

VARIASI KONSENTRASI AKTIVATOR ASAM SULFAT (H₂SO₄) PADA KARBON AKTIF AMPAS TEH TERHADAP KAPASITAS ADSORPSI LOGAM TIMBAL (PB)

Wa Ode Rustiah¹⁾

¹⁾Akademi Analis Kesehatan Muhammadiyah Makassar
Alamat Korespondensi: tia_devina@yahoo.com

Abstrak

Limbah B3 (bahan berbahaya dan beracun) yang semakin meningkat dikhawatirkan menimbulkan dampak yang lebih luas terhadap kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan hidup. Limbah cair merupakan masalah utama dalam pengendalian dampak lingkungan. Masuknya zat pencemar dari limbah ke perairan mengakibatkan karakter fisika dan kimia dari sumber daya air berubah. Agar dapat memenuhi baku mutu, limbah cair harus diolah secara terpadu, baik yang dihasilkan selama proses produksi maupun setelah proses produksi. Pengelolaan limbah cair di dalam proses produksi dimaksudkan untuk meminimalkan volume, konsentrasi, dan toksisitas limbah. Pengelolaan limbah cair setelah proses produksi dimaksudkan untuk menghilangkan atau menurunkan kadar bahan pencemar yang terkandung di dalamnya, sampai limbah cair memenuhi syarat untuk dapat dibuang (memenuhi baku mutu yang ditetapkan). Metode yang digunakan pada penelitian ini yang dapat mereduksi zat pencemar yang ditimbulkan adalah metode Adsorpsi. Dua manfaat yang diperoleh dari kegiatan ini adalah perolehan sumber adsorben alternatif baru dan penanganan limbah laboratorium. Teh sebagai bahan alami aman bagi lingkungan, ampasnya mudah didapat sebagai limbah industri minuman teh. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh kadar logam berat timbal yang mampu diserap oleh karbon aktif ampas teh dengan konsentrasi aktivator H₂SO₄ (5%, 10%, 15%, 20% dan 25%) berturut-turut adalah 9,823 ppm, 9,839 ppm, 9,864 ppm, 9,884 ppm dan 9,906 ppm dengan efisiensi serapan berturut-turut yaitu 98,23%, 98,39%, 98,64%, 98,84% dan 99,06%.

Kata Kunci: Adsorpsi, Aktivator Asam Sulfat, Ampas Teh, H₂SO₄, Timbal

PENDAHULUAN

Limbah cair merupakan masalah utama dalam pengendalian dampak lingkungan. Masuknya zat pencemar dari limbah ke perairan mengakibatkan karakter fisika dan kimia dari sumber daya air berubah. Agar dapat memenuhi baku mutu, limbah cair harus diolah secara terpadu, baik yang dihasilkan selama proses produksi maupun setelah proses produksi. Pengelolaan limbah cair di dalam proses produksi dimaksudkan untuk meminimalkan volume, konsentrasi, dan toksisitas limbah. Pengelolaan limbah cair setelah proses produksi dimaksudkan untuk menghilangkan atau menurunkan kadar bahan pencemar yang terkandung di dalamnya, sampai limbah cair memenuhi syarat untuk dapat dibuang (memenuhi baku mutu yang ditetapkan).

Pengelolaan limbah cair yang paling banyak dilakukan oleh pabrik tekstil

adalah koagulasi (penggumpalan) yang diikuti adsorpsi bahan pencemar dengan melewati air limbah melalui zeolit dan arang aktif (Forlink, 2000). Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain yang terjadi karena adanya ketidakseimbangan gaya tarik pada permukaan zat tersebut (Siaka, 2002). Zat yang menyerap disebut adsorben, sedangkan zat yang terserap disebut adsorbat. Adsorben dapat berupa zat padat maupun zat cair. Adsorben padat diantaranya adalah silika gel, alumina, platina halus, selulosa, dan arang atau arang aktif. Adsorbat dapat berupa gas dan zat cair. Adsorben dapat digunakan di bidang industri pangan maupun non pangan. Beberapa kegunaan adsorben diantaranya adalah untuk memurnikan udara dan gas, memurnikan pelarut, penghilangan bau dalam pemurnian minyak nabati dan gula, penghilangan

warna produk-produk alam dan larutan (Lynch, 1990). Berkembangnya industri tersebut diikuti dengan makin tingginya kebutuhan terhadap adsorben. Demikian pula kebutuhan terhadap arang aktif sebagai salah satu jenis adsorben juga akan terus meningkat dan belum bisa terpenuhi secara maksimum. Untuk mengatasi hal tersebut perlu diupayakan keragaman sumber bahan baku adsorben sehingga dapat mengimbangi kebutuhan industri-industri terhadap adsorben.

Teh merupakan sumber devisa bagi beberapa negara berkembang. Khususnya di Srilanka, India dan Cina, Industri teh merupakan penyumbang sangat penting dalam pendapatan nasional masing-masing negara tersebut. Indonesia sebagai salah satu negara berkembang menerima devisa dari ekspor teh sebesar 7,4% dari penerimaan total devisa dari ekspor. Pemanfaatan teh masih sangat terbatas dan dalam ruang lingkup yang kecil. Bidang peternakan menggunakan teh sebagai tambahan dalam pembuatan kompos (Soilfoodweb, 2001) dan tambahan dalam pakan ternak (Fiberti, 2002). Sebagai bahan baku adsorben alternatif, ampas teh telah digunakan untuk menjerap ion logam dengan keefektifan sampai 100% (Mahvi, 2005). Teh sebagai bahan alami aman bagi lingkungan, ampasnya mudah didapat sebagai limbah industri minuman teh. Selain dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk pupuk organik dan papan partikel, ampas teh juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan alternatif adsorben pada limbah cair laboratorium.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kadar logam berat timbal yang mampu diserap oleh karbon aktif dari limbah ampas teh dan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi zat aktivator pada kapasitas adsorpsi ampas teh terhadap logam timbal.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Riset, Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

Pada penelitian ini, sampel yang digunakan adalah sampel ampas teh dari rumah tangga. Sampel kemudian dicuci

dan dikeringkan di bawah sinar matahari. Setelah kering, maka sampel dikumpulkan.

Prosedur Kerja

Pembuatan Arang Ampas Teh

Menyiapkan ampas teh yang telah dicuci dan telah kering. Setelah itu, ampas teh dikarbonisasi dalam tanur dengan suhu 200°C selama 1 jam, kemudian didinginkan dalam desikator. Setelah dingin, arang kemudian dikumpulkan, ditimbang dan disimpan.

Aktivasi Arang Ampas Teh

Arang yang dihasilkan diaktifkan secara kimia, yaitu direndam dengan H₂SO₄ p.a dengan variasi konsentrasi yaitu 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% selama 24 jam kemudian ditiriskan. Setelah itu, dicuci dengan *water steril* sampai pH netral. Setelah itu, arang dimasukkan ke dalam tanur pada suhu 250°C, selama 1 jam. Arang aktif kemudian didinginkan. Setelah dingin, arang aktif diayak dengan ukuran 100 mesh. Arang aktif disimpan di dalam desikator dan siap untuk di uji kualitasnya.

Pembuatan Larutan Induk Logam Timbal 1000 mg Pb/L

Ditimbang ± 0,16 g Pb(NO₃)₂, dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL. Ditambahkan sedikit HNO₃ 1:1 (~ 100 mg Pb/L). Kemudian ditambahkan 10 mL HNO₃ p.a dan air bebas mineral hingga tepat tanda batas, lalu dihomogenkan.

Pembuatan Larutan Baku Logam Timbal 100 mg/L

Dipipet 10 mL larutan induk logam timbal 1000 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL. ditepatkan dengan larutan pengencer sampai tanda batas.

Pembuatan Larutan Kerja Logam Timbal

Dipipet 0 mL; 0,5 mL; 1 mL; 2 mL; 4 mL dan 8 mL larutan baku timbal 100 mg/L masing-masing ke dalam labu ukur 100 mL. Ditambahkan larutan pengencer sampai tanda batas, sehingga diperoleh konsentrasi logam timbal 0,0 mg/L; 0,5 mg/L; 1,0 mg/L; 2,0 mg/L 4,0 mg/L dan 8,0 mg/L.

Analisa kadar Logam Berat Timbal yang Diserap oleh Karbon Aktif

Destruksi Limbah Laboratorium.

Limbah laboratorium dipipet sebanyak 10 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 mL, lalu ditambahkan aquabides sebanyak 80 mL, kemudian ditambahkan lagi 5 mL HNO₃, selanjutnya dipanaskan sampai volume 40 mL, setelah itu didinginkan. Setelah dingin, ditambahkan HClO₄, kemudian dipanaskan lagi sampai volume 20 mL, lalu didinginkan. Setelah dingin, kemudian disaring dalam labu takar 100 mL.

Dipipet 10 mL larutan baku timbal 100 mg/L lalu dimasukkan ke dalam limbah laboratorium yang sudah didestruksi, lalu diimpitkan sampai tanda batas. Setelah itu, dipipet masing-masing 10 mL lalu dimasukkan ke dalam labu I, II, III, IV dan V, lalu diimpitkan sampai tanda batas, kemudian dikontakkan dengan karbon aktif dari ampas teh yang telah diaktivasi dengan H₂SO₄ 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Larutan diaduk selama 1 jam dengan kecepatan 80 rpm menggunakan *shaker water bath*. Setelah itu, larutan disaring dengan menggunakan kertas saring Whatman no. 42. Hasil saringan kemudian dianalisis dengan alat spektrofotometer serapan atom (AAS) dengan panjang gelombang 217 nm. Hasil yang diperoleh kemudian dicatat.

Prosedur dan pembuatan kurva kalibrasi

Sebelum melakukan analisis dengan alat spektrofotometri serapan atom, terlebih dulu dilakukan optimasi alat. Kondisi optimum diperoleh dengan mengamati serapan yang maksimum pada setiap perubahan laju alir cuplikan, arus lampu, laju alir etilen, laju alir udara, tinggi, dan posisi pembakaran.

Untuk mengukur kadar timbal (Pb) pada suatu sampel, digunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Analisa dengan spektrofotometri memiliki sistem kerja berdasarkan pengukuran cahaya yang diserap suatu larutan dalam suatu suspensi.

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) merupakan alat yang digunakan untuk analisis logam berat (Darmono, 1994). Prinsip penggunaan dari

spektrofotometer serapan atom (SSA) adalah berdasarkan hukum *Lambert-Beer*. Hukum *Lambert* : jika suatu berkas radiasi monokromatik (yakni radiasi dengan panjang gelombang tunggal) diarahkan menembus medium, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi. Hukum *Beer*: Intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi. Dari kedua hukum tersebut diperoleh suatu persamaan:

$$A = -\log \frac{P_0}{P} = \epsilon bc$$

Dimana: P₀ adalah intensitas sumber sinar, P adalah intensitas sinar yang diteruskan, ϵ adalah absorptivitas molar, b adalah panjang medium, c adalah konsentrasi atom-atom yang menyerap sinar dan A adalah absorbansi. (R. A. Day, JR. dan A.L. Underwood, 2001)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan kadar logam timbal yang mampu diserap oleh karbon aktif dari limbah ampas teh dan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh konsentrasi aktivator terhadap kapasitas adsorpsinya. Untuk mengetahui jumlah logam timbal yang diserap, maka dilakukan pengukuran dengan menggunakan alat spektrofotometer serapan atom.

1. Pengukuran Absorbansi Larutan Standar Timbal

Pada penelitian ini, digunakan larutan standar timbal dengan konsentrasi 0, 0,5, 1,0, 2,0, 4,0 dan 8,0 ppm. Berdasarkan pengukuran

dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA), diperoleh hasil pengukuran nilai absorbansi larutan standar, hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Absorbansi Larutan Standar Timbal

Sampel	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	E Penyerapan (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/L)
Absorben 5%	10	0,177	98,23	9,82
Absorben 10%	10	0,161	98,39	9,84
Absorben 15%	10	0,136	98,64	9,86
Absorben 20%	10	0,116	98,84	9,89
Absorben 25%	10	0,094	99,06	9,91

Kadar Logam Timbal yang Teradsorpsi

Pada penentuan kadar logam timbal yang teradsorpsi, digunakan limbah laboratorium (metode adisi standar) dengan konsentrasi 10 ppm dan karbon aktif sebanyak 2 gram. Kadar logam timbal yang mampu diserap oleh karbon aktif ampas teh dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Logam Timbal yang Teradsorpsi oleh Karbon Aktif Ampas Teh

Larutan Standar (Pb)	Konsentrasi (x)	Absorbansi (y)
Standar 1	0,0000	-0,0003
Standar 2	0,5000	0,0129
Standar 3	1,0000	0,0274
Standar 4	2,0000	0,0723
Standar 5	4,0000	0,1455
Standar 6	8,0000	0,2837

Tabel 3. Efisiensi & Kapasitas Adsorpsi oleh Karbon Aktif Ampas Teh

Sampel	Absorban (y)	Konsentrasi (x)
Absorben 5%	0,0034	0,177
Absorben 10%	0,0028	0,161
Absorben 15%	0,0019	0,136
Absorben 20%	0,0012	0,116
Absorben 25%	0,0004	0,094

Karbon aktif merupakan suatu produk yang dihasilkan dari proses karbonasi suatu senyawa yang mengandung unsur karbon. Karbon aktif adalah salah satu alternatif yang digunakan dalam proses penanganan limbah, seperti penjernihan air, penyerapan zat warna maupun penyerapan limbah yang mengandung logam berat.

1. Aktivasi Karbon aktif

Pada penelitian ini digunakan ampas teh sebagai bahan utama

(absorben). Ampas teh yang digunakan berasal dari rumah tangga. Sebelum diolah menjadi karbon aktif, ampas teh ini terlebih dahulu dicuci dengan air dan kemudian dikeringkan. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang melekat. Setelah kering, ampas teh ini kemudian ditimbang. Ampas teh yang digunakan sebanyak satu kilogram. Ampas teh ini kemudian diolah menjadi karbon dengan cara membakarnya di dalam tanur dengan suhu 200 °C. Pada suhu ini, ampas teh akan menjadi karbon dengan melepaskan senyawa-senyawa volatil yang terkandung pada ampas teh. Hal ini ditandai dengan keluarnya asap pada saat pemanasan. Ampas teh akan menjadi karbon apabila pada saat pemanasan tidak terlihat lagi asap. Pada proses karbonasi ini, diperoleh karbon sebanyak 95,10 gram.

Karbon yang dihasilkan kemudian diayak dengan ukuran 100 mesh. Penghalusan ini bertujuan agar arang memiliki ukuran yang homogen (sama) dan memiliki ukuran partikel yang lebih kecil. Ukuran partikel ini akan mempengaruhi luas permukaan karbon aktif yang dihasilkan. Penghalusan melalui penyaringan atau pengayakan akan mengubah ukuran partikel arang menjadi lebih kecil. Semakin kecil ukuran partikel dari karbon atau arang, maka semakin besar luas permukaan arang yang akan mengalami kontak dengan *dehidratyng agent* pada saat aktivasi berlangsung, sehingga lebih banyak karbon atau arang yang teraktivasi dan semakin banyak pori yang terbentuk pada

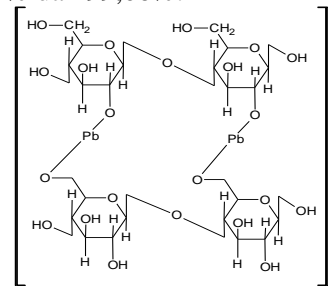
karbon atau arang. Jumlah karbon yang diperoleh pada proses ini sebanyak 30,20 gram.

Proses selanjutnya, memisahkan karbon menjadi lima bagian dan dilakukan perendaman selama 24 jam menggunakan asam sulfat dengan konsentrasi 5%, 10%, 15% dan 20% dan 25%. Karbon kemudian ditiriskan dan dicuci kembali dengan *water sterill* sampai diperoleh karbon dengan pH netral. Karbon lalu diaktivasi hingga suhu 250°C dengan tujuan untuk menghilangkan sisa air dari proses pembilasan, sehingga hanya menyisakan situs aktif dari karbon aktif ampas teh. Aktivasi kimia digunakan karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan aktivasi fisika, seperti suhu aktivasi yang digunakan relatif rendah dan pori-pori yang terbentuk lebih banyak sehingga luas permukaannya lebih besar. Asam sulfat dipilih sebagai aktivator karena memiliki sifat *dehydrating agent* dan memiliki lebih banyak situs aktif dibandingkan dengan aktivator asam pada umumnya. Selain itu, asam sulfat juga dapat membuka dan memperluas pori-pori pada karbon dengan cara menghancurkan kotoran berupa oksida-oksida logam (magnesium, besi, aluminium dan kalsium) yang menutupi pori-pori karbon tersebut. Pada penelitian ini digunakan lima variasi konsentrasi sebagai perbandingan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi aktivator terhadap kapasitas adsorpsi karbon aktif dari ampas teh.

2. Adsorpsi Logam Timbal menggunakan Karbon Aktif Ampas Teh

Metode yang digunakan untuk menurunkan konsentrasi logam berat timbal adalah metode adsorpsi, karena selain mudah dilakukan, efektivitasnya tinggi dan biaya yang diperlukan relatif murah. Pada proses adsorpsi, karbon aktif dari ampas teh dicampurkan dengan limbah sintetik yang mengandung logam timbal dengan kadar 10 ppm. Penggunaan logam ini sebagai sampel untuk diadsorpsi dikarenakan oleh kapasitasnya sebagai pencemar sangatlah banyak. Logam ini biasanya dihasilkan dari hasil buangan kendaraan bermotor, buangan limbah

industri maupun limbah rumah tangga. Proses selanjutnya yaitu dilakukan pengadukan selama satu jam dan disaring sehingga terjadi pemisahan antara filtrat dan residu. Filtrat yang dihasilkan kemudian dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom. Pada penelitian ini, kadar logam berat timbal yang mampu diserap oleh karbon aktif ampas teh dengan konsentrasi aktivator H₂SO₄ (5%, 10%, 15%, 20% dan 25%) berturut-turut adalah 9,823 ppm, 9,839 ppm, 9,864 ppm, 9,884 ppm dan 9,906 ppm dengan efisiensi serapan berturut-turut yaitu 98,23%, 98,39%, 98,64%, 98,84% dan 99,06%.



Gambar 3. Pembentukan Kompleks antara Logam Pb dengan Selulosa.

Penyerapan terjadi karena adanya interaksi antara gugus -OH pada selulosa dengan ion logam timbal sehingga terbentuk senyawa kompleks. Adapun mekanisme pembentukan senyawa kompleks dapat dilihat pada Gambar 3 di atas.

Pada gambar tersebut, atom oksigen pada gugus -OH mempunyai elektron yang tidak berpasangan, sedangkan ion logam mempunyai elektron berpasangan yaitu pada orbital 6s. Elektron 6s dalam atom logam timbal yang ada dalam keadaan dasar harus dipromosikan atau dihibridisasi ke orbital 6p sehingga memungkinkan orbital 6s tersebut dapat ditempati oleh sepasang elektron dari ligan sehingga terbentuk suatu senyawa kompleks. Pada mekanisme ini, pembentukan senyawa kompleks dapat dipandang sebagai reaksi asam basa lewis, ligan berperan sebagai basa lewis dan logam sebagai asam lewis.

Menurut Pearson, asam-basa Lewis dapat diklasifikasikan berdasarkan sifat kuat dan lemahnya. Situs aktif pada

permukaan padatan dapat dianggap sebagai ligan yang dapat mengikat logam secara selektif. Logam dan ligan dikelompokkan menurut sifat kuat dan lemahnya berdasarkan pada polarisabilitas unsur. Pearson mengemukakan suatu prinsip yang disebut *Hard and Soft Acid Base* (HSAB). Ligan-ligan dengan atom yang sangat elektronegatif dan berukuran kecil merupakan basa kuat, sedangkan ligan-ligan dengan atom yang elektron terluarnya mudah terpolarisasi akibat pengaruh ion dari luar merupakan basa lemah. Sedangkan ion-ion logam yang berukuran kecil namun bermuatan positif besar, elektron terluarnya tidak mudah dipengaruhi oleh ion dari luar, ini dikelompokkan ke dalam asam kuat, sedangkan ion-ion logam yang berukuran besar dan bermuatan kecil atau nol, elektron terluarnya mudah dipengaruhi oleh ion lain, dikelompokkan ke dalam asam lemah. Beberapa jenis asam kuat seperti logam alkali, alkali tanah, Al, Ga, Ir, Sn, Pb, Ti, Zn, Ag, Y, Sc, La dan V. Sedangkan basa kuat seperti H₂O, NH₃, N₂H₂, F⁻, Cl⁻, OH⁻, ROH, NO₃⁻, O₂, CO₃²⁻, SO₄²⁻ dan PO₄³⁻. (Ramlawati, 2005)

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil seperti pada Gambar 2. Grafik tersebut menunjukkan hasil absorbansi dari karbon aktif. Berdasarkan grafik, maka dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi aktivator, maka semakin berkurang logam yang tersisa. Terjadinya kenaikan absorbansi pada karbon aktif mengakibatkan gugus hidroksil yang terdehidrasi menjadi berkurang. Pada selulosa, terkandung beberapa jenis alkohol, baik alkohol primer maupun tersier. Pada dasarnya, gugus hidroksil bukanlah merupakan *leaving group* (gugus pergi) yang baik. Akan tetapi, dengan adanya asam sulfat sebagai katalis, maka sejumlah alkohol tersier yang terikat pada selulosa mengalami proses dehidrasi dengan mudah sehingga mengurangi situs aktif pada karbon.

Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa konsentrasi aktivator berbanding lurus dengan jumlah logam timbal yang

terserap. Pada penelitian ini, jumlah serapan tertinggi yaitu sebanyak 9,906 ppm.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan karbon aktif dari ampas teh sebagai adsorben untuk logam timbal, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kadar logam berat timbal yang mampu diserap oleh karbon aktif ampas teh dengan konsentrasi aktivator H₂SO₄ (5%, 10%, 15%, 20% dan 25%) berturut-turut adalah 9,823 ppm, 9,839 ppm, 9,864 ppm, 9,884 ppm dan 9,906 ppm dengan efisiensi serapan berturut-turut yaitu 98,23%, 98,39%, 98,64%, 98,84% dan 99,06%.
2. Konsentrasi aktivator berbanding lurus terhadap daya serap karbon aktif dari ampas teh. Dimana semakin tinggi konsentrasi aktivator, maka semakin tinggi pula kadar logam yang mampu diserap oleh karbon aktif.

SARAN

Perlu dilakukan uji coba aplikasi penggunaan karbon aktif ampas teh pada air limbah industri seperti industri tekstil atau industri yang menggunakan logam berat lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Bird, T. 1993. *Kimia Fisik untuk Universitas*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Changjaya. 2002. *Teh berkhasiat obat*. Available from: <http://www.changjaya-abadi.com>
- Fiberti, E. 2002. *Pengaruh beberapa tingkat penggunaan ampas teh dalam ransum bentuk pellet terhadap performan kelinci persilangan lepas sapih* (Skripsi). Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Forlink. 2000. *Paket Terapan Produksi Bersih Pada Industri Tekstil*. Available from: <http://www.forlink.dml.or.id/pterbab/t.html>
- Lynch, CT. 1990. *Practical Handbook of Material science Ed ke-2*. New York: CRC Pr.

- Mahvi, A.H., dkk. 2005. *Teawaste As An Adsorben For Heavy Metal Removal From Industrial Wastewaters*. Am J App Sci 2(1):372- 375. 21372-375.
- Ramlawati. 2005. *Buku Ajar Kimia Anorganik Fisik*. Makassar: UNM-Press.
- Satake, M., Nagahiro, T. 1990. *Modern Dictionary Physical Chemistry*. New Delhi: Discovering.
- Siaka, M., Sukadana, I.M., Rahayu, K.S. 2002. *Arang Kulit Kacang Tanah Sebagai Adsorben Alternatif Untuk Adsorpsi Larutan Nitrat*. Chemical review: 67-73 Vol V. Universitas Udayana.
- Setiadi, dan Sugiarto, E. 1999. *Pengaruh Impregnan Naoh Terhadap Luasan Permukaan Karbon Aktif dan Kemampuan Adsorpsi Terhadap CO₂*. Prosiding seminar Nasional; Surabaya 24-25 Nov 1994. Depok: Universitas Indonesia A17: 1-7.
- Soilfoodweb. 2001. Compost Tea Defined. Available from: <http://www.soilfoodweb>
- Tourle, R. 2003. *Camellia sinensis (Tea)*. [http://A:\Camellia%20sinensis%20\(Tea\).html](http://A:\Camellia%20sinensis%20(Tea).html)
- Ullah, M.R. 1991. *Food Enzymologi*. New York: Applied Sci.
- Fatha, A. 2007. *Pemanfaatan Zeolit Aktif untuk Menurunkan BOD dan COD Limbah Tahu*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Palar, H. 2004. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- R. A. Day, JR. dan A.L. Underwood. 2001. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Terjemahan Iis Sopyan. Jakarta: Erlangga.
- Suprihatin, Indasti, Nastiti, S. 2010. *Penyisihan Logam Berat dari Limbah Cair Laboratorium dengan Metode Presipitasi dan Adsorpsi*. MAKARA, Sains, Vol. 14, No.1 :44-50.

