

## **PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT KOLAM ANAEROB SEKUNDER I MENJADI PUPUK ORGANIK MELALUI PEMBERIAN ZEOLIT**

Ida Nursanti<sup>(1)</sup>, Dedik Budianta<sup>(2)</sup>, A.Napoleon<sup>(2)</sup> dan Yakup Parto<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Fakultas Pertanian Universitas Batanghari, Jl.Slamet Riyadi , Jambi,

<sup>(2)</sup>Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, Indralaya 30661 Sumatera Selatan  
Surel : ida\_unbari@yahoo.co.id

### **ABSTRACT**

Palm oil mill effluent (POME) can not be directly used as an organic fertilizer source due to the high contents of BOD (Biological Oxygen Demand) compound thus it will be causing low environment quality. To increase the high quality of organic fertilizer obtained, the liquid waste need to be processed in order to decrease the BOD, to degrade both the soluble and suspension materials and organic materials. The aim of the research is to learn the effect of zeolite utilization and duration of hydrolysis process in order to increase the nutrients content and to decrease the BOD of POME. The research was conducted at the PT Sumbertama Nusa Pertiwi Jambi, Indonesia on August 2012 until February 2013. The sample of POME was taken from the inlet of the Anaerobic secondary pool. There were several doses of zeolite as treatments which are (0%, 5%, 10%, 15%) respectively, and several durations of hydrolysis process which are (1, 2, 3 and 4 weeks). POME was added by active zeolite and it was fermented with different hydrolysis process as mentioned above. The result of the research showed that the application of zeolite and duration of hydrolysis process significantly affected the pH, N, P, K, BOD and absorption of N, P, K by zeolite. It can be concluded that the 5% of zeolite incubated in two weeks duration of hydrolysis process produced the higher nutrient of N, P, K with BOD and pH matched with waste quality standard.

Keyword: palm oil mill effluent, zeolite, hydrolysis process duration, nutrient content.

### **PENDAHULUAN**

Limbah cair pabrik kelapa sawit berwarna kecoklatan, terdiri dari padatan terlarut dan tersuspensi berupa koloid dan residu minyak dengan kandungan COD dan BOD tinggi 68.000 mg L<sup>-1</sup> dan 27.000 mg L<sup>-1</sup>, 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 (Total Suspensi Solid) LCPKS tinggi sekitar 1.330 – 50.700 mg L<sup>-1</sup>, besi (Fe) 46,5 mg L<sup>-1</sup> dan seng (Zn) 2,3 mg L<sup>-1</sup> serta amoniak 35 mg L<sup>-1</sup> (Ma, 2000).

Limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) tidak dapat secara langsung dimanfaatkan sebagai pupuk organik karena dapat menurunkan kualitas lingkungan. Standar kualitas LCPKS mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2003 dengan kadar BOD sekitar 3000 – 5000 mg L<sup>-1</sup> dan pH 6,5 – 7,5.

Pengolahan yang sering dilakukan di pabrik pengolahan kelapa sawit terdiri dari; pengolahan pada kolam *Fat Pit*, kolam pembiakan, kolam pengasaman, kolam netralisasi, kolam perombakan anaerob primer I, kolam perombakan anaerob primer II, kolam pematangan anaerob sekunder I dan II, kolam aerob, kolam sedimentasi, kolam fakultatif dan bak pengontrol. Proses pengolahan ini membutuhkan waktu penahanan hidrolisis (WPH) 150 s/d 220 hari. Kondisi pengolahan ini mempunyai beberapa kekurangan antara lain; menimbulkan masalah bau dan kontaminasi tanah di daerah sekitar kolam, membutuhkan areal kolam yang cukup luas, hasil samping pengolahan berupa gas metan dan memerlukan pemeliharaan secara periodik untuk membuang lumpur yang terakumulasi di dasar kolam serta terjadinya penurunan kadar unsur hara (Raharjo, 2006).

LCPKS pada kolam anaerobik primer dengan WPH 75 hari, menghasilkan LCPKS dengan kisaran *biochemical oxygen demand* (BOD) 3.500- 5.000 mg L<sup>-1</sup> (Pamin *et al*, 1996). Raharjo (2009) menjelaskan bahwa hasil kolam anaerobik LCPKS dengan WPH 40 hari yang dilanjutkan ke kolam aerobik WPH 60 hari dapat menurunkan *biochemical oxygen demand* (BOD) dengan kisaran 200-230 mg L<sup>-1</sup>. BOD akan menurun dari 27.000 menjadi 2.500 mg L<sup>-1</sup> dan diikuti dengan penurunan kandungan unsur hara N P dan K pada LCPKS sampai 40% setelah dilakukan pengolahan standar pabrik pada kolam anaerob sekunder jika dibandingkan dengan sebelum dilakukan pengolahan (Budianta, 2005). Penurunan BOD setelah dilakukan pengolahan akan diikuti dengan penurunan kandungan unsur hara N, P dan K dari limbah cair pabrik kelapa sawit (Simanjuntak, 2009).

Kandungan N-Total LCPKS pada kolam anaerob sekunder I 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 dengan kadar K pada kolam pengasaman menurun sebesar 75,04% di kolam aerob (Nursanti *et al.*, 2013).

Zeolit merupakan mineral 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<sub>2</sub>O, 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<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S dan NH<sub>3</sub>, 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, soil conditioner dan pengontrol cadangan air. Selanjutnya dijelaskan juga bahwa pemberian zeolit hendaknya dikombinasikan dengan pupuk organik (Jabri, 2008).

Pemberian zeolit 0,5 kg pada kompos 0,216 m<sup>3</sup> 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 sebanyak 5% zeolit pada tanah pasir meningkatkan populasi bakteri dan populasi jamur (Djajadi *et al.*, 2010). Zeolit pada lumpur minyak bumi yang diinkubasi selama 6 minggu dengan zeolit 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 karena zeolit memiliki kapasitas retensi P yang tinggi serta sebagai adsorben dan *slow release nutrisi* (Gu *et al.*, 2011). Pemberian zeolit 20% pada urine dapat mengurangi hilangnya unsur N, karena N diadsorpsi oleh zeolit sebesar 21,27 mg L<sup>-1</sup> 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 diperlukan proses pengolahan yang bertujuan untuk menurunkan kandungan BOD, COD dan TSS, meningkatkan pH, meningkatkan kandungan unsur hara serta mendegradasi bahan

organik (bahan terlarut dan tersuspensi). Tujuan penelitian adalah mempelajari pengaruh pemberian zeolit dan waktu penahanan hidrolisis terhadap kadar N, P, K dan BOD serta mendapatkan dosis zeolit dan waktu penahan hidrolisis terbaik dalam meningkatkan kadar hara N, P, K dan BOD sesuai standar baku mutu pada LCPKS kolam anaerob sekunder I.

## **BAHAN DAN METODE**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Zeolit powder 60 mesh jenis klinoptilolit diambil dari Desa Gedang Sari, Gunung Kidul, Yogyakarta dan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit kolam anaerob sekunder I berasal dari PT. Sumbertama Nusa Pertiwi Provinsi Jambi. Sedangkan alat yang digunakan adalah botol fermentasi serta alat dan bahan analisis LCPKS.

Penelitian ini dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial dengan dua faktor perlakuan tiga ulangan, menggunakan sumber LCPKS pada kolam Anaerob sekunder I. Faktor yang diteliti adalah : Faktor Zeolit, terdiri dari 4 taraf (w/v) yaitu: Z0 = 0%, zeolit, Z1 = 5% zeolit, Z2 = 10% zeolit, Z3 = 15% zeolit. Waktu penahanan hidrolisis, terdiri dari : H1= 1 minggu, H2 = 2 minggu, H3 = 3 minggu, H4 = 4 minggu. LCPKS dimasukkan dalam botol fermentasi, selanjutnya dimasukkan zeolit yang terlebih dahulu telah diaktivasi lewat pemanasan pada suhu 150°C selama 15 menit dan difermentasi dengan WPH dan dosis zeolit sesuai perlakuan.

Analisis terhadap kandungan LCPKS terdiri dari ; pH (H<sub>2</sub>O), N (destruksi Kjeldahl), P (spektrofotometri), K (AAS), BOD (metode Winkler). Analisis adsorpsi N, P, dan K oleh zeolit.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Karakteristik Zeolit dan LCPKS**

LCPKS yang digunakan berasal dari *in let* kolam anaerob sekunder I memiliki kadar C-Organik 5,52%, C/N 30.81, N-total 0.18%, P-total 0.07%, K 0.06%, COD 10082 mg L<sup>-1</sup>, BOD 7333 mg L<sup>-1</sup>, TSS 7928 mg L<sup>-1</sup> dan nilai pH 6.1. Zeolit yang digunakan dalam penelitian ini adalah zeolit powder 60 mesh jenis klinoptilolit dari

Desa Gedang Sari Gunung Kidul Yogyakarta dengan kandungan  $\text{SiO}_2$  78.11%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0.69%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  3.94%,  $\text{CaO}$  2.10%,  $\text{K}_2\text{O}$  0.30%,  $\text{MgO}$  0.24%, volume rongga 35% dari volume zeolit, kadar air 11.19%, pH 7.2 dan memiliki Kapasitas Tukar Kation  $154.17 \text{ cmol}_{(+)}\text{kg}^{-1}$ .

### **Pengaruh Zeolit terhadap Kadar Hara Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit**

Pemberian zeolit pada LCPKS kolam anaerob sekunder I berpengaruh sangat nyata terhadap nilai pH, kadar N-total, P-total, K, dan BOD. Perlakuan zeolit pada LCPKS kolam tersebut juga berpengaruh sangat nyata terhadap nilai efisiensi adsorpsi N, P, dan K oleh zeolit.

Pengaruh perlakuan zeolit 15% pada LCPKS kolam anaerob sekunder I menghasilkan kadar N-total tertinggi, berbeda nyata jika dibandingkan dengan tanpa pemberian zeolit. Kadar N-total LCPKS KAS I meningkat 47,97% setelah diberi zeolit. LCPKS KAS I yang diberi zeolit 5% memberikan hasil tertinggi pada nilai rerata P-total, berbeda nyata dengan pemberian zeolit 15% dan tanpa zeolit serta berbeda tidak nyata dengan pemberian zeolit 10%. P-total LCPKS KAS I meningkat 29,82% setelah diberi zeolit 5% (Tabel 1).

Pengaruh utama zeolit terhadap K-total LCPKS (Tabel 1) memperlihatkan bahwa kadar K-total meningkat 36,51% setelah diberi zeolit 5%, hasil ini berbeda nyata dengan semua taraf perlakuan zeolit. Pemberian zeolit 5% dapat meningkatkan pH sebesar 0,57 poin jika dibandingkan dengan tanpa zeolit dan pH meningkat sebesar 1,57 poin setelah diberi zeolit 15%. Dari Tabel 1 terlihat bahwa zeolit dapat menurunkan kadar BOD LCPKS pada taraf 15%, terjadi penurunan BOD sebesar 92,68%.

Nilai rata-rata efisiensi adsorpsi hara LCPKS oleh zeolit (Tabel 4) terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi zeolit yang ditambahkan pada LCPKS maka akan semakin besar kemampuan zeolit mengadsorpsi unsur N, P, dan K. Efisiensi adsorpsi terbesar terdapat pada adsorpsi unsur N, K dan P masing-masing sebesar 26,30%, 13,19% dan 6,92%.

### **Pengaruh Waktu Penahanan Hidrolisis terhadap Kadar Hara Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit**

Waktu penahanan hidrolisis (WPH) pada LCPKS kolam anaerob sekunder I berpengaruh sangat nyata terhadap nilai pH, kadar N-total, P-total dan BOD, sedangkan kadar K berpengaruh tidak nyata. Perlakuan WPH berpengaruh nyata terhadap efisiensi adsorpsi K, dan tidak nyata terhadap N, dan P (Tabel 3).

Pengaruh utama perlakuan WPH bervariasi terhadap setiap unsur hara yang dianalisis. Kadar BOD terendah dicapai pada perlakuan 4 minggu. Pada Tabel 4 terlihat bahwa nilai rata-rata efisiensi adsorpsi unsur hara oleh zeolit sebagai pengaruh perlakuan WPH memperlihatkan bahwa nilai tertinggi untuk adsorpsi unsur N dan K dicapai pada minggu minggu ke-4.

### **Interaksi Perlakuan Zeolit dan Waktu Penahanan Hidrolisis terhadap Kadar Hara Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit**

Pemberian zeolit dan perlakuan WPH memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kadar N, P, K, BOD, dan nilai pH. Interaksi perlakuan zeolit dan WPH berpengaruh sangat nyata terhadap efisiensi adsorpsi P dan K. Kadar unsur hara dan nilai pH pengaruh perlakuan zeolit dan WPH memperlihatkan bahwa terdapat perbedaan kadar LCPKS antara yang diberi perlakuan zeolit dan WPH dengan yang tidak diberikan perlakuan zeolit dan diberi perlakuan WPH.

Kadar N-total tertinggi sudah dicapai pada perlakuan zeolit 5% dan WPH 2 minggu baik sebesar  $1,82 \text{ g L}^{-1}$ . Kadar P-total tertinggi terdapat pada perlakuan 5% zeolit WPH 1 minggu sebesar  $0,78 \text{ g L}^{-1}$ . Nilai rata-rata kadar K tertinggi pada perlakuan zeolit 5% dan WPH 4 minggu sebesar  $0,90 \text{ g L}^{-1}$  (Tabel 5). Semakin tinggi jumlah zeolit yang diberikan dan semakin lama waktu penahanan hidrolisis maka nilai pH LCPKS juga mengalami peningkatan. Nilai pH netral sudah bisa dicapai pada perlakuan 0% zeolit dan WPH 1 minggu. Selanjutnya semakin besar kadar zeolit dan semakin lama WPH, maka akan diikuti dengan penurunan kadar BOD.

Nilai rata-rata efisiensi adsorpsi hara LCPKS oleh zeolit terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi zeolit yang ditambahkan pada LCPKS maka akan semakin besar kemampuan zeolit mengadsorpsi unsur N, P, dan K. Efisiensi adsorpsi N dan P tertinggi pada perlakuan 10% zeolit dan WPH 1 minggu yaitu sebesar 23,51% dan 9,99%.

Efisiensi adsorpsi unsur K tertinggi didapat pada perlakuan zeolit 15% dan WPH 4 minggu sebesar 15,61%.

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 elektrostatis 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. Dijelaskan oleh Li *et al.* (2000), bahwa zeolit memiliki kemampuan mengadsorpsi anion  $\text{PO}_4^{-3}$  dan  $\text{SO}_4^{-2}$  serta kation  $\text{NH}_4^+$ . Hasil penelitian Sumarlin (2008) diperoleh bahwa pemberian zeolit 20% pada urine dapat mengurangi hilangnya unsur N, karena N diadsorpsi oleh zeolit sebesar  $21,27 \text{ mg L}^{-1}$  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  $\text{H}^+$  dan  $\text{Al}^{3+}$ . Ano dan Ubochi (2007) menjelaskan bahwa Ca yang dibebaskan akan mengalami hidrolisis. Hidroksida membentuk reaksi dengan ion aluminium dapat larut pada larutan untuk menghasilkan  $\text{Al}(\text{OH})_3$  yang tidak larut. Hidroksida dari kalsium hidroksida juga bereaksi dengan ion hydrogen membentuk air.

Hasil penelitian didapat bahwa zeolit dapat menurunkan kebutuhan oksigen biologi atau BOD yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri dalam menguraikan bahan organik LCPKS. Penurunan BOD terjadi karena mineral zeolit memiliki struktur berongga dengan bobot isi  $2,2 \text{ g cm}^{-3}$  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  $NH_3$ .

Pengaruh utama waktu penahanan hidrolisis dalam mendukung terjadinya proses hidrolisis yaitu hidrolisa senyawa organik menjadi senyawa organik sederhana yang dilakukan oleh enzim-enzim ekstraseluler terhadap kadar LCPKS. Semakin lama WPH maka kadar N, P, K, dan BOD LCPKS cenderung mengalami penurunan, sebaliknya pH meningkat. Luturkey *et al.* (2010) menjelaskan bahwa proses biodegradasi senyawa organik dalam LCPKS melalui beberapa tahap proses yaitu proses hidrolisis, proses asidogenesis, proses asetogenesis dan proses metanogenesis.

Pengolahan limbah secara anaerob merupakan proses degradasi senyawa organik seperti karbohidrat, protein dan lemak yang terdapat dalam limbah cair oleh bakteri anaerob menjadi biogas yang terdiri dari  $CH_4$  (50-70%) dan  $CO_2$  (25-45%), serta  $N_2$ ,  $H_2$ ,  $H_2S$  dalam jumlah kecil. Proses anaerob umumnya digunakan untuk mengolah limbah cair dengan COD di atas  $4000 \text{ mg L}^{-1}$ , dan membutuhkan waktu yang cukup sehingga limbah tidak menjadi bahan pencemar (Luturkey *et al.*, 2010). Penurunan kadar N, P dan K terjadi karena adanya reduksi efluen limbah menjadi gas yang terbang dan penguraian bahan organik juga dimanfaatkan sebagai sumber energi bakteri perombak, serta pembentukan sel atau biomassa baru. Hal ini juga dijelaskan oleh Waluyo (2009) bahwa proses fermentasi limbah cair dalam kondisi anaerob memproses senyawa organik menjadi asam organik dan biogas. Sebagian besar hasil fermentasi berbentuk sumber energi, pembentukan sel baru dan menjadi gas terbang.

Senyawa-senyawa N di dalam limbah cair dapat berbentuk  $N_2$ ,  $NO_3^-$ ,  $NH_3$  dan  $NO_2^-$ , senyawa-senyawa N tersebut adalah senyawa terlarut. Nitrit tidak bertahan lama dan merupakan keadaan sementara untuk proses oksidasi amoniak dan nitrat. Posfat



yang terdapat di dalam limbah cair merupakan senyawa orthoposfa ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  dan  $\text{PO}_4^{3-}$ ), poliposfat atau senyawa polimer (heksameta Posfat, Tripoli Posfat, piro Posfat) dan posfat-organis (P yang terikat dengan senyawa organis). Setiap senyawa posfat tersebut terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi atau terikat di dalam sel organisme di dalam air. P-total merupakan P terlarut dan P tersuspensi. Penurunan kadar P-total di dalam limbah karena senyawa posfat dapat difiksasi oleh Al dan Fe serta di dalam sel mikroorganisme (Simanjuntak, 2009).

Pada proses fermentasi ion-ion bermuatan positif seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{K}^+$  dibebaskan dan berperan dalam meningkatkan pH LCPKS. Peranan ion kalsium yang terkandung dalam bahan organik dalam meningkatkan pH dijelaskan oleh Ano dan Ubochi (2007). Ketika bahan organik termineralisasi, maka ion Ca akan dibebaskan ke larutan. Pembebasan ini melalui dekarboksilase mikrobial dari kompleks kalsium-bahan organik. Ca yang dibebaskan mengalami hidrolisis. Hidroksida membentuk reaksi dengan ion Al atau Fe menghasilkan Al hidroksida dan Fe hidroksida yang tidak larut. Unsur Al dan Fe adalah termasuk logam amfoter yaitu penyebab kemasaman larutan.

## KESIMPULAN

Perlakuan zeolit dan WPH pada LCPKS kolam anaerob sekunder I sangat mempengaruhi kadar unsur hara LCPKS. Pemberian zeolit 5% dan WPH 2 minggu sudah dapat memenuhi BOD dan pH sesuai standar baku mutu limbah serta kadar N, P dan K cukup tinggi. Pemberian zeolit diikuti dengan perlakuan WPH pada LCPKS kolam anaerob sekunder I akan lebih baik jika dibandingkan dengan perlakuan WPH saja tanpa diberi zeolit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ano.A.O. and C.I.Ubochi. 2007. Neutralization of soil acidity by animal manures: mechanism of reaktion. *Africa Journal Biotechnol.* 6(4):364-368.
- Budianta,D. 2005. Potensi limbah cair pabrik kelapa sawit sebagai sumber hara untuk tanaman perkebunan. *Dinamika Pertanian.* 20(3):273-282.
- 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.



- 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.
- Gu.Z, Buyuksonmez.F, Gajaraj.S, and Edward.N.2 011. Adsorption of phosphate by goethite and zeolite: effects of humic substances from green waste compost.*ProQuest Agriculture Journals*. 19(3):197-204.
- Jabri.A. 2008.Kajian metode penetapan kapasitas tukar kation zeolit sebagai pembenah tanah untuk lahan pertanian terdegradasi. *Jurnal Standardisasi*. 10(2):56-69.
- Li. Z, Allesi. D dan Allen. L. 2000 . Influence of quaternary ammonium of sorption of selected metal cations onto clinoptilolite zeolite. *Journal of Environmental Quality*. 31 : 1106- 1114
- Luturkey.Y.A. Ahmad.A. dan Amraini.S.Z. 2010.Uji kinerja bioreaktor hibrid anaerobbermedia tandan kosong dan pelepah sawitdalam penyisihan COD limbah cair pabrikminyak sawit. *Prosiding Seminar Teknik Kimia*. ITB, Bandung.
- 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, Dedik.B, Napoleon.A dan Parto.Y. 2013. Zeolite utilization as a catalyst and nutrient absorbent in an organic fertilizer processing derived from palm oil mill effluent as a raw material. *International Journal of Mechanical and Material* . *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.
- Pamin.K, Siahaan.M.M, dan Tobing.P.L. 1996. Pemanfaatan limbah cair PKS pada perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Makalah Lokakarya Nasional Pemanfaatan Limbah Cair cara Land Application, 26-27 November 1996. Jakarta.
- Raharjo,P.N. 2009. Studi banding teknologi pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 10(1):9-18.
- Raharjo.P.N. 2006. Teknologi pengelolaan limbah cair yang ideal untuk pabrik kelapa sawit. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 2(1) : 66-72.
- 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 Indonesia.



- Sumarlin.L.O, Muharam.S dan Vitaria.A. 2008. Pemerangkapan ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) 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 fosfat dalam pengemposan limbah pasar. *Prosiding Standardisasi* 4 Agustus 2010.Banjarmasin.
- Vaulina. E. 2002. Potensi zeolit alam sebagai absorban logam-logam berat pada limbah perairan. *Majalah Ilmiah Universitas Jenderal Soedirman*.Purwokerto. 2(28): 1-8.
- Waluyo.L. 2009. *Mikrobiologi Lingkungan*. Edisi 2. UMM Press. Malang. 341 p.

## LAMPIRAN

Tabel 1. Nilai rerata kadar hara limbah cair pabrik kelapa sawit kolam anaerob sekunder I sebagai pengaruh perlakuan zeolit

Zeolit (%)	N-total (g L <sup>-1</sup> )	P-total (g L <sup>-1</sup> )	K (g L <sup>-1</sup> )	pH	BOD (g L <sup>-1</sup> )
0	1,23 a	0,57 a	0,63 a	6,61 a	6,42 d
5	1,63 b	0,74 c	0,86 c	7,18 b	3,03 c
10	1,14 a	0,73 c	0,75 b	7,60 c	0,89 b
15	1,82 c	0,70 b	0,82 c	8,18 d	0,47 a

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

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

Zeolit (%)	N	P	K
5	8,96 a	2,90 a	4,95 a
10	26,30 c	6,14 b	8,52 b
15	24,17 b	6,92 b	13,19 c

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

Tabel 3. Nilai rerata kadar hara limbah cair pabrik kelapa sawit kolam anaerob sekunder I sebagai pengaruh perlakuan waktu penahanan hidrolisis

WPH (minggu)	N-total (g L <sup>-1</sup> )	P-total (g L <sup>-1</sup> )	K (g L <sup>-1</sup> )	pH	BOD (g L <sup>-1</sup> )
1	1,37 a	0,70 b	0,73	7,24 b	3,28 d
2	1,49 b	0,69 b	0,75	7,17 a	2,81 c
3	1,50 b	0,68 ab	0,76	7,48 c	2,51 b
4	1,45 b	0,66 a	0,81	7,69 d	2,21 a

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

Tabel 4. Efisiensi adsorpsi (%) hara oleh zeolit pada limbah cair pabrik kelapa sawit kolam anaerob sekunder I sebagai pengaruh perlakuan waktu penahanan hidrolisis

WPH (minggu)	N	P	K
1	17,32 a	5,86 a	7,49a
2	18,88 a	5,52 a	8,32ab
3	20,25 a	4,98 a	9,18b
4	21,79 a	4,92 a	10,55c

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

Tabel 5. Nilai rerata kadar hara limbah cair pabrik kelapa sawit kolam anaerob sekunder I sebagai pengaruh kombinasi perlakuan zeolit dan waktu penahanan hidrolisis.

Zeolit (%)	WPH (minggu)	N-total (g L <sup>-1</sup> )	P-total (g L <sup>-1</sup> )	K (g L <sup>-1</sup> )	pH	BOD (g L <sup>-1</sup> )
0	1	1,34 ab	0,62 c	0,73bc	6,57 b	7,13 l
	2	1,25 a	0,59bc	0,65ab	6,32 a	6,79 k
	3	1,18 a	0,56 b	0,58 a	6,71 c	6,04 j
	4	1,15 a	0,51 a	0,54 a	6,81 d	5,75 i
5	1	1,19 a	0,78 h	0,83 c	6,70 c	4,32 h
	2	1,82 b	0,76gh	0,86 d	6,82 d	3,01 g
	3	1,70 b	0,70ef	0,85 c	7,46 f	2,76 f
	4	1,81 b	0,72 f	0,90 e	7,73 g	2,03 e
10	1	1,16 a	0,70ef	0,61 a	7,54 f	1,08 d
	2	1,07 a	0,73fg	0,72bc	7,37 e	0,95 cd
	3	1,22 a	0,72 f	0,84 c	7,61 fg	0,80 bc
	4	1,11 a	0,75gh	0,85 c	7,88 h	0,72 b
15	1	1,80 b	0,68de	0,79 c	8,10 i	0,61 ab
	2	1,85 b	0,66 d	0,81 c	8,16 i	0,50 a
	3	1,88 b	0,76gh	0,97ef	8,13 i	0,44 a
	4	1,73 b	0,69ef	0,74bc	8,32 j	0,32 a

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

Tabel 6. Efisiensi adsorpsi (%) hara oleh zeolit pada limbah cair pabrik kelapa sawit kolam anaerob sekunder I sebagai pengaruh kombinasi zeolit dan waktu penahanan hidrolisis

Zeolit (%)	WPH (minggu)	N	P	K
5	1	8,06a	1,71 a	3,47a
	2	8,52a	2,16 a	5,95bc
	3	8,98a	3,56 b	5,31ab
	4	10,28a	4,16 c	5,08ab
10	1	23,51bc	9,99 h	6,09bc
	2	25,56c	7,71 g	7,72cd
	3	29,44c	4,13 c	9,33de
	4	26,67c	2,70 a	10,95ef
15	1	28,06c	5,89 d	12,92f
	2	26,67c	6,71 e	11,30ef
	3	26,94c	7,24 f	12,92f
	4	25,00c	7,87 g	15,61g

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