



JURNAL RONA TEKNIK PERTANIAN

ISSN : 2085-2614; e-ISSN 2528 2654

JOURNAL HOMEPAGE :
<http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/RTP>



. Pemanfaatan Limbah Daun Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku Pupuk Kompos

Ramayanty Bulan^{1*)}, Tineke Mandang²⁾, Wawan Hermawan²⁾ dan Desrial²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.

²⁾Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

*E-mail: rama_bulan@yahoo.com

Abstrak

Limbah padat pada perkebunan kelapa sawit telah diketahui potensial sebagai bahan baku pupuk organik padat melalui proses pengomposan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan teknik dan mengkarakterisasi proses pengomposan limbah daun kelapa sawit sebagai bahan dasar pupuk organik potensial. Proses pengomposan dilakukan dengan dua faktor perlakuan, meliputi komposisi bahan katalisator kompos (Bokashi, Vermikompos dan Natural) dan ukuran cacahan daun sawit (2 cm, 4 cm 6 cm). Parameter yang diamati meliputi persentase penyusutan massa dan fluktuasi perubahan suhu selama proses pengomposan, serta pengukuran zat hara Nitrogen, Phospor, Kalium (NPK) dan rasio C/N yang terkandung pada hasil pengomposan yang diukur setelah 10 dan 14 minggu proses pengomposan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode pengomposan dengan bokashi memberikan penyusutan massa terbesar jika dibandingkan dua metode lainnya pada semua ukuran cacahan yaitu sebesar 32%. Cacahan daun sawit yang berukuran kecil cenderung memberikan proses pengomposan yang lebih cepat dan memberikan produk kompos yang lebih baik. Hasil pengukuran setelah proses pengomposan menunjukkan bahwa interaksi dua faktor perlakuan yang diberikan hanya berpengaruh signifikan pada rasio C/N dan tidak signifikan pada zat hara NPK.

Kata kunci : Bokashi, natural, vermikompos, rasio C/N, NPK

Utilization of Waste Palm Leaves as Raw Material Palm Compost

Ramayanty Bulan^{1*)}, Tineke Mandang²⁾, Wawan Hermawan²⁾ dan Desrial²⁾

¹⁾Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Syiah Kuala University, Banda Aceh.

²⁾Department of Machinery and Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural Technology, Bogor Agricultural University, Bogor

*E-mail: rama_bulan@yahoo.com

Abstract

The use of oil palm plantation solid waste, particularly oil palm leaf as organic compost raw material are now receiving greater attention by researchers, but have not been fully utilized on large scale, either agriculturally or industrially. The aim of present study was to characterize composting process with oil palm leaf as raw material. The research of composting conducted with two combination of composting factor, namely: composting starter composition (i.e. Bokashi, vermi-compost and natural composting) and piece of frond dimension (2 cm, 4 cm, 6

cm). The percentage of mass reduction and temperature fluctuation during composting process were measured. The NPK compound and C/N ratio measurement were conducted after composting process which are 10 and 14 weeks. The result indicates that Bokashi starter composition gives higher percentage of mass reduction on all variant of piece of frond dimension. Results also showed that smaller piece of frond enable the composting process quicker and had better result. Statistical analysis reveals that combination of composting factors have significant effect on C/N ratio but insignificant on NPK.

Keywords : Bokashi, natural, vermikompos, C/N ratio, NPK

PENDAHULUAN

Perkebunan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) cukup masif perkembangannya di negara penghasil utama (Indonesia dan Malaysia). Hal ini berdampak pada perekonomian yang terdorong di negara tersebut, tetapi hal ini juga menyisakan permasalahan lingkungan berupa limbah perkebunan (Rupani *et al.* 2010). Limbah yang dihasilkan oleh perkebunan kelapa sawit dapat berupa limbah padat yang salah satunya adalah pelepah sawit. Guna mengatasi berbagai permasalahan yang timbul terkait limbah pelepah, maka muncullah berbagai gagasan pemanfaatan yang kesemuanya bertujuan sebagai upaya pengurangan dampak limbah pelepah tersebut. Beberapa penelitian yang telah dilakukan guna memanfaatkan limbah pelepah kelapa sawit, yaitu sebagai bahan dasar panel komposit (Khalid *et al.* 2015), bubur kertas (Hussin *et al.* 2014), bioetanol (Boateng dan Lee, 2014) dan gas mampu bakar dengan proses gasifikasi (Guangul *et al.* 2014).

Pemanfaatan yang lain dari limbah daun kelapa sawit salah satunya adalah dengan mengkonversinya menjadi pupuk organik. Hal ini lebih memungkinkan mengingat proses yang cukup mudah dan biaya relatif murah. Selain itu, produk hasil konversinya dapat langsung dimanfaatkan di areal kebun sebagai tambahan zat hara pada tanah. Sayangnya, pemanfaatan menjadi pupuk organik di lapangan belum cukup masif dilakukan, baik pada perkebunan milik rakyat maupun industri (Kala *et al.* 2009).

Beberapa penelitian terkait pemanfaatan limbah perkebunan kelapa sawit menjadi pupuk organik telah banyak dilakukan sebelumnya. Ermadani dan Muzar (2011), melakukan kajian pengaplikasian limbah cair pada tanaman kedelai. Rupani *et al.* (2010) melakukan kajian pra-perlakuan berupa pengomposan dengan metode vermikompos pada limbah cair sebelum diaplikasikan pada lahan. Ahmad *et al.* (2011) melakukan penelitian pemanfaatan pelepah kelapa sawit yang didekomposisi dengan bantuan *sludge* limbah cair pabrik kelapa sawit. Beberapa penelitian yang telah dilakukan tersebut, pengkonversian limbah padat umumnya dilakukan dengan bantuan limbah cair pabrik kelapa sawit. Hal ini dipandang kurang menguntungkan dari perspektif aplikasi, mengingat lokasi pabrik yang umumnya berjauhan dengan lokasi kebun sebagai sasaran penggunaan pupuk organik. Guna mengatasi

permasalahan tersebut, metode pengomposan dapat dilakukan dengan sistem bak tumpukan (*bin method*) yang dapat ditempatkan di beberapa titik di dalam kebun. Metode tersebut juga memungkinkan terakomodasinya potensi bahan organik lain yang cukup melimpah di sekitar kebun seperti kotoran sapi.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan teknik dan mengkarakterisasi proses pengomposan daun kelapa sawit dengan sistem bak tumpukan (*bin method*) sebagai bahan dasar pupuk organik potensial dengan tiga faktor perlakuan, sekaligus guna mengetahui interaksi antar faktor perlakuan yang diberikan. Faktor perlakuan yang dimaksud meliputi metode pengomposan, ukuran daun sawit dan durasi pengomposan.

METODE PENELITIAN

1. Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Januari 2014 hingga Desember 2014. Beberapa lokasi yang menjadi tempat penelitian adalah *University Farm* Cikabayan IPB, Laboratorium Peternakan IPB dan Laboratorium Tanah IPB. *University Farm* Cikabayan IPB menjadi lokasi pengambilan sample daun sawit. Laboratorium Peternakan IPB menjadi lokasi pengomposan dan Laboratorium Tanah IPB menjadi tempat analisis sampel kompos yang telah dilakukan.

2. Bahan dan Alat

Sampel daun sawit (varietas *Tenera*) diambil dari tanaman kelapa sawit berumur 5 tahun dan 20 tahun dari *University Farm* Cikabayan IPB. Pengujian karakteristik dilakukan pada daun sawit segar (baru dipotong) dan yang telah disimpan pada 3 hari, 5 hari, 7 hari dan 9 hari. Peralatan yang digunakan untuk pengujian karakteristik fisik daun sawit adalah jangka sorong ($Nankai \pm 0,02$), timbangan digital (DLE-200), oven dan desikator.

3. Desain dan Metode Pengomposan

Bak tumpukan yang digunakan berupa kotak kayu dengan dimensi 75 cm \times 50 cm \times 40 cm yang diberi lapisan plastik berlubang untuk masing-masing variasi perlakuan. Bahan campuran pada tiga faktor metode pengomposan dapat dilihat pada Tabel 1. Daun kelapa sawit dipotong sesuai dengan ukuran 2 cm, 4 cm dan 6 cm (Gambar 1). Daun kelapa sawit juga dilakukan perlakuan penyimpanan 0 hari, 3 hari, 5 hari, 7 hari dan 9 hari.



Gambar 1. Cacahan daun kelapa sawit pada masing-masing ukuran

Tabel 1. Faktor perlakuan komposisi bahan kompos

Jenis Kompos	Bahan penyusun	Cacahan 2 cm (kg)	Cacahan 4 cm (kg)	Cacahan 6 cm (kg)
Vermikompos	Kotoran sapi	4,0	4,0	4,0
	Daun sawit	1,0	1,0	1,0
	Cacing <i>Lumbricus rubellus</i>	1,0	1,0	1,0
Bokashi	Kotoran sapi	1,0	1,0	1,0
	Daun sawit	1,5	1,5	1,5
	Tepung tapioka	0,1	0,1	0,1
	EM4 + gula merah	0,1	0,1	0,1
Natural	Kotoran sapi	4,0	4,0	4,0
	Daun sawit	1,0	1,0	1,0

Sumber : Bulan,2016

Bahan campuran pada masing-masing komposisi dicampurkan dan ditempatkan di dalam bak penampung. Proses pencampuran bahan untuk kompos komposisi bokashi meliputi pencampuran cacahan daun sawit dengan kotoran sapi. Gula merah dan EM4 yang telah dilarutkan dengan air dan di fermentasi selama 24 jam ditambahkan secara merata pada tumpukan bahan. Campuran bahan dan larutan kemudian ditempatkan dalam kotak yang telah disiapkan. Komposisi vermikompos dibuat dengan mencampurkan cacahan daun sawit dengan kotoran sapi cair secara merata. Bahan campuran yang telah merata kemudian ditambahkan cacing *Lumbricus rubellus*. Komposisi kompos natural dibuat dengan mencampurkan dengan merata antara potongan daun sawit dengan kotoran sapi dan ditempatkan pada bak yang telah disediakan. Setiap komposisi dibuat dengan tiga tumpukan sebagai ulangan.

Bak penampung kompos ditempatkan di bawah naungan dan dibiarkan terbuka tanpa penutup dengan suhu lingkungan 30°C. Selama proses pengomposan, dilakukan pengukuran

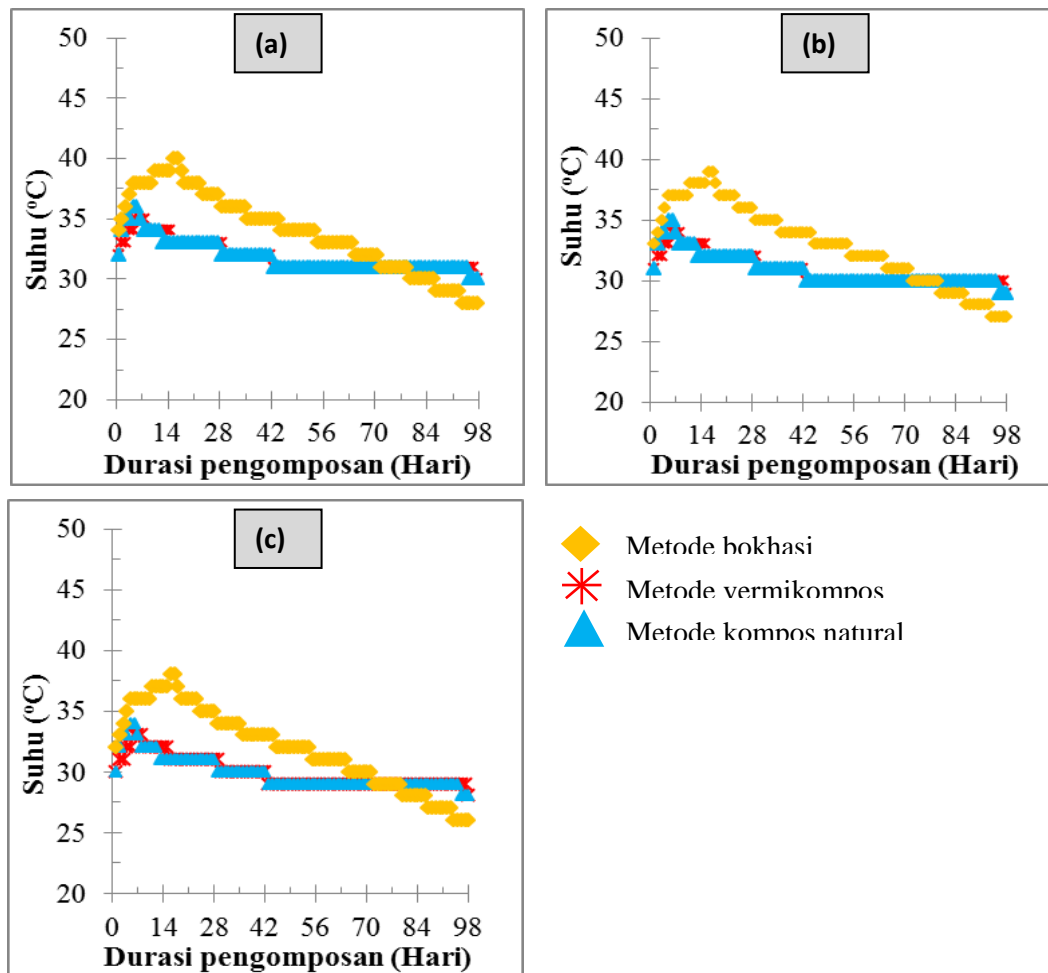
suhu dan massa tumpukan yang dilakukan setiap hari. Pengukuran unsur hara NPK dan rasio C/N dilakukan pada durasi proses pengomposan 10 minggu dan 14 minggu.

Data harian yang didapatkan selama proses pengomposan dianalisis dan disajikan dalam bentuk grafik. Data unsur hara NPK dan rasio C/N pada masing-masing durasi proses pengomposan dianalisis statistik guna mendapatkan interaksi antar faktor perlakuan yang diberikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Selama proses pengomposan, setidaknya memiliki 4 tahapan umum, meliputi tahap awal (*initial stage*), tahap aktif (*active stage*), tahap panas berlebih (*over heating stage*) dan tahap peram (*curing stage*) (Oviasogie *et al.* 2010). Setiap tahapan tersebut diindikasikan dengan suhu tumpukan yang berbeda. Sebagaimana terlihat pada Gambar 2, suhu tumpukan pada masing-masing kombinasi komposisi dan ukuran daun sawit berfluktuasi seiring berjalannya proses pengomposan. Pada tahap awal pengomposan, suhu tumpukan naik jika dibandingkan dengan suhu awal pengomposan dan suhu lingkungan. Gambar 2 juga menunjukkan bahwa komposisi bokashi mengalami peningkatan suhu tertinggi jika dibandingkan dengan komposisi kompos lainnya. Hal ini sesuai dengan kajian yang dilakukan oleh Francou *et al.* (2005) yang menyatakan bahwa pada tahapan awal, suhu tumpukan akan mendekati suhu 41°C. Kajian tersebut juga menyebutkan, peningkatan suhu dimungkinkan karena pada tahapan tersebut, bakteri mesofilik sedang aktif bekerja mendekomposisi dan aktif melepaskan panas dari bahan organik yang diurai.

Tahapan setelah tumpukan kompos mengalami peningkatan suhu karena aktivitas bakteri mesofilik adalah tahap aktif (*active stage*). Tahap panas berlebih (*over heating stage*) dimulai saat suhu tumpukan yang mulai menurun dari suhu tertingginya seiring waktu. Penurunan suhu seiring waktu tersebut disebabkan bahan organik sebagai energi dari aktivitas bakteri telah menurun jumlahnya. Penurunan bahan organik berimbas pada menurunnya jumlah populasi bakteri karena menurunnya nutrisi, sehingga tumpukan kembali mendingin ke fase mesofilik. Tumpukan kompos pada penelitian ini ditempatkan pada bak terbuka tanpa insulasi panas. Hal ini memungkinkan suhu pada tahap aktif (*active stage*) dan tahap panas berlebih (*over heating stage*) tidak terlalu tinggi dan berlangsung relatif singkat. Rynk dan Richard (2001) berpendapat bahwa keberadaan dan besarnya saluran ventilasi udara berpengaruh langsung terhadap suhu tumpukan kompos.



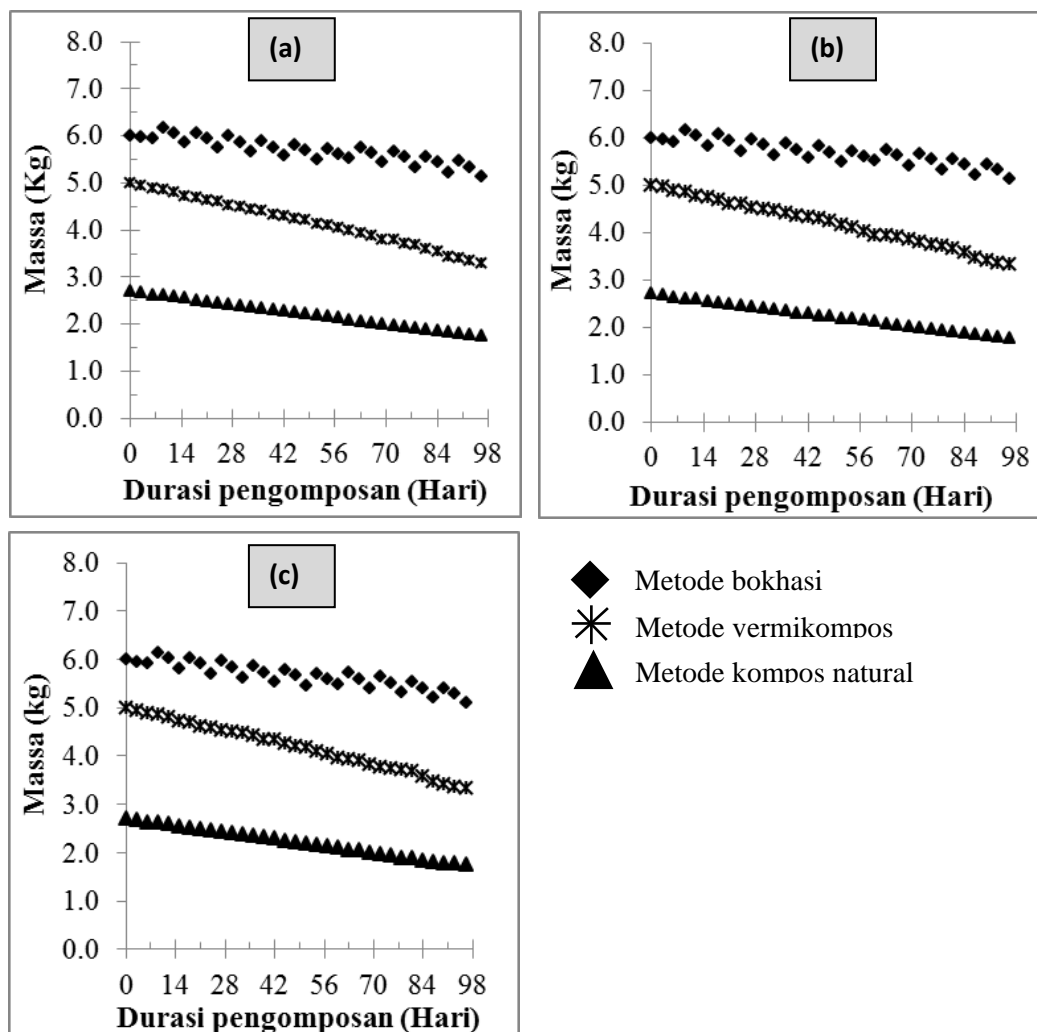
Gambar 2. Profil suhu tumpukan kompos (a) dimensi cacah 2 cm (b) dimensi cacah 4 cm (c) dimensi cacah 6 cm

Tahap peram (*curing stage*) dari proses pengomposan ditandai dengan penurunan suhu secara bertahap karena berkurangnya populasi bakteri fase mesofolik dan menjadi awal tahap peram. Selama tahap peram berlangsung, tumpukan kompos akan mulai didominasi *actinomycetes* dan jamur, serta populasi bakteri terus menurun (Ingham, 1999). *Actinomycetes* dan jamur berperan mengurai bahan organik yang sulit diurai yang masih tersisa seperti *chitin*, *selulosa* dan *lignin*. Bahan organik tersebut sulit diurai karena tidak larut dalam air dan ukuran serta struktur kimia yang kompleks. Pada penelitian ini, jamur mulai terlihat di permukaan tumpukan pada hari ke-28 setelah proses pengomposan.

Fluktuasi suhu pada komposisi bokashi paling jauh rentang perubahannya jika dibandingkan antar komposisi. Hal ini disebabkan oleh, populasi bakteri yang diinisiasi oleh cairan EM4 cukup besar jika dibandingkan dengan dua komposisi lainnya yang tidak melibatkan *starter* bakteri.

Penyusutan Massa Selama Proses Pengomposan

Adanya energi panas yang dihasilkan selama proses pengomposan oleh mikroorganisme berakibat mudah teruapnya uap air dan gas lainnya ke udara bebas. Gas tersebut meliputi karbon dioksida (CO₂), nitrogen monoksida (NO) dan gas lainnya (Oviasogie *et al.* 2010). Hasil penelitian sebagaimana terlihat pada Gambar 3, menunjukkan bahwa faktor perlakuan ukuran cacahan pelepah terkecil (2 cm) memberikan reduksi massa terbesar, yakni 34,07% pada komposisi bahan katalisator kompos Bokashi. Hasil perhitungan pada data massa harian juga menunjukkan bahwa komposisi kompos bokashi mengalami persentase pengurangan massa paling tinggi pada semua variasi dimensi cacahan daun sawit jika dibandingkan dengan dua metode pengomposan lainnya.



Gambar 3. Persentase Penurunan berat kompos (a) dimensi cacah 2 cm (b) dimensi cacah 4 cm (c) dimensi cacah 6 cm

Penelitian Bernal *et al.* (2009), menyatakan bahwa besarnya partikel kompos dan distribusinya merupakan faktor penting guna menyeimbangkan luas permukaan partikel. Hal ini ditujukan untuk pertumbuhan mikroorganisme dan mempertahankan aerasi udara yang cukup untuk proses pengomposan. Partikel kompos yang lebih besar mengakibatkan menurunnya rasio luas permukaan terhadap massa. Kompos dengan partikel yang lebih besar tidak terdekomposisi dengan baik karena bagian dalam (interior) dari partikel sulit dijangkau oleh mikroorganisme. Namun demikian, partikel kompos yang terlalu kecil akan mengakibatkan produk kompos yang padat dan porositasnya berkurang. Porositas dari produk kompos yang dihasilkan, masih oleh penelitian yang sama, ditentukan oleh faktor-faktor yang terkait bahan penyusun kompos, meliputi ukuran partikel dan distribusinya, bentuk, kepadatan dan kadar air.

Kandungan Zat Hara Hasil Proses Pengomposan

Hasil pengukuran zat hara berupa unsur NPK dan rasio C/N ditampilkan pada Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5. Hasil analisa statistik berupa sidik ragam faktorial pada data yang diperoleh menunjukkan bahwa unsur hara NPK pada dua kali pengukuran (10 dan 14 minggu) tidak dipengaruhi secara signifikan oleh paduan kedua faktor perlakuan yang diberikan. Hasil yang berbeda ditunjukkan oleh rasio C/N pada pengukuran 10 minggu, dimana paduan kedua faktor perlakuan mempengaruhi signifikan terhadap rasio C/N yang terkandung pada produk kompos. Pengukuran rasio C/N 14 minggu, diketahui bahwa interaksi antar faktor perlakuan tidak signifikan.

Tabel 2. Hasil pengukuran kandungan unsur N pada produk kompos

Lama pengomposan	Jenis pupuk	Kandungan N (% massa)		
		Cacahan 2cm	Cacahan 4cm	Cacahan 6cm
10 minggu	Bokashi	0,93	0,87	0,80
	Natural	0,82	0,75	0,65
	Vermikompos	0,84	0,82	0,72
14minggu	Bokashi	0,99	0,95	0,92
	Natural	0,89	0,85	0,83
	Vermikompos	0,92	0,90	0,87

Tabel 3. Hasil pengukuran kandungan unsur P pada produk kompos

Lama pengomposan	Jenis pupuk	Kandungan P (% massa)		
		Cacahan 2cm	Cacahan 4cm	Cacahan 6cm
10 minggu	Bokashi	1,18	1,13	1,02
	Natural	0,89	0,85	0,82
	Vermikompos	0,95	0,89	0,85
14minggu	Bokashi	1,37	1,34	1,31
	Natural	1,27	1,27	1,18
	Vermikompos	1,29	1,25	1,22

Tabel 4. Hasil pengukuran kandungan unsur K pada produk kompos

Lama pengomposan	Jenis pupuk	Kandungan K (% Massa)		
		Cacahan 2cm	Cacahan 4cm	Cacahan 6cm
10 minggu	Bokashi	0,29	0,27	0,23
	Natural	0,27	0,21	0,17
	Vermikompos	0,27	0,26	0,24
14minggu	Bokashi	0,35	0,32	0,31
	Natural	0,29	0,28	0,22
	Vermikompos	0,31	0,30	0,28

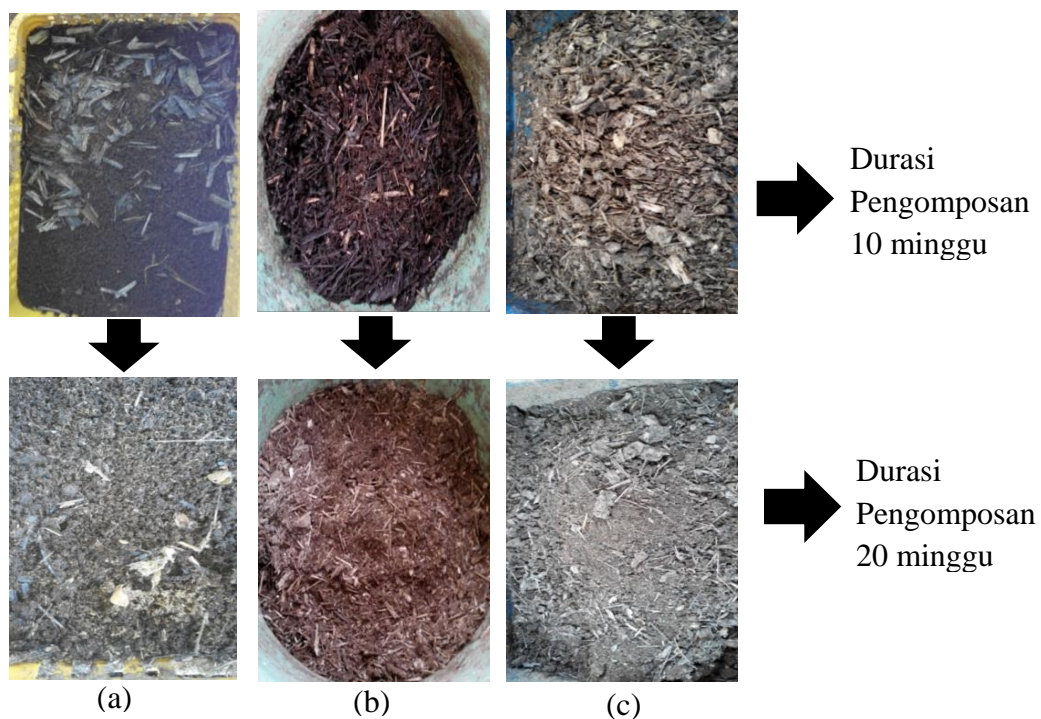
Tabel 5. Hasil pengukuran rasio C/N pada produk kompos

Lama pengomposan	Jenis pupuk	RasioC/N		
		Cacahan 2cm	Cacahan 4cm	Cacahan 6cm
10 minggu	Bokashi	13,37a	13,90b	14,40c
	Natural	18,30a	18,67b	18,67c
	Vermikompos	14,73a	15,85b	18,24c
14minggu	Bokashi	11,05	11,65	12,09
	Natural	12,72	12,98	13,24
	Vermikompos	12,21	12,58	13,15

Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 5%

Hasil penelitian ini memiliki kecenderungan yang sama terkait unsur NPK dan rasio C/N dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Suhaimi dan Ong (2001) yang melakukan proses pengomposan dengan bahan dasar tandan kosong sawit. Penelitian tersebut

mengindikasikan bahwa unsur NPK pada produk kompos cenderung naik seiring dengan berjalannya waktu pengomposan. Kecenderungan yang berbeda terdapat pada rasio C/N, dimana seiring dengan berjalannya waktu pengomposan, nilai rasio C/N akan menurun. Penelitian tersebut juga menyebutkan faktor lain selama proses pengomposan, seperti pengomposan terbuka atau tertutup serta pemberian pengadukan pada tumpukan bahan akan mempengaruhi nutrisi yang terkandung pada produk kompos yang dihasilkan. Adapun kompos berbahan dasar pelepah kelapa sawit yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pupuk kompos berbahan dasar daun kelapa sawit (a) Vermikompos (b) bokashi (c) Natural

Kombinasi metode pengomposan, ukuran cacahan daun sawit dan durasi pengomposan mengindasikan bahwa metode bokhasi, ukuran cacahan daun sawit 2 cm dan durasi pengomposan 10 minggu memberikan hasil yang optimal. Hal ini didasarkan pada hasil analisis unsur hara (NPK) yang terkandung dalam kompos tersebut. Berdasarkan hasil pengamatan peneliti, metode pengomposan bokhasi memberikan prosedur teknik yang lebih mudah dilakukan dil apangan dari pada kedua metode yang dilakukan dalam penelitian ini.

KESIMPULAN

Daun kelapa sawit merupakan limbah padat perkebunan yang potensial guna dikonversi menjadi pupuk organik melalui proses pengomposan. Proses pengomposan

dengan komposisi bokashi lebih baik dari komposisi lainnya berdasarkan pertimbangan perubahan suhu selama proses pengomposan. Selain itu, dimensi cacah daun kelapa sawit berukuran 2 cm direkomendasikan terkait dengan kemampuan mikroorganisme yang lebih baik dalam mengurai bahan organik. Kombinasi proses pengomposan dengan komposisi kompos bokashi dengan ukuran cacahan daun sawit 2 cm dengan durasi pengomposan 10 minggu, direkomendasikan sebagai kombinasi kondisi proses pengomposan yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M.N., M.N. Mokhtar, A.S. Baharuddin, L.S. Hock, S.R.A. Ali, S.A. Aziz, N.A. A. Rahman, M.A. Hassan. 2011. *Changes in physicochemical and microbial community during co-composting of oil palm frond with palm oil mill effluent anaerobic sludge. J. BioResources.* 6(4).
- Bernal, M.P., J.A. Alburquerque, R. Moral. 2009. *Composting a animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. J. Bioresource Tech.* 100: 5444-5453.
- Boateng, C.O., K.T. Lee. 2014. *Ultrasonic-assisted simultaneous saccharification and fermentation of pretreated oil palm fronds for sustainable bioethanol production. J. Fuel.* 119: 285-291.
- Bulan, R. 2016. Pengembangan sistem mekanisasi pemanfaatan pelepah kelapa sawit untuk mulsa dan kompos [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Ermadani, A. Muzar. 2011. Pengaruh aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit terhadap hasil kedelai dan perubahan sifat kimia tanah ultisol. *Jurnal Agronomi Indonesia* 39(3): 160-167.
- Francou, C., M. Poitrenaud, S. Houot. 2005. *Stabilization of organic matter during composting: influence of process and feedstocks. J. Compost Science Utilization.* 13(1): 72-83.
- Guangul, F.M., S.A. Sulaiman, A. Ramli. 2014. *Study of the effects of operating factors on the resulting producer gas of oil palm fronds gasification with a single throat downdraft gasifier. J. Renewable Energy.* 72: 271-283.
- Hussin, M.H., A.A. Rahim, M.N.M. Ibrahim, D. Perrin, M. Yemloul, N. Brosse. 2014. *Impact of catalytic oil palm fronds (OPF) pulping on organosolv lignin properties. J. Polymer Degradation and Stability.* 109: 33-39.
- Ingham, E. 1999. *Making a high quality compost tea, Part II. J. Bio-Cycle.* 40(4): 94.

- Kala, D.R., A.B. Rosenani, C.I. Fauziah, L.A. Thohirah. 2009. *Composting oil palm wastes and sewage sludge for use in potting media of ornamental plants. Malaysian Journal of Soil Science.* 13: 77-91.
- Khalid, I., O. Sulaiman, R. Hashim, W. Razak. N. Jumhuri, M.S.M. Rasat. 2015. *Evaluation on layering effects and adhesive rates of laminated compressed composite panels made from oil palm (Elaeis guineensis) fronds. J. Materials and Design.* 68: 24-28.
- Oviasogie, P.O., N.O. Aisueni, G.E. Brown. 2010. *Oil palm composted biomass: A review of the preparation, utilization, handling and storage. African Journal of Agricultural Research.* 5(13): 1553-1571.
- Rupani, P.F., R.T. Singh, M.H. Ibrahim, N. Esa. 2010. *Review of current palm oil mill effluent (POME) treatment methods: Vermicomposting as a sustainable practice. World Applied Science Journal.* 10(10): 1190-1201.
- Rynk, R., T.L. Richard. 2001. *Commercial compost production system. In P.J. Stofella, B.A. Kahn (Eds.), Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems.* Lewis Publisher, Boca Raton, FL.
- Suhaimi, M., H.K. Ong. 2001. *Composting empty fruit bunches of oil palm. FFTC Publication. Malaysia Agricultural Resource Dev. Inst. Malaysia* 1 November 2001.