

PENGARUH UKURAN PARTIKEL ZEOLIT TERHADAP KADAR N, P, K PADA LIMBAH CAIR KELAPA SAWIT KOLAM ANAEROB

The Effect Of Zeolite Particle Size On Nitrogen, Phosphorus And Potassium Levels On The Wastewater Of Palm Oil Anaerob Ponds

Dina Arfianti Saragih, Pada Mulia Raja
STIPER Agrobisnis Perkebunan, Medan

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of zeolite size on the levels of elements of nitrogen, phosphorus and potassium in the wastewater of palm oil anerob ponds that can produce nutrients that are good for the growth of oil palm plants. This research was conducted using Factorial Completely Randomized Design with one treatment factor, namely zeolite size with three levels, namely zeolite with particle size of 20 mesh (A1), zeolite with particle size of 40 mesh (A2), zeolite with particle size of 60 mesh (A3). With two weeks composting time with the addition of EM4 and holding time after zeolite administration for 2 weeks. The data obtained were analyzed by analysis of variance, and if the treatment was real or not real, a 5% test was performed. The results showed that the treatment of zeolite particle size significantly affected the parameters of nitrogen (N), Phosphor (P), Potassium (K) nutrients. The characteristics of the maturity of the compost are described as the color of the sample changes from clear yellow to brown darkness, smells like humus or soil and the reaction is slightly sour until neutral, there is a slight foam on the surface and the temperature follows room temperature. Significantly there is a sample added with zeolite with a particle size of 60 mesh, because the smaller the zeolite particles, the higher the results of the levels of Nitrogen, phosphorus and potassium due to the smaller zeolite particles react faster.

Key Words: zeolites, wastewater of palm oil anerob, nitrogen (n), phosphor (p), potassium (k)

PENDAHULUAN

Proses pengolahan tandan buah segar (TBS) menjadi minyak kelapa sawit akan dihasilkan sisa produksi berupa limbah padat dan limbah cair. Semakin banyak kelapa sawit yang diolah maka semakin banyak limbah padat dan limbah cair yang akan dihasilkan, sehingga diperlukan pemanfaatan limbah kelapa sawit yang tepat agar tidak menimbulkan dampak yang buruk bagi lingkungan.

Pengolahan LCPKS yang dilakukan di pabrik pengolahan kelapa sawit terdiri dari; pengolahan pada kolam fat pit, pengolahan pada kolam pembiakan, pengolahan pada kolam pengasaman, pengolahan pada kolam netralisasi, pengolahan pada kolam perombakan anaerob, pengolahan pada kolam aerob, pengolahan pada kolam sedimentasi, pengolahan pada kolam fakultatif dan pengolahan pada bak pengontrol. Proses pengolahan ini membutuhkan waktu penahanan hidrolisis (WPH) 150 hingga 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 gas metan dan memerlukan pemeliharaan secara periodik untuk membuang lumpur yang terakumulasi di dasar kolam serta terjadinya penurunan kadar unsur hara (Raharjo, 2006).

Raharjo (2009) menjelaskan bahwa hasil kolam anerobik LCPKS dengan WPH 40 hari yang dilanjutkan ke kolam aerobik WPH 60 hari dapat menurunkan BOD dengan kisaran 200-

230 mg/l. BOD akan menurun sebesar 27.000 menjadi 2.500 mg/l dan diikuti dengan penurunan kandungan unsur hara N P dan K pada LCPKS sampai 40% setelah dilakukan pengolahan standar pabrik pada kolam aerob sekunder jika dibandingkan dengan sebelum dilakukan pengolahan (Budianta, 2005). Penurunan BOD setelah dilakukan pengolahan akan diikuti penurunan kandungan unsur hara N P dan K dari LCPKS (Simanjuntak, 2009).

Kandungan N-Total LCPKS pada kolam anaerob 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. Kadar K pada kolam pengasaman menurun sebesar 75.04% di kolam aerob (Nursanti et al, 20013).

Zeolit merupakan mineral yang bermuatan negatif, yang dapat dinetralkan oleh logam-logam alkali atau tanah, memiliki pori-pori yang terisi ion K, Na, Ca, Mg, dan molekul H₂O, 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 dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

Penggunaan zeolit mampu menyerap logam berat pada limbah perairan seperti Pb, Hg, dan Cd (Vaulina, 2002). Zeolit dapat mengabsorpsi CO₂, H₂S, dan NH₃, serta mengurangi tercucinya unsur N. Pemanfaatan zeolit dibidang pertanian selama ini adalah : bahan untuk meningkatkan kualitas pupuk organik, bahan campuran untuk membuat pupuk lambat tersedia, soilconditioner dan pengontrol cadangan air. Dijelaskan juga bahwa pemberian zeolit hendaknya dikombinasikan dengan pupuk organik (Jabri, 2008).

Berdasarkan hal di atas, maka dilakukan penelitian pengaruh ukuran partikel zeolit dengan variasi partikel 20 mesh, 40 mesh, dan 60 mesh pada LCPKS kolam anaerob terhadap kadar N, P, K pada LCPKS.

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan pada penelitian ini adalah pemberian zeolit berdasarkan ukuran mesh pada LCPKS kolam anaerob 1, yaitu:

- ✓ Zeolit dengan ukuran partikel 20 mesh.
- ✓ Zeolit dengan ukuran partikel 40 mesh.
- ✓ Zeolit dengan ukuran partikel 60 mesh.

Jumlah ulangan adalah 3 unit ulangan dengan sampling (pemberian zeolit) terhadap LCPKS yang dilakukan secara acak.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pengerus porselin (Mortar), Saringan 20 mesh, 40 mesh, 60 mesh, Oven, Timbangan, pH Meter dan peralatan gelas kimia. Bahan-bahan yang digunakan zeolit dan LCPKS Limbah cair yang digunakan sebagai sampel pada penelitian ini adalah limbah cair yang berasal dari PKS Adolina. Limbah cair yang diambil sebagai sampel adalah limbah cair pada kolam anaerobik 1.

Persiapan Bahan Baku

Preparasi Zeolit Alam (Hartutik, dkk. 2012)

Zeolit dibubuk dengan pengerus porselin, kemudian diayak dengan menggunakan saringan dengan variasi ukuran partikel 20 mesh, 40 mesh, dan 60 mesh. Serbuk zeolit yang telah diayak di oven selama 5 jam dengan suhu 150°C.

Preparasi dan Karakterisasi LCPKS (Hartutik, dkk. 2012)

LCPKS hasil dari pengolahan kelapa sawit dianalisis kadar air, pH, kadar nitrogen, kadar fosfor, dan kadar kalium. Analisis kadar air dilakukan dengan metode pemanasan. Analisis pH dengan kertas lakmus atau pH meter. Analisis kadar N, P, K dilakukan dengan cara ; nitrogen dengan metode *Titrimetri*, sedangkan analisis fosfor dengan metode *spektrofotometri*, dan analisis kalium digunakan metode AAS.

Prosedur kerja*Fermentasi (Hartutik, dkk. 2012)*

Fermentasi dilakukan dengan 2 sampel dengan komposisi yaitu 2L limbah cair tanpa tambahan zat lain, dan 2L limbah cair dengan tambahan 200ml EM 4. masing masing diletakkan diatas wadah, kemudian sampel ditutup. Aerasi dan pengadukan dilakukan setiap 2 hari sekali untuk mengontrol kadar air bahan. Pengukuran suhu sampel dilakukan setiap hari hingga didapatkan suhu yang sama dengan suhu ruangan dan konstan hingga sampel matang yang dicirikan dengan warna bahan coklat kehitaman dan berbau seperti tanah. Masing masing kompos yang telah matang selanjutnya dipanen dan dikeringkan kemudian dianalisis kadar air, pH, dan kadar N, P, K yang terdapat pada kedua sampel dengan komposisi yang berbeda.

Aplikasi Kompos dan Zeolit pada Tanah (Hartutik, dkk. 2012)

Sampel limbah cair yang akan di amati sebanyak 3 buah sampel. Kemudian tambahkan zeolit diatas nya berdasarkan mesh yang berbeda di setiap wadah, yaitu sampel 1 dengan ukuran partikel 20 mesh, sampel 2 dengan ukuran partikel 40 mesh, sampel 3 dengan ukuran partikel 60 mesh. Diamkan sampel selama 2 minggu kemudian amati perubahan fisik dan analisis kadar pH, dan kadar N P K pada sampel 1,2, 3. lakukan percobaan berulang hingga 3 kali pada setiap sampel.

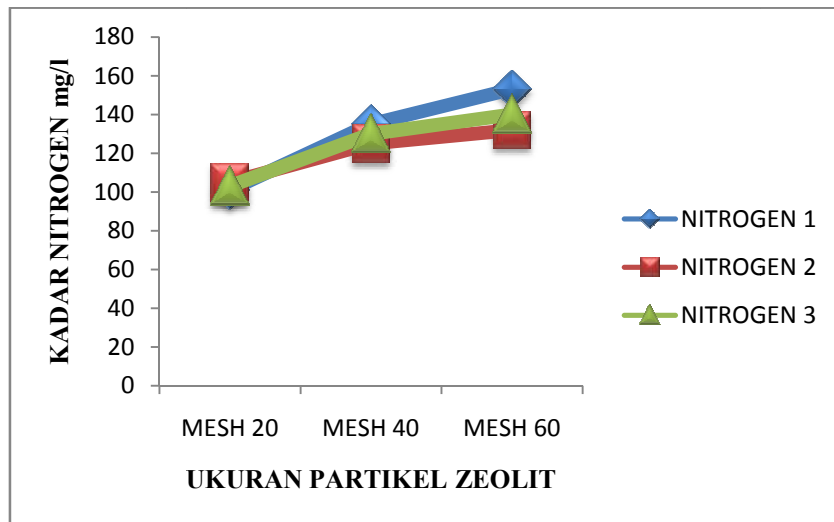
HASIL DAN PEMBAHASAN**Unsur Hara Nitrogen (N)**

Unsur hara nitrogen (N) pada LCPKS perlakuan dengan zeolit berdasarkan ukuran partikel 20 mesh, 40 mesh, dan 60 mesh dengan waktu fermentasi dan WPH yang sama pada setiap sampel dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini. dapat dilihat pada tabel 1 :

Tabel .1 Unsur hara nitrogen (N) pada LCPKS perlakuan dengan zeolit berdasarkan ukuran partikel.

Ukuran partikel	Parameter			Satuan	Metode
	Nitrogen 1	Nitrogen 2	Nitrogen 3		
Mesh 20	101	105	106	mg/L	Titrimetri Spektrofotometer AAS
Mesh 40	135	125	110	mg/L	
Mesh 60	153	132	120	mg/L	

Tabel.1 menunjukkan penurunan kadar nitrogen pada setiap pengulangan, hal ini diduga karena nitrogen adalah unsur atau zat yang mudah menguap dan tidak tahan terhadap temperatur yang tinggi di dalam wadah tertutup, sehingga pada setiap pengulangan terjadi penurunan unsur nitrogen. Kenaikan dan penurunan kadar nitrogen pada sampel LCPKS setelah perlakuan pemberian zeolit dengan variasi ukuran 20 mesh, 40 mesh, 60 mesh dengan waktu fermentasi dan WPH yang sama pada setiap sampel dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini.



Gambar .1 Perbedaan kadar unsur nitrogen pada sampel dan pengulangan.

Beberapa faktor penyebab kadar unsur nitrogen tertinggi terdapat pada sampel dengan pemberian zeolit variasi 60 mesh adalah Zeolit merupakan mineral aluminosilikat yang mempunyai struktur yang khas, dalam kristal zeolit terdapat saluran pori-pori dan rongga-rongga yang tersusun secara beraturan serta mempunyai sisi aktif yang mengikat kation yang dapat dipertukarkan. Hal tersebut memungkinkan adanya pertukaran kation Na^+ yang akan digantikan oleh ionamonium yang ada pada kompos karena ion Na^+ ukurannya lebih kecil dibandingkan ion amonium (Breck, 1974).

Rahman dan Hartono melaporkan bahwa zeolit alam mampu menurunkan kadar logam pada air tanah dengan memperkecil ukuran butirannya menjadi 33 mm (Rahman, et al. 2004). Proses aktivasi zeolit dapat dilakukan dengan metode secara fisika dan kimia. Aktivasi secara fisika dapat dilakukan dengan cara memperkecil ukuran untuk memperluas permukaan dan pemanasan pada suhu tinggi. Aktivasi secara kimia dilakukan dengan penambahan asam yang mengakibatkan terjadinya pertukaran kation dengan H^+ (Lestari 2010). Sehingga disimpulkan bahwa semakin kecil variasi ukuran partikel zeolit yang diberikan maka akan semakin tinggi kadar nitrogen yang didapatkan.

Unsur Hara Fosfor (P_2O_4)

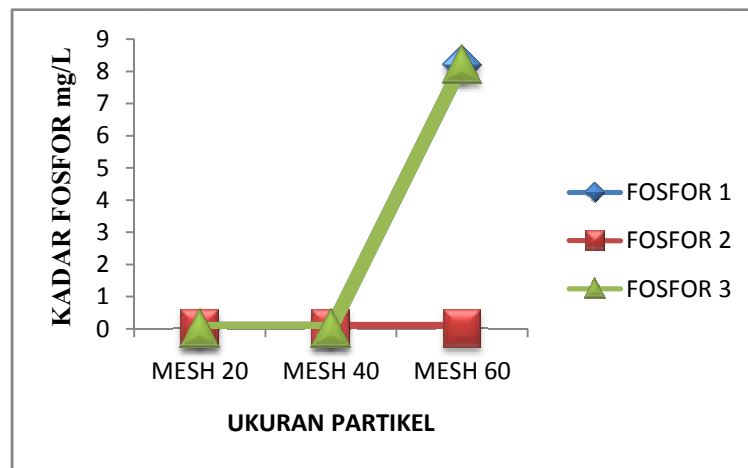
Data pengamatan unsur hara Fosfor (P_2O_4) dan sidik ragamnya dapat dilihat pada lampiran yang menunjukkan bahwa perlakuan ukuran zeolit berpengaruh nyata terhadap unsur hara Fosfor (P_2O_4). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan Fosfor (P_2O_4) paling tinggi berada pada variasi ukuran partikel 60 mesh, dan pada setiap pengulangan kadar nitrogen yang dihasilkan tetap dan tidak berubah atau tidak terjadi kenaikan dan penurunan.

Unsur hara Fosfor (P_2O_4) pada LCPKS perlakuan dengan zeolit berdasarkan ukuran partikel 20 mesh, 40 mesh, dan 60 mesh dengan waktu fermentasi dan WPH yang sama pada setiap sampel dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini. dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Unsur hara Fosfor (P_2O_4) pada LCPKS perlakuan dengan zeolit berdasarkan ukuran partikel.

Ukuran partikel	Parameter			Satuan	Metode
	Fosfor 1	Fosfor 2	Fosfor 3		
	Mesh 20	< 0.01	< 0.01		
Mesh 40	< 0.01	< 0.01	< 0.01	mg/L	
Mesh 60	8,2	8,2	8,2	mg/L	

Tabel 2 menunjukkan kadar Fosfor pada setiap pengulangan tetap. Kenaikan dan penurunan kadar Fosfor (P_2O_4) pada sampel LCPKS setelah perlakuan pemberian zeolit dengan variasi ukuran 20 mesh, 40 mesh, 60 mesh dengan waktu fermentasi dan WPH yang sama pada setiap sampel dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini :



Gambar 2 Perbedaan kadar unsur Fosfor (P_2O_4) pada sampel dan pengulangan.

Beberapa faktor penyebab kadar unsur Fosfor (P_2O_4) tertinggi terdapat pada sampel dengan pemberian zeolit variasi 60 mesh adalah Struktur kerangka zeolit tersusun atas unit- unit tetrahedral (AlO_4)-5 dan (SiO_4)-4 yang saling berikatan melalui atom oksigen membentuk pori-pori zeolit. Ion silikon bervalensi 4, sedangkan aluminium bervalensi Hal ini menyebabkan struktur zeolit kelebihan muatan negatif yang diseimbangkan oleh kation-kation seperti Fe dan Al.

Zeolit dapat mengubah P tidak tersedia menjadi P tersedia dengan mengurangi daya fiksasi P terhadap kation Fe dan Al, sehingga serapan hara pada tanaman meningkat. Menurut Syamsiyah et al. (2009) zeolit dapat meningkatkan serapan P dengan mengubah kondisi P tidak tersedia menjadi P tersedia. Zeolit bukan tergolong pupuk sehingga pemberian zeolit harus diikuti dengan pemberian pupuk secara tepat dosis sebagai penyedia unsur hara (Suwardi, 2009).

Menurut Suwardi (2009) Zeolit bersifat basa dan mengalami proses hidrolisis silikat sehingga menghasilkan ion OH^- . Ion OH^- tersebut mengikat ion H^+ didalam tanah sehingga pH tanah menjadi naik. pH tanah sangat berpengaruh terhadap ketersediaan P didalam tanah, pada kondisi asam – agak asam P bersenyawa dalam bentuk Fe-P, adanya pengikatan tersebut menyebabkan pukan P menjadi tidak efisien sehingga perlu dilakukan usaha peningkatan pH (Novriani, 2010).

Sehingga disimpulkan bahwa pemberian zeolit dengan variasi dan komposisi yang tidak sesuai menyebabkan kadar unsur Fosfor (P_2O_4) tidak tersedia pada variasi ukuran mesh 20 dan mesh 40 dengan komposisi setiap sampel adalah 5% zeolit. Sampel dengan variasi ukuran zeolit 60 mesh dengan komposisi 5% mengalami peningkatan kadar unsur Fosfor (P_2O_4) karena pada variasi tersebut zeolite lebih mudah larut dan bereaksi.

Unsur Hara Kalium (K_2O)

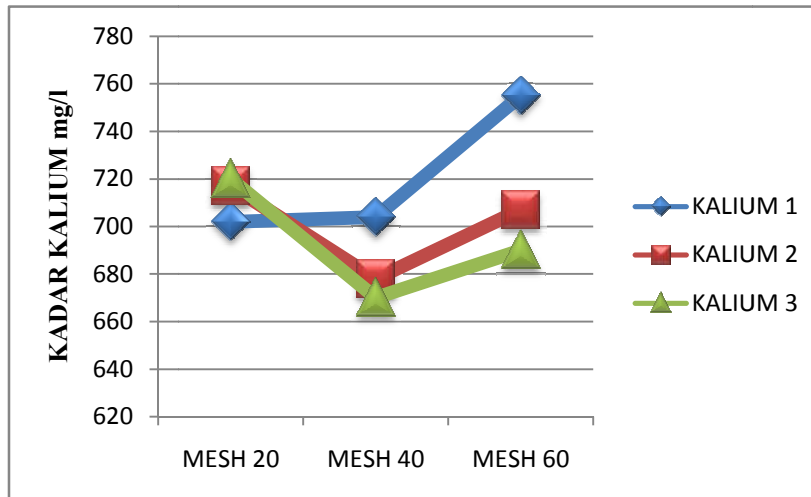
Data pengamatan unsur hara kalium (K_2O) dan sidik ragamnya dapat dilihat pada lampiran yang menunjukkan bahwa perlakuan ukuran zeolit berpengaruh nyata terhadap unsur kalium (K_2O). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran mesh maka kadar kalium (K_2O) yang dihasilkan akan semakin besar, tetapi pada setiap pengulangan kadar nitrogen yang dihasilkan akan semakin berkurang pada setiap pengulangan.

Tabel 3. Unsur hara Kalium (K_2O) pada LCPKS perlakuan dengan zeolit berdasarkan ukuran partikel

.Ukuran partikel	Parameter			Satuan	Metode
	Kalium 1	Kalium 2	Kalium 3		
Mesh 20	702	717	720	mg/L	Titrimetri Spektrofotometer AAS
Mesh 40	704	678	670	mg/L	
Mesh 60	755	707	690	mg/L	

Unsur hara kalium (K_2O) pada LCPKS perlakuan dengan zeolit berdasarkan ukuran partikel 20 mesh, 40 mesh, dan 60 mesh dengan waktu fermentasi dan WPH yang sama pada setiap sampel dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini. dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan penurunan kadar kalium pada setiap pengulangan, hal ini diduga karena fosfor adalah unsur atau zat yang mudah menguap dan tidak tahan terhadap temperatur yang tinggi di dalam wadah tertutup, sehingga pada setiap pengulangan terjadi penurunan unsur kalium. Kenaikan dan penurunan kadar kalium (K_2O) pada sampel LCPKS setelah perlakuan pemberian zeolit dengan variasi ukuran 20 mesh, 40 mesh, 60 mesh dengan waktu fermentasi dan WPH yang sama pada setiap sampel dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini.



Gambar 3 Perbedaan kadar unsur kalium (K_2O) pada sampel dan pengulangan.

Beberapa aktor penyebab kadar unsur kalium (K_2O) tertinggi terdapat pada sampel dengan pemberian zeolit variasi 60 mesh adalah Zeolit sebagai bahan amelioran yang mempunyai KTK tinggi diharapkan dapat meningkatkan daya ikat tanah terhadap hara.

Kemampuan zeolit sebagai penyerap molekul dan penukar ion dapat digunakan dalam bidang pertanian, antara lain untuk meningkatkan efisiensi pemupukan, meningkatkan KTK tanah, meningkatkan ketersediaan ion Ca, K, dan P, menurunkan kandungan Al, menahan mineral-mineral yang berguna untuk tanaman, dan menyerap air untuk menjaga kelembaban tanah. Sifat fisik berongga dari zeolit menyebabkan penambahan zeolit pada tanah bertekstur liat dapat memperbaiki struktur tanah sehingga meningkatkan pori-pori udara tanah (Suwardi, 2007).

Dari hasil penelitian Sinulingga (2003) menunjukkan pemberian zeolit mampu meningkatkan pH, KTK, K-tukar, Mg-tukar, Ca-tukar, tinggi tanaman, berat kering tanaman dan menurunkan keracunan Al-dd. Kalium adalah logam yang sangat aktif yang bereaksi hebat dengan oksigen di air dan di udara. Kalium bereaksi dengan oksigen membentuk kalium peroksida, dan dengan air membentuk kalium hidroksida. Faktor-faktor yang mempengaruhi serapan kalium pada tanah adalah bahan induk tanah, topografi, drainase, kedalaman (solum) tanah, konsentrasi K-tanah, KTK, temperatur tanah dan kadar air tanah (Winarso, 2005).

Sehingga disimpulkan bahwa semakin kecil variasi ukuran partikel zeolit yang diberikan maka akan semakin tinggi kadar kalium (K_2O) dan terjadi penurunan hasil unsur kalium (K_2O) pada setiap pengulangan diakrenakan sifat kalium yang mudah bereaksi dengan air dan udara.

KESIMPULAN

1. Perlakuan variasi ukuran zeolit pada LCPKS kolam anaerob berpengaruh nyata terhadap unsur hara Nitrogen, Phospor, Kalium dimana hasil signifikansi data statistik menunjukkan hasil $0.000 < 0.05$ yang artinya penelitian berpengaruh nyata.
2. Variasi ukuran zeolit yang diberikan pada sampel LCPKS yang menjadi pupuk cair mempengaruhi kadar unsur N,P,K tertinggi didapat dari fermentasi dengan pemberian zeolit pada variasi ukuran 60 mesh pada setiap sampel uji N, P, K. Dengan kadar nitrogen pada variasi ukuran zeolit 60 mesh adalah 153mg/L, kadar fosfor pada variasi ukuran zeolit 60 mesh adalah 8,2 mg/L, kadar kalium pada variasi ukuran zeolit 60 mesh adalah 755 mg/L.
3. Ukuran partikel yang baik yang digunakan untuk pengolahan LCPKS menjadi pupuk cair adalah dengan ukuran partikel zeolit 60 mesh dengan nilai rata rata kadar N,P,K yang dihasilkan yaitu kadar unsur N sebesar 135 mg/l, kadar P sebesar 8,2 mg/l dan kadar unsur K sebesar 718 mg/l.

DAFTAR PUSTAKA

- Budianta, D. 2005. Potensi LCPKS Sebagai Sumber Hara untuk Tanaman Perkebunan. *Dinamika Perkebunan*. 20 (3): 273-282.
- Breck., 1974, *Zeolite Molecular Shieves*, Jhon Wiley and Sons, New York.
- Hartutik, Sri. Sriatun, M.Si., Dra. Taslimah, M.Si. 2012, Pembuatan Pupuk Kompos dari Limbah Bunga Kenanga dan Pengaruh Persentase Zeolit terhadap Ketersediaan Nitrogen Tanah.
- Jabri. A. 2008. Kajian Metode Penetapan Kapasitas Tukar Kation Zeolit sebagai Pembenh Tanah untuk Lahan Pertanian Terdegradasi. *Jurnal Standarisasi*. 10 (2):56-69.
- Lestari, Dewi Yuanita. 2010. Kajian Modifikasi Dan Karakterisasi Zeolit Alam Dari Berbagai Negara. Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan, Tema : “Profesionalisme Peneliti dan Pendidik dalam Riset dan Pembelajaran yang Berkualitas dan Berkarakter”. Universitas Yogyakarta, 30 Oktober 2010.
- Novriani. 2010. Alternatif pengolahan unsur hara fosfor pada budidaya jagung. *Agrobisnis* 2 (3), 42-49.
- Nursanti.I, Dedik. B, Napoleon. A dan Parto. Y. 2013. *Zeolite Utilization as a Catalyst and Nutrient in an Organic Fertilizer Processing Derived from Palm Oil Mill Effluent as a Raw Material. International Journal Of Mechanical and Material. In press.*
- Rahman, A. Dan B. Hartono. 2004. Penyaringan Air Tanah dengan Zeolit Alam untuk Menurunkan Kadar Besi dan Mangan. *Makara kesehatan* 8(1) : 1-6.
- Raharjo, P. N. 2009. Studi Banding Teknologi Pengolahan LCPKS. *Jurnal Teknologi lingkungan*. 10(1):(9-18)
- Simanjuntak. H. 2009. Studi Korelasi antaran BOD dengan Unsur Hara N, P, K dari LCPKS. Tesis. Sekolah Pascasarjana USU
- Sinulingga, L. 2003. Uji Banding Bentonit Dan Zeolit Terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah Dan Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays L.*) Pada Ultisol Asal Mancang. FP USU. Medan.
- Suardi, 2007. Pemanfaatan zeolit untuk Perbaikan Sifat-sifat Tanah dan Peningkatan Produksi Pertanian. Disampaikan pada Semiloka Pembenh Tanah Menghemat Pupuk Mendukung Peningkatan Produksi.
- Suardi. 2009. Tekhnik aplikasi zeolit di bidang pertanian sebagai bahan pembenh tanah. *Jurnal Zeolit Indonesia* 8(1), 33-38.
- Syamsiyah, J., Suhardjo, M., dan L. Andriyani. 2009. Efisiensi pupuk p dan hasil padi (*Oryza sativa L.*) pada sawah pasir pantai Kulonprogo yang diberi zeolit. *Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi* 6 (1), 7-15.
- Winarso, S. 2005. Kesuburan tanah. Gava Media. Yokyakarta