

ANALISIS KUALITAS KOMPOS DARI CAMPURAN PAKIS-PAKISAN DAN KOTORAN AYAM MENGGUNAKAN LIMBAH CAIR PABRIK MINYAK KELAPA SAWIT DAN EM-4 SEBAGAI AKTIVATOR

M. Zulfikri, A. Awaluddin, Itnawita

Mahasiswa Program Studi S1 Kimia
Bidang Kimia Anorganik Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Kampus Binawidya Pekanbaru, 28293, Indonesia
fikriaja@gmail.com

ABSTRACT

Ferns weed is a plant that is widely available in the oil palm plantation that grows as a parasite on the trunks of palm oil and will result in decreased quality of fresh fruit bunches, These ferns can be used as compost material because it contains enough nutrients. The composting process is done by adding chicken manure and effective microorganism (EM-4) as well as liquid waste palm oil mill (LCPMKS) as an activator. Analysis of compost quality is determined by the parameters water content, pH and C/N ratio for 30 days and analyzed every 5 days composting time. The results showed that the addition of EM-4 activator on kompostidak mixture gives a real difference to the control sample on the value of C / N ratio with a P value > 0.05. The compost produced memiliki pH value, water content and C/N ratio, respectively for 8, 40-52% dan 17-19 after 30 days of composting time.

Keyword: compost, Ferns, POME, composting process, activator

ABSTRAK

Pakis-pakistan merupakan tanaman gulma yang banyak terdapat pada perkebunan kelapa sawit yang tumbuh sebagai parasit di batang maupun disekitar pohon kelapa sawit dan akan mengakibatkan menurunnya kualitas tandan buah segar, namun pakis-pakistan ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku kompos karena mengandung unsur hara cukup banyak. Proses pengomposan dilakukan dengan menambahkan kotoran ayam dan *effective microorganism* (EM-4) serta limbah cair pabrik minyak kelapa sawit (LCPMKS) sebagai aktivator. Analisis kualitas kompos ditentukan berdasarkan parameter kandungan air, pH dan rasio C/N selama 30 hari dan dianalisis setiap 5 hari waktu pengomposan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan aktivator EM-4 pada campuran bahan kompostidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap sampel kontrol pada nilai rasio C/N dengan nilai $P > 0,05$. Kompos yang dihasilkan memiliki nilai pH, kandungan air dan rasio C/N berturut-turut sebesar 8, 40-52% dan 17-19 setelah 30 hari waktu pengomposan.

Kata kunci : kompos, Pakis-pakistan, pengomposan, LCPMKS, aktivator

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang mempunyai peranan penting di Indonesia. Luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2011 mencapai 8.992.824 ha dengan lahan sawit terbesar berada di provinsi Riau yang mencapai 2.103.175 ha dan produksi tandan buah segar (TBS) sebanyak 36.809.252 ton per tahun (www.ditjenbun.pertanian.go.id).

Pada area perkebunan kelapa sawit terutama pada batang kelapa sawit banyak ditumbuhi oleh gulma. Gulma merupakan tumbuhan yang berasal dari spesies liar yang telah lama menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan. Gulma ini akan merugikan tumbuhan pokok, karena dapat mengambil zat hara yang terdapat di dalam perkebunan sawit seperti batang, sehingga tanaman pokok terganggu. Salah satu jenis gulma yang sering tumbuh di area perkebunan kelapa sawit adalah gulma dari jenis pakis-pakistan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memanfaatkan pakis-pakistan tersebut antara lain dengan menjadikannya sebagai pupuk organik atau kompos. Pakis-pakistan dapat dimanfaatkan menjadi pupuk kompos karena pakis-pakistan diketahui memiliki kandungan nitrogen cukup tinggi dan komposisi strukturnya memiliki kandungan lignin yang sedikit sehingga dapat dengan mudah didegradasi oleh mikroorganisme. Pupuk yang dihasilkan dari proses pengomposan merupakan salah satu solusi yang efektif untuk mengganti sebagian besar kebutuhan pupuk kimia yang cenderung mahal dan ketersediaannya yang terbatas. Pupuk organik yang baik ditunjukkan dengan ketersediaan unsur hara yang cukup

untuk tanaman dan berada di *range* rasio C/N humus 10-20 (Djuarnani, 2005).

Proses pembuatan kompos umumnya memerlukan waktu 6 bulan hingga 1 tahun. Salah satu faktor yang menyebabkan hal tersebut adalah sedikitnya jumlah mikroorganisme pengurai yang tersedia. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu upaya untuk mempercepat proses pengomposan. Beberapa upaya yang dapat dilakukan adalah dengan pemanfaatan mikroorganisme seperti penggunaan teknologi (*Effective Microorganism*)

Effective Microorganism adalah suatu kultur campuran berbagai mikroorganisme (Myint, 2003). *Effective Microorganism* juga dapat meningkatkan kualitas tanah, unsur hara, pertumbuhan serta hasil tanaman pangan dalam sistem pertanian (Higa, 1994), dengan bantuan teknologi EM ini, diharapkan proses pengomposan dapat berjalan lebih cepat, sehingga faktor waktu dapat diatasi.

.Pakis-pakistan dan kotoran ayam menggunakan LCPMKS dan EM-4. Kombinasi kompos ini diharapkan mampu memberikan masukan unsur hara dalam tanah sehingga baik untuk pertumbuhan tanaman serta dapat menanggulangi limbah padat dan cair pabrik minyak kelapa sawit.

Sejauh ini penelitian mengenai pemanfaatan pakis-pakistan menjadi pupuk organik atau kompos dari perkebunan sawit belum pernah dilakukan sebelumnya, oleh karena itu peneliti tertarik untuk memanfaatkan pakis-pakistan dari perkebunan kelapa sawit sebagai bahan baku dalam pembuatan pupuk organik atau disebut kompos.

METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi Spektrofotometer UV-Vis (*Spektronic thermo scientific genesys D 20*), *Flame Fotometer* (Jenway Series PFP 007), Neraca Analitik (Mettler tipe AE200), Oven (Gallenkamp), pH meter (Orion 210 A), *polybag* ukuran 25 × 25 cm, penangas air dan peralatan gelas lainnya yang biasa digunakan di Laboratorium Kimia Analitik dan Laboratorium Kimia Anorganik.

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pakis-pakisan, limbah cair pabrik minyak kelapa sawit (LCPMKS), kotoran ayam, gula merah, air suling, EM-4, asam sulfat pekat (H_2SO_4), sukrosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$), barium klorida ($BaCl_2$), kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$), dan bahan-bahan kimia lain yang diperlukan.

B. Persiapan bahan

1. Persiapan sampel pakis-pakisan dan LCPMKS

Sampel LCPMKS diambil sebanyak 70 liter dari kolam ke-5 IPAL PMKS dan sampel pakis-pakisan diambil sebanyak 30 kg di pabrik kelapa sawit PT. Tasma Pujia Desa Sei. Kuamang Kec. Kampar. Pakis-pakisan yang digunakan untuk proses pengomposan telah dibiarkan sebelumnya selama ± 1,5 bulan dan dicacah hingga berukuran ± 0,5-1 cm.

2. Persiapan sampel kotoran ayam

Sampel kotoran ayam diambil secara acak dari perternakan ayam potong yang ada di Kec. Sungai Kuamang, Kabupaten Kampar. Sampel kotoran ayam dikeringkan di bawah

sinar matahari sebelum dicampurkan dengan bahan lainnya.

3. Pengaktifan EM-4 (*Effective Microorganism*)

EM-4 dalam kemasan asli masih dalam keadaan tidur (*dormant*), sehingga perlu diaktifkan dengan cara menambahkan larutan gula merah dan air dengan perbandingan 1 : 100 (200 ml EM-4 + 200 ml larutan gula merah + 20.000 ml air). Untuk proses fermentasi, botol ditutup dengan rapat dan disimpan di ruang gelap sehingga terhindar dari sinar cahaya matahari selama ± 3 hari.

C. Proses Pengomposan

Campuran pakis-pakisan dan kotoran ayam diaduk rata dan dimasukkan ke dalam masing-masing reaktor (*polybag*) kemudian disiram dengan LCPMKS sebagai kontrol dan campuran LCPMKS+EM-4 masing-masing sebanyak 0,8 liter. Pengomposan dilakukan dengan variasi waktu 0, 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 hari.

D. Analisis sampel

1. Analisis pH (Menon, 1979)

Sebanyak 5 gram sampel kering angin ditimbang, dimasukkan ke dalam gelas piala ukuran 50 mL, ditambahkan 12,5 mL akuades ke dalam gelas piala campuran sampel dan air dalam gelas piala diaduk selama 30 menit, kemudian pH diukur dengan pH meter.

2. Analisis kandungan air (Menon, 1979)

Sebanyak 5 gram sampel dimasukkan ke dalam cawan porselin yang berat konstan telah diketahui. Cawan yang telah berisi sampel ditimbang lalu dimasukkan ke dalam oven pengering pada suhu ± 105 °C, dalam waktu ± 4 jam. Kemudian cawan

dipindahkan ke desikator, didinginkan dan ditimbang, dilakukan berulang-ulang hingga diperoleh berat konsta

3. Analisis N-total dengan metode Kjeldahl

4. Analisis C-organik (Walky and Black, 1976)

a. Penentuan panjang gelombang optimum

Sebanyak 10 mL larutan standar karbon (sukrosa 50 mg/mL) diencerkan di dalam labu takar 50 mL dengan menambahkan akuades hingga tanda batas (konsentrasi 10 mg/mL). Sebanyak 2 mL larutan standar karbon 10 mg/mL diambil dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml dan untuk blanko digunakan akuades. Selanjutnya ditambahkan 10 mL $K_2Cr_2O_7$ 1 N dan 20 mL H_2SO_4 pekat dengan hati-hati. Larutan tersebut dikocok hingga homogen dan dibiarkan selama 30 menit. Setelah didiamkan sebanyak 100 mL larutan $BaCl$ 0,5 % ditambahkan untuk mendapatkan larutan yang jernih dan didiamkan selama satu malam. Pengukuran serapan dilakukan pada panjang gelombang 550-610 nm dengan menggunakan spektrometri genesys 20D UV-Vis dengan interval 5 nm.

b. Pembuatan kurva standar

Sebanyak 2,5 mL, 5 mL, 7,5 mL, 10 mL, 12,5 mL dan 15 mL larutan standar karbon 50 mg/mL diambil lalu diencerkan menggunakan akuades pada labu takar 50 ml hingga tanda batas (konsentrasi 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; dan 15 mg/mL). Larutan standar karbon masing-masing diambil 2 mL dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL. Selanjutnya ditambahkan 10 mL $K_2Cr_2O_7$ 1 N dan 20 mL H_2SO_4 pekat dengan hati-hati. Larutan tersebut

dikocok hingga homogen dan biarkan selama 30 menit. Setelah didiamkan sebanyak 100 mL larutan $BaCl_2$ 0,5% ditambahkan untuk mendapatkan larutan yang jernih dan diinkubasi selama satu malam. Pengukuran serapan dilakukan pada panjang gelombang 585 nm dengan menggunakan spektrometri genesys 20D UV-Vis. Kandungan karbon dihitung dengan membandingkan serapan sampel dan standar menggunakan kurva kalibrasi standar.

c. Pengukuran serapan larutan sampel

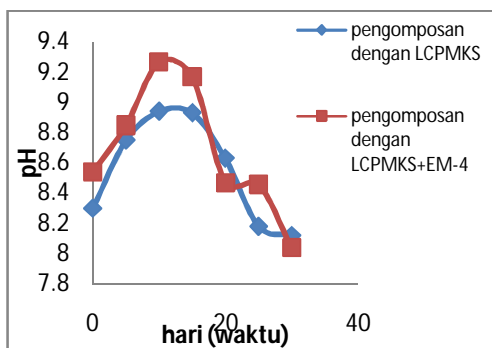
Pengukuran serapan larutan sampel dilakukan dengan cara mengoksidasi 0,25 gram sampel yang ditempatkan pada erlenmeyer. Larutan $K_2Cr_2O_7$ 1 N ditambahkan 10 mL dan 20 mL H_2SO_4 pekat dengan hati-hati. Selanjutnya larutan tersebut tersebut dikocok dan biarkan selama 30 menit. Larutan $BaCl_2$ 0,5% ditambahkan 100 mL untuk mendapatkan larutan yang jernih dan biarkan semalam. Pengukuran serapan dilakukan pada panjang gelombang 585 nm dengan menggunakan spektrometri genesys 20D UV-Vis. Kandungan karbon dihitung dengan membandingkan serapan sampel dan standar menggunakan kurva kalibrasi standar.

5. Analisis data

Data yang diperoleh dari analisis pH, kandungan air, N, P, K, dan rasio C/N diolah secara statistik dengan menggunakan Analisis Variansi (ANOVA). Jika hasil analisis ANOVA signifikan, analisis data dilanjutkan dengan uji *Duncan Multi Range Test* (DMRT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil penentuan pH

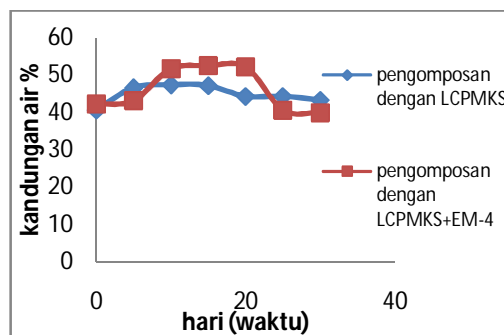


Gambar 1. Grafik hasil penentuan pH

Hasil analisis yang dilakukan terhadap pengukuran pH kompos dari kedua jenis aktivator berkisar 7-8 seperti terlihat pada Gambar 1. Pada pengomposan dari hari ke 0-15 terjadi peningkatan pH. Hasil ini relatif sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Yeoh (2012), peningkatan pH terjadi pada hari ke 0 - 14 pengomposan. Terjadinya peningkatan ini diduga karena mikroorganisme berada pada fase logaritma atau pertumbuhan, pada kondisi ini terjadi produksi amoniak dari senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen. Asam amino yang diperoleh dari proses aminisasi dimanfaatkan oleh bakteri heterotropdan diubah menjadi amoniak. Bakteri ini mengoksidasi amoniak menjadi nitrit dan kemudian menjadi nitrat. Jika dalam sampel kompos banyak mengandung senyawa nitrat namun lingkungannya kekurangan oksigen, maka akan hidup dan berkembang bakteri anaerob. Bakteri ini akan mereduksi nitrat menjadi gas nitrogen yang dibebaskan ke atmosfer, sehingga kadar nitrogen di dalam

sampel kompos menjadi berkurang (Rosmarkan, 2002). Hal ini terlihat pada hari ke 20-30 pengomposan pH kompos mengalami penurunan. Pada hari ke 30 pengomposan, pH rata-rata pada sampel kompos yang difermentasi dengan kedua jenis aktivator yaitu 8. Jika diolah secara statistik, secara umum pH kompos untuk masing-masing aktivator berbeda nyata. Hal ini mungkin disebabkan karena masing-masing sampel memiliki jumlah mikroorganisme aktif yang berbeda.

B. Hasil analisis kandungan air

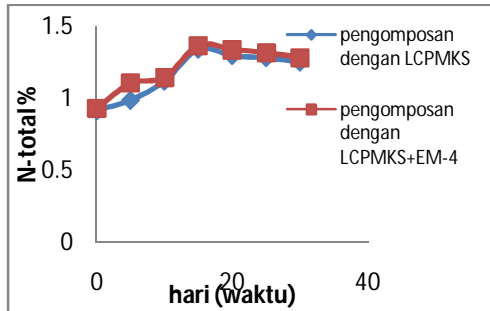


Gambar 2. Hasil analisis kandungan air

Kandungan air yang diperoleh pada kompos dengan kedua jenis aktivator berkisar antara 40-52% seperti terlihat pada Gambar 2. Kandungan air pada penelitian ini lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan Yeoh (2012) yakni 55 - 72 %. Kandungan air 40 - 60% adalah kisaran optimum untuk metabolisme mikroba. Apabila kandungan air di bawah 40%, aktivitas mikroba akan mengalami penurunan dan akan lebih rendah lagi pada kisaran 15% (Rynk, 1992). Apabila kelembaban lebih besar dari 60 % unsur hara akan tercuci, volume udara berkurang, akibatnya aktivitas mikroba akan menurun dan akan terjadifermentasi anaerobik yang menimbulkan bau tidak sedap. Pada hari ke 30 pengomposan, kandungan

airrata - rata pada sampel kompos yang difermentasi dengan kedua jenis aktivator yaitu 42,25%. Jika diolah secara statistik, secara umum kandungan air pada kompos untuk masing-masing aktivator tidak berbeda nyata.

C. Hasil analisis kandungan N-total

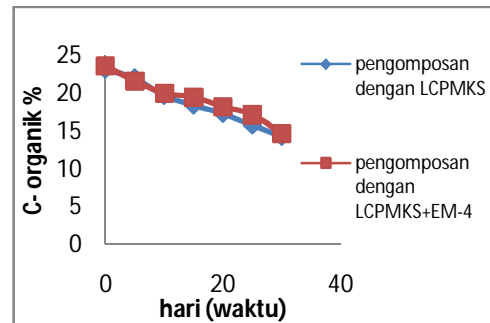


Gambar 3. Hasil analisis kandungan N-total

N-total selama pengomposan seperti yang tersaji pada Gambar 3. Kandungan N-total pada pengomposan sampel pakis-pakisandan kotoran ayam dengan kedua jenis aktivator berada pada kisaran 0,85-1,36%, namun secara statistik menunjukkan perbedaan yang nyata. Peningkatan kandungan nitrogen pada sampel kompos terlihat mulai dari hari ke 0-15 pengomposan seperti yang terlihat pada Gambar 3. Hasil ini relatif sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Yeoh (2012), peningkatan kandungan nitrogen terjadi pada hari ke 0 – 14 pengomposan. Peningkatan ini diduga karena aktivitas mikroorganisme yang optimum, sehingga proses dekomposisi senyawa organik berjalan dengan optimal. Adanya aktivitas mikroorganisme pada EM-4 seperti *Rhizobium*, *Asetobakter*, dan *Nitrosomonas* ditambah persediaan oksigen yang cukup dapat membuat terjadinya peningkatan unsur hara N baik nitrat maupun total, namun jika

salah satu dari proses diatas tidak tersedia lagi atau berkurang maka akan terjadi proses denitrifikasi oleh bakteri *Thiobacillusdenitrificans*, yang membuat unsur hara N akan mengalami penurunan akibat pelepasan nitrogen ke udara (Rao, 1994). Maka dari itu pada pengomposan limbah tandan kosong kelapa sawit dan bahan-bahan organik mengalami kenaikan dan penurunan.

D. Hasil analisis kandungan C-organik

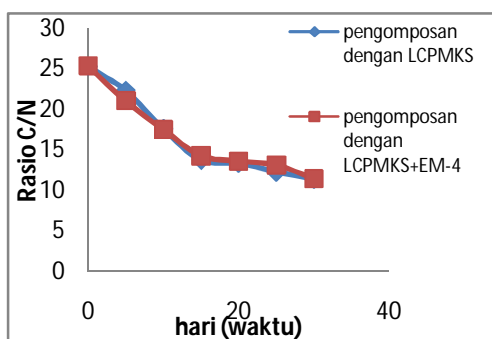


Gambar 4. Hasil analisis kandungan C-organik

Penurunan kandungan karbon organik mulai terjadi pada hari ke 5 pengomposan seperti terlihat pada Gambar 4. Hasil ini relatif sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Yeoh (2012), penurunan kandungan karbon mulai terjadi pada hari ke 5 pengomposan. Hal ini disebabkan karena adanya aktivitas mikroorganisme seperti *Aspergillus fumigatus* yang membutuhkan karbon organik sebagai sumber makananyang selanjutnya akan diuraikan menjadi senyawa yang lebih sederhana. Pada saat dekomposisi akan terjadi pelepasan CO₂ dan H₂O ke udara yang ditandai dengan mengembunnya plastik ketika diikat pada saat pengomposan. *Aspergillus fumigatus* dapat mendegradasi karbohidrat

terutama selulosa menjadi bentuk sederhana karena menghasilkan enzim alfa-glukosidase yang berfungsi untuk memotong ikatan α 1,4-glikosidik pada karbohidrat tersebut (Darnoko, 1993). Pada hari ke 30 pengomposan, kandungan karbon rata-rata pada sampel kompos yang difermentasi dengan kedua jenis aktivator yaitu 16, 33 %. Hasil ini lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yeoh (2012) yakni 47 % pada hari ke 35 pengomposan. Hal ini diduga karena tandan kosong yang digunakan dalam penelitian ini sudah dibiarkan selama \pm 1,5 bulan dan ukurannya lebih kecil yakni 0,5 - 1 cm. Kandungan karbon pada sampel kompos yang difermentasi dengan kedua jenis aktivator cenderung stabil pada hari ke 25 - 30 pengomposan yakni 15 - 18 %. Hal ini diduga karena jumlah *Aspergillus fumigatus* yang semakin sedikit sehingga menyebabkan proses dekomposisi pakis-pakisan mulai menurun.

E. Hasil penentuan rasio C/N



Gambar 5. Hasil penentuan rasio C/N

Untuk mengetahui tingkat kesempurnaan dari pengomposan dilakukan penentuan rasio C/N. Jika rasio C/N kompos yang dihasilkan mendekati rasio C/N humus (10 - 12), maka senyawa organik telah

terdekomposisi dan dapat dijadikan pupuk organik. Apabila rasio C/N kompos yang dihasilkan tinggi maka dalam tanah akan terjadi imobilisasi nitrogen dari tanah oleh mikroorganisme, sehingga nitrogen menjadi tidak tersedia dan pertumbuhan tanaman menjadi kurang bagus (Murbando, 2005). Rasio C/N pada pengomposan campuran pakis-pakisan dan kotoran ayam dengan kedua jenis aktivator berada pada kisaran 11-26 seperti terlihat pada Gambar 5. Hasil ini relative tidak sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Yeoh (2012), yakni 18 - 42 %. Pada umumnya, selama proses pengomposan berlangsung kandungan nitrogen di dalam bahan kompos akan meningkat sementara kadar karbon berkurang. Hal itu akan menghasilkan nilai yang sesuai dengan penurunan rasio C/N (Yeoh, 2012). Namun dari hasil penelitian, rasio C/N kompos dari campuran pakis-pakisan dan kotoran ayam dengan kedua jenis aktivator mengalami peningkatan pada hari ke 20 - 30 pengomposan seperti terlihat pada Gambar 5. Terjadinya peningkatan ini diduga karena adanya proses denitrifikasi yang menyebabkan kandungan nitrogen berkurang, sehingga mempengaruhi pengukuran nilai rasio C/N. Pada akhir waktu pengomposan nilai rasio C/N cenderung stabil yaitu 11-17, namun secara statistik menunjukkan perbedaan yang nyata. Hal ini menunjukkan bahwa telah tercapainya stabilitas humus dan kematangan kompos. Hasil ini lebih rendah jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yeoh (2012), yakni 18 - 22 % pada hari ke 42 pengomposan.

KESIMPULAN

Berdasarkan data pengamatan terlihat bahwa kompos yang dibuat dari campuran pakis-pakistan dan kotoran ayam dengan kedua jenis aktivator dapat dijadikan sebagai pupuk organik. Jika ditinjau dari kedua jenis aktivator yang digunakan terlihat bahwa campuran aktivator tidak mempengaruhi kualitas kompos. Hal ini mungkin disebabkan oleh tidak sebandingnya jumlah substrat dengan mikroorganisme pengurai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Riau melalui Lembaga Penelitian yang telah membantu biaya penelitian ini melalui Dana PENPRINAS MP3EI atas nama Prof. Dr. H. Amir Awaluddin, M.Sc tahun 2013. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dra. Hj. Itnawita, M.Si yang telah membimbing, memotivasi, serta membantu penelitian dan penulisan karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

Buckman, H.O., Brady. 1982. *Ilmu Tanah*. (Terjemahan Soegiman). Bharata Karya Aksara. Jakarta.

Darnoko, Poeloengan, Z, dan Anas, I. 1993. Pembuatan Pupuk Organik dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Buletin PPKS*. 1 (1), 89-99.

Direktorat Jenderal Perkebunan Kementrian Pertanian. 2012. *Luas Lahan Sawit Indonesia*. <http://www.deptan.go.id> (Tanggal akses 14 Mei 2014)..

Fauzi, Y., Widyastuti, Satyawibawa, I dan Hartono, R.

2002. *Kelapa Sawit*. Penebar Swadaya. Jakarta.

Firmansyah, A.M. 2010. *Teknik Pembuatan Kompos*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Kalimantan Tengah.

Menon, R.G. 1979. *Physical and Chemical Methods of Soil Analysis*. Soil Chemist. FaO.

Murbandono, L. 2005. *Membuat Kompos*. Penebar Swadaya. Jakarta.

Rynk, R. 1992. *On-Farm Composting Handbook*. Northeast Regional Agricultural Engineering Service Pub. No. 54. Cooperative Extension Service. Ithaca, N.Y. 1992; 186pp. A classic in on-farm composting. Website: www.nraes.org. diakses tanggal 24 Januari 2014.

Rosmarkan, A., Yuwono, N.W. 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisus. Yogyakarta.

Setiawan, I.S. 2005. *Memfaatkan Kotoran Ternak*. Penebar Swadaya. Jakarta.

Sudjadi, M. 1971. *Penuntun Analisa Tanah Bagian Kesuburan Tanah*. Lembaga Penelitian Tanah. Bogor, Cakrawala/lainnya 02.Htm.

Yeoh, C. Y., Chin, N. L., Tan, C. S., Ooi, H. S. 2012. Industrial scale co-composting of palm oil mill waste with starter cultures. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 10:771-775.