

**EFEKTIVITAS LUMPUR AKTIF DALAM MENURUNKAN NILAI BOD
(*Biological Oxygen Demand*) DAN COD (*Chemical Oxygen Demand*) PADA
LIMBAH CAIR UPT LAB. ANALITIK UNIVERSITAS UDAYANA**

Yudith Rizkia Widyawati, I. B. Putra Manuaba, dan Ni Gst Ayu Made Dwi Adhi Suastuti

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali
Email : udithrizkia06@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai efektivitas lumpur aktif dalam menurunkan nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada limbah cair laboratorium UPT. Lab Analitik Universitas Udayana. Massa sedimen dan waktu aerasi yang digunakan pada penelitian ini divariasikan untuk mengetahui kondisi optimum lumpur aktif serta efektivitasnya dalam menurunkan nilai BOD dan COD pada pengolahan limbah cair laboratorium. Variasi massa sedimen yang digunakan yaitu sebesar 5, 10 dan 20 gram serta variasi waktu aerasi 1; 2; 3; 4 dan 5 hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan nilai kedua parameter akibat adanya aktivitas biologis yang mengoksidasi senyawa organik maupun anorganik yang terkandung dalam air limbah. Sedimen dengan massa 5 gram dan lama waktu aerasi 4 hari merupakan kondisi optimum lumpur aktif dalam menurunkan nilai BOD dan COD dengan persentase efektivitas berturut – turut sebesar 75,25 % dan 58,09 %. Hasil analisis data dengan uji *One-Way ANOVA* menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan terhadap nilai BOD dan COD sebelum perlakuan dengan adanya perlakuan waktu aerasi 3, 4 dan 5 hari.

Kata kunci : lumpur aktif, efektivitas, BOD dan COD, limbah laboratorium

ABSTRACT

This research was conducted to determine the effectivity of activated sludge to decrease the Biological Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) of waste water produced by the UPT. Lab Analitik Udayana University. This research used varied sediment masses and aeration times in order to determine the optimum conditions of activated sludge and the effectivity. Variation of the masses were 5, 10 and 20 grams and the aeration times were 1; 2; 3; 4 and 5 days.

The result showed that both parameters studied decreased as a result of biological activity which oxidizes organic and inorganic compounds contained in the waste water. Five grams sediment within aeration time 4 days were the most optimum condition in decreasing the BOD (up to 75,25 %) and COD (up to 58,08 %). The results of One-way ANOVA showed there were a significant difference between BOD and COD before and after 3, 4 and 5 days treatment.

Keywords : activated sludge, effectivity, BOD and COD, laboratory waste

PENDAHULUAN

Limbah laboratorium sebagian besar merupakan limbah cair dengan pH yang rendah, kandungan logam berat yang tinggi serta mempunyai nilai BOD (*Biology Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang tinggi.

Tingginya nilai BOD dan COD dalam limbah cair laboratorium disebabkan oleh pemakaian bahan – bahan kimia selama kegiatan dalam laboratorium berlangsung. Selain itu fasilitas dan alat – alat instrumentasi yang terdapat di dalam laboratorium juga mempengaruhi kandungan limbah cair yang dihasilkan (Rohaeti *et al.*, 2011). Limbah cair

laboratorium ini umumnya mengandung bahan kimia berbahaya dan beracun (B3) serta senyawa kimia dengan ikatan yang sangat kompleks sehingga sulit untuk terurai. Hasil uji pendahuluan menunjukkan bahwa kegiatan di UPT. Lab Analitik Universitas Udayana rata – rata menghasilkan limbah cair sebanyak 50 L/hari dengan nilai pH 1,05 nilai COD 86,1056 mg/L dan BOD 29,3888 mg/L. Berdasarkan data di atas jika dibandingkan dengan Baku Mutu Air Kelas III Pergub Bali No. 8 Th 2007 nilai tersebut berada di atas Baku Mutu yang telah ditentukan sehingga sangat perlu untuk dilakukan pengolahan terhadap limbah tersebut.

Banyak metode yang telah dikembangkan dalam usaha menurunkan kadar bahan pencemar dari badan perairan secara fisika maupun kimia, seperti metode presipitasi, evaporasi, elektrokimia dan penggunaan adsorben baik berupa resin sintetik maupun dengan karbon aktif. Namun metode tersebut dianggap tidak efektif karena biaya yang dibutuhkan relatif tinggi (Lelifajri, 2010). Menurut Romli (2012) salah satu sistem pengolahan limbah secara biologis yang mampu mengurangi kadar cemaran limbah cair yaitu dengan sistem lumpur aktif (*activated sludge*).

Lumpur aktif merupakan proses pengolahan air limbah secara biologis yang melibatkan reaksi – reaksi metabolik mikroba. Prinsip pengolahan limbah secara biologis ini adalah dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme yang dapat merombak limbah organik dan kompleks menjadi senyawa organik sederhana. Senyawa organik yang lebih sederhana dapat dikonversi menjadi gas karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O) (Doraja *et al.*, 2012). Berdasarkan hasil penelitian Ardhy dan Yuniarti (2012) metode lumpur aktif ini terbukti efisien dan cukup potensial, karena mampu menurunkan nilai COD mencapai 76 – 80%, mendegradasi bahan organik terlarut, memetabolisme dan memecah zat pencemar serta menghilangkan ammonia, fosfat dan logam berat hingga 99% pada limbah rumah sakit yang termasuk dalam golongan limbah B3 sehingga sistem pengolahan limbah dengan lumpur aktif adalah sistem yang paling banyak digunakan dalam pengolahan limbah cair.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui massa sedimen dan lama aerasi optimal serta efektivitas lumpur aktif dalam menurunkan nilai BOD dan COD pada limbah cair

laboratorium. Selain itu diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan metode pengolahan limbah yang lebih sederhana, efisien dan ekonomis.

MATERI DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sedimen di sekitar aliran pembuangan limbah cair laboratorium UPT. Lab Analitik Universitas Udayana dan sampel limbah cair laboratorium UPT. Lab Analitik Universitas Udayana. Bahan kimia yang digunakan adalah akuades, reagen – reagen dalam uji BOD dan COD, pupuk NPK, pupuk urea, glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), dan batu didih.

Peralatan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu jerigen, bak pengolahan dengan volume 10 liter, timbangan, alat – alat gelas, aerator, pH meter, seperangkat alat refluks, dan seperangkat alat titrasi.

Cara Kerja

Sampling Sedimen Lumpur

Sedimen lumpur yang digunakan sebagai sumber bibit lumpur aktif diambil di sekitar aliran pembuangan limbah cair UPT. Lab Analitik Universitas Udayana. Sampel sedimen diambil dari lima titik secara acak yaitu di tiap pojok dan bagian tengah dengan batas 30 cm x 30 cm kemudian dicampur menjadi satu. Sampel sedimen diambil sebanyak ± 10 gram dengan menggunakan sekop dengan kedalaman ± 10 cm dari permukaan tanah. Sampel sedimen yang telah diambil dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pembibitan (*seeding*) lumpur aktif.

Sampling Limbah Cair Laboratorium

Sampel limbah cair laboratorium diambil dari pembuangan limbah cair UPT. Lab Analitik Universitas Udayana. Limbah cair ditampung menggunakan jerigen plastik bersih yang sebelumnya telah dibilas dengan akuades dan sampel limbah cair beberapa kali. Penampungan limbah cair laboratorium ini dilakukan selama lima hari kerja pada pukul 09.00 – 15.00 sebanyak 3 – 4 L/hari dengan asumsi dapat mewakili keseluruhan

kegiatan laboratorium, selanjutnya sampel dibawa ke laboratorium.

Pembuatan Media Cair

Media pembibitan dibuat dengan mencampurkan 2 gram glukosa; 1 gram pupuk NPK; 1 gram pupuk urea kemudian dilarutkan dengan 1800 mL akuades dan 200 mL limbah cair laboratorium UPT. Lab Analitik Universitas Udayana (Amanda, 2011).

Seeding Sedimen

Disiapkan 3 buah gelas beaker 2 L dengan kondisi bersih. Ke dalam masing – masing gelas beaker ditambahkan media cair yang telah dibuat sebanyak 1500 mL lalu ditambahkan masing – masing beaker sedimen dengan variasi massa yaitu 5 gram; 10 gram dan 20 gram. Ketiga beaker tersebut kemudian diaerasi dengan menggunakan aerator yang diberi selang lalu ditutup dengan kain kasa dan diikat dengan karet gelang selama 1 hari. Media *seeding* yang sudah siap akan digunakan untuk mengolah limbah cair UPT. Lab Analitik Universitas Udayana.

Penentuan Massa Optimal Sedimen Terhadap Penurunan Nilai BOD dan COD

Disiapkan 3 buah bak pengolahan dengan volume 10 liter. Masing – masing bak pengolahan diberi kode I, II dan III. Pada bak I dimasukan 500 mL larutan bibit hasil *seeding* pada beaker I. Pada bak II dimasukan 500 mL larutan bibit hasil *seeding* pada beaker II begitu pula pada beaker III. Tiap bak pengolahan kemudian ditambahkan 3000 mL sampel limbah cair. Ketiga bak tersebut kemudian diaerasi selama 3 hari menggunakan aerator dan ditutup dengan kain kasa lalu diikat dengan tali. Pengukuran nilai BOD dan COD dilakukan untuk setiap bak. Bibit lumpur yang memiliki efektivitas dalam menurunkan nilai BOD dan COD paling tinggi merupakan bibit lumpur terbaik yang akan digunakan untuk mengolah limbah cari laboratorium.

Pengolahan Dengan Metode Lumpur Aktif

Disiapkan 2 buah bak pengolahan. Masing – masing bak pengolahan diberi kode I dan II. Pada bak II dimasukkan 500 mL larutan bibit terbaik dari proses *seeding*. Sampel limbah cair ditambahkan ke dalam bak II hingga volumenya 3500 mL. Pada bak I digunakan sebagai kontrol. Kedua bak tersebut kemudian diaerasi menggunakan aerator dan ditutup dengan kain kasa lalu diikat dengan tali. Pengukuran nilai COD dan

BOD dilakukan pada lama waktu aerasi 1, 2, 3, 4 dan 5 hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik / Keadaan Awal Limbah Cair UPT. Lab Analitik Universitas Udayana

Keadaan awal limbah cair UPT. Lab Analitik Universitas Udayana yang diuji terhadap beberapa parameter seperti pH, BOD dan COD disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji keadaan awal limbah

Parameter	Satuan	Nilai	Baku Mutu*
pH	-	8,13	6 – 9
BOD	mg/L	20,16	6
COD	mg/L	81,67	50

Keterangan : *Baku Mutu Air Kelas III Per Gub Bali No. 8 Tahun 2007

Berdasarkan Baku Mutu Air Kelas III PerGub Bali No. 8 Tahun 2007 keadaan awal limbah cair UPT. Lab Analitik Universitas Udayana menunjukkan bahwa nilai BOD dan COD telah melewati ambang batas baku mutu. Tingginya nilai BOD dan COD yang terkandung dalam limbah tersebut disebabkan oleh pemakaian zat – zat kimia selama kegiatan laboratorium berlangsung yang ikut terbuang sebagai limbah cair, selain itu analisis berbagai macam sampel dari luar Universitas Udayana juga menghasilkan limbah yang dapat mempengaruhi nilai BOD maupun COD.

Pengamatan secara fisik terhadap sampel air limbah menunjukkan adanya buih – buih yang mengindikasikan bahwa limbah tersebut mengandung detergen yang dihasilkan dari proses pencucian menggunakan sabun cuci piring dan cairan pembersih yang dibuat dari surfaktan sintetik. Terdapatnya detergen dalam air limbah dapat mengganggu kehidupan ekosistem dalam air serta menghambat kelarutan oksigen sehingga oksigen terlarut menjadi rendah sedangkan nilai BOD dan COD menjadi tinggi (Fardiaz, 1992).

Optimasi Massa Sedimen Terhadap Penurunan Nilai BOD dan COD

Optimasi massa sedimen bertujuan untuk mendapatkan massa sedimen dengan efektivitas

paling tinggi sebagai bibit lumpur aktif yang akan digunakan dalam proses pengolahan. Optimasi massa sedimen dilakukan selama tiga hari waktu aerasi dengan memvariasikan massa sedimen yaitu 5 gram; 10 gram dan 20 gram. Berdasarkan hasil penurunan nilai BOD dan COD setelah diaerasi selama 3 hari dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Optimasi Massa Sedimen Terhadap Penurunan Nilai BOD dan COD

Perlakuan	BOD (mg/L)	Efektivitas (%)	COD (mg/L)	Efektivitas (%)
Awal	20,16	-	81,67	-
5 gram	10,67	47,07	35,10	57,02
10 gram	10,90	45,93	42,73	47,68
20 gram	11,22	44,29	67,16	17,76

Tabel 2 menunjukkan adanya penurunan nilai BOD dan COD pada setiap variasi massa sedimen dimana sedimen dengan massa 5 gram dapat menurunkan nilai BOD paling baik yaitu dari 20,16 mg/L menjadi 10,67 mg/L. Hal yang sama juga terjadi pada parameter COD, yaitu terjadi penurunan dari keadaan awal sebesar 81,67 mg/L menjadi 35,10 mg/L. Pada massa sedimen 10 gram dan 20 gram juga mengalami penurunan nilai BOD dan COD namun tidak terjadi penurunan yang berarti.

Tingginya nilai persentase efektivitas yang dicapai menandakan adanya aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi bahan – bahan pencemar yang terkandung pada air limbah. Tingkat efektivitas yang dicapai sedimen dengan massa 10 gram dan 20 gram lebih rendah dibandingkan dengan sedimen 5 gram, hal ini kemungkinan disebabkan saat proses *seeding* waktu aerasi satu hari belum cukup untuk menumbuhkan seluruh mikroorganisme aerob yang ada, sehingga terjadi kompetisi nutrisi antar mikroba dalam memenuhi kebutuhan hidupnya, yang menyebabkan efektivitas menjadi kurang optimal.

Perbedaan efektivitas yang terjadi pada masing – masing variasi massa sedimen disebabkan karena adanya perbedaan jumlah mikroorganisme yang dipengaruhi oleh faktor aerasi dan nutrisi (Sudaryati *et al*, 2008). Jadi pemberian aerasi dan nutrisi yang seimbang akan memenuhi kebutuhan mikroorganisme sebagai

makanannya sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan yang akan berbanding lurus dengan peningkatan efektivitas.

Efektivitas Lumpur Aktif dalam Penurunan Nilai BOD

Proses pengujian nilai BOD dilakukan dengan memvariasikan waktu sampling yaitu 1, 2, 3, 4, dan 5 hari. Hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh lumpur aktif terhadap penurunan nilai BOD pada limbah cair laboratorium dengan variasi lama waktu aerasi. Hasil penurunan nilai BOD pada limbah cair laboratorium setelah diberi perlakuan lumpur aktif disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Nilai BOD dan % Efektivitas dengan Adanya Variasi Waktu Aerasi

Hari	Nilai BOD (mg/l)		Efektivitas (%)	
	Kon-trol	Perlakuan*)	Kon-trol	Perlakuan*)
0	20,37	20,37	-	-
1	19,74	17,85	3,09	12,37
2	17,22	14,91	15,46	26,80
3	15,75	10,92	22,68	46,39
4	13,96	5,04	31,46	75,25
5	10,29	8,82	49,48	56,70

Keterangan : *) Dengan Lumpur Aktif

Tabel 3. menunjukkan bahwa sebelum perlakuan nilai BOD yang terkandung dalam sampel limbah cair laboratorium telah melewati ambang batas baku mutu air kelas III sesuai Peraturan Gubernur Bali No.8 Tahun 2007 yaitu sebesar 6 mg/L. Tingginya nilai BOD ini dapat disebabkan oleh senyawa – senyawa organik yang kemungkinan berasal dari kegiatan laboratorium seperti penggunaan asam dan basa organik sebagai pelarut. Pada perlakuan dengan penambahan lumpur aktif terjadi penurunan nilai BOD dari selang hari ke-1 sampai hari ke-4. Nilai BOD yang paling baik dicapai pada lama waktu aerasi 4 hari yaitu sebesar 5,04 mg/L dengan efektivitas sebesar 75,26 %.

Penurunan nilai BOD dengan adanya perlakuan lumpur aktif disebabkan oleh aktivitas biologis mikroorganisme dalam mendegradasi senyawa – senyawa organik yang terkandung dalam sampel limbah cair laboratorium untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Proses aerasi

merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai BOD, karena dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air limbah selain itu berguna bagi mikroorganisme dalam pertumbuhannya serta meningkatkan kerja bakteri aerob dalam mendegradasi senyawa – senyawa organik (Kristanto, 2002). Pengamatan hari ke-5, pada perlakuan lumpur aktif nilai BOD mengalami peningkatan dari 5,04 mg/L menjadi 8,82 mg/L sehingga persentase efektivitas menurun dari 75,26% menjadi 56,70%. Peningkatan nilai BOD yang terjadi kemungkinan disebabkan oleh senyawa organik yang terkandung dalam sampel limbah cair laboratorium telah habis dikonsumsi sehingga mikroorganisme kehabisan makanan lalu mengalami kematian yang kemudian ikut terukur sebagai BOD.

Dari Tabel 3 di atas menunjukkan bahwa persentase penurunan yang dapat dicapai lumpur aktif lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol sehingga adanya perlakuan dengan lumpur aktif lebih efektif dalam menurunkan nilai BOD.

Efektivitas Lumpur Aktif Terhadap Penurunan Nilai COD

Kemampuan lumpur aktif dalam menurunkan nilai COD pada limbah cair UPT. Lab Analitik Universitas Udayana dengan variasi waktu aerasi selama lima hari disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis Nilai COD dan % Efektivitas dengan Adanya Variasi Waktu Aerasi

Hari	Nilai COD (mg/l)		Efektivitas (%)	
	Kon-trol	Perla-kuan*)	Kon-trol	Perla-kuan*)
0	84,96	84,96	-	-
1	76,32	74,79	10,17	11,97
2	71,74	60,54	15,56	28,74
3	64,61	41,21	23,95	51,49
4	61,05	35,61	28,14	58,09
5	55,96	37,65	34,13	55,69

Keterangan : *) Dengan Lumpur Aktif

Tabel 4. menunjukkan bahwa nilai COD sebelum diberi perlakuan lumpur aktif, telah melewati ambang batas baku mutu. Tingginya nilai COD yang terkandung dalam sampel limbah cair laboratorium kemungkinan berasal dari kegiatan

laboratorium dalam hal analisis logam berat. Hasil analisis parameter COD pada perlakuan lumpur aktif dengan variasi waktu aerasi selama lima hari menunjukkan penurunan nilai COD dari selang hari ke-1 hingga hari ke-4. Pada hari ke-4 terjadi penurunan yang signifikan yaitu sebesar 35,61 mg/L dengan efektivitas sebesar 58,08%.

Selama proses pengolahan, terjadi penguraian senyawa – senyawa anorganik secara aerob oleh mikroorganisme menggunakan persediaan oksigen saat proses aerasi serta enzim yang dimilikinya. Pengamatan pada hari ke-5 terjadi peningkatan nilai COD menjadi 37,65 mg/L sehingga persentase efektivitas menurun dari 58,09% menjadi 55,69%, namun peningkatan yang terjadi masih berada di bawah baku mutu. Peningkatan yang terjadi pada hari ke-5 kemungkinan disebabkan oleh habisnya bahan makanan yang diperlukan mikroorganisme untuk kelangsungan hidupnya, sehingga banyak mikroorganisme yang mati lalu ikut terukur sebagai COD. Dari hasil pengamatan dapat diketahui bahwa ketersediaan nutrisi dan proses aerasi mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan senyawa – senyawa anorganik yang ditandai dengan terjadinya penurunan nilai COD (Suriawijaya, 2003).

Berdasarkan Baku Mutu Air Kelas III PerGub Bali No. 8 Tahun 2007, penurunan nilai COD yang terjadi selama 4 hari waktu aerasi sudah berada di bawah baku mutu yang ditentukan. Tabel 4 menunjukkan persentase penurunan nilai COD dengan adanya perlakuan lumpur aktif memberikan hasil yang lebih efektif apabila dibandingkan dengan kontrol terhadap sampel limbah cair laboratorium.

Analisis Data

Hasil analisis data pada kedua parameter baik BOD maupun COD dengan uji Kolmogorov-Smirnov menunjukkan hasil $p > 0,05$ untuk semua data, hal ini menunjukkan bahwa distribusi data adalah normal dan dapat dilanjutkan dengan uji *One Way ANOVA*. Hasil analisis data dengan Uji *One Way ANOVA* menunjukkan bahwa $p < 0,05$ terhadap nilai kedua parameter sebelum perlakuan (hari ke-0) hingga perlakuan aerasi hari ke-5, sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima yang berarti bahwa terdapat perbedaan bermakna antara nilai BOD dan COD sebelum perlakuan dan setelah diberi perlakuan lumpur aktif. Hasil uji

Tukey/HSD menunjukkan bahwa nilai kedua parameter pada keadaan awal (hari ke-0) memiliki perbedaan yang bermakna dengan waktu aerasi 3, 4 dan 5 hari.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Massa sedimen dan waktu aerasi yang paling optimal dalam menurunkan nilai BOD dan COD pada limbah cair laboratorium adalah sedimen dengan massa 5 gram dengan volume limbah 3 liter dan lama waktu aerasi 4 hari dengan persentase efektivitas berturut – turut sebesar 75,25% dan 58,08%. Penurunan nilai kedua parameter sudah berada di bawah Baku Mutu Air kelas III mengacu pada PerGub Bali No. 8 Tahun 2007, sehingga lumpur aktif efektif sebagai alternatif pengolahan limbah laboratorium secara biologis.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengujian terhadap parameter kualitas air yang lebih banyak seperti VSS, TSS, kandungan logam berat dan konsentrasi surfaktan karena sebagian besar limbah laboratorium ini merupakan limbah pencucian alat sehingga dapat menyempurnakan proses pengolahan limbah laboratorium agar dapat lebih efektif menurunkan konsentrasi bahan – bahan pencemar yang dapat merusak lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada segenap Staf di Laboratorium UPT. Lab. Analitik Universitas Udayana atas bantuan dan bimbingannya.

DAFTAR PUSTAKA

Amanda, Yulita, 2011, Penurunan Kadar Minyak dan Chemical Oxygen Demand (COD) Air Limbah Operasional Pembangkit Listrik

PT Indonesia Power dengan Rangkaian Cara Flotasi dan Lumpur Aktif, *Skripsi*, Universitas Udayana, Bukit Jimbaran

Ardhy, Argenta dan Dewi Yuniarti Damayanti, 2012, *Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Dengan Membran Bioreaktor*, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

Doraja P.H., Maya Shovitri, dan N.D. Kuswytasari, 2012, Biodegradasi Limbah Domestik Dengan Menggunakan Inokulum Alami Dari Tangki Septik, *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1 (1) : E-45 – E-47

Fardiaz, S., 1992, *Polusi Air dan Udara*, Kanisius, Yogyakarta, h. 21-23,185

Kristanto, P., 2002, *Ekologi Industri*. Penerbit ANDI Yogyakarta dengan LPPM Universitas Kristen Petra Surabaya, Yogyakarta

Lelifajri, 2010, Adsorpsi Ion Logam Cu(II) Menggunakan Lignin dari Limbah Serbuk Kayu Gergaji, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 7 (3) : 126-129

Rohaeti Eti, Febriyanti Trie Nenny, dan Batubara Irmanida, 2011, Pengolahan Limbah Cair Dari Kegiatan Praktikum Analisis Spot Test Dengan Koagulasi Menggunakan Polialuminium Klorida, *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah IX*, ISSN 1410-6086

Romli, Muhammad, Suprihatin, dan Sulinda, Dinna, 2012, Penentuan Nilai Parameter Kinetika Lumpur Aktif Untuk Pengolahan Air Lindi Sampah (Leachate), Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Bogor

Sudaryati, N.L.G., Kasa, I.W., dan Budiarsa, Suyasa I.W., 2008, Pemanfaatan Sedimen Perairan Tercemar Sebagai Bahan Lumpur Aktif Dalam Limbah Cair Industri Tahu, *Ecotrophic*, 3 (1) : 21 – 29

Suriawijaya, U., 2003, *Mikrobiologi Air dan Dasar-dasar Pengolahan Buangan Secara Biologi*, Penerbit Alumni, Bandung