

**PEMANFAATAN LIMBAH PADAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT
DAN TANAMAN PAKIS-PAKISAN UNTUK PRODUKSI KOMPOS
MENGUNAKAN AKTIVATOR EM-4**

Rudi Rahmadi , Amir Awaluddin, Itnawita

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

ABSTRACT

The composting process using oil palm solid wastes (EFB), palm oil mill effluent (POME), fern tree using effective microorganism 4 (EM 4) has been conducted and this would facilitate reduction of the wastes from palm oil industry. The aim of this research was to find the best formulation using oil palm wastes, ferns, and EM 4 in producing a composted material. The quality of compost was determined according to its pH, water content and C/N ratio at each 5 days for 30 days composting period. The water content of sample was determined using Gravimetri method, while total-N was analyzed by Kjeldahl method. The result indicated that co-composting of EFB and ferns using POME and EM-4 as the activators didn't have significance difference compared with that of the composting products with the value of $P > 0,05$. The value of pH, water and C/N ratio of composting products were respectively 7-8, 40-60% and 13-14, following 30 days composting period.

Keywords: compost, EFB, POME, composting process, activator

ABSTRAK

Proses pengomposan menggunakan limbah padat (TKKS) dan limbah cair pabrik minyak kelapa sawit (LCPMKS), serta pakis-pakistan sawit menggunakan aktivator effective microorganism 4 (EM 4) telah dilakukan dan ini diharapkan mampu mengurangi limbah yang berasal dari industri minyak kelapa sawit. Tujuan penelitian ini adalah untuk menemukan formula terbaik menggunakan limbah dari industri minyak kelapa sawit, pakis-pakistan dan EM-4 dalam produksi bahan kompos. Proses pengomposan dilakukan dengan penambahan aktivator campuran EM-4 dan LCPMKS. Analisa kualitas kompos ditentukan berdasarkan kandungan air, pH dan rasio C/N selama 30 hari pengomposan dan analisa dalam selang waktu 5 hari. Kandungan air sampel ditentukan menggunakan metode gravimetri sedangkan analisa N-total digunakan metode Kjeldahl. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan aktivator EM-4 dan LCPMKS pada campuran kompos tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap hasil pengomposan 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 7-8, 40-60% dan 13-14 setelah 30 hari waktu pengomposan.

Kata kunci : kompos, tandan kosong, 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).

Dalam proses pengolahan tandan buah segar (TBS) menjadi minyak kelapa sawit akan menghasilkan sisa produksi berupa limbah padat, cair, dan gas. Limbah padat yang berasal dari proses pengolahan kelapa sawit terdiri dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS), cangkang atau tempurung, serabut atau serat, lumpur, dan bungkil. Limbah padat tandan kosong kelapa sawit merupakan limbah utama yaitu 23% dari proses pengolahan kelapa sawit. Setiap pengolahan 1 ton tandan buah segar akan dihasilkan tandan kosong kelapa sawit sebanyak 22–23% atau 220–230 kg. Apabila dalam sebuah pabrik dengan kapasitas pengolahan 100 ton/jam dengan waktu operasi selama 6 jam, maka akan dihasilkan sebanyak 132 ton tandan kosong kelapa sawit. Adapun limbah cair pabrik minyak kelapa sawit (LCPMKS) berasal dari unit pengukusan (sterilisasi), klarifikasi (pemisahan produk pabrik kelapa sawit berdasarkan berat jenis), dan buangan dari hidrosiklon (Fauzi, 2002).

Tandan kosong kelapa sawit memiliki komposisi kimia berupa selulosa 45,95 %, hemiselulosa 22,84 %, lignin 16,49 %, minyak 2,41 %, dan abu 1,23 %. Selama ini pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit sangat terbatas yaitu ditimbun (*open*

dumping) dan dibakar dalam incinerator (Firmansyah, 2010). Abu dari pembakaran dimanfaatkan untuk pembuatan pupuk kalium karena mengandung 30% K_2O . Proses pembakaran tandan kosong kelapa sawit dalam *incinerator* tersebut dapat menimbulkan polusi udara karena menghasilkan abu terbang (*fly ash*).

Di area perkebunan kelapa sawit terutama pada batang kelapa sawit banyak ditumbuhi oleh gulma dari jenis pakis-pakistan. Pakis-pakistan merupakan tumbuhan yang berasal dari spesies liar yang telah lama menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan. Pakis-pakistan ini akan merugikan tumbuhan pokok, karena dapat mengambil zat hara yang terdapat pada tumbuhan inang. Bagi para petani sawit, pakis-pakistan dianggap sebagai tanaman pengganggu dan dibuang begitu saja. Oleh karena itu diperlukan suatu solusi yang efektif untuk memanfaatkan pakis-pakistan tersebut agar berguna bagi para petani sawit. Salah satu cara untuk memanfaatkan pakis-pakistan tersebut adalah dengan mengubahnya menjadi kompos atau pupuk organik (Supadma, 1997).

Untuk mengurangi pencemaran lingkungan, maka penanganan limbah pabrik minyak kelapa sawit perlu dilakukan. Salah satu cara adalah dengan memanfaatkan limbah padat dan cair pabrik minyak kelapa sawit dalam pembuatan kompos. Untuk mendukung proses pengomposan tandan kosong kelapa sawit diperlukan bahan pengurai (aktivator). EM-4 merupakan suatu kultur campuran berbagai mikroorganisme yang bermanfaat, sehingga dapat dijadikan sebagai aktivator.

Untuk mempelajari pengaruh berbagai variabel pada pembuatan

kompos maka dilakukan variasi bahan-bahan organik dan aktivator. Pada penelitian ini kompos dibuat dari campuran tandan kosong kelapa sawit dan pakis-pakistan sawit 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.

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 tandan kosong kelapa sawit (TKKS), limbah cair pabrik minyak kelapa sawit (LCPMKS), pakis-pakistan sawit, 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 TKKS dan LCPMKS

Sampel LCPMKS diambil sebanyak 70 liter dari kolam ke-5 IPAL

PMKS dan sampel TKKS diambil sebanyak 30 kg di pabrik kelapa sawit PT. Tasma Puja Desa Sei. Kuamang Kec. Kampar. TKKS yang digunakan untuk proses pengomposan telah dibiarkan sebelumnya selama ± 1,5 bulan hingga berukuran ± 0,5-1 cm.

2. Persiapan sampel pakis-pakistan sawit

Pakis-pakistan sawit diambil secara acak dari perkebunan kelapa sawit yang ada di Desa Sungai Kuamang, Kabupaten Kampar. Sampel pakis-pakistan sawit 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 tandan kosong kelapa sawit dan pakis-pakistan sawit 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 $\pm 105^{\circ}\text{C}$, dalam waktu ± 4 jam. Kemudian cawan dipindahkan ke desikator, didinginkan dan ditimbang, dilakukan berulang-ulang hingga diperoleh berat konstan.

3. Analisis N-total dengan metode Kjeldahl

• Destruksi

Sebanyak 3 gram sampel kering dimasukkan ke dalam erlenmeyer kemudian ditambahkan 1 gram katalis campuran lalu ditambah dengan 10 mL H_2SO_4 kemudian dipanaskan hingga larutan jernih.

• Destilasi

Larutan hasil destruksi ditambah dengan 50 mL akuades lalu ditambah dengan 10 mL NaOH 40% kemudian di

destilasi dan ditambahkan 5 mL H_2BO_4 dan beberapa tetes indikator.

• Titrasi

Larutan hasil destilasi dititrasi dengan larutan baku H_2SO_4 0,05 N. Proses titrasi dihentikan jika terjadi perubahan warna pada larutan.

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

• 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 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 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 UV-Vis dengan interval 5 nm.

• 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 15mg/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 spektroskop genesys 20D UV-Vis. Kandungan karbon dihitung dengan membandingkan serapan sampel dan standar menggunakan kurva kalibrasi standar.

• 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 spektroskop genesys 20D UV-Vis. Kandungan karbon dihitung

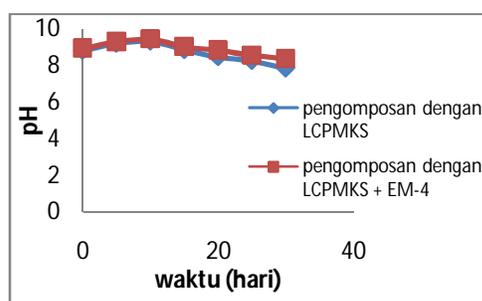
dengan membandingkan serapan sampel dan standar menggunakan kurva kalibrasi standar.

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



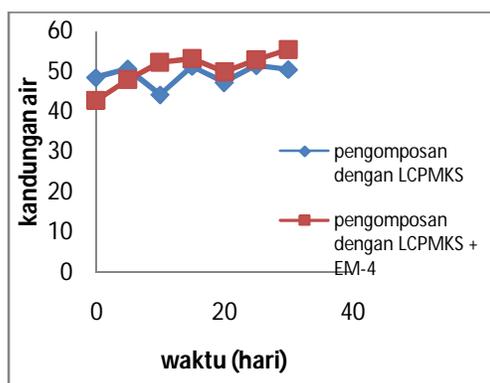
Gambar 1. Grafik hasil penentuan pH

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 heterotrop dan 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. 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 7,40. 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.

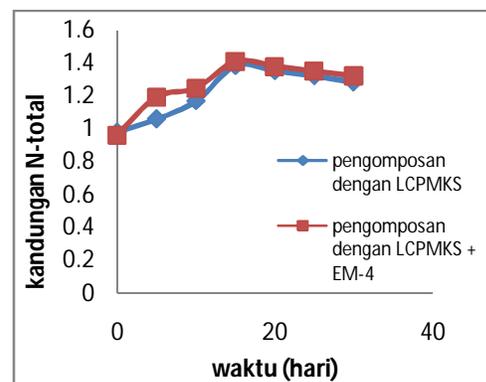
b. Hasil analisis kandungan air



Gambar 2. Hasil analisis kandungan air

Kandungan air yang diperoleh pada kompos dengan kedua jenis aktivator berkisar antara 43–59% 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 terjadi fermentasi anaerobik yang menimbulkan bau tidak sedap. Pada hari ke 30 pengomposan, kandungan air rata - rata pada sampel kompos yang difermentasi dengan kedua jenis aktivator yaitu 45,14%. Jika diolah secara statistik, secara umum kandungan air pada kompos untuk masing-masing aktivator berbeda nyata.

c. Hasil analisis kandungan N-total



Gambar 3. Hasil analisis kandungan N-total

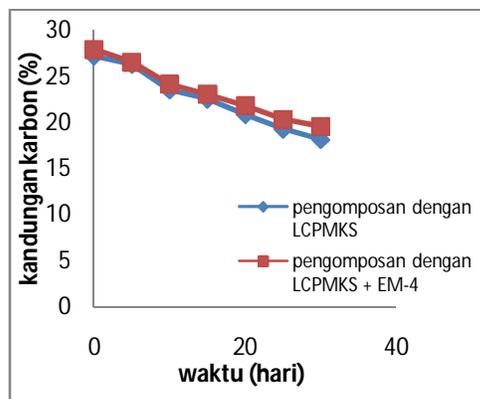
N-total selama pengomposan seperti yang tersaji pada Gambar 3.

Kandungan N-total pada pengomposan sampel TKKS dan pakis-pakistan sawit dengan kedua jenis aktivator berada pada kisaran 0,64-1,17%, 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 *Thiobacillus denitrificans*, yang membuat unsur hara N akan mengalami penurunan akibat pelepasan nitrogen ke udara. Maka dari itu pada pengomposan limbah tandan kosong kelapa sawit dan bahan-bahan organik mengalami kenaikan dan penurunan.

d. 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 7 pengomposan.

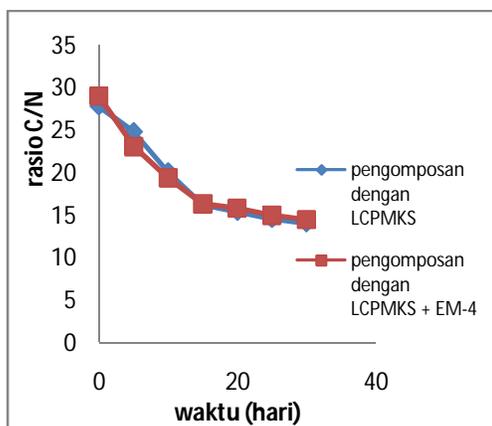


Gambar 4. Hasil analisis kandungan C-organik

Hal ini disebabkan karena adanya aktivitas mikroorganisme seperti *Aspergillus fumigatus* yang membutuhkan karbon organik sebagai sumber makanan yang 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 TKKS 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

(Murbandono, 2005). Rasio C/N pada pengomposan campuran TKKS dan pakis-pakistan sawit dengan kedua jenis aktivator berada pada kisaran 17-40 seperti terlihat pada Gambar 5. Hasil ini relatif 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 TKKS dan pakis-pakistan sawit 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 13-14, 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 TKKS dan pakis-pakistan sawit 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

- 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.
- 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.
- Supadma, A.A.N dan Arthagama. D.M. Uji Formulasi Kualitas Pupuk Kompos Yang Bersumber Dari Sampah Organik Dengan Penambahan Limbah Ternak Ayam, Sapi, Babi Dan Tanaman Pakisan. Jurnal Bumi Lestari Vol. 8 No. 2. Agustus 2008. Hal 113-121
- 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,