas tersebut masih toksik atau tidak. Dengan demikian dilakukan suatu penelitian untuk melihat manfaat koagulan tawas dalam mengolah limbah cair pabrik kertas di Kabupaten Sidoarjo dan uji toksisitas pada ikan mas dengan menghitung kematian ikan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor perlakuan yaitu konsentrasi koagulan tawas. Jumlah sampel di penelitian ini adalah 20 sampel dengan 5 kali pengulangan. Konsentrasi yang digunakan adalah 0 mg/l tawas; 6,25mg/l tawas; 12,5 mg/l tawas; dan 18,75 mg/l tawas. Parameter penelitian yang diamati adalah persentase penurunan kadar logam berat timbal (Pb) limbah cair pabrik kertas, nilai DO, pH, suhu, dan kematian ikan.

Penelitian ini dilaksanakan selama tiga bulan pada bulan April-Juni 2016. Penelitian dilakukan di Greenhouse, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya. Uji logam berat Timbal (Pb) dilakukan di laboratorium Balai Besar Laboratorium Kesehatan Surabaya. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah hewan uji, yaitu ikan mas (*Cyprinus carpio*) ukuran 3-5 cm sebanyak 200 ekor/wadah uji. 21 liter limbah pabrik kertas di Kabupaten Sidoarjo, dan 187,5 mg tawas $Al_2(SO_4)_3$. Alat yang digunakan dalam

penelitian ini ialah pH meter, 4 akuarium besar, 21 toples, 4 aerator, 1 buah beacker glass 1000 ml, 2 buah drigen plastik ukuran 10 liter, 1 buah drigen plastik ukuran 5 liter, DO meter, (AAS) *Atomic Absorption Spectrometry*, dan *magnetic stirrer*.

Prosedur penelitian diawali dengan pemeliharaan ikan mas selama 5 hari dengan aerasi secukupnya dan pakan diberikan sebanyak 2 kali sehari pagi dan sore. Ikan tidak diberi pakan selama dua hari (aklimasi). Jika mortalitas hewan uji tidak melebihi 2% pada saat aklimasi maka diteruskan dengan kegiatan perlakuan.

Pada tahap perlakuan diawali dengan nilai DO, suhu, pH, serta uji logam berat Pb diukur dan dicatat sebelum diberi perlakuan dengan tawas $Al_2(SO_4)_3$. Tawas 6,25 mg; 12,5 mg; dan 18,75 mg masing-masing dimasukkan ke dalam limbah cair pabrik kertas sampai volume 1 liter. Dilakukan pengadukan cepat dengan putaran 140 rpm selama 5 menit, dan pengadukan lambat dengan putaran 30 rpm selama 10 menit pada bahan perlakuan, serta diendapkan selama 48 jam. 10 ekor hewan uji ikan mas dimasukkan setiap wadah toples dan dibiarkan selama 24 jam.

Setelah 24 jam, diukur dan dicatat kembali nilai DO, suhu, pH, serta uji logam berat Pb pada perlakuan dengan tawas $Al_2(SO_4)_3$. Dicatat jumlah kematian ikan mas pada setiap wadah toples. Data penurunan kadar Pb pada limbah cair pabrik kertas setelah perlakuan dengan tawas dan uji toksisitas dengan menggunakan ikan mas dianalisis dengan uji normalitas *Kolmogrov-*

Smirnov. Jika hasil uji menunjukkan data berdistribusi normal, maka dilanjutkan uji anava satu arah.

Apabila uji anava menunjukkan adanya perbedaan pada setiap perlakuan maka dilanjutkan dengan uji duncan.

HASIL

Rata-rata kadar akhir Pb (setelah perlakuan) menunjukkan hasil adanya penurunan pada setiap perlakuan dengan nilai rata-rata kadar Pb yang semakin menurun pada setiap perlakuan dengan tawas, sehingga air limbah dari pembuangan akhir limbah pabrik kertas di Kabupaten Sidoarjo sudah layak dibuang ke perairan sungai. Persentase penurunan logam berat timbal paling tinggi adalah pada konsentrasi koagulan tawas 18,75 mg/l dengan persentase penurunan kadar logam timbal sebesar 56,25%. Rata-rata nilai DO akhir diberbagai konsentrasi tawas menunjukkan perbaikan yang mana nilai yang terbaik pada konsentrasi 18,75 mg/l sebesar 6,3. Nilai ini sudah sesuai dengan standar baku yaitu antara 5-7 mg/l. Nilai rata-rata pH akhir setelah perlakuan berbagai konsentrasi tawas menunjukkan peningkatan. pH tertinggi pada konsentrasi 18,75 mg/l dan 12,5 mg/l yaitu sebesar 7,3. Pada pengukuran suhu konsentrasi 18,75 mg/l dan 12,5 mg/l mempunyai rerata suhu akhir yang tinggi yaitu sebesar 27,3 °C (Tabel 1).

Tabel 1. Data rata-rata kadar logam Pb (mg/l), DO, pH, dan suhu pada limbah cair pabrik kertas setelah pemberian koagulan tawas $Al_2(SO_4)_3$ pada berbagai konsentrasi

No	Konsentrasi Koagulan Tawas $Al_2(SO_4)_3$ (mg/l)	Hasil					
		Kadar Awal Pb limbah (mg/l)	Rata-Rata Penurunan Kadar Pb Limbah (mg/l)	Persentase Penurunan Kadar Pb Limbah + SD (%)	Rata-Rata DO Akhir Limbah (mg/l)	Rata-Rata pH Akhir Limbah	Rata-Rata Suhu Akhir Limbah (°C)
1	0 (1 L limbah tanpa tawas)	0,032	0,010	31,25 ± 10,50	9,5	7,0	27,2
2	6,25		0,012	37,5 ± 20,84	7,5	7,2	27,2
3	12,50		0,012	37,5 ± 26,79	6,7	7,3	27,3
4	18,75		0,018	56,25 ± 14,59	6,3	7,3	27,3

Tabel 2. Uji toksisitas limbah cair pabrik kertas pada ikan mas (*Cyprinus carpio*)

No	Konsentrasi Koagulan Tawas $Al_2(SO_4)_3$ (mg)	Jumlah Ikan Awal	Jumlah Ikan yang Hidup	Jumlah Ikan yang Mati	Persentase Kematian Ikan + SD (%)	Notasi*
1	0 (1 L limbah tanpa tawas)	50	3	47	94 ± 0,88	a
2	6,25		17	33	66 ± 0,55	b
3	12,50		22	28	56 ± 1,82	b
4	18,75		33	17	34 ± 1,11	c

Berdasarkan hasil pengukuran kadar logam timbal (Pb) pada Tabel 1, selanjutnya data dilakukan uji normalitas dengan uji Kolmogrov-Smirnov (signifikansi $>0,05$). Hal ini berarti memenuhi syarat normalitas, sehingga uji yang digunakan selanjutnya yaitu uji anava satu arah dengan taraf uji 0,05. Hasil uji anava menunjukkan $F_{hitung} < F_{tab}$ dengan nilai signifikansi $>0,05$ yang berarti bahwa tidak ada perbedaan kadar timbal (Pb) yang signifikan antar kelompok perlakuan. Berdasarkan hal tersebut maka H_0 diterima dan tidak dapat dilanjutkan dengan uji duncan.

Semakin tinggi konsentrasi tawas maka kematian ikan mas (*Cyprinus carpio*) semakin rendah. Hasil yang didapat yaitu nilai kematian ikan terendah terdapat pada konsentrasi tawas 18,75 mg/l yaitu jumlah ikan yang mati sebesar 17 ekor dengan persentase kematian ikan sebesar 34 % ikan yang mati. Kematian ikan tersebut dikarenakan pada konsentrasi 18,75 mg/l limbah cair pabrik kertas di Kabupaten Sidoarjo kadar logam berat timbal (Pb) lebih kecil daripada konsentrasi koagulan tawas $Al_2(SO_4)_3$ lainnya (Tabel 2).

Berdasarkan hasil pengukuran uji Toksisitas limbah cair pabrik kertas pada ikan mas pada Tabel 2, selanjutnya data dilakukan uji normalitas dengan uji Kolmogrov-Smirnov (signifikansi $>0,05$). Hal ini berarti memenuhi syarat normalitas, sehingga uji yang digunakan selanjutnya yaitu uji anava satu arah dengan taraf uji 0,05. Hasil uji anava menunjukkan $F_{hitung} > F_{tab}$ dengan nilai signifikansi $<0,05$ yang berarti bahwa ada perbedaan mortalitas ikan mas yang signifikan antar kelompok perlakuan. Pada uji anava satu arah menunjukkan hasil bahwa data tersebut menunjukkan H_0 ditolak sehingga dapat dilanjutkan dengan uji duncan. Berdasarkan uji duncan terdapat notasi yang berbeda (a,b,c) menunjukkan adanya perbedaan nyata antar perlakuan dengan taraf 0,05.

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis data dapat diketahui bahwa tidak ada perbedaan perlakuan pada konsentrasi 0 mg/l (D), 6,25 mg/l (C), 12,5 mg/l (B), dan 18,75 mg/l (A) terhadap persentase penurunan logam timbal pada limbah cair pabrik kertas dikarenakan interval konsentrasi perlakuan dengan koagulan tawas tidak terlalu besar. Akan tetapi, telah terbukti bahwa perbedaan konsentrasi koagulan tawas yang dapat menurunkan kadar logam timbal jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Pada uji toksisitas limbah cair pabrik kertas yang dilakukan pada ikan mas (*Cyprinus carpio*) juga didapatkan hasil kematian ikan terendah pada konsentrasi 18,75 mg/l. Hal ini berarti ion Al^{3+} pada tawas berperan mengikat dan menurunkan logam berat timbal pada limbah cair pabrik kertas dengan elektrolit positifnya pada proses destabilisasi partikel koloid.

Penurunan kadar logam timbal dalam limbah cair pabrik kertas disebabkan oleh proses adsorpsi tawas. Ditinjau dari besarnya konsentrasi perlakuan koagulan tawas, menunjukkan bahwa adanya penurunan yang tinggi dengan perlakuan konsentrasi koagulan tawas yang lebih tinggi pula. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Hartini (2015) yang mengatakan bahwa, adsorpsi ialah proses pengikatan suatu adsorbat di atas permukaan pori yang di dalamnya terdapat gamma (γ) alumina berukuran pori besar dan bersifat kuat. Ukuran pori yang besar maka adsorbat yang terserap semakin banyak sehingga penyerapan logam berat timbal (Pb) semakin tinggi pula.

Menurut Bangun (2013) mengatakan bahwa pada proses penyerapan limbah cair kertas dengan tawas berlangsung proses koagulasi yaitu pemanfaatan ion-ion yang bermuatan berlawanan menjadi partikel yang terendapkan serta proses flokulasi dengan proses penggumpalan dan pengendapan partikel-partikel koloid menjadi flok-flok besar.

Proses koagulasi dan flokulasi tidak dapat dipisahkan dalam proses pengolahan limbah cair industri karena kedua proses ini selalu dilakukan bersama. Tawas mempunyai mekanisme dengan cara pengikatan dan penetralan partikel halus yang bermuatan negatif dan berperan sebagai elektrolit positif pada destabilisasi partikel koloid (Wahyuni, 2007). Pada penelitian Dhir dan Kumar (2010) mengatakan bahwa limbah cair industri harus dihilangkan ion logam beratnya guna kelangsungan hidup makhluk hidup.

Pada uji anava menunjukkan tidak adanya pengaruh koagulan tawas terhadap limbah cair pabrik kertas. Tidak adanya perbedaan yang signifikan ini dikarenakan antara konsentrasi 0 mg/l, 6,25 mg/l, 12,5 mg/l, dan 18,75 mg/l dikarenakan selisih interval pada tiap konsentrasi kecil sehingga memiliki daya penurunan Pb yang hampir sama. Meskipun tidak berbeda secara nyata, namun penurunan terbesar logam timbal terdapat pada konsentrasi 18,75 mg/l yang nilainya di bawah Standar Nasional Indonesia yaitu tidak boleh lebih dari 0,03 mg/l pada air. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi 18,75 mg/l penambahan koagulan tawas yang nilainya banyak daripada konsentrasi lainnya. Semakin besar ukuran pori suatu adsorben maka adsorbat yang terserap semakin banyak sehingga semakin tinggi konsentrasi koagulan tawas maka penyerapan logam berat timbal (Pb) semakin tinggi pula.

Pada faktor fisik suhu, nilai DO, dan pH yang diukur sebelum dan sesudah perlakuan juga mengalami perubahan. Setelah perlakuan, suhu mengalami sedikit kenaikan ukuran dan nilai DO serta pH mengalami kenaikan. Berdasarkan hasil penelitian mengenai pemanfaatan tawas pada limbah cair pabrik kertas dan uji toksisitas pada ikan mas, terlihat adanya perbaikan nilai DO, suhu, dan pH didapatkan hasil bahwa semakin tinggi konsentrasi tawas nilai DO, suhu, dan pH semakin meningkat pada limbah cair pabrik kertas dibandingkan dengan tanpa penambahan koagulan tawas. Ini menunjukkan bahwa koagulan tawas memiliki potensial dalam memperbaiki kualitas air limbah. Nilai pH berperan penting dalam penyerapan logam. Hal ini dikarenakan pH dapat mempengaruhi muatan, pada pH asam, terjadi perubahan komponen sehingga terjadi penyerapan yang tinggi oleh adsorben (Rahayu, 2007).

Pada uji toksisitas limbah cair pabrik kertas pada ikan mas didapatkan hasil pada konsentrasi tertinggi nilai kematian ikan mas semakin rendah. Hal ini dikarenakan adanya perbaikan nilai DO, suhu, pH, serta penurunan logam timbal (Pb)

yang di bawah standar baku mutu air limbah sehingga ikan banyak yang masih hidup. Hal itu dikarenakan adanya pengolahan limbah cair pabrik kertas di Kabupaten Sidoarjo dengan menggunakan koagulan tawas. Tawas dapat menghilangkan bau dan dapat memperbaiki kualitas air limbah. Proses penyerapan limbah cair kertas oleh tawas juga berlangsung proses koagulasi yaitu pemanfaatan ion-ion yang bermuatan berlawanan serta proses flokulasi merupakan proses penggumpalan dan pengendapan partikel-partikel koloid menjadi flok-flok besar yang dibantu dengan pengadukan lambat (Bangun, 2013).

SIMPULAN

Persentase penurunan kadar logam berat timbal limbah cair pabrik kertas di Kabupaten Sidoarjo dengan menggunakan konsentrasi koagulan tawas $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ yang berbeda berturut-turut yaitu 31,25 %, 37,5 %, 37,5 %, dan 56,25 % sehingga tidak adanya perbedaan secara nyata pada setiap perlakuan dikarenakan memiliki daya penurunan Pb yang hampir sama. Hasil uji toksisitas limbah cair pabrik kertas di Kabupaten Sidoarjo pada ikan mas (*Cyprinus carpio*) setelah perlakuan dengan tawas $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dengan konsentrasi yang berbeda mengalami perbedaan setiap konsentrasinya semakin tinggi konsentrasi tawas kematian ikan semakin menurun. Pada konsentrasi tawas 18,75 mg/l nilai mortalitas ikan mas sebesar 17 ekor dengan persentase kematian ikan mas sebesar 34 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Fida Rachmadiarti, M.Kes dan Dr. Raharjo M.Si selaku dosen penguji dalam penelitian "Pemanfaatan tawas $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ untuk Memperbaiki Kualitas Limbah Cair Pabrik Kertas dan Uji Toksisitas pada Ikan Mas (*Cyprinus carpio*).

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz TD, Yahrinta P, dan Lola R, 2013. Pengaruh Penambahan Tawas $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dan Kaporit $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Air Sungai Lambidaro. *Teknik Kimia*, 19(3).
- Bangun A, RS Aminah, Rudi AH, dan M. Yusuf Ritonga, 2013. Pengaruh Kadar Air, Dosis, dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *Teknik Kimia USU*, 2 (1).

- Cahyono R, 2007. Dampak Limbah Cair PT Kertas Basuki Rachmat, Banyuwangi terhadap Kesehatan Masyarakat .*Tesis*. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Dahlan H, 2011. Pengolahan Limbah Kertas Menjadi Pulp sebagai Bahan Pengemas Produk Agroindustri. *Prosiding Seminar Nasional AVoER ke-3. 26-27 Oktober 2011*. Universitas Sriwijaya : 280-281.
- Dhir B, and Kumar R, 2010. Adsorption of Heavy Metals by Salvina Biomass and Agricultural Residues. *Environmental Res.* 4(3):427-432.
- Efriandi B, 2008. *Pengaruh Konsentrasi Optimum Tawas terhadap Turbiditas dengan Metode Jar Test Di PDAM Titanadi Instalasi Sunggal*. Sumatera Utara : FMIPA Universitas Sumatera Utara.
- Hartini, 2015, Study Karakter Pori terhadap Komposit Γ -Alumina - Karbon Aktif dari Limbah Kulit Singkong (*Manihot esculenta cranz*). *Penelitian Kimia*, 11 (1) : 47-57.
- Hardiani H, T Kardiansyah, dan Sugesty, 2011. Bioremediasi Logam Timbal (Pb) dalam Tanah Terkontaminasi Limbah Sludge Industri Kertas Proses Deinking. *Selulosa*. 1(1):31-41.
- Murthy S, Bali G, Sarangi SK, 2014. Effect of Laead on Growth, Protein and Biosorption Capacity of Bacillus Cereus Isolated from Industrial Efluents. *Environmental Biology*. 35:407-411
- Nagajyoti PC, Lee KD, Sreekanth TVM, 2010. Haevy Metals Occurence and Toxicity for Plants. *Review Environ Chem Lett.* 8(1):199-216.
- Paskawati Y, Susyana AE, dan S. Retnoningtyas, 2010. Pemanfaatan Sabut Kelapa sebagai Bahan Baku Pembuatan Kertas Komposit Alternatif. *Widya Teknik*, 9 (1): 12-21.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 33 Tahun 2009 Pasal 3 tentang Tata Cara Pemulihan Lahan Terkontaminasi Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun
- Rahayu, LH, dan S.Purnavita, 2007. Pembuatan Kitosan dari Kitin Limbah Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*) untuk Adsorben Ion Logam Merkuri. *Reaktor*, 11(1):45-49. Diakses di <http://www.ejournal.undip.ac.id/index.php/reaktor/article/view/1439/1207>. Pada tanggal 20 Maret 2016 pukul 12.00 WIB.
- Rina, SS, 2012. Pengembangan Proses Digestasi Anaerobik Lumpur Biologi Ipal Industri Kertas untuk Meningkatkan Nilai Ekonomi Pemanfaatan Limbah . *Riset Industri*, 6 (2):193-202.
- Wahyuni S, 2007. Studi Perbandingan Efektifitas Koagulan Kulit Tlur sebagai Koagulan Alternatif dan Kaogulan Aluminium Sulfat dalam Proses Penurunan Kandungan Kekeruhan Air Sungai Citarum Hulu. *Infomatek*, 9(2).