

PENYISIHAN LOGAM TIMBAL (Pb) DAN SENG (Zn) PADA LUMPUR WASTEWATER TREATMENT PLANT DAN ABU *BOILER* INDUSTRI *REFINERY* DAN BIODIESEL MINYAK KELAPA SAWIT DENGAN *COMPOSTING*

LEADING METAL (Pb) AND ZINC (Zn) IN MUD WASTEWATER TREATMENT PLANT AND BOILER ASH INDUSTRIAL REFINERY AND BIODIESEL OIL PALM OIL WITH COMPOSTING

Anisa Rahmawati¹, Andy Mizwar², Nopi Stiyati Prihatini²

¹*Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, ULM*

²*Dosen Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, ULM*

Jl. A. Yani Km 36, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Kode Pos 70714, Indonesia

E-mail: aanisarahmawatii@gmail.com

ABSTRAK

Limbah industri menjadi salah satu permasalahan yang perlu penanganan khusus, salah satunya industri kelapa sawit. Limbah yang dihasilkan diantaranya adalah lumpur dan abu boiler. Limbah lumpur kelapa sawit masih mengandung beberapa bahan organik yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan composting, sedangkan abu boiler merupakan limbah hasil proses pemanasan yang termasuk kedalam limbah B3 yang jika tidak diolah dengan baik akan menimbulkan permasalahan lingkungan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi limbah lumpur industri kelapa sawit, abu boiler dan bahan organik terhadap penurunan logam Pb dan Zn dalam proses composting menggunakan sistem in vessel. Aktivitas mikroorganisme selama proses composting diyakini mampu mendegradasi logam berat. Hasil penelitian menunjukkan komposisi 50% lumpur dan 50% bahan organik merupakan komposisi bahan terbaik untuk menurunkan Pb dan Zn.

Kata kunci : *Lumpur WWTP, abu boiler, penurunan logam Pb dan Zn*

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia industri kelapa sawit merupakan salah satu sektor industri yang cukup pesat perkembangannya. Perkembangan industri kelapa sawit membawa dampak baik terhadap perekonomian Negara, tetapi berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan jika penanganan limbah tidak dilakukan dengan baik (Putra, dkk., 2016).

Menurut Naibaho (1996), permasalahan lingkungan yang sering terjadi pada industri kelapa sawit disebabkan tidak sempurnanya penanganan limbah. Salah satu limbah kelapa sawit yang sulit ditangani adalah limbah lumpur / *sludge effluent* WWTP (*Waste Water Treatment Plan*). Limbah padat kelapa sawit (*sludge*) adalah endapan yang terbentuk di dasar bak pengendapan dalam

sarana pengolahan limbah, dimana endapan memerlukan perlakuan khusus untuk meminimalisir dampak pencemaran lingkungan. Selain menghasilkan limbah lumpur, selama proses pemanasan industri kelapa sawit juga menghasilkan limbah abu boiler. Sesuai dengan yang tercantum dalam peraturan pemerintah nomor 101 tahun 2014, abu boiler juga termasuk dalam jenis limbah B3 dari sumber spesifik khusus karena timbunan abu dapat terbakar dengan sendirinya akibat dari gas metana (CH_4) yang dihasilkan dari timbunan abu tersebut, serta menimbulkan dampak buruk terhadap sistem pernafasan dan kulit (Lasryza dan Sawitri, 2012). Lumpur hasil dari Pengolahan Minyak Sawit (PMS) dapat diolah menjadi pupuk karena mengandung beberapa unsur yang diperlukan tanaman seperti nitrogen, kalium, fosfor, kalsium, dan magnesium (Darmawati, 2014). Menurut Priyambada (2015), limbah lumpur industri kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai bahan kompos yang memiliki kualitas sesuai SNI.

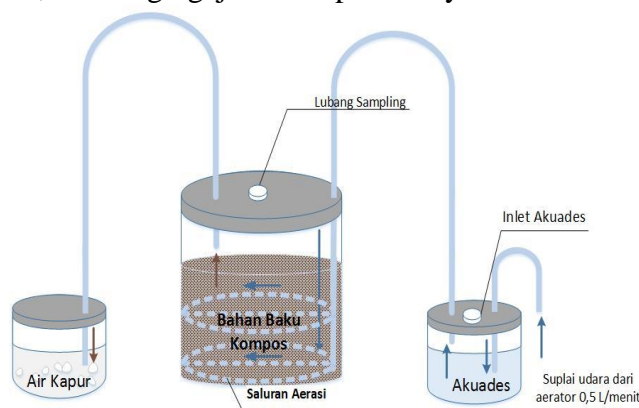
2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan skala laboratorium yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru pada tanggal 01 Mei hingga 04 Juni 2017 (selama 35 hari).

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari komposter dengan sistem *in vessel composting* (**Gambar 2.1**) dan *soil tester* untuk mengukur suhu, kadar air dan pH setiap harinya. Bahan-bahan yang diperlukan selama penelitian adalah lumpur WWTP, abu boiler serta sampah organik yang berupa sampah daun, serbuk gergaji dan serpihan kayu kecil.



Gambar 2.1 Desain Komposter

Sumber : Mizwar dan Trihadiningrum, 2015

2.3 Rencana Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan bahan *composting* untuk mengetahui pengaruh komposisi bahan terhadap penurunan logam Pb dan Zn. Variasi bahan *composting* disajikan dalam **Tabel 2.1**

Tabel 2.1 Variasi Komposisi Bahan *Composting*

Kode Reaktor	Komposisi			Rasio C/N
	Lumpur WWTP	Abu Boiler	Sampah Organik	
R1	50%	50%	0%	3,38
R2	50%	35%	15%	11,75
R3	50%	25%	25%	17,33
R4	50%	15%	35%	22,91
R5	50%	0%	50%	31,28
R6	100%	0%	0%	5,03

Penelitian ini menggunakan proses *composting* dengan metode aerob sistem *in vessel composting*. Sistem *in vessel composting* merupakan proses *composting* yang dilakukan pada kontainer tertutup dengan sirkulasi udara melalui lubang pada selang yang telah diletakkan merata. Udara yang digunakan berasal dari penguapan air (*moisture aeration*) yang dialirkan dengan kecepatan 0,5 L/menit selama 24 jam. *Moisture aeration* tidak hanya berfungsi untuk menjaga ketersediaan oksigen tetapi juga menjaga kadar air selama *composting* tetap terjaga pada kisaran kondisi optimum (50% – 60%) (Sari, dkk, 2015).

Bioaktivator yang digunakan berupa EM-4 yang ditambahkan sebanyak 0,7% dari berat total bahan *composting* (Priyambada, *et al*, 2015). Lama *composting* pada penelitian ini adalah 35 hari dengan dua kali pengulangan (*duplo*). Setiap 7 hari sekali dilakukan pengadukan bahan kompos dan pengambilan sampel uji. Parameter yang dianalisis pada setiap pengambilan sampel adalah Pb dan Zn, sedangkan suhu, kadar air, dan pH diukur setiap hari untuk memantau kondisi *composting*.

2.4 Cara Analisa Data

Data pengamatan suhu, pH, dan kadar air digunakan sebagai penentu kondisi *composting*. Data tersebut dijelaskan secara deskriptif disertai dengan grafik. Sedangkan data pengujian Pb dan Zn dianalisa dengan dua cara yaitu deskriptif dan statistik. Pembahasan deskriptif disertai tabel perhitungan guna menganalisa efisiensi penurunan logam Pb dan Zn pada proses *composting*, sedangkan analisa statistik menggunakan uji ANOVA *One-way* dan Kruskal Wallis untuk mengetahui apakah ada perbedaan nyata pada variasi komposisi bahan *composting* yang digunakan.

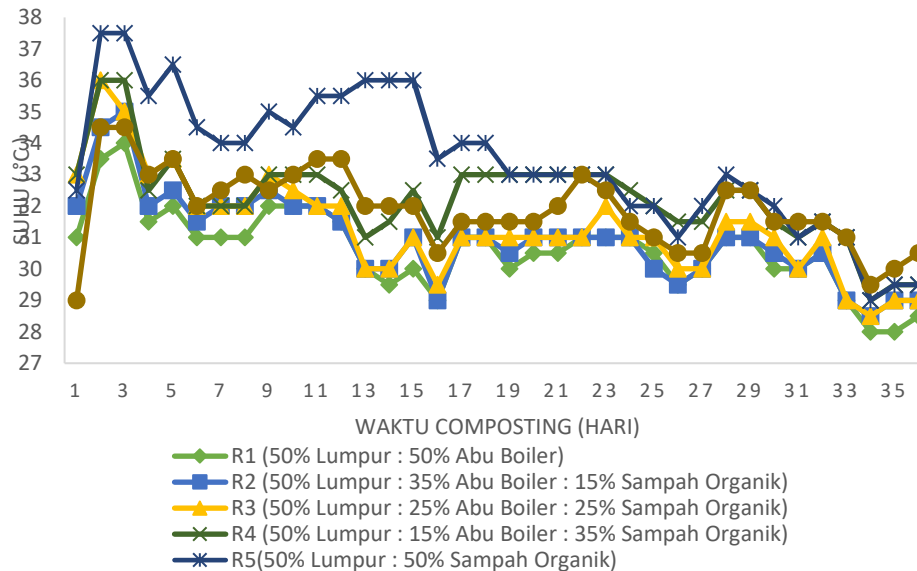
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi *Composting*

3.1.1 Perubahan Suhu

Suhu pada proses *composting* diamati setiap hari selama 35 hari, hasil pengamatan suhu disajikan pada **Gambar 3.1**. Suhu *composting* mengalami kenaikan dan mencapai suhu tertinggi selama proses pengomposan pada hari pertama dan hari kedua. Suhu pada reaktor R-3 meningkat hingga mencapai 36°C pada hari pertama, reaktor R-5 dan R-6 meningkat menjadi 37,5°C, sedangkan R-

1, R-2, dan R-4 mengalami kenaikan suhu pada hari kedua R-1 meningkat menjadi 34°C, R-2 menjadi 35°C, dan R-4 meningkat menjadi 36°C. Peningkatan suhu selama proses composting merupakan indikasi telah terjadi peningkatan jumlah populasi dan aktivitas mikroorganisme dalam matrik kompos (Zhang, dkk, 2011 dalam Mizwar, 2016). Aktivitas mikroorganisme dalam mendekomposisi bahan organik menghasilkan panas, CO₂ dan uap air. Panas yang dihasilkan tersimpan dalam tumpukan sehingga menyebabkan suhu tumpukan meningkat (Barakwan, 2017).



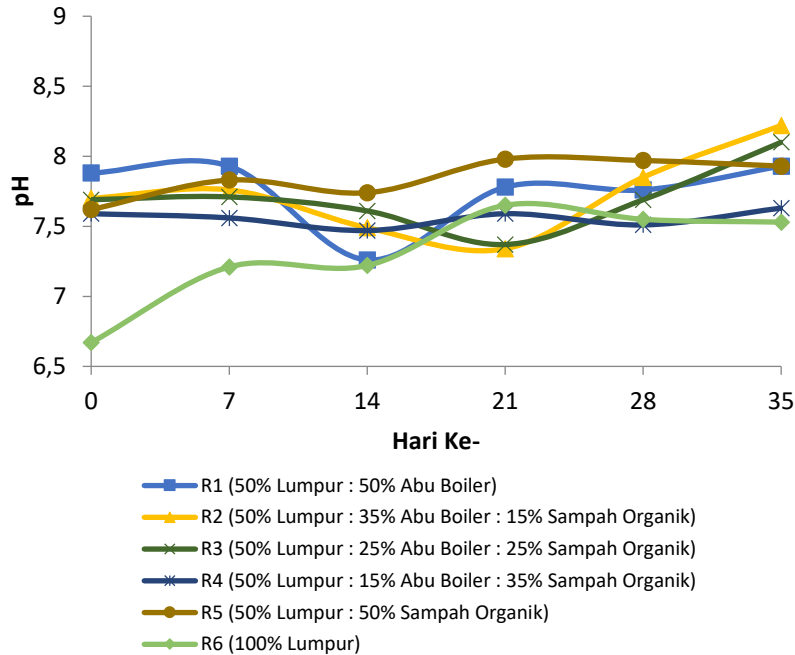
Gambar 3.1 Grafik Pengamatan Perubahan Suhu

Suhu *composting* selama 35 hari mengalami fluktuasi seperti yang terlihat pada **Gambar 4.1**. Pada minggu pertama pengomposan suhu mengalami kenaikan yang signifikan dan berangsur-angsur mengalami penurunan suhu pada minggu ke empat dimana pada akhir pengomposan suhu semua reaktor mendekati suhu ruang (27°C). Selama proses *composting* suhu berada dalam regim mesofilik (25°C – 45°C), menurut Sayara, dkk, (2011), ini merupakan kondisi terbaik untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme.

Bahan-bahan organik dalam kompos akan diuraikan menjadi CO₂, uap air dan panas oleh mikroba yang aktif dengan memanfaatkan oksigen didalam kompos. Penguraian bahan organik ini dapat mempengaruhi suhu composting, semakin banyak bahan yang telah terurai maka suhu composting secara perlahan mengalami penurunan. Kondisi menunjukkan terjadinya proses pematangan kompos tingkat lanjut, yaitu pembentukan kompleks liat humus (Isroi, 2008).

3.1.2 Perubahan pH

Pada awal proses pengomposan pH bahan *composting* berkisar antara 6,67 – 7,88. Menurut Hayati, dkk (2015) bakteri decomposer mampu bertahan hidup dengan baik pada kondisi pH kisaran 6,5 - 7,5 karena pada kondisi ini unsur hara tanah tersedia dalam jumlah yang cukup banyak. Dapat dilihat pada **Gambar 3.2** dibawah ini bahwa pada hari ke-14 pH pada reaktor R-1 sampai R-5 mengalami penurunan.

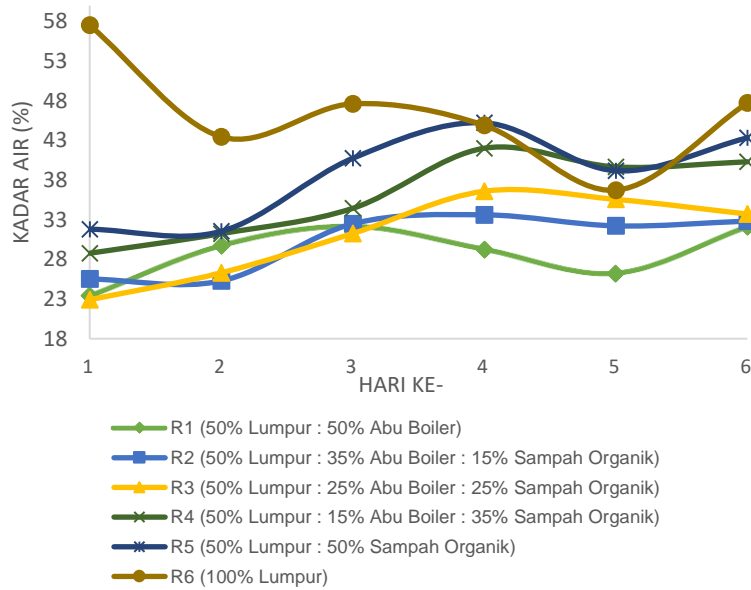


Gambar 3.2 Grafik Pengamatan pH

Menurut Meunchang,dkk (2005) dalam Ismayana (2010) pada tahap awal proses *composting* aktivitas mikroorganisme menghasilkan reduksi dari ammonium (NH_4^+) dan asam organik sehingga mengakibatkan penurunan nilai pH kompos. Pada hari ke-21 sampai dengan hari ke-35 pH meningkat perlahan menuju netral hingga sedikit basa pada reaktor R-1, R-2, R-3, dan R-4. Kenaikan pH disebabkan karena terjadinya penguraian protein menjadi ammonia (NH_3) (Supadma, 2008). Sedangkan reaktor R-5 dan R-6 mengalami sedikit penurunan nilai pH, menurut Baharuddin,dkk., (2009) hal ini dikarenakan adanya oksidasi enzimatis senyawa anorganik.

3.1.3 Kandungan Kadar Air

Kadar air merupakan faktor penting selama proses pengomposan karena kadar air yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat mempengaruhi efisiensi pengomposan. Menurut Richard (1996) dalam Hakim (2013) kadar air ideal untuk proses pengomposan adalah 40% - 60%. Pada awal proses *composting* semua reaktor memiliki kadar air dibawah kondisi optimum, dari hari ke-0 hingga hari ke-7 hanya reaktor R-6 yang memiliki kadar air optimum yaitu 57,72% pada hari-0 dan 43,46% pada hari-7. Pada hari ke-14 hanya reaktor R-5 dan R-6 yang memiliki kadar air optimum yaitu 40,75% dan 47,62%. Pada hari ke-21 selain reaktor R-5 dan R-6, reaktor R-4 juga memiliki kondisi kadar air yang optimum yaitu 42,02%; 45,22%; dan 44,91%. Pada hari ke-28 dari ke enam reaktor tidak ada satu reaktor pun yang memiliki kadar air optimum. Penurunan kadar air ini berkaitan dengan aktivitas mikroorganisme dan cuaca yang sangat panas sehingga meningkatkan angka penguapan. Untuk mengatasi hal tersebut, peneliti melakukan penyemprotan hingga bahan *composting* cukup lembab. Pada hari terakhir pengomposan kadar air seluruh reaktor secara keseluruhan yaitu 32,07%; 32,83%; 33,72%; 40,31%; 43,33%; dan 47,74%. Menurut SNI 19 – 7030 – 2004 batas maksimum kadar air pada kompos adalah 50%.



Gambar 3.3 Grafik Pengukuran Kadar Air

3.2 Analisa Penurunan Konsentrasi Logam Pb dan Zn

Hasil pengamatan konsentrasi logam berat Pb dan Zn pada Tabel 4.1 menunjukkan penurunan konsentrasi logam berat pada Reaktor 5 lebih efisien dibandingkan dengan Reaktor lainnya. Efisiensi penurunan logam berat pada Reaktor 5 ditunjukkan dengan adanya nilai positif pada hasil perhitungan efisiensi seperti yang tertera pada Tabel 4.1. Hal ini dikarenakan Reaktor 5 memiliki komposisi sampah organik lebih banyak daripada reaktor lain. Menurut Salam, dkk (1998) gugus fungsional di dalam bahan organik jika terionisasi dapat bersifat aktif dalam menyerap logam berat.

Tabel 3.1 Efisiensi Penurunan Logam Pb dan Zn

Hari ke-	Efisiensi Penurunan(%)						
	Reaktor 1	Reaktor 2	Reaktor 3	Reaktor 4	Reaktor 5	Reaktor 6	
Pb	7	-9.38	-24.57	-11.91	-5.18	17.21	-112.01
	14	-44.86	-129.03	-58.14	-29.92	9.31	-15.33
	21	-124.94	-50.12	13.13	-19.98	13.59	-31.21
	28	60.45	57.36	41.91	30.81	60.51	8.97
	35	-179.02	5.04	-182.86	-14.15	-9.81	-176.16
Zn	7	-7.67	-7.03	-4.74	-18.70	-7.80	-62.70
	14	-39.50	-54.60	-35.52	-50.19	1.37	-51.45
	21	-41.12	-38.28	-31.45	-68.05	-39.56	-71.14
	28	-63.65	-35.85	-32.14	-79.77	-56.74	-68.45
	35	-71.99	-43.16	-45.86	-71.89	-65.73	-90.82

Keterangan :
 Nilai (+) menunjukkan adanya penurunan konsentrasi
 Nilai (-) menunjukkan tidak adanya penurunan konsentrasi

Menurut Tan (1993) Menurunnya pH dapat meningkatkan kelarutan logam-logam. Pada Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa nilai Reaktor 5 memiliki nilai pH rata-rata paling tinggi yaitu 7,89. Nilai pH yang lebih tinggi dapat mengaktifkan gugus fungsional dalam mengikat logam berat Pb dan Zn. Pada proses *composting* aktivitas mikroorganismenya berpengaruh terhadap penurunan logam berat, akan tetapi pada penelitian mengenai data populasi mikroorganismenya.

Tabel 3.2 Hasil Pengamatan pH selama *Composting*

Minggu ke-	pH					
	R-1	R-2	R-3	R-4	R-5	R-6
1	7.93	7.76	7.71	7.56	7.83	7.21
2	7.26	7.49	7.61	7.47	7.74	7.22
3	7.78	7.34	7.37	7.59	7.98	7.65
4	7.76	7.85	7.69	7.51	7.97	7.55
5	7.93	8.22	8.1	7.63	7.93	7.53
Rata-Rata	7.73	7.73	7.70	7.55	7.89	7.43

Nilai suhu rata-rata Reaktor 5 paling tinggi dibandingkan reaktor-reaktor lainnya yaitu 34,33°C. Nilai ini mendekati nilai optimum aktivitas mikroorganismenya. Menurut Richard (1996) suhu tinggi menyebabkan aktivitas mikroorganismenya mengalami peningkatan, sehingga penguraian bahan organik menjadi lebih cepat yang secara tidak langsung meningkatkan gugus fungsional yang dapat menyerap logam berat. Dari beberapa faktor yang telah dijabarkan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa komposisi bahan *composting* pada Reaktor 5 yaitu 50% lumpur WWTP dan 50% bahan organik merupakan komposisi terbaik untuk menurunkan logam Pb dan Zn.

4.2.1 Penurunan Logam Pb Dan Zn Dalam Statistik

Perhitungan statistik penurunan Zn dilakukan dengan menggunakan Uji ANOVA *one-way* menggunakan spss. Pengujian ANOVA *one-way* dapat dilakukan jika data yang digunakan memenuhi syarat uji normalitas dan homogenitas. Pada perhitungan uji normalitas data penurunan Zn ($\text{sig} > 0,05$) dapat disimpulkan bahwa semua reaktor dengan variasi komposisi bahan *composting* memiliki distribusi data normal dengan tingkat signifikansi 5%, artinya data penurunan Zn yang dianalisa memiliki sebaran merata dan dapat mewakili data penelitian secara keseluruhan. Hasil uji homogenitas menunjukkan nilai sig. (0,265) lebih besar dari 0,05 artinya data penurunan Zn memiliki varian karakteristik yang sama, sehingga dapat dilanjutkan ke uji ragam *one-way* ANOVA. Hasil analisis ragam *one-way* ANOVA penurunan Zn semua reaktor tidak berbeda nyata (nilai sig. $> 0,05$), maka data penurunan Zn tidak memerlukan uji lanjutan.

Data penurunan Pb tidak dapat diuji menggunakan analisis *one-way* ANOVA karena hasil uji normalitas data tidak normal ($p < 0,05$) dan hasil uji homogenitas data memiliki varian yang tidak sama ($p < 0,05$), maka peneliti menggunakan uji *Kruskal Wallis* sebagai alternatif uji statistik. Uji *Kruskal Wallis* merupakan

uji *non parametric* sehingga data yang diuji tidak harus memiliki sebaran normal. Hasil uji statistik pada metode *Kruskal Wallis* menunjukkan (Asymp. Sig. < 0,05) artinya ada perbedaan nyata.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Kondisi *composting* secara keseluruhan terpenuhi dan berlangsung dengan baik selama proses pengomposan.
2. Variasi bahan *composting* pada Reaktor 5 (50% bahan organik dan 50% lumpur WWTP) merupakan komposisi bahan paling baik diantara Reaktor lain dalam menurunkan logam Pb dan Zn. Dari perhitungan efisien secara manual reaktor 5 memiliki nilai positif pada perhitungan efisiensi lebih banyak daripada Reaktor lainnya. Pada perhitungan statistik menggunakan uji ANOVA *one-way* parameter Zn tidak memiliki perbedaan nyata antar varian sehingga dalam penurunan logam Zn variasi komposisi tidak terlalu berpengaruh, sedangkan hasil perhitungan statistik parameter Pb dengan menggunakan uji *Kruskal Wallis* menunjukkan adanya perbedaan nyata, artinya variasi komposisi berpengaruh terhadap penurunan Pb.

4.2 Saran

Berikut ini adalah beberapa saran yang dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan waktu *composting* lebih lama
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang aplikasi kompos yang dihasilkan terhadap tanah dan tanaman
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai pertumbuhan populasi mikroorganisme selama *composting*

DAFTAR PUSTAKA

- Baharuddin, A. S. 2009. Co-Composting of Empty Fruit unches and Partially Treated Palm Oil Milleffluents in Pilot Scale. *International Journal of Agricultural Research* 4.
- Darmawati J. S., Siregar Abdul Rasid dan Nursamsi. 2014. Pengaruh Pemberian Limbah Padat (Sludge) Kelapa Sawit Dan Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Jagung Manis (*Zea Mays Saccharata*). Fakultas Pertanian UMSU.
- Hayati, F., Mizwar, A., Jumar. 2015. Pemanfaatan Limbah Lumpur IPAL Pabrik Karet sebagai Bahan Baku *Composting*. *Jukung Jurnl Teknik Lingkungan* Volume 1 Nomor 1.
- Isroi. 2008. Kompos. Bogor : Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia.
- Kusmiyarti, T. B. 2013. Kualitas Kompos dari Berbagai Kombinasi Bahan Baku Limbah Organik. *AGROTROP*. 3 (1) : 83 – 92.
- Lasryza, Ayu dan Sawitri, Dyah. 2012. *Pemanfaatan Fly Ash batubara sebagai Absorben Emisi Gas CO Kendaraan Bermotor*. *Jurnal Teknik Pomits* Volume 1 Nomor 1.
- Meunchang S., Panichsaktatana S, Weaver RW. 2005. Co-composting of Filter Cake and Bagasse; by products from sugar mill. *Bioresour Technol*. 96:437-442

- Mizwar, A. dan Trihadiningrum, Y., 2014. Potensi Bioremediasi Tanah Terkontaminasi *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* dari Batubara dengan *Composting*, Prosiding Seminar Nasional Waste Management II, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, hal. 251-264
- Naibaho, M. P., 1996. Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit. Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun
- Perdana, Jeremia. 2012. Uji Resistensi Dan Uji Biodegradasi Logam Berat (Pb, Zn, Dan Hg) Oleh Isolat Bakteri Lumpur Pantai Kenjeran. Skripsi. Universitas Airlangga.
- Priyambada, Gunadi., Yeni, Elvi., Andesgur, Ivaini. 2015. *Studi pemanfaatan Lumpur, Abu Boiler, dan Serat (Fiber) Kelapa Sawit sebagai Kompos Menggunakan Variasi Effective Microorganism (EM-4)*. JOM FTEKNIK Volume 2 Nomor 2.
- Putra, Angara. Yenie, Elvi., dan Elystia, Shinta. 2016. *Pemanfaatan Limbah Pabrik Kelapa Sawit sebagai Kompos dengan Variasi Penambahan Dosis Abu Boiler serta Penggunaan Bioaktivator EM-4*. Jom Fteknik Volume 3 Nomor 1.
- Sari, G. L., Mizwar, A., dan Trihadiningrum, Y. 2015. Potensi *Co-composting* untuk Bioremediasi Tanah Terkontaminasi *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH)*. Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII: Surabaya.

halaman ini sengaja dikosongkan