PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT KOLAM PENGASAMAN DENGAN MENGGUNAKAN MINERAL ZEOLIT

Ida Nursanti[1]

Abstract

So that the palm oil mill wastewater (LCPKS) into organic fertilizer, the required processing which aims to increase the nutrient content and degrade organic matter (dissolved and suspended materials). Alternative processing to do, among others, is to use the chemical processing of mineral zeolite. The study aims to determine the chemical processing techniques LCPKS using zeolite minerals and determine the proper dose of zeolite minerals in order to increase the levels of N, P and K palm oil mill effluent pond acidification and appropriate quality standards of waste. The research was conducted at PT. Sumbertama Nusa Pertiwi Kumpeh District of Hulu Muaro and in the Laboratory, lasted for 3 months. Conducting research using using zeolite minerals clinoptilolite powder 60 mesh types of Gunung Kidul, Yogyakarta. Research using completely randomized design (CRD), with 4 levels of treatment is done by adding the mineral zeolite 0, 5, 10 and 15%, then LCPKS analysis in the laboratory. The results showed that the zeolite 10% on LCPKS Swimming acidification give the levels of N, P, K, which is higher as well as BOD and pH appropriate quality standards of waste. Giving zeolite 15% on LCPKS Swimming Acidification provides the efficiency of adsorption of N, P, and K were higher.

Keywords: Fertilizer LCPKS and mineral zeolite

PENDAHULUAN

Limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) atau *palm oil mill effluent* (POME) berwarna kecoklatan, terdiri dari padatan terlarut dan tersuspensi berupa koloid dan residu minyak dengan kandungan COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) tinggi 68.000 mg l^{-1} dan 27.000 mg l^{-1}, bersifat asam (pH nya 3,5 - 4), terdiri dari 95% air, 4-5% bahan-bahan terlarut dan tersuspensi (selulosa,protein,lemak) dan 0,5-1% residu minyak yang sebagian besar berupa emulsi. Kandungan TSS LCPKS tinggi sekitar 1.330 – 50.700 mg l^{-1}, tembaga (Cu) 0,89 mg l^{-1} , besi (Fe) 46,5 mg l^{-1} dan seng (Zn) 2,3 mg l^{-1} serta amoniak 35 mg l^{-1} (Ma, 2000).

Kandungan N-Total LCPKS pada kolam pengasaman sebesar 2,7 g l^{-1} menurun sebesar 33,33% pada kolam anaerob sekunder I, selanjutnya kadar N menurun kembali dari 1,8 g l^{-1} di kolam anaerob sekunder I menjadi 0,7 g l^{-1} di kolam aerob atau menurun sebesar 74,07% bila dibandingkan dengan kadar N-Total pada kolam pengasaman. Kandungan P-Total LCPKS pada kolam pengasaman mengalami penurunan sejalan dengan perubahan jenis kolam, penurunan terjadi sebesar 84,92% di kolam aerob. Begitu juga halnya dengan kadar K pada kolam pengasaman menurun sebesar 75.04% di kolam aerob (Nursanti, 2013).

Zeolit merupakan mineral alam yang bermuatan negatif, yang dapat dinetralkan oleh logam-logam alkali atau alkali tanah, memiliki pori-pori yang terisi ion-ion K, Na, Ca, Mg dan molekul H_2O, sehingga memungkinkan terjadinya pertukaran ion dan pelepasan air secara bolak-balik. Selain sebagai penukar kation, zeolit juga berfungsi sebagai penyerap kation-kation yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan seperti Pb, Al, Fe, Mn, Zn, dan Cu. Adanya zeolit tersebut dapat mengurangi pencemaran lingkungan (Oste *et al*.,2002).

Penggunaan zeolit mampu menyerap logam berat pada limbah perairan seperti Pb, Hg dan Cd (Vaulina, 2002). Zeolit dapat mengabsorpsi CO_2, H_2S dan NH_3, serta mengurangi tercucinya unsur N. Pemanfaatan zeolit di bidang pertanian selama ini adalah: bahan untuk meningkatkan kualitas pupuk organik, bahan campuran untuk membuat pupuk lambat tersedia, pembenah tanah dan pengontrol cadangan air. Selanjutnya dijelaskan juga bahwa pemberian zeolit hendaknya dikombinasikan dengan pupuk organik (Jabri, 2008).

Pemberian zeolit sekitar 0,5 kg pada kompos 0,216 m^3 dengan proses dekomposisi selama 3 minggu dapat meningkatkan pH kompos, ketersediaan N, P dan K serta menurunkan nisbah C/N kompos (Susanti dan Panjaitan, 2010). Penambahan zeolit sebanyak 5% pada tanah pasir meningkatkan populasi bakteri dan populasi jamur (Djajadi *et al*., 2010). Zeolit pada lumpur minyak bumi yang diinkubasi selama 6 minggu dengan dosis 10% dapat menurunkan kadar logam berat seng (Zn) 40%, kandungan minyak dan poliaromatik hidrokarbon (PAH) masing-masing sebesar 23,18% dan 14,16% serta berpengaruh terhadap jumlah jamur dan bakteri (Dhayat, 2011).

Mineral zeolit dapat meningkatkan fosfat dan mengurangi pencucian P pada kompos

[1] Dosen Fak. Pertanian Universitas Batanghari

karena zeolit memiliki kapasitas retensi P yang tinggi serta sebagai adsorben dan *slow release nutrisi*. Pemberian zeolit 20% pada urine dapat mengurangi hilangnya unsur N, karena N diadsorbsi oleh zeolit sebesar 21,27 mg l^{-1} dalam bentuk ammonium, selanjutnya N akan dilepas secara lambat. Zeolit juga dapat menghilangkan bau dan merunkan kadar amoniak pada urine (Sumarlin, 2008).

Untuk menjadikan LCPKS sebagai pupuk organik berkualitas, maka diperlukan proses pengolahan yang bertujuan untuk meningkatkan kandungan unsur hara serta mendegradasi bahan organik (bahan terlarut dan tersuspensi). Alternatif pengolahan yang dapat dilakukan antara lain adalah dengan pengolahan secara kimia menggunkan mineral zeolit.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi bahwa pengolahan secara kimia Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit kolam pengasaman dengan menggunakan mineral zeolit dapat menghasilkan LCPKS sebagai pupuk organik berkualitas.

BAHAN DAN METODE

Pelaksanaan penelitian dilakukan pada beberapa kolam pengolahan LCPKS di PT. Sumbertama Nusa Pertiwi Kecamatan Kumpeh Hulu Kabupaten Muaro Jambi dan di Laboratorium. Penelitian berlangsung selama 3 bulan.

Penelitian ini menggunakan mineral zeolit powder 60 mesh jenis klinoptilolit dari Gunung Kidul Jogyakarta dan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit berasal dari PT. Sumbertama Nusa Pertiwi. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan 4 taraf perlakuan merupakan perlakuan pemberian mineral zeolit. Faktor perlakuan yang diteliti adalah faktor zeolit, terdiri dari 4 taraf (w/v) yaitu:

Z0 = 0% zeolit
Z1 = 5% zeolit
Z2 = 10% zeolit
Z3 = 15% zeolit

Limbah cair pabrik kepala sawit diambil pada kedalaman 1 – 2 m dari permukaan kolam dengan mengunakan ember ukuran 5 liter. LCPKS dimasukkan ke dalam botol fermentasi terdiri dari 4 botol dan diulang 3 kali dengan volume @ 1000 ml sehingga terdapat 12 buah botol fermentasi.

LCPKS yang sudah disiapkan diletakkan dalam ruang terbuka kemudian botol fermentasi ditutup rapat, sebelumnya dimasukkan zeolit ke dalam botol fermentasi yang terlebih dahulu telah diaktivasi lewat pemanasan pada suhu 150°C selama 15 menit dan diinkubasi dengan WPH 4 minggu dan dosis zeolit sesuai perlakuan.

Selanjutnya dilakukan pengamatan dengan melakukan analisis terhadap kandungan LCPKS terdiri dari; pH (H_2O), N (destruksi Kjehldahl), P (spektofotometri), K (AAS), BOD (metode Winkler), Al dan Fe. Selanjutnya dilakukan analisis karakteristik zeolit. Analisis zeolit dan LCPKS dilakukan di Laboratorium Pengujian Tekmira, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara Bandung.

Data hasil pengamatan dianalisa menggunakan analisis ragam. Untuk membandingkan rerata setiap variable digunakan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%. Selanjutnya uji multi korelasi juga dilakukan untuk mengetahui tingkat hubungan antar variabel terikat yang diamati. Data hasil pengamatan dianalisa menggunakan bantuan Excel Wordsheet dan Statistical Analisis System Versi 17.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Zeolit

Zeolit yang digunakan dalam penelitian ini adalah zeolit powder 60 mesh jenis klinoptilolit dari Desa Gedang Sari Gunung Kidul Yogyakarta dengan kandungan SiO_2 78,11%, Fe_2O_3 0,69%, Al_2O_3 3,94%, CaO 2,10%, K_2O 0,30%, MgO 0,24%, Na_2O 1,54%, DHL 0,06 dS/m, bobot isi 2,2 g/cm^3 , volume rongga 35% dari volume zeolit, kadar air 11,19%, pH 7,2 dan memiliki Kapasitas Tukar Kation 154,17 $cmol(+)kg^{-1}$

Hasil analisis satistik perlakuan pemberian zeolit pada LCPKS kolam pengasaman dan berpengaruh sangat nyata terhadap nilai pH, kadar N-total, P-total, K, BOD, Fe dan kadar Al. Perlakuan zeolit pada LCPKS pada kolam tersebut juga berpengaruh sangat nyata terhadap nilai efisiensi adsorpsi N, P, K, Fe dan Al oleh zeolit.

Tabel 1. Nilai rerata beberapa sifat kimia limbah cair pabrik kelapa sawit kolam pengasaman sebagai pengaruh perlakuan zeolit

Zeolit %)	N-total (g l^{-1})	P-total (g l^{-1})	K (g l^{-1})	pH	Al (mg l^{-1})	Fe (mg l^{-1})	BOD (g l^{-1})
0	1,98 a	0,73 a	0,81 a	5,06 a	4,83 d	27,75 d	19,26 d
5	2,38 b	0,94 b	1,02 b	5,79 b	4,12 c	23,16 c	11,59 c
10	2,57 b	0,92 b	1,03 b	6,84 c	3,40 b	7,39 b	4,09 b
15	2,52 b	0,90 b	0,85 a	7,58 d	2,21 a	4,51 a	0,88 a

Angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada setiap kolom adalah berbeda tidak nyata (Uji DMRT α = 0,05).

Nilai rata-rata N-total LCPKS (Tabel 1) kolam pengasaman pengaruh perlakuan zeolit 10% menghasilkan kadar tertinggi, berbeda tidak nyata dengan perlakuan zeolit 5% dan berbeda nyata dengan tanpa pemberian zeolit . Pemberian zeolit 10% pada LCPKS KP dapat meningkatkan kadar N-total sebesar 29,79%. LCPKS yang diberi zeolit 5% memberikan hasil tertinggi terhadap P-total pada KP, berbeda tidak nyata dengan zeolit 10% dan berbeda nyata dengan pemberian zeolit 15% dan tanpa zeolit. P-total meningkat 28,77% jika dibandingkan dengan tanpa pemberian zeolit.

Hasil analisis statistik pengaruh utama zeolit terhadap K-total LCPKS (Tabel 1) memperlihatkan bahwa pemberian zeolit 10% pada LCPKS KP memberikan hasil tertinggi, berbeda tidak nyata dengan pemberian zeolit 5% dan berbeda nyata dengan tanpa pemberian zeolit dan zeolit 15%. Kadar K-total LCPKS KP meningkat 27,17% setelah diberi zeolit.

Pemberian zeolit ternyata dapat meningkatkan nilai pH LCPKS KP. Pemberian zeolit 10% pada KP dapat meningkatkan pH dari masam menjadi netral. Zeolit dapat menurunkan kadar Fe, Al dan BOD LCPKS pada taraf 15%. Pada KP terjadi penurunan Fe sebesar 83,75%, Al 52,24% dan BOD 95,43%.

Tabel 2. Efisiensi adsorpsi (%) hara oleh zeolit pada limbah cair pabrik kelapa sawit kolam pengasaman sebagai pengaruh perlakuan zeolit

Zeolit (%)	N	P	K	Al	Fe
5	3,46 a	1,42 a	3,62 a	10,41 a	19,55 a
10	17,81 b	6,81 b	10,15 b	30,13 b	19,61 a
15	43,84 c	8,80 c	15,23 c	43,53 c	43,58 b

Angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada setiap kolom adalah berbeda tidak nyata (Uji DMRT α = 0,05).

Nilai rata-rata efisiensi adsorpsi hara LCPKS oleh zeolit (Tabel 2) terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi zeolit yang ditambahkan pada LCPKS maka akan semakin besar kemampuan zeolit mengadsorpsi unsur N, P, K, Al dan Fe . Pemberian Zeolit 15% pada KP menghasilkan nilai efisiensi adsorpsi tertinggi. Efisiensi adsorbsi unsur hara LCPKS KP oleh zeolit terbesar terjadi pada adsorpsi unsur N yaitu sebesar 43,84% kemudian diikuti oleh adsorpsi unsur Fe, Al, K dan P masing-masing sebesar 43,58%, 43,53%, 15,23 dan 8,80%.

Analisis multi korelasi variabel N-total, P-total dan K LCPKS sebagai pengaruh perlakuan zeolit dan WPH (Tabel 3) memperlihatkan bahwa kadar N-total berkorelasi positif sangat nyata dengan P-total, pH dan K serta berkorelasi negatif dengan kadar Al, Fe dan BOD pada LCPKS. Peningkatan kandungan N-total akan menyebabkan terjadinya penurunan kadar Al, Fe dan BOD LCPKS serta peningkatan P-total, K dan pH. Kadar P-total berkorelasi positif sangat nyata dengan N-total, K dan pH serta berkorelasi negatif dengan kadar Al, Fe dan BOD. Peningkatan kadar P-total akan diikuti peningkatan N-total, K dan pH serta diikuti penurunan Al, Fe dan BOD pada LCPKS. Selanjutnya kadar K berkorelasi positif sangat nyata dengan N-total, P-total dan pH serta berkorelasi negatif tidak nyata dengan kadar Al, Fe dan BOD pada LCPKS KP.

Tabel 3. Korelasi variabel kadar N, P dan K LCPKS dengan variabel kadar Al, Fe BOD dan nilai pH pada KP sebagai pengaruh perlakuan zeolit

No	Variabel	Nilai Koefisien Korelasi						
		N-total	P-total	K	Al	Fe	BOD	pH
1	N-total	-	+0,51**	+0,38**	-0,41**	-0,51**	-0,48**	+0,41**
2	P-total	+0,51**	-	+0,78**	-0,49**	-0,48**	-0,54**	+0,43**
3	K	+0,38**	+0,78**	-	$-0,05^{ns}$	$-0,09^{ns}$	$-0,08^{ns}$	$+0,02^{ns}$

Keterangan:
* * Sangat Nyata α = 0,01
* Nyata α = 0,05
ns = Tidak Nyata

Kandungan N, P dan K LCPKS KP tidak mengalami penurunan. Sementara itu kualitas LCPKS sesuai baku mutu limbah, kadar BOD LCPKS KP menurun dari 19260 mg l^{-1} menjadi 880 mg l^{-1}. Nilai pH LCPKS KP meningkat dari 5,06 menjadi 7,58. Kadar Fe dan Al LCPKS KP menurun dari 27,75 mg l^{-1} menjadi 4,51 mg l^{-1} .

Menurut Ersoy dan Celik (2003), zeolit merupakan bahan katalis yang memiliki sifat stabilitas dan selektivitas dalam meningkatkan proses perombakan senyawa organik kondisi anaerob baik yang terlarut maupun yang tersuspensi dari berat molekul

besar (polimer) menjadi senyawa organik sederhana (monomer) yang didukung oleh sifat medan elektrostatik zeolit dan peran struktur ruang pori zeolit. Selain itu zeolit merupakan bahan pengadsorpsi, penetralisir pH dan mudah melakukan pertukaran ion. Kondisi ini menyebabkan zeolit dapat meningkatkan kadar N, P dan K LCPKS setelah dilakukan pengolahan .

Unsur N P dan K dari hasil perombakan senyawa organik LCPKS langsung dapat diadsorpsi oleh zeolit terlihat dari hasil penelitian (Tabel 2) bahwa nilai efisiensi adsorpsi zeolit terhadap unsur N P dan K masing-masing dapat mencapai 48,85%, 8,80% dan 65,68%. Dijelaskan oleh Li *et al*. (2000), bahwa zeolit memiliki kemampauan mengadsorpsi anion PO_4^{-3} dan SO_4^{-2} serta kation NH_4^+. Hasil penelitian Sumarlin (2008) diperoleh bahwa pemberian zeolit 20% pada urine dapat mengurangi hilangnya unsur N, karena N diadsorbsi oleh zeolit sebesar 21,27 mg l^{-1} dalam bentuk ammonium. Hasil penelitian Susanti dan Panjaitan (2010), diperoleh bahwa pemberian zeolit pada kompos dapat meningkatkan kadar N-total dan P kompos karena kehilangan N dan P pada kompos dapat ditekan oleh zeolit.

Zeolit dapat meningkatkan pH LCPKS karena peranannya sebagai katalis asam dan penetralisir pH. Hasil penelitian Susanti dan Panjaitan (2010) menjelaskan bahwa pemberian zeolit pada kompos dengan proses dekomposisi selama 3 minggu dapat meningkatkan pH kompos, ketersediaan N,P dan K serta menurunkan nisbah C/N kompos. Peningkatan pH oleh zeolit dimungkinkan karena kation-kation basa yang terdapat pada zeolit seperti Ca K dan Mg dapat dipertukarkan dengan ion H^+ dan Al^{3+}. Ano dan Ubachi (2007) menjelaskan bahwa Ca yang dibebaskan akan mengalami hidrolisasi. Hidroksida membentuk reaksi dengan ion almunium dapat larut pada larutan untuk menghasilkan $Al(OH)_3$ yang tidak larut. Hidroksida dari kalsium hidroksida juga bereaksi dengan ion hydrogen membentuk air.

Hasil penelitian didapat bahwa peningkatan pH LCPKS diikuti peningkatan N P dan K serta penurunan kadar Al dan Fe (Tabel 3). Hal ini dimungkinkan karena zeolit pada PSCPKS selain dapat melepaskan atau mempertukarkan kation-kation basa yang bereaksi dan dapat menghasilkan Al hidroksida, juga dapat mengadsorpsi Fe dan Al. Efisiensi Adsorpsi Fe dan Al oleh zeolit masing-masing dapat mencapai 62,54% dan 55,83% (Tabel 2). Hasil penelitian Kundari *et al*. (2010) diperoleh bahwa Limbah cair yang mengandung logam besi dan mangan dapat diolah dengan menggunakan zeolit, karena zeolit efektif sebagai adsorben Fe dan Mn. Hasil penelitian Karamah *et al*. (2010) mendapatkan bahwa zeolit dapat mengadsorpsi Fe pada limbah yang mengandung logam Fe, Cu, Ni dan ammonia sebesar 93,3% pada pH 8.

Hasil penelitian didapat bahwa zeolit dapat menurunkan kebutuhan oksogen biologi atau BOD yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri dalam menguraikan bahan organik LCPKS (Tabel 1). Dari hasil uji korelasi (Tabel 3) didapat bahwa peningkatan Unsur N P dan K LCPKS akan diikuti penurunan kadar BOD sebagai pengaruh pemberian zeolit. Penurunan BOD terjadi karena mineral zeolit memiliki struktur berongga dengan bobot isi 2,2 g/cm^3 dan volume rongga 35% dari volume zeolit yang berisi oksigen yang dapat dilepas dan dapat meningkatkan proses penguraian bahan organik. Hasil penelitian Simanjuntak (2009) dijelaskan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara BOD dengan kadar N P dan K LCPKS serta berkorelasi positif sangat nyata. Selanjutnya Fungaro (2002) menjelaskan bahwa zeolit memiliki kerangka terbuka terbentuk dari unit dasar pembangun dasar primer yang membentuk unit dasar pembangun sekunder dan begitu seterusnya. Morfologi dan struktur Kristal zeolit terdiri dari rongga-rongga yang berhubungan ke segala arah yang menyebabkan permukaan zeolit meluas. Kondisi ini sangat mendukung proses pertukaran gas dan fungsi adsorpsi gas oleh zeolit. Feuerstein *et al*. (2000), mendapatkan bahwa zeolit dapat mengadsorpsi gas N_2, CH_4, SO_2,SO_3 dan gas NH_3.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulan bahwa perlakuan pemberian zeolit pada LCPKS sangat mempengaruhi kadar unsur hara LCPKS. Pemberian zeolit 10% pada LCPKS Kolam Pengasaman memberikan kadar N, P, K, yang lebih tinggi serta BOD dan pH sesuai standar baku mutu limbah . Pemberian zeolit 15% pada LCPKS Kolam Pengasaman memberikan nilai efisiensi adsorpsi N, P, dan K yang lebih tinggi

DAFTAR PUSTAKA

Ano. A.O. and C.I.Ubochi. 2007. Neutralization of soil acidity by animal manures: mechanism of reaktionn. Africa Journal Biotechnol. 6(4): 364-368.

Djajadi. Helianto.B dan Hidayah,N. 2010. Pengaruh media tanam dan frekuensi pemberian air terhadap sifat fisik, kimia dan biologi tanah serta pertumbuhan jarak pagar. Jurnal Littri. 16(2): 64-69.

Dhayat.N.R. 2011. Bioremediasi lumpur minyak bumi dengan zeolit dan mikroorganisme serta pengujiannya terhadap tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria*). http://www.google.com. (diakses 23 Desember 2011).

Endro.K. 2008. Optimasi pemanfaatan zeolit alam dari gunung kidul untuk reduksi kadar cesium dalam limbah radioaktif. Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir, Batan. Yogyakarta.

Ersoy.B dan Celik.M.S. 2003. Effect of hydrocarbon chain length on adsorption of cationic onto clinoptilolite. Journal Clays and Clays Minerals. 51: 172-180.

Fungaro. D.A. 2002. Removal of toxic metals from waters using zeolites from coal . Journal of Environmental Quality. 2: 116-120.

Feuerstein.M, Accardi.R.J & Lobo.R.F. 2000. Adsorption of nitrogen and oxygen in the zeolit. Journal Phys.Chem., 104: 1082-1087.

Jabri.A. 2008. Kajian metode penetapan kapasitas tukar kation zeolit sebagai pembenah tanah untuk lahan pertanian terdegradasi. Jurnal Standardisasi. 10(2): 56-69.

Karamah.E.F, Syafrizal dan Sari.A.N. 2010. Pengolahan limbah campuran logam Fe, Cu, Ni dan ammonia menggunakan metode flotasi-filtrasi dengan zeolit alam Lampung sebagai bahan pengikat. Proseding Seminar Nasional Teknik Kimia Lembaga Penelitian UGM. 26 Januari 2010.Yogyakarta.

Kundari.N.A, Susanto.A, Prihatiningsih.M.C. 2010. Adsorpsi Fe dan Mn dalam limbah cair dengan zeolit alam. Seminar Nasional VI Sdm Teknologi Nuklir Yogyakarta, 18 November 2010 . ISSN 1978-0176. Hal. 705-710.

Li. Z, Allesi. D dan Allen. L. 2000 . Influence of quartenary ammonium of sorption of selected metal cations onto clinoptilolite zeolite. Journal of Environmental Quality. 31: 1106-1114

Ma. A.N. 2000. Management of palm oil industrial effluent. In. Basiron,Y., B.S. Jailani and k.w. Chan . Advances in oil palm research. Vol II. Malaysian palm oil board. Ministry of primary industrie . Malaysia.

Nursanti.I, Budianta. D, Napoleon. A dan Parto.Y. 2013. Zeolite as a catalyst and nutrient adsorbent an organic fertilizer processing derived from palm oil mill effluent. Malaysian Journal of Soil Science. *In press.*

Oste.L.A, Lexmond.T.M, and Riemsdijk.V. 2002. Metal immobilization in soils using synthetic zeolites. Journal of Environmental quality. Proquest Research Library.31: 813-821.

Sumarlin.L.O, Muharam.S dan Vitaria.A. 2008. Pemerangkapan ammonium (NH_4^+) dari urine dengan zeolit pada berbagai variasi konsentrasi urine. Jurnal Valensi. 1(3): 110-117.

Susanti.P.D dan Panjaitan.S. 2010. Manfaat zeolit dan rock phosphat dalam pengemposan limbah pasar. Prosiding Standardisasi 4 Agustus 2010. Banjarmasin. ISSN 2000-0188.

Simanjuntak.H. 2009. Studi korelasi antara BOD dengan unsur hara N, P dan K dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit . Tesis. Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara Medan.

Vaulina. E. 2002. Potensi zeolit alam sebagai absorban logam-logam berat pada limbah perairan. Majalah Ilmiah Universitas Jenderal soedirman. Purwokerto. 2(28): 1-8.