

PEMANFAATAN LIMBAH LUMPUR AKTIF PADAT DAN ABU CANGKANG SAWIT INDUSTRI CRUMB RUBBER UNTUK PUPUK ORGANIK DENGAN PENAMBAHAN MIKROBA

UTILIZATION OF SOLID ACTIVE WASTE AND ABOUT CANGKANG SAWIT CRUMB RUBBER INDUSTRY FOR ORGANIC FERTILIZER WITH ADDITIONAL MICROBA

Chasri Nurhayati

Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang
Jl Perindustrian II No 12, Sukarami, Palembang, 30152
email: chasrinurhayati@yahoo.com

Diterima : 04 Mei 2019; Direvisi : 04 Mei – 25 Juli 2019; Disetujui : 25 Juli 2019

Abstrak

Limbah lumpur aktif padat industri *crumb rubber* belum dimanfaatkan secara optimal. Untuk mendukung penerapan Industri Hijau, perusahaan tersebut harus memanfaatkan kembali limbah untuk produk yang bernilai seperti pupuk organik dengan penambahan mikroba. Kegiatan penelitian dimulai dari persediaan bahan baku, pembuatan pupuk organik, penambahan mikroba. Percobaan menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial dengan variasi perbandingan bahan baku pupuk organik yaitu limbah lumpur aktif padat : limbah abu dan limbah sekam padi, dengan perbandingan (A₁)100:0:0 (A₂) 90:5:5 (A₃) 80:10:10 (A₄) 70:15:15 (A₅) 60:20:20, dan konsentrasi penambahan mikroba (EM-4) B₁ (1%), dan B₂ (2%). Pupuk dilakukan dekomposisi selama 40 hari, dan pengujian pupuk organik meliputi visual pupuk, unsur makro. Hasil penelitian terbaik adalah perlakuan A₅B₂ dengan nilai unsur hara makro, bahan organik 24,90%, nitrogen total 0,82%, P₂O₅ 0,42%, K₂O 0,39% memenuhi persyaratan mutu pupuk organik dari sampah organik domestik nomor SNI 19-7030-2004 dan Permentan No. 79/permentan/SR/140/10/2011.

Kata kunci : abu, EM-4, limbah lumpur aktif, pupuk organik

Abstract

Solid active waste Industrial crumb rubber waste has not been utilized optimally. implementation of the green Industry, the company must reuse waste for valuable products such as organic fertilizer with the addition of microbes. Research activities started from the supply of raw materials, making organic fertilizers, adding microbes. The experimental model uses a Factorial Completely Randomized Design with variations in the comparison of raw materials of organic fertilizer, solid activated sludge waste: ash waste and rice husk waste, with a ratio of (A₁) 100: 0: 0 (A₂) 90: 5: 5 (A₃) 80: 10:10 (A₄) 70:15:15 (A₅) 60:20:20, and the concentration of microbial additions (EM-4) B₁ (1%), and B₂ (2%). Fertilizers are decomposed for 40 days, testing of organic fertilizer includes visual fertilizers, macro elements. The best results have treatment A₅B₂ with macro nutrient values, organic ingredients 24.90%, total nitrogen (0.82%), P₂O₅ (0.42%), K₂O (0.39%) according the quality requirements of organic fertilizers from organic waste domestic, SNI 19-7030-2004 and Permentan No. 79/permentan/SR/140/10/2011.

Keywords : ash, EM-4, activated sludge waste, organic fertilizer

PENDAHULUAN

Pabrik Karet Remah (*Crumb Rubber*) pada umumnya mengolah limbah cairnya menggunakan sistem lumpur aktif karena sistem ini merupakan sistem pengolahan limbah paling optimal dalam menurunkan kandungan BOD dan COD limbah karet remah sampai memenuhi baku mutu. Jumlah limbah yang dihasilkan oleh pabrik *crumb rubber* dengan kapasitas produksi 5000 ton per hari akan menghasilkan limbah sebanyak

500 m³. Penanganan terhadap limbah padat lumpur selama ini hanya dibuang ke tempat pembuangan untuk bahan timbunan jalan, atau disebarkan ke tanaman di sekitar pabrik. Menurut Ferguson (1991), pembuangan limbah secara *open dumping*, baik di dalam atau di luar pabrik berpotensi terhadap terjadinya pencemaran air permukaan dan air tanah. Penanganan limbah ini selain memerlukan biaya operasional, juga belum optimum. Limbah lumpur aktif mengandung mikroorganisme,

diantaranya jamur, bakteri dan juga protozoa. Hasil pengujian limbah lumpur aktif mengandung unsur hara makro pupuk organik seperti C- organik 31-32,16%, C/N 27,98–28,97%, nitrogen 1,11–1,32%, P_2O_5 1,21–1,31%, K_2O 0,11-0,13% (Nurhayati, 2016). Kandungan unsur tersebut menjadikan limbah tersebut dapat digunakan sebagai bahan baku pupuk organik (Ferguson, 1991).

Selain itu limbah abu yang merupakan sisa pembakaran boiler pada pabrik *crumb rubber* menjadi permasalahan. Limbah ini dihasilkan dari pemanfaatan energi biomassa cangkang kelapa sawit, yang berguna untuk proses pengeringan blanket kering menjadi karet remah. Limbah abu yang ditinggalkan dari pemanasan boiler cukup tinggi. Menurut Suwardin (2015), konsumsi bahan bakar biomassa cangkang sawit di daerah Kalimantan Barat sebesar 123,8 Kg per ton *crumb rubber*. Proses pengeringan *crumb rubber* menggunakan boiler dengan bahan bakar cangkang sawit lebih murah dibandingkan bahan bakar solar. Biaya bahan bakar cangkang sawit untuk pengeringan *crumb rubber* berkisar Rp 77,4-Rp 78 per Kg, sedangkan biaya pegeringan menggunakan bahan bakar solar mencapai Rp 275 per Kg. Penggunaan cangkang sawit sebagai pemanas boiler pada pengeringan *crumb rubber* merupakan upaya yang tepat dalam mengganti bahan bakar solar ke sumber energi yang dapat diperbaharui. Penggunaan cangkang sawit sebagai bahan bakar pada pengeringan *crumb rubber* memerlukan biaya lebih murah dan secara operasional tidak menghasilkan CO_2 , sehingga tingkat emisi CO_2 maksimum 200 Kg CO_2 /ton produk untuk industri karet remah dapat terpenuhi.

Pupuk organik adalah pupuk dari bahan organik yang telah mengalami fermentasi atau dekomposisi oleh mikroorganisme yang mengandung unsur hara. Selain itu juga berfungsi membantu memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan porositas tanah

sehingga tanah gembur dan dapat menyimpan air (Tchobanoglous, 1993)

Waktu dekomposisi pupuk organik sekitar 3 bulan. Proses ini terlalu lama. dengan pembuatan pupuk dari limbah lumpur aktif dan penambahan mikroba EM-4 diharapkan dapat menghasilkan pupuk organik yang memenuhi persyaratan pupuk organik sesuai Permentan No. 79/permentan/SR/140/10/2011 dan SNI 19-7030-2004 dengan waktu selama 40 hari dekomposisi.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah lumpur aktif padat (PT. Hoktong Plaju), abu cangkang sawit (PT. Pinago Utama), sekam padi, air, mikroba EM-4 (PT. Songgolangit Persada dan glukosa ($C_6H_{12}O_6$)).

Peralatan

Peralatan penelitian terdiri seperangkat alat pencacah, penyemprot air, kotak kayu, timbangan, alat gelas, karung rami (goni), cangkul, skop, pH meter, higrometer, termometer, terpal, pengaduk, jerigen, dan kawat kasa.

Prosedur Penelitian

Dilakukan penyiapan bahan baku berupa limbah lumpur aktif padat, limbah abu dan limbah sekam padi. Dilakukan pencampuran bahan baku dengan cara pengadukan sesuai dengan perbandingan (g) variasi A terdiri (A_1) 100:0:0 (A_2) 90:5:5 (A_3) 80:10:10 (A_4) 70:15:15 (A_5) 60:20:20 dan faktor B konsentrasi penambahan mikroba B_1 (1%), dan B_2 (2%). Ditambahkan mikroba EM-4 secara merata sesuai perlakuan, dengan cara melarutkan EM-4 dan glukosa ke dalam air. Siramkan larutan EM-4 secara merata ke dalam campuran, sesuai perlakuan setiap 4 hari sekali. Kompos selanjutnya ditutup dengan karung goni, selama 40 hari pengomposan, pupuk dibalik, dan ditutup kembali. Pengecekan suhu dan kelembaban dilakukan setiap 4 hari sekali. Setelah batas waktu

pengomposan, pupuk dikeringkan dengan sinar matahari selama 2 hari, sampai penurunan kadar air sebesar 10-20%. Pupuk organik dilakukan pengujian, meliputi visual pupuk, dan unsur makro.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Bahan Baku

Hasil uji nitrogen total pada sekam padi 1,29%, limbah lumpur aktif sekitar 0,22%, dan limbah abu 0,6%. Kandungan nitrogen dari bahan baku ini akan mempengaruhi kadar nitrogen pupuk organik. Kandungan nitrogen pupuk organik yang dipersyaratkan sesuai SNI adalah minimal 4%.

Hasil pengujian P₂O₅ untuk sekam padi 2,11%, limbah lumpur aktif 0,28%, limbah abu 2,44%. Kandungan P₂O₅ ini akan mempengaruhi kadar P₂O₅ pupuk organik. Kandungan P₂O₅ pupuk organik yang dipersyaratkan sesuai SNI adalah minimal 0.1%.

Hasil uji K₂O sekam padi 2,11%, limbah lumpur aktif 0,63%, dan limbah abu 1,41%. Kandungan K₂O bahan baku akan mempengaruhi kadar K₂O pupuk organik. Kandungan K₂O pupuk organik yang dipersyaratkan sesuai SNI adalah minimal 0.2%.

Pengujian Pupuk Secara Visual Bau

Bau pupuk organik matang seperti tanah dan tidak berbau busuk meskipun pupuk organik berasal dari limbah. Pupuk organik yang berbau tidak sedap, pupuk tersebut terjadi fermentasi anaerobik dan menghasilkan senyawa-senyawa berbau yang mungkin berbahaya bagi tanaman (Wang *et al.*, 2007), dan apabila pupuk organik masih berbau seperti bahan mentahnya berarti pupuk organik masih belum matang. Hasil pengujian bau pupuk organik dari semua perlakuan berbau tanah, sesuai SNI 19-7030-2004.

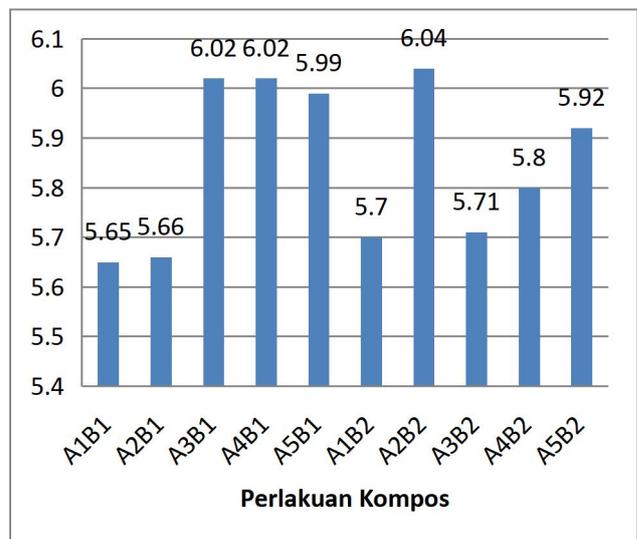
Warna

Pupuk organik matang berwarna coklat kehitaman (Sahwan *et al.*, 2011). Perubahan warna pupuk dari warna

bahan baku menjadi coklat kehitaman dikarenakan proses pengomposan telah optimal. Suhu selama proses pengomposan sesuai, didukung hasil pengujian suhu setiap 4 (empat) hari selama kompos berkisar antara 40-59 °C. Hasil pengujian warna pupuk pada semua perlakuan berwarna coklat, sesuai SNI 19-7030-2004

Kadar Air

Kadar air pupuk setelah pengeringan berkisar antara 5,65% sampai dengan 6.04%. Kadar air tertinggi terdapat pada perlakuan A₂B₂ dan kadar air terendah terdapat pada perlakuan A₁B₁. Kadar air terendah pada perlakuan lumpur aktif padat : limbah abu dan limbah sekam padi (A₁) 100:0:0 dengan penambahan mikroba 1%. Limbah lumpur aktif padat tanpa penambahan bahan lain dan penambahan mikroba sedikit (1%), kemungkinan tidak terjadi dekomposisi yang optimal sehingga tidak menghasilkan pupuk yang baik.

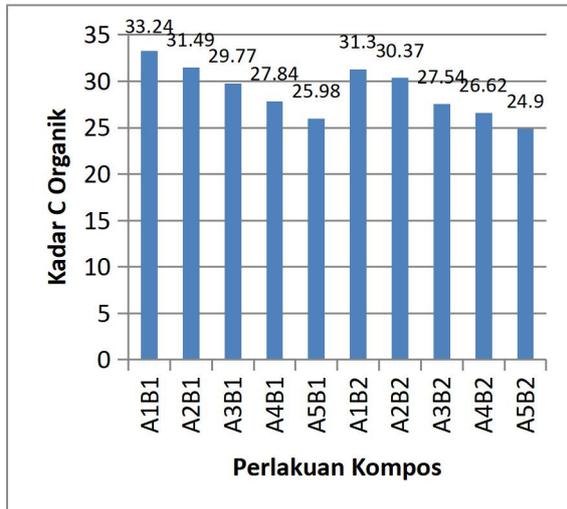


Gambar 1. Nilai kadar air

Data ini didukung dengan hasil uji kalium yang rendah dan tidak memenuhi persyaratan (minimal 0,20%) pada perlakuan A₁B₁ dengan hasil 0,18%. Kadar air pupuk yang dipersyaratkan adalah maks. 50%, sehingga semua perlakuan memenuhi persyaratan. Pengujian kadar air pada Gambar 1.

Kadar C- Organik

Karbon membentuk karbohidrat, lemak, dan protein untuk pertumbuhan tanaman. Selain itu juga, memperkuat selulosa dinding sel tanaman. (Mulyono, 2014). Hasil pengujian kadar C-organik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Nilai kadar C-organik

Hasil pengujian C-organik setelah pengomposan dari semua perlakuan akan menurun apabila dibandingkan dengan kadar C-Organik dari bahan baku. Menurunnya kadar C-organik ini disebabkan karena mikro organisme dalam pengomposan menggunakan karbon dari proses pengomposan sebagai sumber energinya atau aktivitas metabolismenya (Graves, 2007). Nilai kandungan C-organik paling rendah terjadi pada perlakuan A₅B₂ (24,90%) dan kandungan C-organik yang tertinggi terdapat pada perlakuan A₁B₁ (33,24%). Syarat mutu C-organik yang ditetapkan pada SNI adalah berkisar antara 27 s/d 58%. Dari semua perlakuan, perlakuan yang memenuhi persyaratan SNI adalah A₁B₁, A₂B₁, A₃B₁, A₁B₂, A₂B₂ dan A₃B₂ sedang kandungan C-organik yang tidak memenuhi SNI terdapat pada perlakuan A₄B₁, A₅B₁, A₄B₂, dan A₅B₂. Kadar C-organik pada perlakuan yang rendah ini disebabkan karena mikroorganisme yang bekerja lebih banyak sehingga jumlah karbon dari bahan baku digunakan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhannya juga rendah. Penguraian bahan organik

dapat melalui proses fermentasi. Tahap awal, bahan diubah menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti gula, gliserol, asam lemak dan asam amino, dilanjutkan aerobik maupun anaerob (Fitria, Y, 2008). Proses aerobik dan anaerobik selanjutnya :

Aerobik : $C \text{ org.} + O_2 - C_5H_7O_2N + CO_2$

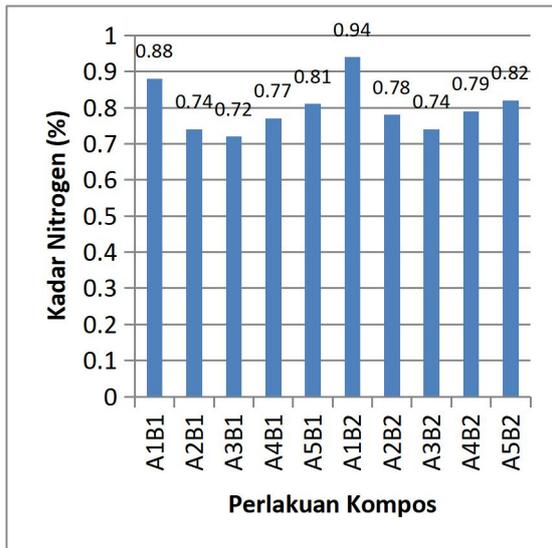
Anaerob : $C \text{ org.} + \text{teroksidasi} + \text{asam organik-sel mikroba} + \text{metana} + CO_2 + \text{alkohol}$

Menurut Chairunisa *et al.* (2017), sekam padi mengandung C-organik sebesar 8,7%, abu boiler mengandung 5,79% (Hidayati dan Indrayanti, 2016) dan hasil pengujian limbah lumpur aktif mengandung C-organik 32,16%. Apabila dilihat dari perbandingan ke tiga bahan baku tersebut maka perlakuan A₁B₁, A₂B₁, A₃B₁, A₁B₂, A₂B₂ merupakan perbandingan dengan bahan baku dominan berupa lumpur aktif dan sekam padi. Perbandingan ini dengan penambahan bakteri yang sesuai akan menghasilkan nilai C-organik yang memenuhi persyaratan SNI. Untuk perlakuan yang tidak memenuhi SNI seperti A₄B₁, A₅B₁, A₄B₂, dan A₅B₂, merupakan pupuk dengan perbandingan yang didominasi dengan abu dan sekam padi.

Kandungan C-organik akan menurun selama pengomposan. Waktu penurunan kandungan C-organik mulai pada hari ke 5 pengomposan (Suherman, 2014). Hasil penelitian ini didukung oleh Yeoh, *et al.* (2012), bahwa penurunan kandungan C-organik mulai pada hari ke 7 pengomposan, hal ini disebabkan karena adanya aktifitas organisme seperti fungi lignolitik atau fungi selulolitik yang membutuhkan karbon organik sebagai sumber makanan. Hasil pengujian lumpur aktif kering sebagai bahan baku mengandung bakteri lignolitik sebesar $4,6 \times 10^3$ CFU/ml, bakteri selulolitik sebesar $1,45 \times 10^5$ CFU/ml, fungi lignolitik sebesar $1,55 \times 10^2$ CFU/ml dan fungi selulolitik sebesar $4,05 \times 10^3$ CFU/ml. Bakteri yang terkandung dalam lumpur aktif ini akan menguraikan bahan baku pupuk organik. (Nurhayati, 2016).

Kadar Nitrogen

Nitrogen merupakan sumber energi untuk mikroorganisme dalam tanah untuk proses pelapukan atau dekomposisi bahan organik. Nitrogen juga diperlukan oleh tanaman untuk proses fotosintesis untuk menghasilkan energi. Hasil pengujian kadar nitrogen pada pupuk organik dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Nilai kadar nitrogen

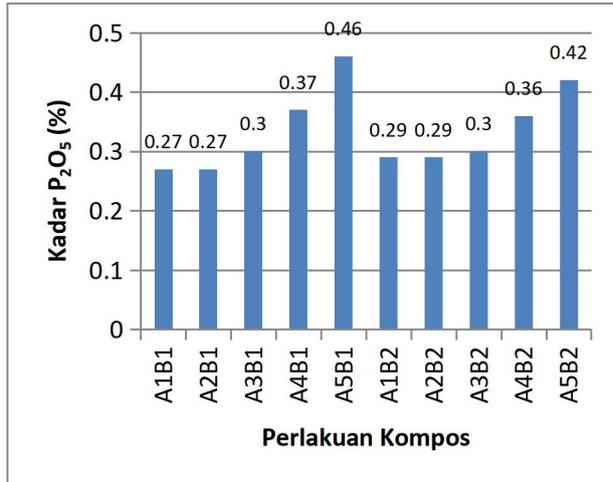
Hasil uji kandungan nitrogen pada pupuk organik setelah masa pengomposan bervariasi. Kadar nitrogen pupuk organik semua perlakuan berkisar antara 0,72% s/d 0,79%. Kadar nitrogen pupuk organik menurun apabila dibandingkan dengan kadar nitrogen pada bahan baku untuk sekam padi (1,29%) maupun kadar nitrogen pada abu (0,6%) dan nitrogen pada lumpur aktif (1,1%). Penurunan kadar nitrogen pupuk organik disebabkan terjadinya proses denitrifikasi oleh bakteri *thiobacillusdenitrificans* yang menyebabkan unsur nitrogen akan mengalami penurunan akibat pelepasan nitrogen ke udara. Selama proses pengomposan, limbah dan lumpur aktif mengalami penurunan kadar nitrogen (Suherman, 2014). Hasil pengujian kadar nitrogen tertinggi pada A₂B₂ (0,94%) dan terendah pada perlakuan A₁B₃ (0,72%). Kadar nitrogen pupuk organik setelah pengomposan dari semua perlakuan memenuhi SNI (standar minimum 0,40%).

Menurut Suherman *et al.*, (2014) dan Yoeh *et al.*, (2012), kenaikan kadar nitrogen pada proses pengomposan terjadi pada hari ke 0-14, dan menurun kembali. Peningkatan ini dikarenakan adanya mikroorganisme yang optimum pada proses dekomposisi sehingga senyawa organik berjalan dengan optimal. Menurut Hiraishi *et al.*, (1989) dalam Herlambang, (2013), adanya aktifitas mikroorganisme pada lumpur aktif seperti *Comamonas-Pseudomonas*, *Alkaligenes*, *Pseudomonas (Kelompok Florescent)*, *Flavobacterium-Cytophaga*, *Coryneform*, *Paracoccus*, *Unidentified (gram negative rods)*, *Aeromonas*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Arthrobacter*, dan *Aureobacterium-Microbacterium* dan dengan penambahan oksigen yang cukup akan menyebabkan terjadinya penambahan kandungan nitrogen baik dalam bentuk nitrat maupun nitrogen total. Peningkatan kadar nitrogen ini ditunjang hasil pengujian limbah lumpur aktif *cumb rubber*, mengandung bakteri lignolitik berkisar $4,6 \times 10^3$ CFU/ml, bakteri selulitik berkisar $1,45 \times 10^5$ CFU/ml, fungi lignolitik berkisar $1,55 \times 10^2$ CFU/ml dan fungi selulolitik berkisar $4,05 \times 10^3$ CFU/ml. Menurut Suherman *et al.*, (2014), peningkatan kandungan nitrogen total ini dikarenakan proses dekomposisi organik oleh mikroorganisme yang akan mengubah amonia menjadi nitrat. Menurut Jalaluddin *et al.*, (2016), suhu yang optimum untuk proses dekomposisi berkisar antara 40-60 °C, suhu yang terlalu tinggi menjadikan mikroorganisme mati, sedang terlalu rendah mikroorganisme tidak bekerja optimal atau dorman. Pengukuran suhu dalam penelitian dilakukan setiap 4 hari, untuk menunjang proses dekomposisi.

Kadar P₂O₅

Unsur fosfor berguna untuk pertumbuhan tanaman seperti pertumbuhan akar, pembentukan buah dan pembentukan biji (Santi, 2008). Kekurangan fosfor pada tanaman akan menyebabkan pembelahan sel tertunda,

sehingga pertumbuhan sel tidak optimal, daun berwarna kuning dan akhirnya tanaman menjadi kerdil, sedangkan kelebihan unsur fosfor pada tanaman akan merangsang kematangan sehingga buah matang terlalu dini. Pengujian P_2O_5 dilakukan setelah pengomposan berakhir, untuk mengetahui kandungan P-total yang terbaik setelah proses pengomposan (Gambar 4).



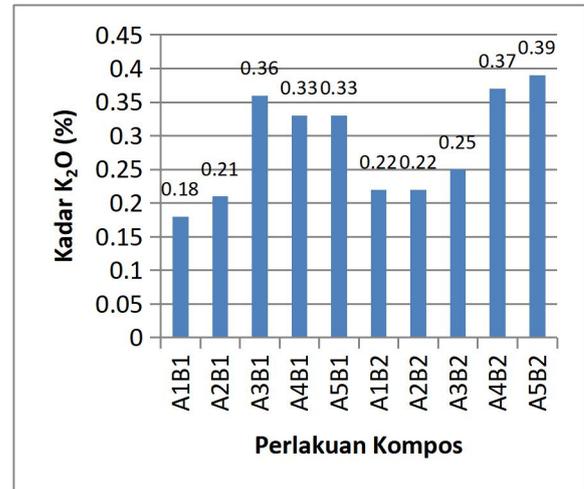
Gambar 4. Hasil pengujian P_2O_5

Hasil analisa kadar fosfor setelah masa pengomposan menurun apabila dibandingkan dengan kadar fosfor pada bahan baku. Bervariasinya kadar fosfor pupuk organik tersebut dikarenakan kadar fosfor pada bahan baku sekam padi berkisar 2,11(%) maupun kadar fosfor pada lumpur (0,22%) dan kadar fosfor pada limbah abu sebesar (2,44%) sehingga perbedaan perbandingan ini menyebabkan kadar fosfor bervariasi.

Hasil pengujian kadar fosfor tertinggi pada A_5B_1 (0,46%), dan terendah pada A_1B_1 dan A_2B_1 (0,27%). Hasil pengujian kadar fosfor dari ke semua perlakuan memenuhi persyaratan SNI 19-7030-2004 dimana kadar fosfor yang dipersyaratkan adalah minimum 0,10%. Kandungan fosfor yang tinggi terdapat perlakuan dengan perbandingan bahan baku limbah abu dan sekam yang tinggi, sehingga menghasilkan forfor yang tinggi pada pupuk organiknya.

Kadar K_2O

Kalium berfungsi untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit (Santi, 2008). Pengujian K_2O bertujuan untuk mengetahui kandungan K_2O total perlakuan terbaik. Kadar K_2O pada Gambar 5



Gambar 5. Hasil pengujian K_2O

Hasil uji kadar kalium setelah pupuk organik telah matang terjadi penurunan. Kadar kalium semua perlakuan sebesar 0,18% s/d 0,39%. Kandungan kalium pupuk organik menurun apabila dibandingkan dengan kadar kalium sekam padi (1,21%) maupun pada limbah lumpur aktif (0,3%) dan limbah abu (1,41%). Kadar Kalium pupuk tertinggi terdapat pada perbandingan bahan sekam dan limbah abu yang tinggi, dan jumlah bakteri yang tinggi akan meningkatkan jumlah kalium.

Hasil pengujian kadar kalium terendah pada A_1B_1 (0,18%), dan tertinggi pada A_5B_2 (0,39%). Kadar kalium yang meningkat ini linier dengan peningkatan jumlah abu sawit dan sekam padi pada bahan baku, dengan kata lain penambahan jumlah abu dan sekam padi akan meningkatkan kadar K_2O pada pupuk organik. Hasil uji kadar kalium semua perlakuan memenuhi persyaratan mutu pupuk organik dari sampah organik domestik (persyaratan K_2O minimal 0,20%), kecuali perlakuan A_1B_1 dengan nilai sebesar 0,18%.

KESIMPULAN

Hasil penelitian pembuatan pupuk organik dengan EM-4 dengan bahan baku limbah lumpur aktif padat, limbah abu dan limbah sekam padi diperoleh hasil terbaik pada perlakuan A₅B₂ dengan nilai unsur hara makro : C-organik (24,90%), nitrogen total (0,82%), P₂O₅ (0,42%), K₂O (0,39%) memenuhi persyaratan mutu pupuk organik dari sampah organik domestik nomor SNI 19-7030-2004 dan Permentan nomor nomor 79/permentan/SR/140/10/2011.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Baristand Industri Palembang, anggota tim penelitian, pihak yang memberikan dukungan pendanaan, fasilitas sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2011). Pupuk Organik dan Pembena Tanah. Permentan nomor nomor 79/permentan/SR/140/10/2011.
- BSN (Badan Standardisasi Nasional). (2004). *SNI 19-7030-2004. Spesifikasi Pupuk Organik dari Sampah Organik Domestik*.
- Chairunisa, RA, H. Hanum, dan B. Hidayat (2017). Aplikasi Bahan Organik dan Sekam Padi untuk Meningkatkan C-Organik Pada Tanah Sawah. *Jurnal Agroekoteknologi*. Vol 5 No. 3 (64) 494-499.
- Ferguson, K. (1991). *Environmental Solution for the Pulp and Paper Industry*. Miller Freeman, San Fransisco. 171-176.
- Fitria, Y. (2008). Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Cair Industri Perikanan Menggunakan Asam Asetat dan EM-4. Skripsi. Fak. Perikanan dan dan Ilmu Kelautan. IPB. Bogor.
- Graves, R.E. (2000). *National Engineering Handbook*. United States Department of Agriculture.
- Herlambang, A. (2003). *Pengolahan Limbah Tekstil dengan Sistem Lumpur Aktif*. Makalah. Jakarta. Direktorat Jenderal Lingkungan. BPPT.
- Hidayati. (2011). *Analisis Kualitas Pupuk Organik dari Limbah Organik Pasar Tradisional Tanjungsari Sumedang (Skripsi)*. Bandung. Fakultas Peternakan. Universitas Padjajaran.
- Nurhayati, C. dan Andayani, O. (2016). Pengaruh Lumpur Aktif Cair dari Pabrik *Crumb Rubber* Sebagai Dekomposer Pupuk Organik dari Kotoran Ayam dan Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Dinamika*. 7(1) :19-29.
- Jalaluddin, Nasrul Z.A, Safrina, R.(2016). Pengolahan Sampah Organik Buah-buahan menjadi Pupuk dengan Menggunakan Efektif Mikroorganisme. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 5:1. 17-29.
- Sahwan, F.L, Wahyono, S dan F. Suryanto, (2011). Evaluasi Mikroba Fungsional pada Pupuk Organik Kompos (POK) Murni dan Pupuk Organik Granul (POG) yang Diperkaya dengan Pupuk Hayati. *Journal Teknologi Lingkungan*. 12(2): 187-196.
- Santi, S.S. (2008). Kajian Pemanfaatan Limbah Nilam untuk Pupuk Cair Organik dengan Proses Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia* 2(2): 170-175
- Suherman, I, A. Awaludin dan Itnawita. (2014). *Analisis Kualitas Pupuk Organik dari Campuran Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Kotoran Ayam Menggunakan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dan EM-4*. Majalah JOM FMIPA 1 (2): 195-202.
- Suwardin (2015). Penggunaan Garam Ammonium dalam Produksi Karet Viscositas Rendah dari Lateks. *Journal Penelitian Karet*, 33(2):193-202.
- Wang, Wenjian, and Chen, G. (2007). *System Identification of Highway Bridge from Earthquake-Induced Responses Using Neural Network*. Structural Engineering research Frontiers.
- Tchobanoglous, Theisien and Vigil. (1993). *Integrated Solid Waste Management* Mc Graw Hill. Internal Editions.
- Yeoh, C.Y., Chin, N.L., Tan, C.S., Ooi, H.S. (2012). Industrial Scale Co-Composting of Palm Oil Mill Waste with Starter Cultures. *Journal of Food Agriculture and Environment*. 10 : 771:775.