

ISSN (p) : 2302-559X
ISSN (e) : 2549-0818

Teknik Pertanian Lampung JURNAL

Vol. 8, No. 3, September 2019



SK Dirjen DIKTI No : 21/E/KPT/2018



Jurnal Teknik
Pertanian Lampung

Volume
8

No.
3

Hal
153-233

Lampung
September 2019

(p) 2302-559X
(e) 2549-0818

Published by: Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung

Jurnal Teknik Pertanian (J-TEP) merupakan publikasi ilmiah yang memuat hasil-hasil penelitian, pengembangan, kajian atau gagasan dalam bidang keteknikan pertanian. Lingkup penulisan karya ilmiah dalam jurnal ini antara lain: rekayasa sumber daya air dan lahan, bangunan dan lingkungan pertanian, rekayasa bioproses dan penanganan pasca panen, daya dan alat mesin pertanian, energi terbarukan, dan system kendali dan kecerdasan buatan dalam bidang pertanian. Mulai tahun 2019, J-TEP terbit sebanyak 4 (empat) kali dalam setahun pada bulan Maret, Juni, September, dan Desember. Sejak tahun 2018, J-TEP mendapatkan terakreditasi SINTA 3 berdasarkan SK Dirjen Dikti No.21/E/KPT/2018. J-TEP terbuka untuk umum, peneliti, mahasiswa, praktisi, dan pemerhati dalam dunia keteknikan pertanian.

Chief Editor

Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P

Reviewer

Prof. Dr. Ir, R.A. Bustomi Rosadi, M.S. (Universitas Lampung)
Prof. Dr. Ir. Udin Hasanudin, M.T (Universitas Lampung)
Prof. Dr. Indarto, S.TP., DEA (Universitas Jember)
Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc. (Universitas Lampung)
Dr. Nur Aini Iswati Hasanah, S.T., M.Si (Universitas Islam Indonesia)
Dr. Diding Suhandy, S.TP., M.Agr (Universitas Lampung)
Dr. Sri Waluyo, S.TP, M.Si (Universitas Lampung)
Dr. Ir. Sigit Prabawa, M.Si (Universitas Negeri Sebelas Maret)
Dr. Eng. Dewi Agustina Iriani, S.T., M.T (Universitas Lampung)
Dr. Slamet Widodo, S.TP., M.Sc (Institut Pertanian Bogor)
Dr. Ir. Agung Prabowo, M.P (Balai Besar Mekanisasi Pertanian)
Dr. Kiman Siregar, S. TP., M.Si (Universitas Syiah Kuala)
Dr. Ansar, S.TP., M.Si (Universitas Mataram)
Dr. Mareli Telaumbanua, S.TP., M.Sc. (Universitas Lampung)

Editorial Boards

Dr. Warji, S.TP, M.Si
Cicik Sugianti, S.TP, M.Si
Elhamida Rezkia Amien S.TP, M.Si
Winda Rahmawati S.TP, M.Si
Febryan Kusuma Wisnu, S. TP, M.Sc
Enky Alvenher, S.TP

Jurnal Teknik Pertanian diterbitkan oleh Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Lampung.

Alamat Redaksi J-TEP:

Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung
Jl. Soemantri Brodjonegoro No.1, Telp. 0721-701609 ext. 846
Website : <http://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JTP>
Email : jurnal_tep@fp.unila.ac.id dan ae.journal@yahoo.com

PENGANTAR REDAKSI

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah yang Maha Kuasa, Jurnal Teknik Pertanian (J-TEP) Volume 8 No 3, bulan September 2019 dapat diterbitkan. Pada edisi kali ini dimuat 8 (delapan) artikel dimana salah satu artikel pada volume ini berbahasa Inggris yang merupakan karya tulis ilmiah dari berbagai bidang kajian dalam dunia Keteknikan Pertanian yang meliputi prototipe unit perontok jagung, variasi digester anaerobik, analisis performa fluida pada model ORC, karakterisasi pelet pupuk organik berbahan *slurry*, analisis perubahan penggunaan lahan di DAS Air Dingin, pengaruh ketinggian tempat dan metode pengeringan pada tanaman pegagan, *exploration of soil spectral reflectance*, dan potensi biogas dari rekayasa aklimatisasi.

Pada kesempatan kali ini kami menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada para penulis atas kontribusinya dalam Jurnal TEP dan kepada para reviewer/penelaah jurnal ini atas peran sertanya dalam meningkatkan mutu karya tulis ilmiah yang diterbitkan dalam edisi ini.

Akhir kata, semoga Jurnal TEP ini dapat bermanfaat bagi masyarakat dan memberikan kontribusi yang berarti bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya di bidang keteknikan pertanian.

Editorial J TEP-Lampung

Daftar isi

Pengantar Redaksi

PROTOTYPE UNIT PERONTOK JAGUNG UNTUK MESIN PEMANEN JAGUNG KOMBINASI 153-163

Diang Sagita, Radite Praeko Agus Setiawan, Wawan Hermawan

VARIASI DIGESTER ANAEROBIK TERHADAP PRODUKSI BIOGAS PADA PENANGANAN LIMBAH CAIR PENGOLAHAN KOPI 164-174

Elida Novita, Hendra Andiananta Pradana, Sri Wahyuningsih, Bambang Marhaenanto, Moh. Wawan Sujarwo, Moh. Salman A. Hafids

ANALISIS PERFORMA FLUIDA KERJA PADA MODEL *ORGANIC RANKIE CYCLE* (ORC) DENGAN SUMBER PANAS ENERGI BIOMASSA 175-186

Lilis Sucahyo, Muhamad Yulianto, Edy Hartulistiyoso, Irham Faza

KARAKTERISASI PELET PUPUK ORGANIK BERBAHAN *SLURRY* LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT SEBAGAI PUPUK *SLOW RELEASE* 187-197

Reni Astuti Widyowanti, Nuraeni Dwi Dharmawati, Etty Sri Hertini, Rengga Arnalis Renjani

ANALISIS PERUBAHAN PENGGUNAAN LAHAN DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) AIR DINGIN DAN DAMPAKNYA TERHADAP ALIRAN PERMUKAAN 198-207

Rio Valery Allen, Rusnam, Feri Arlius, Revalin Herdianto

PENGARUH KETINGGIAN TEMPAT TUMBUH DAN METODE PENGERINGAN TERHADAP ORGANOLEPTIC DAN KADAR ASIATIKOSID PEGAGAN (*Centella asiatica* (L) Urb) 208-213

Devi Safrina, Endang Brotojoyo, Inas Kamila

EXPLORATION OF SOIL SPECTRAL REFLECTANCE CHARACTERISTICS RELATING TO THE SOIL ORGANIC MATTER CONTENT 214-223

S. Virgawati, M. Mawardi, L. Sutiarso, S. Shibusawa, H. Segah, M. Kodaira

POTENSI BIOGAS DARI REKAYASA AKLIMATISASI BIOREAKTOR AKIBAT PERUBAHAN SUBSTRAT PADA INDUSTRI BIOETHANOL 224-233

Jufli Restu Amelia, Udin Hasanudin, Erdi Suroso

PEDOMAN PENULISAN ARTIKEL BAGI PENULIS

- 1) **Naskah:** Redaksi menerima sumbangan naskah/tulisan ilmiah dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris, dengan batasan sebagai berikut :
 - a. Naskah diketik pada kertas ukuran A4 (210mm x 297mm) dengan 2 spasi dan ukuran huruf Times New Roman 12pt. Jarak tepi kiri, kanan, atas, dan bawah masing-masing 3 cm. Panjang naskah tidak melebihi 20 halaman termasuk abstrak, daftar pustaka, tabel dan gambar. **Semua tabel dan gambar ditempatkan terpisah pada bagian akhir naskah (tidak disisipkan dalam naskah)** dengan penomoran sesuai dengan yang tertera dalam naskah. Naskah disusun dengan urutan sebagai berikut: Judul; Nama Penulis disertai dengan catatan kaki tentang instansi tempat bekerja; Pendahuluan; Bahan dan Metode; Hasil dan Pembahasan; Kesimpulan dan Saran; Daftar Pustaka; serta Lampiran jika diperlukan. Template penulisan dapat didownload di <http://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JTP>
 - b. **Abstrak (Abstract)** dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris, tidak lebih dari 200 kata. Mengandung informasi yang tertuang dalam penulisan dan mudah untuk dipahami. Ringkasan (abstract) harus memuat secara singkat latar belakang, tujuan, metode, serta kesimpulan dan yang merupakan *high light* hasil penelitian.
 - c. **Pendahuluan:** memuat latar belakang masalah yang mendorong dilaksanakannya perekayasaan dan penelitian, sitasi dari temuan-temuan terdahulu yang berkaitan dan relevan, serta tujuan perekayasaan atau penelitian.
 - d. **Bahan dan Metoda:** secara jelas menerangkan bahan dan metodologi yang digunakan dalam perekayasaan atau penelitian berikut dengan lokasi dan waktu pelaksanaan, serta analisis statistik yang digunakan. Rujukan diberikan kepada metoda yang spesifik.
 - e. **Hasil dan Pembahasan:** Memuat hasil-hasil perekayasaan atau penelitian yang diperoleh dan kaitannya dengan bagaimana hasil tersebut dapat memecahkan masalah serta implikasinya. Persamaan dan perbedaannya dengan hasil perekayasaan atau penelitian terdahulu serta prospek pengembangannya. Hasil dapat disajikan dengan menampilkan gambar, grafik, ataupun tabel.
 - f. **Kesimpulan dan Saran:** memuat hal-hal penting dari hasil penelitian dan kontribusinya untuk mengatasi masalah serta saran yang diperlukan untuk arah perekayasaan dan penelitian lebih lanjut.
 - g. **Daftar Pustaka:** disusun secara alfabetis menurut penulis, dengan susunan dan format sebagai berikut: Nama penulis didahului nama family/nama terakhir diikuti huruf pertama nama kecil atau nama pertama. Untuk penulis kedua dan seterusnya ditulis kebalikannya. Contoh:
 - Kepustakaan dari Jurnal:
Tusi, Ahmad, dan R.A. Bustomi Rosadi. 2009. *Aplikasi Irigasi Defisit pada Tanaman Jagung*. Jurnal Irigasi. 4(2): 120-130.
 - Kepustakaan dari Buku:
Keller, J., and R.D. Bleisner. 1990. *Sprinkle and Trickle Irrigation*. AVI Publishing Company Inc. New York, USA.
 - h. **Satuan:** Satuan harus menggunakan system internasional (SI), contoh : m (meter), N (newton), °C (temperature), kW dan W (daya), dll.
- 2) **Penyampaian Naskah:** Naskah/karya ilmiah dapat dikirimkan ke alamat dalam bentuk *soft copy* ke :
Redaksi J-TEP (Jurnal Teknik Pertanian Unila)
Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian
Universitas Lampung
Jl. Sumantri Brodjonegoro No. 1
Telp. 0721-701609 ext. 846
Website : <http://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JTP>
Email : ae.journal@yahoo.com
- 3) Selama proses penerimaan karya ilmiah, penelaahan oleh Reviewer, sampai diterimanya makalah untuk diterbitkan dalam jurnal akan dikonfirmasi kepada penulis melalui email.
- 4) Reviewer berhak melakukan penilaian, koreksi, menambah atau mengurangi isi naskah/tulisan bila dianggap perlu, tanpa mengurangi maksud dan tujuan penulisan.

KARAKTERISASI PELET PUPUK ORGANIK BERBAHAN *SLURRY* LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT SEBAGAI PUPUK *SLOW RELEASE*

CHARACTERIZATION OF ORGANIC FERTILIZER PELLET FROM *SLURRY* OF PALM OIL MILL EFFLUENT AS *SLOW RELEASE* FERTILIZER

Reni Astuti Widyowanti¹, Nuraeni Dwi Dharmawati¹, Ety Sri Hertini²,
Rengga Arnalis Renjani^{1✉}

¹Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Stiper

²Jurusan Sosial Ekonomi Pertanian, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Stiper

✉Komunikasi Penulis, email: rengga_tepins@instiperjogja.ac.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.23960/jtep-lv8i3.187-197>

Naskah ini diterima pada 1 Maret 2019; revisi pada 23 Agustus 2019;
disetujui untuk dipublikasikan pada 29 Agustus 2019

ABSTRACT

The high availability of slurry from palm oil mill effluent, solid, and boiler ash with their nutrient contents make those three materials are potential to be processed become organic fertilizer in the form of pellet so it tends to has slow release characteristic. This research aims to analyze characteristic of organic fertilizer pellet from slurry of palm oil mill effluent as slow release fertilizer by analyzing its physical characteristics, NPK content, and NPK releasing rate in soil. Slurry was processed into solid fertilizer by using pellet mill with tapioca addition of 5%. Slurry, solid, and boiler ash were mixed at ratios of 1:1:1, 1:2:2, 2:1:1, 2:2:1, 2:1:2, 1:0:0 (only slurry). Physical characteristics (length, diameter, and density) and NPK content were analyzed. N content was analyzed using Kjeldahl method, P content using spectrophotometer, and K content using Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). NPK content released in latosol soil was also investigated. Results showed that average length of pellets was 31–48 mm, diameter was 5.42 – 6.28 mm, moisture content was 4,26 – 9,76%, particle density was 1.04 – 1.34 g/cm³, and bulk density 0.49–0.63 g/cm³. Organic fertilizer pellet in six compositions contained N+P₂O₅+K₂O about 5,93–8,08%. The highest content (8.08%) was produced from 1:0:0 pellet, followed by 2:1:2 composition (7.53%), and 1:2:2 composition (7.25%). For 10 days, the released N element was about 1.99 – 3.18%, P element was 0.063– 0.075%, and K element was 43.54 – 62.26%.

Keywords: *Slow release organic fertilizer pellet, slurry, solid, boiler ash*

ABSTRAK

Banyaknya ketersediaan *slurry* limbah cair pabrik kelapa sawit, *solid*, dan abu *boiler* di pabrik kelapa sawit serta unsur hara yang terkandung di dalamnya membuat ketiga materi tersebut berpotensi untuk diolah menjadi pupuk organik dalam bentuk pelet hingga dapat bersifat *slow release*. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan karakterisasi pelet pupuk organik berbahan *slurry* limbah cair pabrik kelapa sawit sebagai pupuk *slow release* dengan menganalisa sifat fisik (panjang, diameter, dan densitas), kandungan NPK dan laju pelepasan NPK di dalam media tanah. *Slurry* diolah menjadi menjadi pupuk padat berbentuk pelet menggunakan *pellet mill*, dengan perekat tepung tapioka 5 %. Pelet dibuat dengan campuran *slurry*, *solid*, dan abu *boiler* dengan perbandingan 1:1:1, 1:2:2, 2:1:1, 2:2:1, 2:1:2, 1:0:0 (*slurry* saja). Penelitian ini dilakukan dengan menganalisa sifat fisik dan analisa kandungan NPK. Kadar N dianalisis menggunakan metode Kjeldahl, kadar P dengan spektrofotometer, dan kadar K dengan *Atomic Absorption Spectrophotometre* (AAS). Laju pelepasan kandungan NPK di dalam media tanah jenis latosol juga dianalisa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelet pupuk yang dihasilkan memiliki panjang antara 31-48 mm dengan standar deviasi 0,9, diameter 5,42-6,28 mm dengan standar deviasi 0,19 – 0,31, kadar air 4,26-9,76%, *particle density* 1,04-1,34 g/cm³, dan *bulk density* 0,49-0,63 g/cm³. Pelet pupuk organik dalam enam komposisi memiliki jumlah kandungan N+P₂O₅+K₂O berkisar antara 5,93% - 8,08%. Jumlah kandungan NPK tertinggi (8,08%) dihasilkan dari pelet 1:0:0, disusul oleh komposisi 2:1:2 (7,53%) dan komposisi 1:2:2 (7,25%). Selama 10 hari, pelepasan unsur N ke tanah mencapai 1,99-3,18%, P 0,063-0,075% dan K 43,54-62,26%.

Kata Kunci: *Pelet pupuk organik slow release, slurry, solid, abu boiler*

I. PENDAHULUAN

Unsur hara yang terkandung dalam tanah tersedia dalam jumlah yang terbatas, sehingga sebagian besar kebutuhan harus dicukupi melalui pemupukan. Indonesia sebagai negara agraris, budidaya pertaniannya masih menggantungkan sepenuhnya pada pupuk. Pemakaian pupuk selama ini masih dilakukan secara konvensional dengan efisiensi yang rendah dan menimbulkan masalah pada lingkungan (Ayunina, 2013).

Penggunaan pupuk kimia yang terus-menerus juga menyebabkan tanah semakin miskin unsur hara baik makro maupun mikro. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk mempertahankan unsur hara dalam tanah adalah dengan mengurangi penggunaan pupuk kimia dan memadukan dengan penggunaan pupuk organik. Pupuk organik dapat dibuat dalam bermacam-macam bentuk antara lain dalam bentuk curah, tablet, pelet, atau granular. Pemilihan bentuk ini tergantung pada penggunaan, biaya, dan aspek-aspek pemasaran lainnya (Muhsin, 2011).

Pupuk organik yang diaplikasikan dalam bentuk curah seperti misalnya kompos, mempunyai kelemahan antara lain memerlukan jumlah yang banyak dan sulit dalam penempatannya. Salah satu cara untuk mengatasi kelemahan ini maka pupuk organik atau biomassa lainnya yang berbentuk curah dapat diubah menjadi pelet pupuk menggunakan mesin cetak pelet (*pellet mill*) dengan diameter lubang 6-8 mm dan panjang 10-12 mm, sehingga membentuk produk yang seragam dengan kapasitas produksi yang tinggi (Hasanuddin dan Lahay, 2012). Konversi yang dilakukan dapat memberikan keseragaman serta memudahkan dalam penanganan, pengemasan, penyimpanan, dan transportasi (Lubis dkk., 2016).

Pupuk organik (padat) memiliki kelebihan *slow release*, artinya unsur hara di dalam pupuk akan dilepas secara perlahan-lahan dan terus-menerus selama jangka waktu tertentu sehingga kehilangan unsur hara akibat pencucian oleh air menjadi lebih kecil. Sistem pelepasan unsur hara dalam pupuk organik dibantu oleh aktivitas jasad renik yang ada di dalam tanah atau yang terbawa dalam pupuk organik. Pelepasan unsur hara didukung oleh banyaknya mikroorganisme

seperti bakteri, fungi, algae, protozoa, dan nematoda (Wiyana, 2008).

Adanya proses densifikasi dalam pembuatan pelet diharapkan dapat memperlambat pelepasan unsur haranya ke dalam tanah sehingga dapat menjadi produk pelet pupuk organik yang *slow release* dan dapat bernilai jual tinggi karena bentuk yang seragam. Tingginya jumlah ketersediaan *slurry* limbah cair pabrik kelapa sawit, *solid*, dan abu *boiler* di pabrik kelapa sawit, serta memiliki kandungan unsur hara yang tinggi membuat ketiga materi ini berpotensi diolah menjadi pupuk organik dalam bentuk pelet.

Aktivitas pengolahan di pabrik kelapa sawit selain menghasilkan *Crude Palm Oil* (CPO) juga menghasilkan limbah yang berbentuk padat, gas, dan cair (Hermantoro dan Renjani, 2014). Limbah padat antara lain berupa janjangan kosong kelapa sawit, serat (*fibre*), cangkang, dan *solid* basah atau *wet decanter solid* (Pahan, 2008). Serat dan cangkang selanjutnya digunakan sebagai bahan bakar ketel uap (*boiler*) PKS yang akan menghasilkan abu *boiler* dalam jumlah yang cukup banyak tetapi belum dimanfaatkan dengan baik padahal mengandung beberapa hara yang dapat digunakan untuk perbaikan tanah (ameliorasi) yang miskin dan dapat diaplikasikan pada tanaman sawit sebagai pupuk tambahan atau pengganti pupuk anorganik (Priyambada dkk., 2015). Kandungan nutrisi dalam abu *boiler* meliputi N-total 0,74%, P_2O_5 0,84% dan K_2O 2,74% (Hidayati dan Indrayanti, 2016).

Adapun *solid* merupakan produk akhir berupa padatan dari proses pengolahan TBS di PKS yang memakai unit mesin *decanter*. Bahan padatan ini berbentuk seperti lumpur dengan kandungan air sekitar 75%, protein kasar 11,14%, dan lemak kasar 10,14%. Aplikasinya pada tanaman sawit dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah serta menurunkan kebutuhan pupuk anorganik (Pahan, 2008). *Solid* mengandung hara N-total 0,4%, P_2O_5 0,029-0,05% dan K_2O 0,15-0,2% (Astianto, 2012). *Solid* mentah memiliki bentuk dan konsistensi seperti ampas tahu, berwarna kecoklatan, berbau asam-asam manis, dan masih mengandung minyak CPO 1,5% (Ruswendi, 2008). Apabila dikeringkan, lumpur sawit akan berwarna kecoklatan serta

terasa sangat kasar dan keras. Solid kering berpotensi untuk dibuat menjadi pupuk kompos dan merupakan salah satu alternatif bahan organik untuk mengatasi sifat tanah ultisol yang jelek dan meningkatkan produksi sawit (Okalia dkk., 2017).

Proses pengolahan minyak sawit (CPO) menghasilkan limbah cair sangat banyak, yakni mencapai 0,70 m³/ton CPO yang berasal dari proses perebusan (sterilisasi) 36%, stasiun klarifikasi 60%, dan buangan hidrosiklon atau *claybath* sebesar 4% (Dharmawati et al., 2017). Limbah cair yang telah diolah mengandung N 196 ppm, P 19,5 ppm, dan K 267 ppm (Widhiastuti dkk., 2006) hingga dapat dijadikan nutrisi pengganti pupuk kimia yaitu dengan cara diaplikasikan ke lahan (*land application*) atau dikombinasikan dengan janjangan kosong sehingga menjadi *enriched mulch* yang dapat menggantikan fungsi pupuk anorganik.

Limbah cair luaran dari pabrik sawit dialirkan ke kolam limbah untuk dibiarkan dingin di *cooling pond* dan mengendap di kolam aerobik dan anaerobik. Endapan limbah cair di kolam limbah inilah yang disebut dengan konsentrat atau disebut *slurry* (Rahardjo, 2006). Agar tidak terjadi pendangkalan pada kolam limbah sistem *flatbed* ataupun *longbed*, maka secara periodik dilakukan pengerukkan lumpur (*slurry*) yang tertinggal atau mengendap. *Slurry* yang dikeruk selanjutnya hanya diurugkan di kanan-kiri kolam limbah, dan selama ini belum dimanfaatkan secara optimal. Konsentrat yang berwarna hitam mengandung nutrisi N-total 1,86%, P₂O₅ 1,51%, dan K₂O 0,51% dapat digunakan sebagai unsur hara N,P, dan K sedangkan abu boiler dapat digunakan sebagai sumber hara K dan dapat meningkatkan pH tanah ultisol (Elia dkk., 2015).

Beberapa penelitian terkait pelet pupuk organik antara lain: kotoran ayam (Murselindo 2014), residu proses digestasi anaerobik lumpur biologi industri kertas (Wardhana dkk., 2015), serta eceng gondok dan tandan kosong kelapa sawit (Prabawa dan Nurmilatinia 2017). Pentingnya penelitian ini agar memaksimalkan potensi dan memberi *value added slurry* limbah cair kelapa sawit menjadi pelet pupuk organik sehingga dapat diterapkan pada aspek *zero waste*, meminimalkan bahan yang terbuang dari sebuah

proses di pabrik sawit. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan karakterisasi pelet pupuk organik berbahan *slurry* limbah cair pabrik kelapa sawit sebagai pupuk *slow release* dengan menganalisa sifat fisik (panjang, diameter, dan densitas), kandungan NPK dan laju pelepasan NPK di dalam media tanah.

II. BAHAN DAN METODA

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan pelet pupuk organik, antara lain: ayakan TA-517 Sieve Shaker mesh 10 dan 20, *pellet mill* (Renjani dan Wulandani 2018), gelas erlenmeyer, gelas ukur, corong kaca, alat pengaduk, kertas saring, infus set, dan kompor listrik. Peralatan yang digunakan untuk menguji pelet pupuk organik antara lain: destilator Gerrard, P₂O₅ diukur dengan spektrofotometer UV VIS Shimadzu 1240, *flamephotometer* Jenway, timbangan OX-366, jangka sorong digital Freder ketelitian 0,01 mm, timbangan analitis AND FX-300 Jepang, EC-meter Lutron CD 4303, dan pH-meter Ohaus starter 600.

Slurry limbah cair pabrik kelapa sawit, *solid*, dan abu *boiler* diambil dari salah satu pabrik sawit swasta di Kalimantan Tengah. Sampel tanah yang digunakan dalam uji pelepasan NPK di media tanah adalah tanah jenis latosol, berwarna coklat kemerahan yang diambil dari kebun kelapa sawit di SEAT KP2 Institut Pertanian STIPER, Ungaran.

2.1. Pembuatan Pelet Pupuk Organik

Langkah-langkah proses pembuatan pelet pupuk organik yakni dengan cara mengeringkan *slurry*, *solid* dan abu boiler sampai kadar air 10-12%, dilanjutkan dengan menyeragamkan ukuran menggunakan ayakan 20 mesh. Bahan penyusun pelet dicampur dalam beberapa perbandingan *slurry*, *solid*, dan abu boiler, yaitu 1:1:1, 1:2:1, 2:1:1, 2:2:1, 2:1:2, dan 1:0:0 (*slurry* saja). Perekat yang digunakan tepung kanji atau tapioka sebanyak 5% dari total material. Berat material yang akan dicetak pada masing-masing komposisi adalah 1 kg, sehingga perekat yang dibutuhkan sebanyak 50 gram. Air yang dibutuhkan 100 ml untuk pengenceran dan 100 ml direbus, untuk mengentalkan adonan tepung tapioka. Setelah pencetakan menggunakan *pellet*

mill, pelet selanjutnya dikeringkan selama satu hari di bawah sinar matahari langsung.

2.2. Pengujian Sifat Fisik Pelet Pupuk Organik

Panjang dan diameter pelet diukur dengan menggunakan jangka sorong digital. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *quartering* (Wahyudi dkk., 2012). Kadar air (db) diukur dengan menggunakan oven *Memmert UN55*. Kerapatan (*particle density* dan *bulk density*) merupakan berat per satuan volume pelet. *Particle density* adalah kerapatan dari sebuah pelet atau densitas tiap satu butir pelet (Alemi dkk., 2010), sedangkan *bulk density* kerapatan pelet curah dalam suatu tempat atau wadah.

2.3. Analisa Kandungan NPK

Analisa ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kandungan nitrogen (sebagai N), unsur hara fosfat (sebagai P_2O_5) dan unsur hara kalium (sebagai K_2O) kemudian dibandingkan dengan standar mutu menurut Permentan No. 70 Tahun 2011. Kadar N dianalisis dengan metode Kjeldahl. Penentuan kadar P dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer, dan kadar K dengan *Atomic Absorbtion Spectrophotometer* (AAS).

2.4. Analisis Pelepasan NPK dalam Media Tanah

Uji ini dilakukan untuk mengetahui berapa kandungan N, P, dan K yang dilepaskan oleh pelet pupuk organik dalam media tanah selama waktu

tertentu, yaitu selama 3 hari, 6 hari, dan 10 hari. Sampel tanah yang sudah kering ditumbuk dan disaring ukuran 20 mesh. Sebanyak 30 gram sampel tanah kemudian ditempatkan ke dalam corong kaca yang telah diberi alas kertas saring. Satu gram sampel pelet pupuk selanjutnya ditanam dalam tanah kering pada corong kaca yang ditempatkan dalam botol (Salman dkk., 2015). Setiap hari tanah dibasahi dengan aquades sebanyak 20 ml menggunakan infus set dengan kecepatan aliran 5 ml/menit. Hal tersebut dilakukan untuk semua komposisi pelet pupuk. Air yang menetes melewati kertas saring akan tertampung di botol kaca. Air yang tertampung pada hari ke-1, 2, dan 3 dijadikan satu dan diberi nama kode 3. Air tampungan hari ke-4,5, dan 6 diberi kode 6. Terakhir yang tertampung pada hari ke-7, 8, 9, dan 10 dianalisa dengan kode 10. Larutan nutrisi yang tertampung dianalisis kandungan NPK, konduktivitas listrik, dan pH.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Sifat Fisik Pelet Pupuk Organik

Pelet dengan panjang dan diameter yang seragam merupakan kategori pelet yang baik. Keberhasilan penelitian ini terletak pada telah berhasilnya memperoleh dimensi pelet yang seragam. Penyeragaman bentuk dan ukuran ini kecuali akan membuat sesuatu yang menarik perhatian juga akan mempermudah transportasi dan menghemat volume tempat. Adapun bentuk pelet pupuk organik yang telah dihasilkan tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1 Pelet Pupuk Organik dari Berbagai Komposisi Bahan

Data pengukuran panjang dan diameter pelet disajikan pada Gambar 2. Berdasarkan data empiris yang diperoleh, panjang pelet dapat dikategorikan seragam dengan panjang berkisar $31-48 \pm 0,9$ mm. Keberhasilan seragamnya panjang pelet ini didasari karena mesin (*pellet mill*) yang digunakan telah menunjukkan performa yang terbaik, dan material yang digunakan antara lain *slurry*, *solid*, dan abu *boiler* telah memenuhi syarat dalam pembuatan menjadi pelet pupuk yakni dengan kadar air yang seragam 20-30% (wb). Keberhasilan sifat fisik juga terjadi pada bagian diameter pelet. Pelet yang dihasilkan memiliki *range* diameter 5,42 - 6,28 mm dengan standar deviasi 0,19 - 0,31.

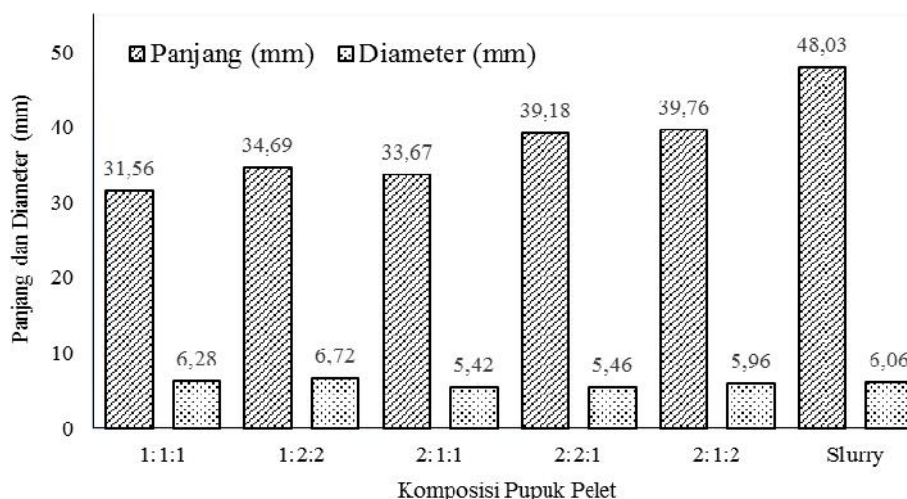
3.2. Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu paramater penting dalam penentuan kualitas pelet. Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa penambahan

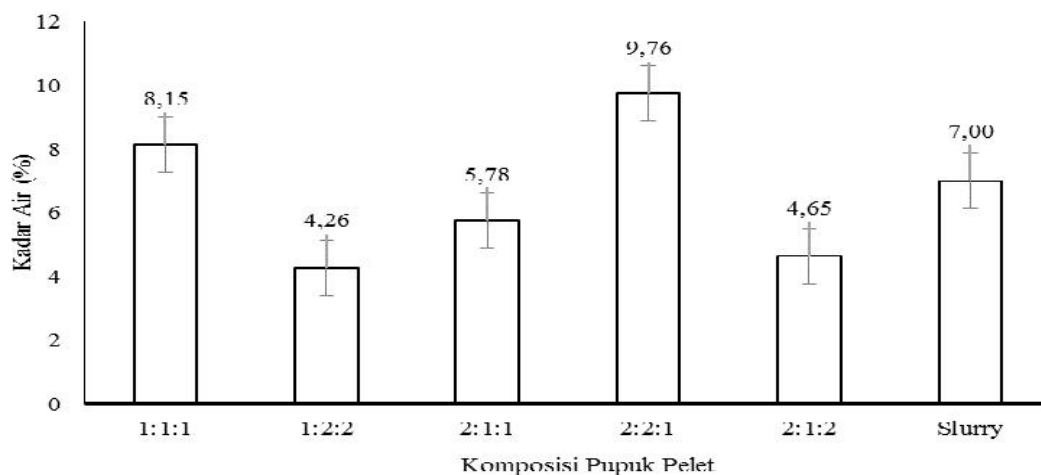
solid pabrik kelapa sawit yang berasal dari luaran *sand trap tank* dan CST di stasiun klarifikasi, berdampak meningkatkan nilai kadar air, namun kadar air pelet dapat mengalami penurunan apabila dalam proses densifikasi mendapatkan tekanan dan panas pada *dies* dan adanya tambahan abu *boiler*. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan *solid* meningkatkan kadar air, sedangkan apabila komposisi kadar abu *boiler* ditingkatkan mengakibatkan menurunnya kadar air. Gambar 3 tersaji data hasil analisa kadar air pelet pupuk.

3.3. Particle Density

Prestasi kerja *pelletizer* dapat diketahui berdasarkan *density* produk yang dihasilkan. Pada penelitian ini densitas diukur melalui dua pengukuran yakni *particle density* dan *bulk density*. *Particle density* diukur untuk mengetahui densitas dari tiap satu buah pelet yang dihasilkan.



Gambar 2. Panjang dan Diameter Pelet Pupuk



Gambar 3. Kadar Air Pelet Pupuk

Berdasarkan data empiris pada penelitian ini dihasilkan rata-rata *particle density* dengan range 1,04 - 1,34 g/cm³. Penambahan abu boiler pada pembuatan pelet, dapat meningkatkan partikel densitas pelet, sebab *slurry* dan *solid* yang telah dikeringkan memiliki densitas yang lebih kecil dibandingkan abu boiler. Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan *particle density* pelet dari semua komposisi bahan yang digunakan tidak mempengaruhi secara signifikan.

3.4. Bulk Density

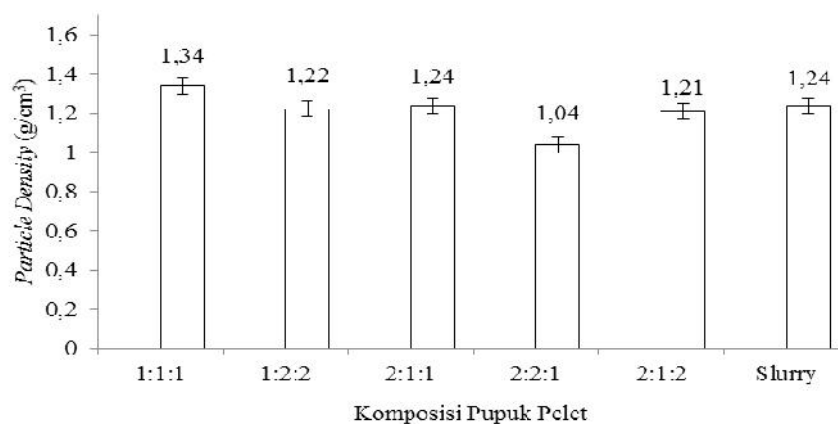
Bulk density merupakan solusi permasalahan penanganan, pengemasan, penyimpanan dan transportasi, karena biaya ekonomi meningkat jika *bulk density* terlalu rendah. Parameter *bulk density* yang tinggi ini memungkinkan untuk meningkatkan efisiensi, dan mengurangi biaya transportasi. Hasil *bulk density* tersaji pada Gambar 5.

Data empiris menyebutkan bahwa abu boiler memiliki kandungan *bulk density* yang paling tinggi yakni 0,84 g/cm³, sementara *slurry* dan

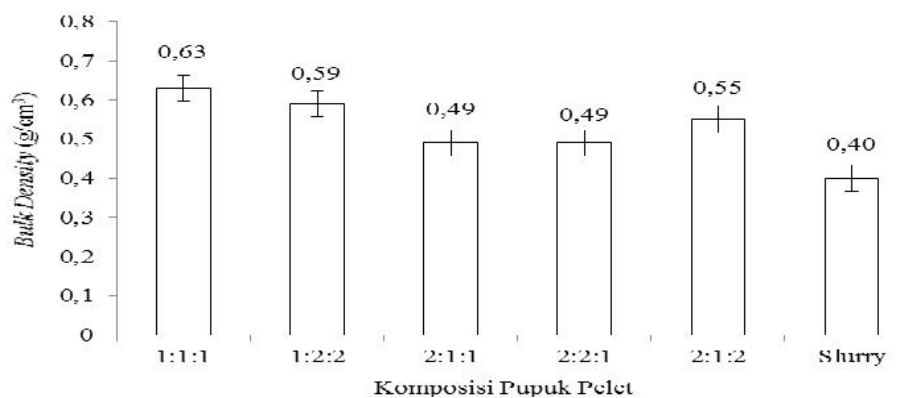
solid yang telah dikeringkan menghasilkan *bulk density* 0,61 g/cm³ dan 0,39 g/cm³. *Bulk density* pelet berbahan baku 100% *slurry* mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena antar butiran *slurry* tidak saling merekatkan sehingga terdapat rongga pada pelet yang besar sehingga menurunkan *bulk density* pelet dari *slurry*. Pelet campuran antara *slurry*, *solid* dan abu boiler menghasilkan rata-rata *bulk density* sebesar 0,49 - 0,63 g/cm³.

3.5. Kandungan NPK Pelet

Tabel 1 menyajikan hasil analisa kandungan NPK dari pelet pupuk *slurry*, *solid*, dan abu boiler kemudian dibandingkan dengan standar mutu menurut Permentan No. 70 Tahun 2011. Tabel 1 menunjukkan bahwa pelet pupuk organik dalam enam komposisi memiliki jumlah kandungan N+P₂O₅+K₂O adalah 5,93% - 8,08%. Semuanya di atas angka minimal 4% yang disyaratkan di Permentan No. 70 tahun 2011. Jumlah kandungan tertinggi 8,08% dihasilkan dari pelet 1:0:0 atau pelet pupuk berbahan *slurry* saja.



Gambar 4. *Particle Density* Pelet Pupuk



Gambar 5. *Bulk Density* Pelet Pupuk

Tabel 1. Hasil Uji Kandungan NPK Pelet Pupuk Organik

Parameter	Standar Permentan No.70/2011	F1	F2	F3	F4	F5	F6
N (%)	-	1,43	1,23	1,30	1,44	1,22	1,80
P ₂ O ₅ (%)	-	0,80	0,82	0,86	0,76	0,84	0,74
K ₂ O (%)	-	3,70	5,15	4,48	4,59	5,47	5,54
N+P ₂ O ₅ +K ₂ O (%)	Minimal 4	5,93	7,25	6,64	6,79	7,53	8,08

Keterangan:

F1= komposisi pelet 1:1:1 F4= komposisi pelet 2:2:1

F2= komposisi pelet 1:2:2 F5= komposisi pelet 2:1:2

F3= komposisi pelet 2:1:1 F6= komposisi pelet 1:0:0 (*slurry*)

Kandungan hara NPK dari *slurry* 1,86% N, 1,51% P₂O₅ dan 0,51% K₂O (Elia dkk., 2015) dengan jumlah 3,88%. Selanjutnya *solid* mengandung 0,4% N, 0,04% P₂O₅ dan 0,84% K₂O (Astianto, 2012) dengan jumlah 1,28%. Adapun abu *boiler* memiliki kandungan N 0,51%, P₂O₅ 0,18%, dan K₂O 2,74% (Hidayati dan Indrayanti, 2016) dengan jumlah 3,43%. Jumlah kandungan NPK dari *slurry*, *solid*, dan abu boiler masih dibawah standar Permentan (minimal 4%), sehingga apabila digunakan sebagai bahan utama pembuatan pupuk organik akan memberikan hasil yang kurang optimal. Usaha yang dapat dilakukan untuk memaksimalkan potensi *slurry*, *solid*, dan abu boiler yakni dengan cara mengkombinasikan komposisi ketiganya menjadi pelet pupuk organik.

Adapun pelet pupuk berbahan kombinasi *slurry*, *solid*, dan abu boiler yang menghasilkan jumlah kandungan NPK tertinggi 7,53% adalah komposisi 2:1:2, disusul oleh komposisi 1:2:2 dengan jumlah kandungan 7,25%. Dapat dicermati bahwa komposisi dengan menambah angka campuran abu boiler memberikan jumlah kandungan yang lebih tinggi dibanding komposisi lainnya, kecuali yang berbahan *slurry* saja. Unsur nutrisi yang memberikan nilai lebihnya adalah kandungan K₂O di dalam abu boiler yang memang paling tinggi dibanding *slurry* dan *solid*.

3.6. Pelepasan NPK Pelet dalam Media Tanah

Proses pelepasan NPK dari pelet pupuk organik adalah proses pelarutan unsur-unsur hara yang pada mulanya tersedia dalam bentuk padat. Proses pelarutan ini sangat penting karena unsur-unsur hara hanya dapat tersedia bagi tanaman dalam bentuk larutan

(Mangonesoekarjo dan Semangun, 2008). Ada pupuk yang pelepasan haranya cepat dan ada yang lambat. Pupuk yang pelepasannya cepat seperti pupuk urea dan ZA, akan mudah larut sehingga dapat segera diserap tanaman. Adapun pupuk yang pelepasan kandungan haranya lambat (*slow release fertilizer*) adalah pupuk yang lambat diserap tanaman karena kelarutannya rendah seperti batuan fosfat, pupuk kompos, dan sulfur *coated* urea.

Kelarutan pupuk dinilai berdasarkan kecepatan dan mudah tidaknya suatu pupuk larut dalam air dan diserap oleh akar tanaman. Sifat kelarutan ini perlu diketahui untuk menentukan atau memilih metode pemupukan, waktu aplikasi pupuk, jenis pupuk dan jenis tanaman.

Tabel 2 menyajikan data persentase pelepasan NPK pada hari-3, 6, dan 10. Persentase pelepasan pada hari ke-3 merupakan perbandingan hasil pengukuran larutan tertampung pada hari ke-1, 2, dan 3, terhadap kandungan NPK awal pelet (Tabel 1). Persentase pelepasan pada hari ke-6 merupakan perbandingan antara hasil pengukuran yang tertampung pada hari ke-4, 5, dan 6 terhadap kandungan NPK awal pelet, dan seterusnya dapat dihitung persentasi pelepasan NPK pada hari ke-10. Tabel 3 menyajikan persentase akumulatif pelepasan NPK sampai pada hari ke-3, 6, dan 10.

Berdasarkan analisa yang disajikan dalam Tabel 3, sampai pada hari ke-10 unsur N yang dilepaskan berkisar 1,99-3,18%, pelepasan unsur P 0,063-0,075% dan K yang dilepas sekitar 43,54-62,26%. Komposisi pelet 1:1:1 merupakan pelet dengan pelepasan N yang tertinggi, yaitu 3,18%. Dapat dibandingkan dengan persentase

Tabel 2. Persentase Pelepasan NPK Pelet dalam Media Tanah

Sampel	% Pelepasan pada Hari ke-3			% Pelepasan pada Hari ke-6			% Pelepasan pada Hari ke-10		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
1:1:1	0,70	0,022	16,77	0,32	0,016	18,44	2,16	0,028	25,60
1:2:2	1,10	0,021	12,63	0,25	0,021	17,25	1,18	0,026	13,66
2:1:1	0,85	0,023	17,86	0,22	0,020	20,75	0,93	0,020	18,23
2:2:1	1,25	0,019	18,69	0,16	0,025	20,65	0,69	0,031	22,92
2:1:2	1,39	0,017	21,09	0,30	0,030	18,84	1,23	0,024	18,01
Slurry	0,78	0,026	19,25	0,21	0,023	16,47	0,56	0,024	17,16

Tabel 3. Persentase Akumulatif Pelepasan NPK Pelet dalam Media

Sampel	% Pelepasan Sampai Hari ke-3			% Pelepasan Sampai Hari ke-6			% Pelepasan Sampai Hari ke-10		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
1:1:1	0,70	0,022	16,77	1,02	0,038	35,21	3,18	0,066	60,81
1:2:2	1,10	0,021	12,63	1,35	0,042	29,88	2,53	0,068	43,54
2:1:1	0,85	0,023	17,86	1,06	0,043	38,62	1,99	0,063	56,85
2:2:1	1,25	0,019	18,69	1,41	0,044	39,34	2,10	0,075	62,26
2:1:2	1,39	0,017	21,09	1,69	0,047	39,93	2,92	0,071	57,94
Slurry	0,78	0,026	19,25	0,99	0,049	35,72	1,55	0,074	52,88

Tabel 4. Konduktivitas Larutan Pelepasan NPK Pelet Pupuk Organik

Pelet	Konduktivitas (mS/cm) pada Hari ke-			Konduktivitas (mS/cm) (akumulatif) Sampai Hari ke-		
	3	6	10	3	6	10
1:1:1	0,23	1,40	1,02	0,23	1,63	2,65
1:2:2	0,31	1,48	1,11	0,31	1,79	2,90
2:1:1	0,25	1,87	1,24	0,25	2,12	3,36
2:2:1	0,26	1,83	1,19	0,26	2,09	3,28
2:1:2	0,27	1,82	1,26	0,27	2,09	3,35
Slurry	0,25	1,20	0,88	0,25	1,45	2,33

pelepasan urea (pupuk) dengan penyalut *bioblend polistiren* pada hari ke-10 sebesar 18,3-28% dan sedangkan pupuk urea granul telah melepaskan sebanyak 90,1% (Salman dkk., 2015). Pelepasan P dan K dari pelet 1:1:1 juga relatif tinggi yaitu 0,066% dan 60,81%.

Pupuk yang baik adalah pupuk yang ion nutrisinya dikontrol oleh akar tanaman. Ion nutrisi pada pupuk diharapkan memiliki kelarutan yang rendah dalam air, tetapi mampu menjamin ketersediannya bagi tanaman melalui kelarutan yang tinggi dalam asam organik, seperti asam sitrat dan oksalat. Pupuk jenis ini dikenal sebagai *Slow Release Fertilizer* (SRF) yang melibatkan pelepasan nutrisi dengan laju yang relatif lebih lambat dari pada pupuk biasa

(Shaviv, 2005). Pupuk organik padat seperti kompos, sudah merupakan pupuk yang lepas lambat atau *slow release* (Wiyana, 2008) sehingga dengan adanya densifikasi dalam proses pencetakan pelet terjadi pemadatan material (proses densifikasi), maka pelepasan unsur-unsur hara yang terkandung di dalamnya menjadi semakin lambat.

Unsur hara N diserap tanaman dalam bentuk nitrat (NO_3^-) dan amonium (NH_4^+). Fosfor diserap tanaman dalam bentuk fosfat atau senyawa teroksidasi yaitu H_2PO_4^- atau HPO_4^{2-} tergantung pH medium. Adapun K diserap tanaman dalam bentuk K^+ dan didalam tanaman hampir semuanya dalam bentuk ion. Oleh karena semua unsur tersebut bermuatan listrik maka

larutan nutrisi dapat diukur daya hantar listriknya menggunakan EC-meter. Daya hantar listrik larutan nutrisi untuk kebanyakan tanaman dianjurkan 2,0-3,5 mS/cm. Selanjutnya supaya akar tanaman dapat menyerap ion-ion maka larutan nutrisi harus memiliki pH berkisar 6,0-7,0 diukur menggunakan pH-meter (Ginting, 2016). Dalam Tabel 4 disajikan hasil pengukuran daya hantar listrik (konduktivitas) dari larutan yang tertampung selama uji pelepasan NPK dalam media tanah jenis latosol.

Berdasarkan hasil pengukuran konduktivitas larutan nutrisi di Tabel 4 dapat dicermati bahwa akumulasi daya hantar listrik sampai hari ke-6 dari pelet 2:1:1, 2:2:1 dan 2:1:2 sudah mencapai 2 - 3,5 mS/cm yang merupakan daya hantar listrik larutan nutrisi yang disarankan untuk tanaman. Pada hari ke-6 larutan nutrisi dari komposisi pelet-pelet tersebut telah siap diserap tanaman. Hal ini juga didukung dengan pH yang terukur pada hari ke-6 sekitar 6,14 - 6,60. Akumulasi hingga hari ke-10, daya hantar listrik larutan nutrisi dari semua komposisi pelet telah mencapai 2-2,35 mS/cm dengan pH larutan 6,83-7,01. Daya hantar listrik akumulatif tertinggi sampai hari ke-6 dan ke-10 adalah dari pelet 2:1:1.

IV. KESIMPULAN

Pelet pupuk dengan perbandingan *slurry* : *solid* : abu boiler 1:1:1, 1:2:2, 2:1:1, 2:2:1, 2:1:2 dan 1:0:0 (pelet *slurry*) menghasilkan: panjang pelet 31 - 48 mm, diameter 5,42 - 6,28 mm, kadar air pelet 4,26 - 9,76%. Adanya penambahan abu boiler dapat menurunkan kadar air pelet, sementara penambahan *solid* meningkatkan kadar air. Rata-rata *particle density* 1,04 - 1,34 g/cm³ dan *bulk density* pelet 0,49 - 0,63 g/m³. Abu boiler memiliki *bulk density* yang paling tinggi, yakni 0,84 g/cm³, sementara *slurry* dan *solid* yang telah dikeringkan menghasilkan *bulk density* 0,61 g/cm³ dan 0,39 g/cm³. Kandungan N+P₂O₅+K₂O dari pelet pupuk organik dari penelitian ini adalah 5,93% - 8,08% (Standar mutu minimal 4%). Jumlah kandungan tertinggi 8,08% dihasilkan dari pelet 1:0:0 atau pelet pupuk berbahan *slurry* saja, kemudian komposisi 2:1:2 sebesar 7,53%, kemudian komposisi 1:2:2 dengan jumlah kandungan 7,25%. Pada hari ke-10 unsur N yang dilepaskan

berkisar 1,99 - 3,18%, pelepasan unsur P 0,063 - 0,075% dan K yang dilepas 43,54 - 62,26%. Komposisi pelet 1:1:1 merupakan pelet dengan pelepasan N yang tertinggi, yaitu 3,18%. Pelepasan P dan K dari pelet 1:1:1 juga relatif tinggi yaitu 0,066% dan 60,81%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Institut Pertanian STIPER Yogyakarta yang telah mendanai penelitian melalui kegiatan Riset Internal INSTIPER. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. Candra Ginting, MP. yang telah memberi bimbingan dan masukan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alemi, H., Kianmehr M.H., dan Borghae A.M. 2010. Effect of Pellet Processing of Fertilizer on Slow-Release Nitrogen in Soil. *Asian Journal of Plant Sciences*. 9: 74-80.
- Astianto, A. 2012. *Pemberian Berbagai Dosis Abu Boiler pada Pembibitan Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di Pembibitan Utama (Main Nusery)*. [Skripsi] Universitas Riau. Pekanbaru.
- Ayunina, R.N. 2013. *Pemanfaatan Kitosan dalam Pelepasan Nitrogen dari Pupuk Tersedia Lambat (Slow Release Fertilizer)*. [Skripsi] Universitas Jember. Jember.
- Dharmawati, N.D., Farida G.Y., Wahyono, dan Renjani R.A. 2017. Process Analysis of Raw Palm Oil Mill Effluent Using Single Feeding System. *Proceeding of ISAE International Seminar*. Universitas Lampung. Lampung.
- Elia, I., Mukhlis dan Razali. 2015. Kajian Pemanfaatan Konsentrat Limbah Cair dan Abu Boiler Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Unsur Hara Tanah Ultisol. *Jurnal Agroekoteknologi*. 3(4):1525-1530.
- Ginting, C. 2016. *Teknik Budidaya Tanpa Tanah Tanaman Hortikultura Solusi untuk*

- Pertanian Kota. Cetakan ke-1. Lintang Pustaka Utama. Yogyakarta.
- Hasanuddin dan Lahay I.H. 2012. *Pembuatan Biopellet Ampas Kelapa Sebagai Energi Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak Tanah Ramah Lingkungan*. Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo.
- Hermantoro dan Renjani R.A. 2014. Studi Pemanfaatan Water Rejected Reverse Osmosis untuk Kebutuhan Air Domestik dan Sebagai Boiler Feed Water Tank di Pabrik Kelapa Sawit. *Prosiding Seminar Nasional Perteta 2014*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Hidayati, N., dan Indrayanti A.L. 2016. Kajian Pemanfaatan Abu Boiler Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tomat pada Berbagai Media Tanam. *Jurnal Media Sains*. 9 (2).
- Lubis, A.S., Romli M., Yani M., dan Pari G. 2016. Mutu Biopellet dari Bagas Kulit Kacang Tanah dan Pod Kakao. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 26 (1): 77-86.
- Mangoensoekarjo, S., dan Semangun H. 2008. *Manajemen Agribisnis Kelapa Sawit*. Gadjah Mada University Press. Cetakan ketiga. Yogyakarta.
- Muhsin, A. 2011. Pemanfaatan Limbah Hasil Pengolahan Pabrik Tebu Blotong Menjadi Pupuk Organik. *Industrial Engineering Conference 2011*. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran". Yogyakarta
- Murselindo, A. A. 2014. Pengaruh Pupuk NPK Pelet dari Kotoran Ayam terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max L.*) di Tanah Regosol. *Planta Tropika Journal of Agro Science*. 2 (2). DOI 10.18196/pt2014.026.74-80.
- Okalia, D., Nopsagiarti T., dan Rover. 2017. Pemanfaatan Kompos Solid dalam Meningkatkan Produksi Sawi (*Brassica juncea L.*) pada Ultisol. *Jurnal Bibit*. 2 (1): 1-7.
- Pahan, I. 2008. *Panduan Lengkap Kelapa Sawit: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Prabawa, I.D.G.P., dan Nurmilatina. 2017. Analisis Kualitas Formula Pupuk Organik Pelet dari Eceng Gondok dan Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*. 9(1): 17 -28.
- Priyambada, G., Yeni E., dan Andesgus I. 2015. Studi Pemanfaatan Lumpur, Abu Boiler, dan Serat (Fiber) Kelapa Sawit Sebagai Kompos Menggunakan Variasi *Effective Microorganisme* (EM-4). *JOM FTEKNIK*. 2 (2).
- Rahardjo, P.N. 2006. Teknik Pengolahan Limbah Cair yang Ideal untuk Pabrik Kelapa Sawit *JAI*. 2 (1).
- Renjani, A.R., dan Wulandani D. 2018. Pellet Mill Fixed Dies Type for Production of Solid Fuel Pellets from Acacia mangium Bark. *IOP Conf. Ser: Mater. Sci. and Eng.* 557(2019) 012057. doi:10.1088/1757-899X/557/1/012057.
- Ruswendi, W.A. 2008. *Pengaruh Penggunaan Pakan Solid dan Pelepah Kelapa Sawit*. Lokakarya Hasil Pengkajian Teknologi Pertanian. BBP2TP – Badan Litbang Pertanian, Bogor. 8 (5): 105-108.
- Salman, Febriyenti dan Akmal D. 2015. Pengaruh Penggunaan Penyalut *Bioblend* PS/PCL Terhadap Pelepasan Zat Aktif Urea Granul. *J. Ris.Kim*. 8 (2).
- Shaviv, A. 2005. Controlled Release Fertilisers. *IFA International Workshop on Enhanced-Efficiency Fertilizer*, Frankfurt. Israel Institute of Technology, Haifa, Israel pp 15.
- Wahyudi, J., Renjani R.A., dan Hermantoro. 2012. Analisis Oil Losses pada Fiber dan Broken Nut di Unit Screw Press dengan Variasi Tekanan. *Prosiding Seminar Nasional*

Perteta 2012. Universitas Udayana. Denpasar.

Sebagai Pupuk Terhadap Biodiversitas Tanah. *Jurnal Ilmiah Pertanian KULTURA*. 41 (1).

Wardhana, K.A., Soetopo R.S., Saepulloh, Asthary P.B., dan Aini M.N. Perekat untuk Pembuatan Pelet Pupuk Organik dari Residu Proses Digestasi Anaerobik Lumpur Biologi Industri Kertas. *Jurnal Selulosa*. 4(2): 69 – 78.

Wiyana. 2008. *Studi Penambahan Lindi dalam Pembuatan Pupuk Organik Granuler Terhadap Ketercucian N,P, dan K*. [Tesis] Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Widhiastuti, R., Suryanto D., Mukhlis dan Wahyuningsih H. Pengaruh Pemanfaatan Limbah Cair Pengolahan Kelapa Sawit

