

DEGRADASI LIGNIN DAN RASIO C/N PADA PROSES PENGOMPOSAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN *TRICHODERMA VIRIDE* DAN MOL TAPAI

Helviana Dwika¹⁾, Elvi Yenie²⁾, Edward³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, ^{2,3)}Dosen Teknik Lingkungan
Laboratorium Pengendalian dan Pencegahan Pencemaran Lingkungan
Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru, Panam,
Pekanbaru 28293

*Email: helviana60@gmail.com

ABSTRACT

The main constraint faced in the utilization of lignocellulosic organic waste is lignin content that is difficult to degrade both enzymatically and chemically. One solution to solve the problem is by composting method with the addition of Trichoderma viride and MOL Tapai. Composting TKKS using windrow method for 40 days. The study was conducted by varying the dosage of Trichoderma viride and MOL Tapai fungi by 50 ml Trichoderma viride, 50 ml MOL Tapai, 25 ml Trichoderma viride + 25 ml MOL Tapai, 35 ml Trichoderma viride + 15 ml MOL Tapai and 15 ml Trichoderma viride + 35 ml MOL Tapai. Measurement of lignocellulose using Chesson-Datta method. The results showed that the pH reached at the end of composting in each reactor was pH 7, the temperature during composting took place at the thermophilic condition with the highest temperature of 66^oC at R2, R3, and R5, 65^oC at R1 and R4, water content at the end of composting at each reactor is R1 35,86%, R2 37,67%, R3 37,20%, R4 35,01%, and R5 35,75%, value of C / N ratio at end of composting in each reactor ie R1 14.35, R2 13.22, R3 13.06, R4 14.20, and R5 14.35. The lowest lignocellulose value at the end of each composting was Hemiselulose 13.96% in variation R4 (TKKS + Trichoderma viride (35 ml) + MOL Tapai (15 ml)), Cellulose 14.22% in variation R4 (TKKS + Trichoderma viride (35 ml) + MOL Tapai (15 ml)), and lignin 13.56% in variation R5 (TKKS + Trichoderma viride (15 ml) + MOL Tapai (35 ml)).

Keywords : lignocelluloses, *Trichoderma viride*, MOL Tapai

1. PENDAHULUAN

Pembangunan industri kelapa sawit semakin meningkat akibat dari semakin tingginya produksi (TBS) yang dihasilkan. Hal tersebut terjadi dilatar belakang oleh tingginya kebutuhan konsumen akan produk turunan dari minyak kelapa sawit itu sendiri. Industri kelapa sawit membawa pengaruh yang baik terhadap konsumen, distributor, dan produsen serta pemasukan devisa negara yang tinggi, namun industri kelapa sawit menyisakan limbah yang jika tidak diantisipasi akan mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan.

Limbah yang dihasilkan pabrik kelapa sawit berupa limbah berbentuk padatan dan cairan. Limbah padatan berupa tandan janjang kosong, sisa pengolahan, serta buah yang terlepas, sedangkan limbah cair yang dihasilkan berupa campuran minyak kelapa sawit dan air. Limbah cair ini mempunyai kandungan zat organik yang sangat tinggi sehingga apabila di buang langsung ke perairan akan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan sehingga perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum limbah dibuang ke lingkungan (Said dan Firly., 2010).

Tingginya kadar lignin pada tandan kosong kelapa sawit (TKKS) membuat banyak penelitian yang dilakukan untuk bisa menurunkan kadar lignin. Banyak cara yang telah dilakukan untuk memecah ikatan lignoselulosa baik secara fisik berupa proses pencacahan, secara kimia dengan memanfaatkan bahan-bahan kimia seperti amonia dan natrium hidroksida maupun secara biologis berupa pemanfaatan bakteri maupun kapang (ImSYA dkk., 2014).

Lignin merupakan senyawa kompleks yang terdiri dari subunit fenilpropana yang terdimetoksilasi, monometoksilasi, dan non-metoksilasi (Martinez dkk., 2005 ; Prakoso dkk., 2014), dan banyak ditemukan pada dinding sel sekunder tanaman. Senyawa tersebut mengisi celah diantara selulosa, hemiselulosa dan pektin sehingga membuat dinding sel lebih kaku, hidrofobik serta sulit di degradasi oleh mikroorganisme (Bugg dkk., 2010 ; Prakoso dkk., 2014).

Enzim lignoselolitik terdiri dari sekumpulan enzim yang terbagi dalam dua kategori yaitu hidrolitik dan oksidatif. Enzim hidrolitik mendegradasi selulosa dan hemiselulosa dan setiap enzim bekerja terhadap substrat yang spesifik. Enzim oksidatif merupakan enzim non-spesifik dan bekerja melalui mediator bukan protein yang berperan dalam degradasi lignin. Enzim pendegradasi lignin ini secara umum terdiri dari dua kelompok utama yaitu *laccase* (*Lac*) dan *peroxide* (Perez dkk., 2002).

Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah solusi tepat untuk mengatasi masalah diatas. Salah satunya dengan metode pengomposan. Pengomposan merupakan suatu proses penguraian mikrobiologis alami dari bahan buangan organik. Pemilihan dekomposer yang digunakan untuk pelapukan tandan kosong merupakan hal yang sangat penting, karena dekomposer menentukan keberhasilan pelapukan TKKS menjadi pupuk organik yang siap digunakan untuk tanaman pertanian. Keunggulan kompos tandan kosong meliputi: kandungan kalium yang tinggi, tanpa penambahan *starter* dan bahan kimia, memperkaya unsur hara yang

ada di dalam tanah, dan mampu memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi.

Amira dkk. (2011) melakukan penelitian tentang biokonversi dari tandan kosong kelapa sawit dan limbah cair kelapa sawit menjadi kompos dengan penambahan *Trichoderma viride*. Penelitian ini menggunakan dua perlakuan yaitu penambahan *Trichoderma viride* selama 36 hari dan tanpa penambahan *Trichoderma viride* selama 92 hari. Hasil penelitian menunjukkan persentase lignoselulosa pada kompos dengan penambahan *Trichoderma viride* setelah matang pada hari ke-36 adalah selulosa 25,81%, hemiselulosa 7,559%, dan lignin 13,454%. Sedangkan persentase lignoselulosa pada kompos tanpa penambahan *Trichoderma viride* setelah matang pada hari ke-92 adalah selulosa 23,674%, hemiselulosa 7,376%, dan lignin 10,046%. Kadar N, P, K dengan penambahan *Trichoderma viride* pada hari ke-36 menunjukkan hasil persentase yaitu N 1,304%, P 0,543%, dan K 0,645%, sedangkan kadar N, P, K tanpa penambahan *Trichoderma viride* pada hari ke-92 yaitu N 0,961%, P 0,412, dan K 0,633%.

Kompos dibuat dengan menggunakan aktifitas mikroorganisme. Salah satu mikroorganisme yang dapat membantu proses pengomposan adalah *Trichoderma viride*. *Trichoderma viride* memiliki kemampuan untuk dapat menghancurkan selulosa, zat pati, lignin, dan senyawa-senyawa organik yang mudah larut seperti gula dan protein dengan menghasilkan enzim selulolitik (Sukaryana Y. dkk., 2010).

Trichoderma viride juga bersifat antagonis terhadap berbagai jenis kapang patogen pada tanaman sehingga dapat dijadikan agen kontrol biologi serta memiliki kemampuan dalam meningkatkan protein bahan pakan (Prakoso dkk., 2014).

Dekomposer lainnya yang juga dapat membantu proses pengomposan adalah mikroorganisme lokal (MOL). MOL adalah mikroorganisme yang dimanfaatkan sebagai stater dalam pembuatan pupuk organik padat maupun cair. MOL tapai memiliki

kandungan bakteri *Basillus* yang merupakan salah satu bakteri ligninolitik yang dapat mendegradasi lignin. *Basillus* menghasilkan enzim ligninase yang dapat merombak lignin menjadi pati (Rahman dkk., 2013).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh variasi penambahan *Trichoderma viride* dan MOL Tapai terhadap penurunan kadar lignin dan rasio C/N selama proses pengomposan tandan kosong kelapa sawit.

2. METODE PENELITIAN

Bahan penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari jamur *Trichoderma viride*, MOL Tapai, limbah padat yaitu tandan kosong yang di ambil dari PKS Terantam SBU Tandun PTPN V, H₂SO₄ 72%, H₂SO₄ 1N, dan aquades.

Alat penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan, sekop, termometer, sarung tangan, masker, terpal, kotak kompos ukuran 1 x 1 m, pH meter, labu takar, beker gelas, oven, desikator, dan gelas ukur.

A. Variabel Penelitian

Variabel Tetap

Variabel tetap dalam penelitian ini adalah :

1. Bahan baku berupa cacahan tandan kosong kelapa sawit.
2. Pembalikan tumpukan kompos seminggu sekali (Arumsari, 2012).
3. Pengujian rasio C/N dan lignin dilakukan seminggu sekali hingga hari ke-40.
4. Waktu pengomposan maksimal 40 hari (Syukur Sumaryati dkk., 2015).
5. Berat cacahan 25 kg tiap tumpukan.

Variabel Bebas

Variable bebas pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. R1 : 25 kg cacahan + 50 ml MOL Tapai
2. R2 : 25 kg cacahan : 50 ml *Trichoderma viride*

3. R3 : 25 kg cacahan : 25 ml MOL Tapai + 25 ml *Trichoderma viride*
4. R4 : 25 kg cacahan : 35 ml *Trichoderma viride* + 15 ml MOL Tapai
5. R5 : 25 kg cacahan : 35 ml MOL Tapai + 15 ml *Trichoderma viride*

B. Prosedur Penelitian

Aktivasi Jamur *Trichoderma viride*

Bahan-bahan yang diperlukan untuk aktivasi *Trichoderma viride* adalah *Trichoderma viride* 125 gr, gula merah 1 kg, air bersih. Berikut cara aktivasi *Trichoderma viride*, disiapkan jerigen ukuran 25 L, di rebus gula merah sampai meleleh semua, dinginkan, di masukkan 125 gr *Trichoderma viride* dan gula merah kedalam jerigen yang telah disiapkan, diisi dengan air bersih hingga mendekati penuh, ditutup dan disimpan selama 24 jam, setelah 24 jam *Trichoderma viride* siap digunakan. Hal ini ditandai dengan adanya jamur *Trichoderma viride* yang mengambang di permukaan air, perubahan warna air yang berwarna merah kecokelatan, dan adanya aroma alkohol dari jamur *Trichoderma viride*.

Aktivasi MOL Tapai

Bahan-bahan yang di perlukan adalah tapai singkong 1 ons, air bersih 1 L, gula pasir 5 sendok makan. Berikut cara membuat MOL tapai, dimasukkan tapai singkong yang telah di siapkan kedalam botol berukuran 1,5 L, diisi air kedalam botol berisi tapai singkong tersebut hingga mendekati penuh, dimasukkan 5 sendok makan gula pasir kedalam botol tersebut, dikocok-kocok botol sebentar agar gula melarut, dibiarkan botol dalam keadaan tidak tertutup selama 4-5 hari agar MOL bisa bernafas, setelah 5 hari MOL sudah bisa digunakan. Hal ini ditandai dengan adanya aroma alkohol dari larutan MOL, perubahan warna yang berwarna keruh, dan bentuk tapai singkong yang berangsur menjadi lebar dan sedikit hancur.

Uji Karakteristik

Uji karakteristik dilakukan untuk mengetahui karakteristik bahan baku sebelum penelitian dan sesudah penelitian. Pengukuran pH dan suhu dilakukan setiap hari. Rasio C/N, kelembaban, dan kandungan lignoselulosa dilakukan sekali seminggu dari awal hingga hari ke-40.

Proses Pengomposan

Proses pengomposan dilakukan pada 5 reaktor (kotak kompos) dengan rasio penambahan *Trichoderma viride* dan MOL Tapai yang berbeda, secara umum prosedur proses pengomposan, yaitu tandan kosong kelapa sawit dicacah menjadi ukuran 4-6 cm. sebelum di tumpuk, dilakukan analisis awal. Kemudian 25 kg cacahan ditumpuk pada kotak kompos (reaktor) 1m x 1m.

ditambahkan larutan *Trichoderma viride* dan MOL Tapai yang sesuai untuk masing-masing reaktor, kemudian diaduk agar merata keseluruhan permukaan cacahan. Dilakukan pengecekan pH dan suhu setiap hari sampai jangka waktu maksimal 40 hari.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN Analisa Awal Kandungan Fisika Kimia TKKS

Analisis awal dilakukan terhadap parameter yang dievaluasi pada penelitian ini, yaitu suhu, pH, kelembaban, rasio C/N, dan kandungan Lignin. Hasil analisis awal suhu, pH, kelembaban, rasio C/N, dan kandungan Lignoselulosa (Lignin, Hemiselulosa, dan Selulosa) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Karakteristik Awal Fisika Kimia Tandan Kosong Kelapa Sawit

No.	Parameter	Satuan	Nilai
1	Suhu	⁰ C	30
2	pH	-	5
3	Kelembaban	%	31,84
4	Rasio C/N	-	63,5*
5	Lignin	%	29,15

*) melebihi baku mutu

Hasil Analisa Kandungan Fisika Kimia Tandan Kosong Kelapa Sawit

Pengaruh *Trichoderma viride* dan MOL Tapai terhadap hasil pengomposan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Analisa Kandungan Fisika Kimia Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit

No.	Parameter	Satuan	Awal	Perlakuan					SNI 19-7030-2004
				R1	R2	R3	R4	R5	
1	Suhu	⁰ C	30	28	27	27	28	28	Suhu air tanah
2	pH	-	5	7	7	7	7	7	6,8-7,49
3	Kelembaban	%	31,84	35,86	37,67	37,20	35,01	35,75	<50
4	Rasio C/N	-	63,5*	14,35	13,22	13,06	14,20	14,35	10-20
5	Lignin	%	29,15	14,77	14,13	13,89	13,83	13,56	-

Kualitas Kompos

Dari Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa suhu, pH, Kelembaban, Rasio C/N, dan lignin telah memenuhi baku mutu

dengan suhu terendah pada hari ke-40 yaitu 27⁰ C terdapat pada R2 dan R3. pH dan kelembaban setelah kompos matang mencapai baku mutu SNI 19-7030-2004,

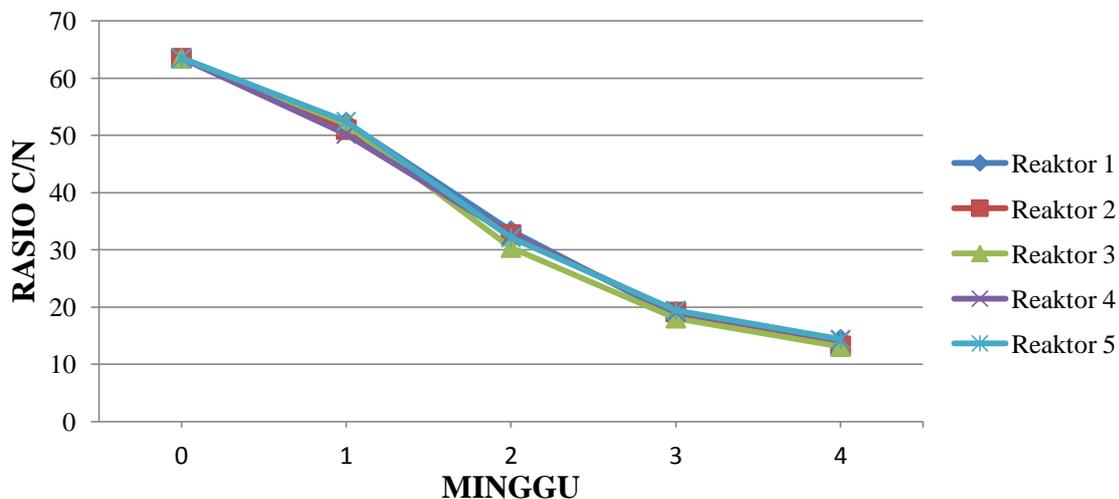
dimana nilai pH telah mencapai pH netral yang menunjukkan bahwa kompos telah matang. Serta nilai kelembaban pada saat

Hasil Analisa Rasio C/N

Hasil pengukuran rasio C/N yang di ukur seminggu sekali sampai hari ke-40

kompos matang telah memenuhi baku mutu disetiap reaktor dengan nilai standar <50.

pengomposan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Profil Rasio C/N

Nilai rasio C/N mulai terdegradasi pada minggu ke-1 dimana di awal nilai rasio C/N 63,5 turun menjadi 52,3 pada R1, 51,01 pada R2, 52,01 pada R3, 50,23 pada R4, dan 52,43 pada R5. Degradasi nilai rasio C/N pada setiap reaktor dikarenakan oleh penurunan jumlah karbon yang dipakai sebagai sumber energi mikroba untuk menguraikan atau mendekomposisi material organik. Pada proses pengomposan berlangsung perubahan-perubahan bahan organik menjadi energi (Widarti, 2015).

Pada minggu ke-2 - 4, nilai rasio C/N terus mengalami degradasi disetiap reaktor. Pada minggu ke-2 R1 33,34, R2 32,66, R3 30,38, R4 32,56, dan R5 32,13. Minggu ke-3 R1 18,43, R2 19,13, R3 18,03, R4 19,11, dan R5 19,43. Minggu ke-4 R1 14,35, R2 13,22, R3 13,06, R4 14,20, dan R5 14,35. Penurunan nilai rasio C/N yang signifikan dari minggu ke-2 sampai minggu ke-4 penyebabnya diduga karena laju dekomposisi mikroorganisme

yang tinggi. Laju dekomposisi yang tinggi, mengisyaratkan bahwa banyak terjadi aktivitas pendegradasian senyawa-senyawa organik dan mineralisasi yang dilakukan mikroorganisme, sehingga terjadi penurunan nilai rasio C/N (Thambirajah, 1998; Noor E. dkk., 2005).

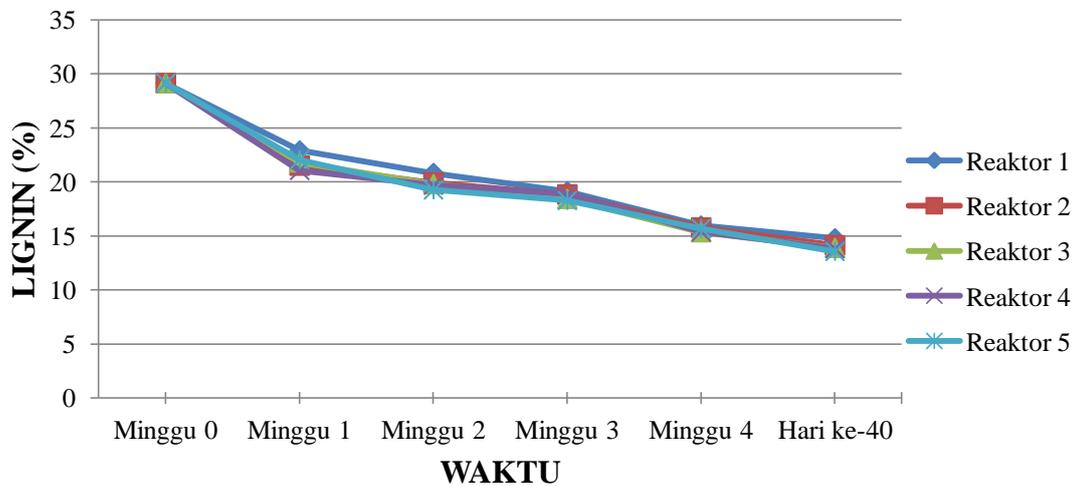
Pada setiap minggunya persentase degradasi rasio C/N yang terbesar terdapat pada R3 dengan variasi *Trichoderma viride* 25 ml + MOL Tapai 25 ml dengan nilai pada minggu ke-1 50,23, minggu ke-2 30,38, minggu ke-3 18,03, dan minggu ke-4 13,06. Hal ini menunjukkan bahwa campuran antara *Trichoderma viride* dan MOL tapai mampu bekerja sama dengan baik dalam mendegradasi rasio C/N pada bahan baku kompos TKKS. Namun apabila dibandingkan antara *Trichoderma viride* dan MOL Tapai dalam mendegradasi nilai rasio C/N, *Trichoderma viride* lebih baik dibandingkan MOL Tapai. Hal ini dikarenakan persentase degradasi rasio

C/N pada R2 dengan variasi 25 kg cacahan TKKS + 50 ml *Trichoderma viride* lebih besar daripada R1 dengan variasi 25 kg cacahan TKKS + 50 ml MOL Tapai. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin banyak *Trichoderma viride* semakin besar persentase degradasi rasio C/N. Pengukuran rasio C/N tidak dilanjutkan sampai hari ke-40 karena nilai rasio C/N

setiap reaktor telah memenuhi baku mutu SNI 19-7030-2004 pada minggu ke-4.

Hasil Analisa Lignin

Hasil pengukuran lignin yang diukur seminggu sekali sampai hari ke-40 pengomposan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Hasil Pengukuran Lignin

Lignin merupakan salah satu komponen pada TKKS yang paling sulit untuk didegradasi sehingga membutuhkan mikroorganisme ligninolitik untuk mendegradasi lignin tersebut. Pada penelitian ini menggunakan jamur *Trichoderma viride* dan MOL Tapai sebagai dekomposer untuk mendegradasi lignin. Kandungan lignin awal pada TKKS yaitu 29,15%. Penelitian dilakukan selama 40 hari.

Hasil pengukuran lignin selama 40 hari didapatkan persentase degradasi kandungan lignin terbesar setiap minggu disetiap reaktor, yaitu pada minggu ke-1 persentase degradasi terbesar terdapat pada R4 (TKKS + *Trichoderma viride* (35 ml) + MOL Tapai (15 ml)) mencapai 21,07%, minggu ke-2 terdapat pada R4 (TKKS + *Trichoderma viride* (35 ml) + MOL Tapai (15 ml)) sebesar 19,70%, minggu ke-3 terdapat pada R5 ((TKKS + *Trichoderma viride* (15 ml) + MOL Tapai (35ml))

sebesar 18,28%, minggu ke-4 terdapat pada R3 (TKKS + *Trichoderma viride* (25 ml) + MOL Tapai (25 ml)) sebesar 15,35%, dan pada hari ke-40 terdapat pada R5 ((TKKS + *Trichoderma viride* (15 ml) + MOL Tapai (35ml)) sebesar 13,56%. Hal ini menunjukkan bahwa *Trichoderma viride* dan *Bacillus* dapat mendegradasi lignin dengan menghasilkan enzim lignase yang digunakan untuk mendegradasi lignin. Terbukti pada minggu ke-1 dan ke-2 persentase degradasi terbesar terdapat pada R4 yang merupakan variasi penambahan *Trichoderma viride* lebih banyak dibandingkan MOL Tapai. Sama halnya dengan penelitian Amira Dayana (2011) nilai lignin yang dihasilkan dengan bantuan *Trichoderma viride* yaitu sebesar 5,59% dari nilai awal yaitu 19,05%. Pada minggu ke-3 dan hari ke-40 persentase degradasi terbesar terdapat pada R5 dengan variasi MOL Tapai lebih banyak dibanding *Trichoderma viride*, dan pada

minggu ke-4 persentase degradasi terbesar terdapat pada R3 yang merupakan kombinasi antara *Trichoderma viride* dan MOL Tapai.

Enzim selulase dari *Trichoderma viride* diduga selain mempunyai aktivitas selulase juga mempunyai aktivitas lignase dan bisa memproduksi asam organik selama proses fermentasi sehingga mampu menurunkan kadar lignin. MOL Tapai yang mengandung bakteri *Bacillus* juga mampu menurunkan lignin karena menghasilkan enzim lignase yang dapat mendegradasi lignin (Melati dkk., 2016).

KESIMPULAN

1. Nilai rasio C/N pada akhir pengomposan disetiap reaktor yaitu R1 14,35, R2 13,22, R3 13,06, R4 14,20, dan R5 14,35. Nilail pH, suhu, kelembaban,dan rasio C/N telah memenuhi baku mutu SNI 19-7030-2004.Persentase degradasi lignin yang terbesar yaitu 13,56% pada variasi R5 (TKKS + *Trichoderma viride* (15 ml) + MOL Tapai (35ml)).
2. Berdasarkan data analisa kualitas kompos tandan kosong kelapa sawit dengan aktivator *Trichoderma viride* dan MOL Tapai dapat dijadikan kompos sesuai dengan SNI 19-7030-2004.

DAFTAR PUSTAKA

- Amira Dayana,R., Roshanida, A. R., dan Rosli, M.I. . 2011. *Bioconversion of Empty Fruit Bunches (EFB) and Palm Oil Mill Effluent (POME) into Compost using Trichoderma Virens*. African Journal of Biotechnology. Vol. 10(81), pp. 18775-18780.
- Anindita, F.. 2012. Pengomposan dengan Menggunakan Metode *In Vessel System* untuk Sampah UPS Kota Depok. Skripsi. Universitas Indonesia
- Darnoko, Z. Poeloengan dan Anas, I.. 1993. Pembuatan Pupuk Organik dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. Buletin Penelitian Kelapa Sawit.
- Fangohoi, L., dan Agustina. 2014. Penggunaan *Mixed Culture* Jamur dan Penambahan Sumber N pada Biodegradasi Tandan Kosong Kelapa Sawit dalam Pengomposan. Buana Sains Vol. 14 No.2 : 105-111.
- Imsya, A., dan Laconi, E.B.. 2014. Biodegradasi Lignoselulosa dengan *Phanerochaete Chrysosporium* terhadap Perubahan Nilai Gizi Pelepah Sawit. Jurnal Peternakan Sriwijaya. ISSN 2303-1093. Vol. 3, No. 2.
- Kesumaningwati, R.. 2015. Penggunaan MOL Bonggol Pisang (*Musa paradisiaca*) sebagai Dekomposer untuk Pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sawit. ZIRAA'AH, Vol. 40 No. 1. ISSN Elektronik 2355-3545.
- Nurfajri, N., Yenie, E., dan Edward. 2016. Pengaruh Rasio Penambahan Acticomp terhadap Degradasi Struktur Morfologi Tandan Kosong Kelapa Sawit pada Proses Pengomposan Metode Windrow. Jom FTEKNIK Vol. 3 No. 2 Oktober 2016.
- Perez, J., Dorado, J., dan Munoz. 2002. *Biodegradation and Biological Treatments of Cellulose, Hemicellulose, and Lignin*. Int. Microbiol 5, 53-63.
- Prakoso, H. T. 2014. Eksplorasi dan Karakteristik Bakteri Aerob Ligninolitik serta Aplikasinya untuk Pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sawit. Menara Perkebunan 2014 82(1), 15-24.
- Rahman N.H.A., Rahman, N.A.A., Aziz, S.A, dan Hassan, M.A.. 2013. *Production Of Ligninolytic enzymes by Newly Isolated Bacteria From Palm Oil Plantation Soils*. Bioresour 8(4), 6136-50.

Reeves JB, dan Schmidt WF. 1994. *Solid-State Fermentation ¹³NMR Analysis Of Forage And Product-Derived Fiber And Lignin Residues, Resolution Of Some Discrepancies Among Chemical, Infrared, And Pyrolysis Gas Chromatography Mass Spectroscopic Analysis. J Agric Food Chem* 42:1462-1468.

Said, NI., Firly, Uji Performance Biofilter Anaerobik Unggun Tetap

Menggunakan Media Biofilter Sarang Tawon Untuk Pengolahan Limbah Rumah Potong Ayam, Jurnal BPPT, Jakarta, 2010.

Sukaryana, Y. Dan Umi, A.. 2010. *Bioconversion of palm Kernel Cake and Rice Bran Mixtures by Trichoderma viride Toward Nutritional Contents. International Journal of Science and Engineering. Vol 2 No. 1, pp 27-32*