

Uji Kinerja dan Kelayakan Alat Pengolahan Limbah Kelapa untuk Pupuk Organik

Test Processing and Fitness Equipment Waste Coconut for Organic Fertilizer

A. LAY¹, O. SAKA¹, N. TAKAHEGHESANG¹ DAN NICOLAS TUMBEL²

¹Balai Penelitian Tanaman Palma
Jln. Mapanget Raya, PO Box 1004, Manado 95001

²Balai Riset dan Standardisasi Industri Manado
Jln. Diponegoro No. 21-23, Manado 95112
E-mail: balitka05@yahoo.com

Diterima 28 Januari 2016 / Direvisi 7 Maret 2016 / Disetujui 4 Mei 2016

ABSTRAK

Pengolahan pupuk organik umumnya dilakukan secara manual, tidak kontinu, kapasitas olah rendah, mutu tidak seragam, penanganan kurang efisien. Kondisi ini mengakibatkan usaha pengolahan pupuk organik kurang berkembang, yang berdampak pada ketidakcukupan pupuk organik. Untuk itu, diperlukan teknik produksi pupuk organik sistem mekanis yang praktis dioperasikan pada tingkat kelompok tani. Penelitian bertujuan membuat alat pengolahan pupuk organik limbah kelapa skala kecil yang layak operasional. Penelitian dilaksanakan bulan Maret sampai Desember 2012, di Bengkel Rekayasa Alat dan Laboratorium Balai Penelitian Palma dan Laboratorium Balai Riset dan Standardisasi Industri Manado. Pembuatan alat pengolahan pupuk organik terdiri dari beberapa unit proses, yakni pencacah pelepah daun kelapa, penghancur bahan organik, ayakan, pencampur bahan olah dan bak fermentasi pupuk organik, masing-masing dibuat satu unit. Pengamatan terdiri dari spesifikasi alat, kinerja, karakteristik bahan baku dan pupuk organik serta analisis kelayakan alat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat pengolahan pupuk organik limbah kelapa, terdiri dari: unit pencacah daun kelapa sistem silinder, ayakan sistem sentrifugal, penghancur bahan organik sistem silinder, pencampur bahan olah dan bak fermentasi, yang layak operasional, kapasitas olah sekitar 1,6 ton/hari. Pupuk organik limbah kelapa yang dihasilkan bersifat gembur berwarna coklat tua, mengandung hara 1,2 % N, 1,0 % P, 2,81 % K, 0,46% Ca dan 0,04 % Mg. Analisis finansial penggunaan alat pengolahan pupuk organik limbah kelapa adalah layak dan menguntungkan. Alat pengolahan pupuk organik praktis dioperasikan pada skala kelompok tani.

Kata kunci: Alat pengolahan pupuk organik, limbah kelapa, kotoran ayam.

ABSTRACT

Commonly, processing of organic fertilizer was done manually, not continuous, low capacity, the quality was not uniform and less efficient handling. Therefore it was not running well and affected to insufficiency of organic fertilizer supply. Because of that, production technique through mechanical system which can be operated at the farmer groups was needed. The objective of this study is to design organic fertilizer machine for coconut waste which can be applied in small scale. The research was conducted in March until December 2012, in Repair Engineering and Laboratory Equipment, Laboratory of Indonesian Palm Crops Research Institute and Research and Standardization of Industrial Institute Manado. Organic fertilizer processing equipment consists of several process units, such as leaf midrib of coconut, organic material crusher, sieve, mixing materials and organic manure fermentation bulk. The observed variables were equipment specifications, performance characteristics of the raw material and organic fertilizers and feasibility analysis tools. The results showed that, the organic fertilizer processing machine consists of: a palm leaf counter unit cylinder systems, centrifugal sifter system, crusher organic matter cylinder system, material mixing and fermentation batch, which are operationally feasible, a capacity of about 1.6 tons/day. The organic fertilizers was friable, dark brown in color, contains 1.2% N, 1.0% P, 2.81% K, 0.46 Ca and 0.04% Mg. The financial analysis showed that, application of the organic fertilizer processing coconut waste was feasible and profitable. It can be operated in farmer level.

Keywords: Organic fertilizer processing equipment, coconut waste, chicken manure.

PENDAHULUAN

Penurunan kesuburan tanah adalah salah satu permasalahan menonjol bagi upaya peningkatan produksi pertanian. Penurunan kesuburan tanah disebabkan antara lain erosi, pencucian dan pengelolaan usahatani yang tidak efektif. Selama ini, petani cenderung menggunakan pupuk anorganik karena tersedia dalam bentuk subsidi dan praktis penggunaannya. Penggunaan pupuk anorganik dalam waktu cukup lama menurunkan produktivitas tanah. Pengolahan dan penggunaan pupuk organik bermanfaat mengurangi pencemaran lingkungan, memperbaiki produktivitas, kesuburan tanah, dan mengatasi kelangkaan pupuk dipasaran. Pupuk organik dapat di produksi oleh petani sendiri dengan biaya yang relatif murah. Sumber hara yang dapat digunakan dalam pertanian organik adalah bahan organik yang berasal dari pupuk kandang, pupuk hijau, limbah pertanian, pupuk hayati dan limbah rumah tangga (Melati dan Andriyani, 2006).

Komponen hasil kelapa yang bernilai ekonomi saat ini adalah daging buah. Komponen lain seperti sabut dan daun kelapa sebagian besar menjadi limbah pada areal perkebunan dan lingkungan pengolahan, untuk pengendalian limbah ini, umumnya petani melakukan pembakaran. Sebagian kecil sabut diolah menjadi serat, sebagai bahan baku industri dan kerajinan. Debu sabut sebagai hasil ikutan pada penyeratan sabut merupakan bagian terbesar dari sabut (70%) belum dimanfaatkan dan menjadi limbah pada lingkungan pengolahan. Debu sabut mengandung 4,8% Lignin, 10,1% Selulosa, 24% Carbon, 1,2% N, 0,06% P, 1,2% K, 0,05% Ca, 0,48% Mg, 0,091 ppm Cu, dan C/N=24:1 (Oviasogie *et al.*, 2013). Bahan organik seperti debu sabut dan daun kelapa, dikategorikan rendah kandungan N, P dan K, sehingga untuk diolah menjadi pupuk organik dengan komposisi hara seimbang perlu ditambahkan kotoran hewan antara lain kotoran ayam. Pemanfaatan daun kelapa dan debu sabut sebagai limbah kelapa yang diproses menjadi pupuk organik merupakan suatu inovasi dalam mengatasi permasalahan limbah pada lingkungan perkebunan, sekaligus berperan dalam meningkatkan produktivitas kelapa, yang dapat menunjang peningkatan nilai tambah komoditas dan pendapatan petani.

Dalam menunjang pengolahan pupuk organik limbah kelapa diperlukan unit-unit operasi pengolahan pupuk sistem mekanis, meliputi; unit pencacah daun kelapa, penghancur bahan organik (daun kelapa dan kotoran ayam),

saringan debu sabut dan kotoran ayam untuk memisahkan bahan yang tidak sesuai untuk digunakan sebagai pupuk organik, dan bak fermentasi yang berfungsi memfermentasi bahan organik menjadi pupuk organik. Umumnya pengolahan pupuk organik dilakukan petani kapasitas olah rendah, pengolahan tidak kontinu, mutu tidak seragam, penanganan kurang efisien, akibatnya usaha pengolahan pupuk organik kurang berkembang, yang berdampak pada permasalahan ketidakcukupan pupuk organik bagi pengembangan usahatani produktif.

Alat pengolahan pupuk organik sistem mekanis skala kelompok tani, umumnya belum tersedia secara lokal dipasaran, sehingga perlu pembuatan unit pengolahan pupuk organik sistem mekanis yang layak operasional, dan menghasilkan produk yang memenuhi syarat mutu. Pembuatan dan pengoperasian alat membutuhkan biaya cukup besar, namun untuk penyediaan pupuk organik yang bermutu dan murah, serta menunjang peningkatan produksi pertanian di masa mendatang sangat diperlukan pengolahan pupuk organik sistem mekanis.

BAHAN DAN METODE

Kegiatan penelitian dilaksanakan sejak bulan Maret 2011 sampai Desember 2012. Pembuatan alat pengolahan pupuk organik dan pengujian dilaksanakan di Bengkel Rekayasa Alat, Laboratorium dan Kebun Percobaan Balai Penelitian Palma Manado. Analisis kimia bahan baku dan produk pupuk organik dilakukan di Laboratorium Balai Riset dan Standardisasi Industri Manado.

Bahan rancangan (pelat besi, pelat stainless steel dll), bahan olah debu sabut, daun kelapa, air kelapa, kotoran ayam dan aktivator EM4, bibit kelapa unggul, pupuk anorganik (Pupuk NPK), dan bahan pembantu. Peralatan yang digunakan terdiri dari alat perbengkelan dan alat laboratorium, serta sarana penunjang lainnya.

Metode

Pembuatan alat pengolahan

Pembuatan alat pengolahan pupuk organik sebagai berikut: (a) Pencacah daun kelapa dimodifikasi dari alat pencacah daun/jerami model Balai Besar Mekanisasi Pertanian Serpong, (b) Penghancur bahan organik dimodifikasi dari penyerat sabut sistem drum tunggal, (c) ayakan berputar menggunakan desain ayakan sentrifugal, (d) Pencampur bahan baku pupuk organik menggunakan desain mixer dengan arah horisontal, dan

(e) bak fermentasi dimodifikasi dari bak fermentasi kakao, dilengkapi kontrol aliran udara dan suhu.

Pengamatan kinerja dari masing-masing unit, sebagai berikut: (a) Pencacah daun kelapa; kapasitas olah, konsumsi bahan bakar, dan kondisi hasil pencacahan, (b) Penghancur bahan organik; kapasitas olah, konsumsi bahan bakar, kondisi hasil olah, (c) Ayakan berputar; desain alat, kapasitas olah, konsumsi bahan bakar, proporsi bahan olah lolos saringan ayakan, dan (d) Bak fermentasi; volume bak, kapasitas olah, suhu dan lama fermentasi.

Formulasi, pengolahan dan karakterisasi pupuk organik

Formulasi pupuk sebagai berikut: (a) Ratio bahan organik; daun kelapa, serbuk sabut dan kotoran ayam = 2:1:3. Bahan pereaksi untuk produksi pupuk 1,6 ton, yakni EM4 1,2 L, larutan gula 6 L (1,2 kg gula yang dilarutkan dalam 1,2 L air), dan air 400 L. Penetapan formula ini didasarkan pada kandungan Nitrogen bahan baku, agar diperoleh pupuk organik dengan kadar Nitrogen >1%. Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan pupuk organik dan pupuk organik yang dihasilkan, dianalisis kandungan unsur hara. Analisis unsur hara meliputi C, Organik, N, P, K, Ca, Mg, C/N, Kadar air dan pH, yang dilakukan di Laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri Manado.

Pengolahan pupuk organik menggunakan metode pengolahan pupuk organik *Bokashi* (Simamora dan Salundik, 2006), dengan dilakukan penyesuaian proses berdasarkan jenis bahan olah. Bahan olah adalah serbuk daun kelapa, serbuk sabut dan serbuk kotoran ayam. Pada proses pengolahan, daun kelapa kering dan pelepah dicacah dan digiling, debu sabut disaring, kotoran ayam dikeringkan dan digiling, bahan baku diproses menjadi serbuk agar mudah dicampurkan dan difermentasi. Fermentasi pupuk menggunakan bak fermentasi dengan suhu terkontrol, dalam proses fermentasi tidak memerlukan pembalikan berulang bahan olah. Proses fermentasi dinyatakan selesai, apabila suhu bahan yang difermentasi relatif sama dengan suhu udara luar.

Analisis ekonomi penggunaan alat

Analisis ekonomi terdiri dari analisis biaya dan analisis finansial. Analisis finansial untuk menghitung kelayakan penggunaan alat pengolahan pupuk organik limbah kelapa, sesuai harga berlaku, untuk jangka waktu tertentu, berdasarkan nilai BCR, NPV, IRR dan BEP (Gittinger, 1986).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan alat pengolahan

Alat pengolahan pupuk organik limbah kelapa terdiri atas lima unit, yakni: pencacah daun kelapa, penghancur bahan organik, ayakan sentrifugal, pencampur bahan olah dan bak fermentasi Gambar 1-3).

Pencacah daun kelapa

Proses pencacahan daun kelapa, dengan memasukkan bahan secara pemegangan, yang dimulai dari ujung daun ke arah pangkal pelepah daun. Alat pencacah, menggunakan daya 10 Hp; 4000 rpm, kapasitas pencacahan sebanyak 91 kg/jam, dan menghasilkan pelepah dan daun yang hancur dengan ukuran panjang 2-10 cm. Pencacahan secara mekanis, akan mempercepat pencacahan bahan baku berupa daun kelapa. Pencacahan berfungsi untuk memperkecil ukuran bahan olah agar memudahkan proses pengolahan lanjut.

Ukuran bahan olah terlalu besar akan memperlambat proses penguraian, jika terlalu kecil akan menghambat pergerakan udara selama proses fermentasi. Selain itu, ukuran bahan olah yang relatif besar kurang efisien dalam proses pencampuran antar bahan olah dan proses fermentasi.

Ayakan berputar

Alat ayakan berputar (*rotary system*) berfungsi memisahkan hancuran daun kelapa, hancuran kotoran ayam dan debu sabut, dengan hasil olah lolos ayakan $2 \times 2 \text{ mm}^2 = 4 \text{ mm}^2$. Kapasitas olah dan proporsi hasil ayakan beragam tergantung pada jenis bahan yang diolah. Pengayakan kotoran ayam kering, kapasitas olah cukup tinggi, yakni 600 kg/jam, dengan hasil olah 69% lolos saringan ayakan 6 mesh, yang tidak lolos ayakan karena kotoran ayam cukup banyak dalam bentuk bongkahan.

Pada ayakan berputar bahan yang akan diayak akan ikut bergerak naik-turun sesuai perputaran silinder ayakan, bahan yang tidak lolos ayakan akan bergerak ke depan, dan akan keluar pada corong pengeluaran. Kemiringan ayakan berputar sekitar $3-5^\circ$, sedangkan kecepatan rotasi poros silinder ayakan berkisar 16-18 rpm, proses pengayakan bahan olah berlangsung optimal, ditandai tidak dijumpai bahan olah yang melekat pada dinding saringan. Kapasitas pengayakan beragam tergantung variasi bahan olah, pengayakan debu sabut kering kapasitas olah

540 kg/jam, pada daun kelapa 215 kg/jam, sedangkan pada kotoran ayam kering sebesar 600 kg/jam.

Penghancur bahan organik

Alat penghancur bahan organik; berfungsi untuk memperkecil bahan olah dalam bentuk potongan bahan organik dengan ukuran 2-10 cm² menjadi 0,1 cm², untuk memudahkan dalam pencampuran dengan bahan organik lainnya, dan mem-percepat proses fermentasi. Pupuk yang akan dihasilkan dalam bentuk serbuk mudah larut dalam tanah untuk menghasilkan unsur hara yang siap diserap tanaman.

Pada unit penghancur bahan organik, dilakukan modifikasi antara lain penambahan lubang silinder penghancur dari 30 cm menjadi 40 cm, dan pembesaran diameter lubang saringan dari 5 mm menjadi 6 mm, penambahan corong pengeluaran hasil olah, dan dilakukan peng-gantian komponen palu dari besi biasa dengan besi baja, agar lebih tahan dan stabil untuk masa pakai yang lama. Kapasitas olah untuk serbuk daun kelapa 38 kg/jam dan serbuk kotoran ayam 305 kg/jam. Kapasitas olah ini dicapai setelah hasil pencacahan daun dan bongkahan kotoran ayam diayak terlebih dahulu.



Gambar 1. Unit pencacah daun kelapa (kiri) dan unit penghancur bahan organik (kanan).
Figure 1. Cutter coconut leaf unit (left) and the crusher organic material unit (right).



Gambar 2. Unit ayakan mekanis (kiri) dan unit pencampur bahan olah (kanan).
Figure 2. Mechanical sieve unit (left) and the mixing materials unit (right).



Gambar 3. Bak fermentasi pupuk organik.
Figure 3. Bacht fermentor of organic fertilizers.

Pencampur bahan olah pupuk organik

Alat pencampur, berfungsi mencampur bahan olah pupuk organik yang meliputi serbuk sabut, serbuk daun kelapa dan serbuk kotoran ayam, ditambahkan air yang telah dicampurkan terlebih dahulu aktivator EM4 dan gula, kemudian diaduk secara mekanis.

Pengadukan atau pencampuran secara mekanis berlangsung dalam silinder pencampur yang dilengkapi sirip pada poros silinder, kecepatan rotasi 30-34 rpm, bahan olah akan tercampur dan didorong kecorong pengeluaran berdasarkan putaran dinding silinder yang didesain dengan posisi miring. Ukuran diameter silinder pada bagian belakang 42 cm dan bagian depan 32 cm, panjang silinder 160 cm. Alat pencampur ini, sangat membantu dalam pencampuran dan pengadukan bahan olah secara homogen, dengan kapasitas olah 300 kg/jam.

Bak fermentasi

Bak fermentasi dengan ukuran panjang 252 cm, lebar 70 cm dan tinggi 125 cm, yang dilengkapi komponen pengaliran udara, berupa 12 buah pipa plastik 2 inci yang diberi lubang dan terletak pada bagian bawah dan tengah bak,

masing-masing 6 buah yang berfungsi pengendalian udara dan suhu dalam bak fermentasi, dan dipasang thermo-koppel pada bagian bawah, tengah dan atas dari bak fermentasi untuk mendeteksi perubahan suhu bahan olah selama proses fermentasi. Volume bak 1,816 dm³, dan Bj pupuk organik 0,44 akan menghasilkan pupuk organik sekitar 0,8 ton. Untuk memenuhi kapasitas olah 1,6 ton/hari, diperlukan bak fermentasi dengan ukuran yang sama sebanyak dua unit. Waktu fermentasi pupuk organik limbah kelapa selama 9 hari. Suhu fermentasi berkisar 30 - 45°C, yang dikategorikan suhu optimal. Desain bak fermentasi dilengkapi kontrol suhu dan pengaliran udara pada penelitian ini, tidak memerlukan pembalikan bahan olah selama proses fermentasi. Dengan demikian desain bak fermentasi ini, dapat menghemat tenaga kerja pada pekerjaan pembalikan, pengadukan dan pembakaran bahan olah yang sedang difermentasi. Spesifikasi umum dan kinerja alat pengolahan pupuk organik dari limbah kelapa tertera pada Tabel 1.

Optimalisasi untuk memperoleh keseimbangan penggunaan alat dan waktu pengolahan disesuaikan dengan sarana yang tersedia (Tabel 2).

Tabel 1. Spesifikasi umum alat pengolahan pupuk organik limbah kelapa.
Table 1. General specifications of the tools of organic fertilizer processing coconut waste.

No	Uraian Items	Pencacah daun kelapa Cuter coconut leaf	Ayakan mekanis Mechanical sieve	Penghancur bahan organik Crusher organic material	Pencampur bahan olah Mixing materials	Bak Fermentasi Batch fermentor
1.	Dimensi/Dimension					
	- Panjang/Length (cm)	90	225	90	280	252
	- Lebar/Width (cm)	60	68	60	87	70
	- Tinggi/Height (cm)	119	131	119	100	125
2.	Motor penggerak/ Motor drive					
	- Jenis/Type	Motor bensin/ Motor gasoline	Motor bensin/ Motor gasoline	Motor bensin/ Motor gasoline	Motor bensin/ Motor gasoline	-
	- Daya/Power (Hp)	10	6	10	6	-
	- Rpm/Rpm	4000	3600	4000	3600	-
3.	Unit operasional/ Operational units					
	- Komponen alat/ Component tool	Poros silinder/ Cylinder shaft	Poros ayakan/ Sieve shaft	Poros silinder/ Cylinder shaft	Poros silinder/ Cylinder shaft	-
	- Rpm/Rpm	1800	30	1800	34	-
4.	Komponen Utama/ Main component	Silinder pencacah dan pisau pemotong/ Cylinder cutter and hammer	Silinder ayakan berputar dan saringan/ Rotary cylindrical sieve and sieve	Silinder penghancur dan palu/ Cylinder crusher and hammer	Silinder pencampur dan sirip pengaduk/ Cylinder mixer and agitator fin	Bak, kontrol suhu dan aliran udara/ Batch temperature control and airflow
5.	Bahan bakar/Fuel					
	- Jenis/Type	Bensin/Fuel	Bensin/Fuel	Bensin/Fuel	Bensin/Fuel	-
	- Konsumsi (L/jam)/ Consumption (L/hour)	0,8 L	0,5	0,5	0,8	-
6.	Operator (org)/ Operator (man)	2	2	2	2	1

Tabel 2. Kinerja alat pengolahan pupuk organik limbah kelapa.
 Table 2. Performance tool organic fertilizer processing coconut waste.

No.	Jenis alat <i>Processing equipment types</i>	Bahan baku <i>Row materials</i>	Kondisi hasil olah <i>Product characteristic</i>	Kapasitas Produksi harian <i>Daily production capacity (kg)</i>
1.	Unit Pencacah <i>Cutter unit</i>	Daun kelapa <i>Coconut leaf</i>	Hancuran daun dan pelepah kelapa <i>Crushed leaves and palm fronds</i>	728 kg
2.	Unit Penghancur Bahan Organik <i>Crusher organic material unit</i>	Hancuran daun kelapa, Bongkahan kotoran ayam <i>Crushed leaves of coconut, chunks of chicken manure,</i>	Serbuk daun kelapa <i>Coconut leaf powder</i>	304 kg
3.	Unit Ayakan <i>Mechanical sieve unit</i>	Debu sabut <i>Coir dust</i>	Serbuk kotoran ayam <i>Chicken manure powder</i>	2.440 kg
		Hancuran daun Kelapa <i>Crushed leaves coconut</i>	Debu sabut: 11,1 %, halus 88,9 %. <i>Coir dust: Crude 11,1%, 88,9% fine</i>	4.320 kg
4.	Unit pencampur bahan olah <i>Mixing materials unit</i>	Bongkahan kotoran ayam <i>Chunks of chicken manure</i>	Hancuran daun kelapa: <i>Crushed leaves of coconut: Kasar/Rough 66 %, Halus/Smooth 34 %.</i>	1.720 kg
		Bahan organik dan pereaksi <i>Organic materials and reagents</i>	Hancuran kotoran ayam: <i>Crushed chicken manure: Kasar/Rough 30,7 %, Halus/Finely 69,3 %.</i>	4.800 kg
5.	Bak fermentasi <i>Batch fermentor</i>	Bahan organik dan pereaksi <i>Organic materials and reagents</i>	Adonan pupuk organik limbah kelapa <i>Dough organic fertilizers coconut waste</i>	2.400 kg
			Lama pengomposan/ fermentasi bahan organik 9 hari <i>Old composting or fermentation of organic 9 days</i>	1.600 kg

Keterangan: Produksi harian = Produksi kerja selama 8 jam.
 Note: Daily production = Production of work for 8 hours.

Pada Tabel 2, salah satu faktor pembatas adalah lama proses fermentasi yang membutuhkan waktu 9 hari. Bak fermentasi yang ada sebanyak dua unit, dengan kapasitas olah 1,6 ton/hari, untuk kontinuitas produksi diperlukan bak fermentasi sebanyak 18 buah atau berupa bangunan fermentasi lainnya dengan mengikuti desain bak fermentasi pada penelitian ini. Selain itu, diperlukan sarana pendukung berupa lantai jemur dengan sistem buka-tutup untuk memudahkan penanganan proses pengeringan bahan siap olah.

Bahan baku yang digunakan adalah daun/pelepah kering, debu sabut dan kotoran ayam (Gambar 4). Daun kelapa di cacah dan dihancurkan diperoleh serbuk daun kelapa, debu sabut dikeringkan dan diayak diperoleh serbuk sabut dan kotoran ayam dikeringkan, diayak dan dihancurkan diperoleh serbuk kotoran ayam (Gambar 5). Kombinasi ketiga bahan baku ini, saling melengkapi hara yang dikandungnya. Debu sabut mengandung unsur hara yang rendah, namun mempunyai sifat yang spesifik yakni daya serap dan daya ikat air sangat tinggi, berperan dalam menahan penguapan air, akan membantu pengendalian kekurangan air pada tanaman.

Formulasi, Pengolahan dan Karakterisasi Pupuk Organik

Formulasi pupuk organik

Berdasarkan massa daun/pelepah, debu sabut, dan kotoran ayam, formulasi pupuk organik limbah kelapa dengan ratio serbuk daun kelapa/pelepah: serbuk sabut : serbuk kotoran ayam = 2:1:3 dan air yang ditambahkan sekitar 25%. Pada produksi pupuk organik sebanyak 1,6 ton, diperlukan serbuk pelepah/daun kelapa 400 kg, serbuk sabut 200 kg, serbuk kotoran ayam 600 kg, dan bahan pereaksi yakni larutan EM4 1,2 L, larutan gula 6,0 L (gula = 1,2 kg), dan air sebanyak 400 L.

Pengolahan pupuk organik

Pengolahan pupuk organik limbah kelapa, sebagai berikut:

- (a) Penyiapan bahan olah; pencacahan daun/pelepah daun kelapa kering, penghancuran hasil pencacahan, pengayakan debu sabut dan kotoran ayam, serta diolah menjadi bentuk serbuk.



Gambar 4. Daun kelapa (kiri), debu sabut (tengah) dan kotoran ayam (kanan).
Figure 4. Coconut leaves (left), coir dust (middle) and chicken manure (right).



Gambar 5. Serbuk dari daun kelapa (kiri), sabut (kanan) dan kotoran ayam (kiri).
Figure 5. The powder of coconut leaves (left), coir (right) and chicken manure (left).

- (b) Bahan baku serbuk pelepah/daun kelapa, serbuk sabut, serbuk kotoran ayam dicampur, agar campuran merata.
- (c) Larutan fermentasi; sesuai formulasi, ditimbang gula putih dilarutkan dalam air, diaduk sampai gula larut dalam air, larutan EM4 ditambahkan kedalam larutan gula, diaduk hingga merata.
- (d) Pencampuran bahan olah; Larutan gula + EM4 di tuangkan ke dalam campuran bahan olah secara merata, selanjutnya ditambahkan air 25% dari berat bahan olah, diaduk sampai merata berupa adonan, dimasukkan ke dalam wadah fermentasi untuk difermentasi.
- (e) Fermentasi; Bahan olah dalam bak fermentasi ditutup dengan terpal plastik. Proses fermentasi secara semi aerob. Fermentasi berlangsung selama 9 hari, suhu fermentasi berkisar 30-45°C, suhu ruang 29-31°C. Selama fermentasi pupuk organik tidak memerlukan pembalikan dan pengadukan.
- (f) Produk pupuk organik limbah kelapa; setelah fermentasi dihasilkan pupuk organik dengan kondisi fisik gembur, berwarna coklat tua dan tidak berbau (Gambar 6).



Gambar 6. Pupuk organik limbah kelapa yang difermentasi.

Figure 6. Organic fertilizers are fermented coconut waste.

Fermentasi bahan organik dengan EM4 pada penelitian ini membutuhkan waktu 9 hari. Dilaporkan Yuniwati *et al.* (2012) bahwa lama fermentasi atau pengomposan bahan organik dapat dipercepat dengan cara meningkatkan takaran EM4 menjadi 0,5%, ukuran bahan organik 10-20 mesh, larutan gula yang berfungsi melarutkan EM4 untuk mengaktifkan mikroorganisme yang dikandungnya adalah 0,8% dan suhu fermentasi bahan organik dikontrol pada suhu maksimum 40°C, lama pengomposan akan menjadi 4 hari. Dalam penelitian ini, perlu dilengkapi unit pengeringan dan pengepakan. Unit pengeringan diperlukan agar diperoleh kadar air pupuk seragam, sekitar 35%.

Hasil analisis unsur hara bahan olah pupuk organik (serbuk daun kelapa, serbuk sabut, serbuk kotoran ayam) dan pupuk organik disajikan pada Tabel 3. Pupuk organik dari limbah kelapa memenuhi syarat mutu pupuk organik. Karakteristik dan kandungan hara pupuk organik sebagai berikut: 3,38% C organik, 1,20% N, 1,00% P, 2,81% K, 0,46% Ca, 0,04% Mg, 2,82 C/n, 36,48% kadar air, pH 8,21 (Tabel 3).

Penggunaan alat pengolahan

Alat pengolahan pupuk organik limbah kelapa layak diaplikasikan pada tingkat kelompok tani. Untuk kontinuitas produksi sebesar 480 ton/tahun, membutuhkan limbah kelapa berupa serbuk daun kelapa dan serbuk sabut 240 ton, dan serbuk kotoran ayam 240 ton. Aplikasi pupuk organik dilapang dengan takaran 2 ton/ha, satu unit pengolahan pupuk organik limbah kelapa dapat menyediakan pupuk organik untuk areal seluas 240 ha/tahun.

Dilaporkan Sarjono *et al.* (2012), bahwa faktor penentu dalam strategi pengembangan sistem produksi pupuk organik dan aplikasi pupuk organik dilapang meliputi petani dan perkebunan besar sebagai pengguna pupuk organik, sebaiknya petani menangani usaha pengolahan pupuk organik dan selaku penyedia pupuk organik, dan perlu kebijakan pemerintah dalam menunjang pengadaan unit pengolahan pupuk organik bagi kelompok tani.

Dalam memproduksi pupuk organik secara mekanis dan komersial, perlu pertimbangan: (a) Kotoran hewan dan limbah pertanian bahan utama pupuk organik, tidak hanya mengubah sampah menjadi produk bermanfaat, tetapi juga melindungi lingkungan dari pencemaran, (b) Seluruh proses produksi terpusat dan terkendali, sehingga rangkaian proses mudah dikontrol

dan mudah dioperasikan, (c) Proses pengepakan yang akurat dan menarik, dan (d) Produk berkualitas tinggi, kinerja alat pengolahan stabil dan praktis perawatannya (Anonim, 2015).

Penggunaan pupuk organik

Pupuk organik limbah kelapa mengandung hara N relatif rendah, namun hara P dan K yang lebih tinggi dari standar mutu, lebih tinggi sekitar 3-4 kali dibanding dengan kompos dan pupuk kandang. Perbedaan ini disebabkan kandungan hara dari bahan baku, terutama kotoran ayam berkadar P dan K cukup tinggi. Penggunaan pupuk organik limbah kelapa pada bibit kelapa Dalam dibandingkan dengan pupuk organik dengan formulasi yang lain dan jenis tanaman yang lain pula, menunjukkan bahwa penggunaan pupuk organik menunjang pertumbuhan tanaman yang lebih baik. Penggunaan pupuk organik limbah kelapa, selain menunjang perbaikan kesuburan tanah, juga merupakan salah satu solusi mengatasi kelangkaan dan mahalnya pupuk anorganik (Nur dan Lay, 2014).

Pentingnya penggunaan pupuk organik, yakni: (a) Kondisi tanah permukaan (*top soil*) mengandung mikroorganisme yang berperan bagi kesuburan tanah, (b) Abu dari kayu dan arang sebagai bahan pencampur tanah yang kaya hara mikro seperti P dan K serta hara mikro seperti Zn, Fe dan Mg, dan (c) Kotoran ternak merupakan sumber N, dan sumber unsur hara mikro, yang berperan bagi kesuburan tanah (Mugwe *et al.*, 2009).

Aplikasi pupuk organik berbasis, kotoran unggas, daun Gliricidia dan pupuk anorganik akan meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman bila dibandingkan dengan tanpa pemupukan. Pupuk organik dapat digunakan untuk memberikan nutrisi ke tanaman dan mencapai hasil yang optimal apabila menggunakan

Tabel 3. Hasil analisis kimia bahan olah pupuk organik limbah kelapa.
Table 3. The results of chemical analysis of materials if coconut waste organic fertilizer.

No.	Uraian <i>Items</i>	Serbuk daun kelapa <i>Powder of coconut leaf</i> (%)	Serbuk Sabut <i>Powder of coir</i> (%)	Serbuk kotoran Ayam <i>Powder of chicken manure</i> (%)	Pupuk organik <i>Organic fertilizer</i> (%)	Mutu pupuk organik ¹ <i>Quality of organic fertilizer¹</i>
1.	C. Organik	3,92	2,79	1,65	3,38	-
2.	N	0,47	0,32	1,26	1,20	> 1,20
3.	P	0,03	0,03	2,29	1,00	> 0,50
4.	K	1,62	1,62	2,97	2,81	> 0,30
5.	Ca	0,16	0,05	0,53	0,46	-
6.	Mg	0,11	0,02	0,02	0,04	-
7.	C/N	8,34	18,09	1,31	2,82	< 35,0
8.	Kadar air	17,48	15,13	17,87	36,48	60,0
9.	pH	-	-	7,51	8,21	5,5-7,5

Keterangan: ¹Standard mutu pupuk organik, Asosiasi Bark Kompos Jepang (Simamora dan Salundik, 2006)
Note: ¹Organic fertilizer quality standard, Compost Bark Association of Japan (Simamora dan Salundik, 2006)

pupuk organik yang dikombinasikan dengan pupuk anorganik. Dengan demikian untuk memperoleh produksi yang optimal dapat mengurangi kebutuhan pupuk anorganik (Akande *et al.*, 2012).

Dilaporkan Maliangkay (2008) bahwa penggunaan pupuk organik dalam budidaya tanaman menjadi prioritas utama, sebab pupuk organik merupakan pupuk dasar yang digunakan pada awal pertumbuhan. Pupuk organik mengandung unsur hara makro dan mikro serta memiliki kemampuan memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah. Dilaporkan Yuliana (2011), kotoran hewan yang melimpah sebagai sumber nitrogen yang murah untuk pemupukan tanaman, dibanding dengan pupuk anorganik yang berasal dari urea dan unsur hara lainnya. Pemanfaatan pupuk organik yang berasal dari kotoran hewan akan membantu peningkatan kesuburan tanah dan pengendalian lingkungan.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pupuk organik akan meningkatkan produksi dan produktivitas tanaman dan mengurangi penggunaan pupuk anorganik. Pupuk diuji pada bibit kelapa Dalam Mapanget umur 3-7 bulan, dengan perlakuan: (a) Tanpa pemupukan, (b) NPK 50 g/bibit, (c) NPK 50 g = pupuk organik 500 g/bibit, dan (d) pupuk organik 500 g/bibit, bibit ditanam pada polybag dengan jarak tanam 60 cm x 60 cm. Bibit yang dipupuk dengan kombinasi NPK 50 g + 500 g pupuk organik tumbuh lebih tinggi dengan lingkaran batang lebih besar dari perlakuan lainnya. Pemberian pupuk organik 500 g/bibit tanpa pupuk NPK, memperlihatkan kondisi pangkal batang bibit kelapa yang kekar (Nur dan Lay, 2014).

Penelitian penggunaan pupuk organik pada tanaman kopi, dengan perlakuan sebagai berikut: (a) kotoran kambing, (b) kotoran kambing + biofaktor OrgaDec, (c) kotoran sapi, (d) pupuk komersial Organik Super Agro, dan (e) tanpa pemupukan. Ternyata pupuk kotoran kambing + OrgaDec dengan kandungan C-Organik 28,11%, N-Total 2,5% dan C/N rasio 11,26 menunjukkan pertumbuhan tanaman kopi (indeks luas daun) tertinggi dibanding dengan perlakuan lain (Winarni *et al.*, 2013).

Aplikasi pupuk kandang sapi 10 ton/ha ditambah 120 kg N + 26 kg P + 37 kg K/ha pada lahan kering dengan struktur tanah berpasir, mampu meningkatkan produksi tebu dari 60 ton menjadi 70,6-76,2 ton/ha atau peningkatan produksi 17,7-27,0% (Gana, 2009). Penggunaan pupuk kandang (kotoran sapi), kompos (kompos jamur) dan Custom-Bio (Larutan pereaksi yang mengandung bakteri *Trichoderma* sp dan *Bacillus* sp) dapat memperbaiki sifat fisik-kimia tanah, dan ber-

pengaruh nyata terhadap peningkatan hasil panen tebu (Zulkarnain *et al.*, 2013).

Pupuk organik yang diuji pada tanaman kedelai, takaran 1500 kg + pupuk Ponska 150 kg/ha, memberikan hasil 1,41 ton/ha, penggunaan pupuk organik ini akan menghemat penggunaan pupuk NPK sebesar 50% (Haryudin, 2014). Penelitian pemupukan organik dan anorganik yang dilakukan pada tanaman jagung dengan perlakuan: (a) kotoran sapi 6,46 ton/ha, (b) kotoran ayam 3,36 ton/ha, (c) kotoran domba 3,23 ton/ha + 43,8 kg N/ha, (d) kotoran ayam 4,62 ton/ha + 43,8 kg N/ha, (e) pupuk N 87,6 kg/ha, dan (f) tanpa pemupukan (kontrol), menunjukkan bahwa kombinasi pupuk organik dengan pupuk urea menghasilkan pertumbuhan jagung lebih tinggi dibanding perlakuan lainnya, sedangkan tanpa pemupukan pertumbuhan jagung kurang baik. Dilaporkan Marpaung (2014), pemupukan jagung dengan pupuk organik yang dikombinasikan pupuk anorganik dengan proporsi pupuk kandang 25% dan pupuk NPK 75%, menunjukkan pengaruh nyata dalam menjaga kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman jagung.

Pemupukan dengan menggabungkan pupuk anorganik (Urea, SP 36 dan KCl) dan pupuk organik (kotoran ayam dan jerami jagung) lebih meningkatkan produksi jagung, baik panjang tongkol, lingkaran tongkol dan bobot jagung pipilan kering (Dewanto *et al.*, 2013). Penambahan pupuk organik cair pada pertanaman padi sistem organik mampu meningkatkan hasil gabah kering panen sebesar 4,4% - 17,4% (Supartha *et al.*, 2012).

Penggunaan pupuk organik pada tanaman tomat ditanah berpasir, dengan perlakuan: (a) 10 ton kompos/ha, (b) 10 ton kotoran sapi segar/ha, (c) 10 ton kotoran ayam segar/ha, (d) 10 ton campuran kotoran ayam segar (30%) + kotoran sapi segar (70%), dan (e) tanpa pupuk organik, yang dilakukan dalam dua musim tanam tahun 2009-2011, dan tomat ditanam dalam plot 3 m x 2 m. Hasil penelitian menunjukkan: (a) Pupuk organik menurunkan pH tanah, dan meningkatkan daya serap unsur hara oleh tanaman, dan (b) Pupuk organik meningkatkan produksi tomat tertinggi pada perlakuan kompos (112%) dan campuran kotoran ayam + sapi (90%) dibanding dengan tanpa pemupukan (Ibrahim dan Fadni, 2014).

Analisis Ekonomi

Pengolahan pupuk organik limbah kelapa skala kelompok tani yang didasarkan pada harga berlaku bulan Desember 2012, membutuhkan investasi sebesar Rp320 juta dan modal kerja Rp70.000.000,-. Pada tingkat produksi pupuk

organik 1,6 ton/hari, yang dikemas dalam kantong plastik 10 kg/kemasan, diperoleh 160 kemasan/hari atau sebesar 48.000 kemasan/tahun. Pada tingkat harga Rp17.500/kemasan, diperoleh pendapatan bersih/tahun setelah pajak sebesar Rp251.280.000,-.

Analisis finansial penggunaan alat pengolahan pupuk organik limbah kelapa, dengan operasional selama 5 tahun adalah layak dan menguntungkan, yang ditandai dengan biaya pokok produksi pupuk organik adalah Rp1.227/kg (dibawah harga enceran pupuk organik tertinggi Rp1.500/kg), dengan nilai BCR 1,64; NPV (12 %) = Rp585.860.000; IRR 73,6 % dan BEP (12 %) 1 tahun 7 bulan.

Ketersediaan alat pengolahan pupuk organik skala kelompok tani yang layak operasional akan sangat membantu penyediaan pupuk organik oleh petani/kelompok tani. Permanfaatannya pupuk organik secara kontinu dalam berusahatani, akan memperbaiki kesuburan tanah dan peningkatan produksi pertanian.

KESIMPULAN DAN SARAN

Alat pengolahan pupuk organik limbah kelapa, terdiri dari unit pencacah daun kelapa sistem silinder, ayakan sentrifugal, penghancur sistem silinder, pencampur bahan olah, dan bak fermentasi. Pengolahan pupuk organik limbah kelapa secara mekanis, mensyaratkan bahan baku dalam kondisi kering. Proses fermentasi pupuk limbah kelapa membutuhkan waktu selama 9 hari, dengan suhu fermentasi berkisar 30-45°C, tidak memerlukan pembalikan dan pengadukan bahan olah selama proses fermentasi.

Formulasi pupuk organik, dengan ratio serbuk pelepah/daun kelapa: serbuk debu sabut: serbuk kotoran ayam adalah 2:1:3, dengan karakteristik pupuk organik: 3,38 C-organik, 1,2% N, 1% P, 2,81% K, 0,46% Mg, 2,82% C/N, 36,48% kadar air dan pH 8,21. Karakteristik fisik pupuk organik berwarna coklat tua, tidak berbau, dan memenuhi syarat mutu pupuk organik.

Analisis ekonomi penggunaan alat pengolahan pupuk organik adalah layak dan menguntungkan, serta praktis dioperasikan pada skala kelompok tani. Untuk kontinuitas produksi 1,6 ton/hari, setahun akan menghasilkan pupuk organik sebanyak 480 ton. Aplikasi pupuk organik dilapang dengan takaran pupuk 2 ton/ha/tahun, satu unit alat pengolahan pupuk organik ini ayam dapat menyediakan pupuk organik bagi areal pertanian seluas 240 ha/tahun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Balai Besar Mekanisasi Pertanian Serpong yang telah membantu penyediaan dana penelitian melalui alokasi dana APBN dan Kepala Balai Penelitian Tanaman Palma atas dukungan penyediaan fasilitas perbengkelan, dan saran lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Akande, M.O., F.I. Oluwatoyinbo., E.A. Makinde., A.S. Adepoju., dan I.S. Adepoju. 2010. Response of okra to organic and inorganic fertilization. *Nature and Science*; 8(11):261-266.
- Amin, M.E.M.H. 2010. Effect of organic fertilizer and urea on growth, yield, and quality of fodder maize (*Zea mays* L). *International Journal of Current Research*; 8:035-041.
- Anonim, 2015. Organic fertilizer production line; Bio organic fertilizer production equipment. Livi Machinery. Zhengzhou City, Henan Province, China.
- Dewanto, F.G., J.J.M.R. Londok., R.A.V. Tuturoong., dan W. B. Kaunang. 2013. Pengaruh pemupukan anorganik dan organik terhadap produksi tanaman jagung sebagai sumber pakan. *Jurnal Zootek*; 32(5):1-8.
- Gana, A.K. 2009. Evaluation of the residual effect of cattle manure combinations with inorganic fertilizer and chemical weed control on the sustainability of Chewing Sugarcane Production at Badeggi Southern Guinea Savanna of Nigeria. *Middle-East Journal of Scientific Research*; 4 (4): 282-287.
- Gittinger, J. P. 1986. The economic analysis of agriculture (Analisis ekonomi proyek-proyek Pertanian). Diterjemahkan oleh S. Sutomo dan K. Mangiri. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), Jakarta.
- Haryudin, W. 2014. Penggunaan varietas unggul nilam Sidikalang untuk mendukung pengembangan nilam organik di Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan. *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri*; 20 (3):29-31.
- Ibrahim, Kh.H.M., dan O.A.S. Fadni. 2014. Effect of organic fertilizers application on growth, yield and quality of tomatoes in North Kardofan (sandy soil) Western Sudan. *Greener Journal of Agricultural Sciences*; 3(4):299-304.

- Maliangkay, R.B. 2008. Pengaruh pupuk organik kotoran sapi terhadap pertumbuhan bibit kelapa. *Buletin Palma*; (34):33-41.
- Marpaung, A.E. 2014. Pemanfaatan pupuk organik padat dan pupuk organik cair dengan pengurangan pupuk anorganik terhadap pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L). *Jurnal Saintech*; 06(04):8-15.
- Mugwe, J., D. Mugendi., M. Mucheru-Muna., D. Odee., dan F. Mairura. 2009. Effect of selected organic materials and inorganic fertilizer on the soil fertility of humid nitisol in central highlands of Kenya. *Soil Use Management*; (25): 434-440.
- Melati, M., dan W. Andryani, 2006. Pengaruh pupuk kandang ayam dan pupuk hijau *Colopogonium muconoides* terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai yang dibudidayakan secara organik. *Bul. Agron*; (33): 8-15.
- Nur, M. dan A. Lay. 2014. Limbah kelapa sebagai pupuk organik pada bibit kelapa (*Cocos nucifera*). *Buletin Palma*. 15(1):40-46.
- Oviasogie, P.O., J.O. Odewale., N.O. Aisueni., E.I. Eguagie., G. Brown., and E.Okoh-Obob. 2013. Production, utilization and acceptability of organic fertilizer using palms and shea tree as sources of biomass. *African Journal of Agricultural Research*; 8(27):3383-3394.
- Sardjono, N., B. Susilo., dan Wignyanto. 2012. Strategi pengembangan sistem produksi pupuk organik pada unit pengolahan pupuk organik di Desa Bangunsari Ciamis. *Jurnal Teknologi Pertanian*; 13 (2):138-148.
- Simamora, S dan Salundik, 2006. Meningkatkan kualitas kompos. Penerbit AgroMedia Pustaka, Jakarta.
- Supartha, I.N.Y., G. Wijana., dan G.M. Adnyana. 2012. Aplikasi jenis pupuk organik pada tanaman padi sistem pertanian organik. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*; 1(2): 98-106.
- Winarni, E., R.D. Ratnani., dan I. Riwayati. 2013. Pengaruh jenis pupuk organik terhadap pertumbuhan tanaman kopi. *Momentum*; 9(1):35-39.
- Yuliana. 2011. Implikasi transformasi pertanian modern ke organik terhadap perbaikan kualitas lingkungan hidup. *Jurnal Bumi Lestari*; 11 (2):257-265.
- Yuniwati, M., F. Iskarina., dan A. Padulemba. 2012. Optimasi kondisi proses pembuatan kompos dari sampah organik dengan cara menggunakan EM4. *Jurnal Teknologi*; 5(2):173-181.
- Zulkarnain, M., B. Prasetya., Soemarno. 2013. Pengaruh kompos, pupuk kandang, dan Custom-Bio terhadap sifat tanah, pertumbuhan dan hasil tebu (*Saccharum officinarum* L.) pada entisol di kebun Ngrangkah-Pawon, Kediri). *Indonesian Green Technology Journal*; 2(1):44-52.