

Artikel

Pengaruh Aerasi dan Kadar Air Awal terhadap Kinerja Pengomposan Kotoran Sapi Sistem *Windrow*

Umi Hapsari

Diterima: 6 Mei 2018 ; Direvisi: 3 Juni 2018 ; Diterbitkan: 24 Juni 2018

Pusat Inovasi Agroteknologi,
Universitas Gadjah Mada, Kalitirto,
Berbah, Sleman, Yogyakarta 55573,
Indonesia.

*Korespondensi penulis:
umi.hapsari@mail.ugm.ac.id

DOI:
<http://dx.doi.org/10.22146/agrinova.41756>

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh komposisi bahan dan kadar air awal terhadap kinerja pengomposan pada aerasi aktif dan pasif dengan sistem tumpukan. Parameter yang diamati adalah perubahan suhu, pH, kadar air, degradasi bahan organik dan perkecambah. Perlakuan dalam penelitian ini adalah pengomposan dengan kadar air awal berbeda dan kondisi tumpukan (*windrow*) tertutup. Terdapat 3 variasi campuran bahan. Variasi A campuran kotoran sapi dengan serbuk gergaji diberi aerasi aktif. Variasi B campuran kotoran sapi dengan limbah sayur diberi aerasi aktif. Variasi C campuran kotoran sapi dengan EM4 aerasi pasif. Kadar air awal yang optimal untuk pengomposan adalah 50–60%. Kondisi tumpukan (*windrow*) yang terbuka selama proses pengomposan mengakibatkan persentase penurunan kadar air yang tinggi dan diikuti terjadinya panas hilang pada tumpukan. Derajat keasaman (pH) pengomposan untuk masing–masing perlakuan menunjukkan rentang pH yang dapat diterima yaitu 8–9. Degradasi bahan organik berhubungan dengan suhu pengomposan yang tinggi semakin tinggi suhu pengomposan maka aktivitas mikrobia semakin tinggi sehingga proses degradasi bahan organik semakin cepat.

Keywords: degradasi; kompos; sistem aerasi; *windrow*.

PENDAHULUAN

Limbah merupakan hasil buangan dari suatu proses yang perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut agar tidak mencemari lingkungan. Secara umum limbah dapat dikelompokkan menjadi limbah organik dan anorganik. Limbah organik dapat dihasilkan dari bidang pertanian dan peternakan. Salah satu contoh limbah organik yang dihasilkan dari bidang peternakan adalah kotoran sapi. Setiap satu ekor sapi menghasilkan 20 hingga 25 kg kotoran tiap harinya. Kotoran sapi tersebut biasanya hanya ditumpuk di samping kandang dan dibiarkan begitu saja tanpa ada pengolahan lebih lanjut.

Selain bidang peternakan, limbah organik juga sering dijumpai pada industri skala kecil seperti penggergajian kayu. Dari usaha ini dihasilkan limbah berupa serbuk gergaji

yang sampai saat ini belum dimanfaatkan secara maksimal. Serbuk gergaji ini biasanya dibakar atau digunakan untuk menutup jalan yang berlubang, sehingga nilai ekonomis dari serbuk gergaji ini belum ada.

Pasar tradisional juga merupakan salah satu tempat penghasil limbah organik yang cukup besar. Limbah organik yang dihasilkan berupa sayuran dan buah–buahan yang sudah busuk. Biasanya limbah tersebut hanya ditumpuk dan belum dimanfaatkan lebih lanjut sehingga menimbulkan bau yang tidak sedap dan dapat mengganggu kenyamanan lingkungan sekitar pasar. Hal ini mulai menjadi perhatian karena setiap harinya limbah tersebut terus bertambah sehingga dibutuhkan tempat yang luas untuk menampungnya. Kandungan air dari limbah sayur yang cukup tinggi menyebabkan limbah ini tidak dapat dimusnahkan dengan cara dibakar. Limbah

sayur pasar merupakan kumpulan dari berbagai macam sayur yang sudah disortir dan tidak layak untuk dijual, biasanya didominasi oleh sawi dan kubis. Jumlahnya yang melimpah dan kurangnya penanganan, membuka peluang untuk melakukan usaha pengolahan limbah sehingga dapat mengurangi jumlah limbah.

Limbah organik padat dapat dimanfaatkan untuk membuat pupuk organik. Pemanfaatan pupuk organik untuk pertanian dapat mengurangi penggunaan pupuk kimia. Penggunaan pupuk kimia yang berlebihan dapat mengakibatkan rusaknya struktur tanah sehingga merugikan petani. Menurut Kardin (2012), pembuatan kompos adalah murni sebagai usaha petani untuk memberikan nutrisi bagi tanaman secara stabil dengan memanfaatkan limbah. Limbah tersebut dapat berupa limbah ternak, limbah pertanian ataupun limbah–limbah lainnya agar dapat dimanfaatkan di lahan–lahan pertanian. Penanganan limbah kotoran sapi yang paling sering dilakukan adalah dengan pengomposan. Menurut Harold (1965) proses pengomposan adalah proses pengolahan sampah secara biologi dengan memanfaatkan kemampuan mikrobia dalam proses penguraiannya dan materi yang dihasilkan adalah kompos. Untuk memanfaatkan limbah bukan berarti tidak memiliki masalah.

Kotoran sapi memiliki kandungan air yang tinggi dalam kisaran 75–85%. Hal ini mengakibatkan proses pengomposan menjadi anaerobik dan akan menimbulkan bau tidak sedap. Untuk mencapai kadar air optimal pengomposan dibutuhkan tambahan bahan lain untuk menurunkan kadar airnya.

Serbuk gergaji yang kering dapat digunakan sebagai bulking agent untuk membantu menurunkan kadar air pada bahan baku utama kompos yaitu kotoran sapi. Kotoran sapi yang segar mempunyai nilai kadar air yang tinggi, karena itu kotoran sapi perah perlu dicampur dengan bahan lain yang mengandung karbon kering tinggi. Setiap volume kotoran sapi dapat dicampur dengan bahan baku lain sebanyak 2–3 kali volume kotoran sapi (Rynk, 1992).

Proses pengomposan yang banyak

dilakukan di pedesaan salah satu contohnya di Desa Srimartani adalah dengan menumpuk kotoran ternak tersebut tanpa adanya sistem aerasi udara secara aktif atau sering disebut sistem *open windrow*. Kurangnya pasokan udara dalam tumpukkan tersebut menyebabkan proses pengomposan berlangsung secara anaerobic yang memicu terbentuknya gas metan dan menimbulkan bau.

Sedikitnya pasokan oksigen menyebabkan proses dekomposisi berlangsung lambat karena aktivitas mikrobia yang rendah. Hal ini menyebabkan waktu pengomposan berlangsung lama yaitu bisa mencapai 2–4 bulan bahkan mencapai 6 bulan. Aktivitas mikrobia yang rendah mengakibatkan suhu pengomposan yang rendah pula. Berdasarkan pemaparan di atas, perlu dilakukan penelitian tentang pengomposan dengan teknologi yang lebih maju agar proses pengomposan bisa berjalan lebih cepat dan kompos yang dihasilkan dapat dimanfaatkan oleh warga sekitar. Untuk mempercepat proses pengomposan digunakan sistem aerasi aktif dan pembalikan setiap minggunya.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di rumah kompos milik kelompok tani Margo Mulyo yang berlokasi di Dusun Petir Desa Srimartani Kecamatan Piyungan Kabupaten Bantul Yogyakarta. Pengujian parameter pengomposan dilakukan di Laboratorium Teknik Pangan dan Pascapanen, Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada.

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode aerasi aktif dan pasif dengan melakukan percampuran bahan utama yaitu kotoran sapi dengan serbuk gergaji, limbah sayur dan EM4. Data awal yang diamati adalah suhu, pH, kadar air, material organik dan perkecambahan

Pengukuran suhu

Perubahan temperatur bahan selama pengomposan dilakukan dengan interval waktu tertentu. Diawal pengomposan pengambilan data dilakukan setiap 6 jam. Setelah proses berlangsung selama 2 hari

pengambilan data dilakukan setiap interval waktu 12 jam. Data suhu diamati pada 3 titik yang berbeda yaitu dekat dengan blower, tengah tumpukan dan dekat dinding rumah kompos.

Pengukuran pH

Pengukuran pH dilakukan setiap 24 jam selama pengomposan. Sampel yang digunakan 1 gr dan dicampur dengan 10 ml aquadest. Campuran selanjutnya didiamkan sampai angka pH meter stabil lalu dicatat angka yang terbaca pada pH meter. Pengukuran dilakukan 3 kali untuk 1 sampel.

Pengukuran kadar air

Pengukuran kadar air dilakukan dengan metode thermogravimetri, yaitu dengan cara menguapkan air bahan dengan menggunakan oven sampai beratnya konstan dan kemudian ditimbang. Pengukuran kadar air dilakukan setiap 168 jam dengan menggunakan oven, pada suhu 105°C selama 24 jam (Miyatake, 2006). Pengukuran dilakukan 3 kali ulangan. Berat cawan kering (BC), berat sampel awal (BC+S) ditimbang, kemudian sampel dioven selama 24 jam untuk memperoleh berat cawan dan sampel akhir (BC+S'). Kadar air dihitung menggunakan Persamaan 1 :

$$\text{Kadar air(\%wb)} = \frac{\{(BC+S) - BC\} - \{(BC+S') - BC\}}{\{(BC+S) - BC\}} \times 100\% \quad \text{.....(1)}$$

Dimana :

BC + S : Berat cawan dan sampel sebelum dioven.

BC : Berat cawan.

BC + S' : Berat cawan dan sampel setelah dioven.

Setelah besar kadar air didapat, dilakukan perhitungan penurunan kadar air dengan Persamaan 2 :

$$\text{Penurunan kadar air(\%)} = \frac{(KA_{akhir} - KA_{awal})}{KA_{awal}} \times 100\% \quad \text{.....(2)}$$

Pengukuran material organik

Pengujian kematangan kompos salah satunya adalah dengan pengukuran kadar abu yang dilakukan pada awal dan akhir proses pengomposan. Nilai material organik didapatkan dari pengukuran kadar abu yaitu: Nilai material organik (%) = 100%-kadar abu

(%)

Pengukuran kadar abu dilakukan dengan menggunakan oven pengabu pada suhu 600°C selama 3 jam untuk menentukan kandungan padatan volatil. Sampel diambil dari sampel hasil pengukuran kadar air kemudian ditimbang pada cawan yang telah dioven 24 jam sebelumnya. Setelah didapat berat cawan kering (BC), berat cawan dan sampel awal (BC+S), kemudian sampel dioven pada suhu 600°C selama 3 jam untuk memperoleh berat cawan dan sampel akhir (BC+S'). Sampel yang telah diabukan didinginkan dalam eksikator, kemudian ditimbang untuk mendapat nilai (BC+S'). Kemudian kadar abu dihitung menggunakan Persamaan 3 :

$$\text{Kadar abu (\%db)} = \frac{\{(BC+S) - BC\} - \{(BC+S') - BC\}}{\{(BC+S) - BC\}} \times 100\% \quad \text{.....(3)}$$

Dimana :

BC+S : Berat cawan dan sampel sebelum diabukan.

BC : Berat cawan.

(BC+S') : Berat cawan dan sampel setelah diabukan.

Perhitungan menggunakan 2 buah sampel. Setelah itu, dihitung persen degradasi bahan organik. Pengukuran persen degradasi bahan organik dihitung dengan Persamaan 4 (Haug, 1993):

$$\text{Degradasi BO} = \frac{(\% \text{abu akhir} - \% \text{abu awal}) \times 100\%}{\% \text{abu akhir} \times (100 - \% \text{abu awal})} \times 100\% \quad \text{.....(4)}$$

Pengukuran perkecambahan

Pengukuran perkecambahan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kestabilan dan kematangan dari kompos. Hal pertama yang dilakukan adalah menimbang sampel kompos sebanyak 10 gram dan dilarutkan ke dalam 100 ml aquades. Larutan tersebut diaduk dengan menggunakan *stirer hot plate* selama 1 jam agar campuran homogen. Ekstrak kompos yang sudah jadi disaring menggunakan kertas saring. Disiapkan cawan plastik yang diberi kapas untuk variasi A, B, C dan kontrol. 20 biji tomat diletakkan diatas cawan plastik yang sudah diberi kapas, kemudian ekstrak kompos yang sudah disaring disiramkan pada biji tomat

sebanyak 10 ml untuk masing–masing cawan. Hitung jumlah biji yang berkecambah dan pengamatan dilakukan selama 7 hari. Kontrol digunakan sebagai pembanding. Cara menghitung daya kecambah pada masing–masing sampel sesuai dengan Persamaan 5 :

$$\text{Daya kecambah} = \left(\frac{\text{jumlah biji berkecambah}}{\text{jumlah biji yang dikecambahkan}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan suhu

Pada umumnya suhu bahan kompos akan naik diawal proses pengomposan. Kenaikan suhu ini terjadi akibat dari aktivitas mikrobia dalam mendekomposisi bahan organik selama proses pengomposan. Setelah proses pengomposan selesai suhu bahan akan menurun dan stabil pada suhu kamar. Data perubahan suhu bahan kompos selama proses pengomposan dapat dilihat pada Gambar 1. Dari gambar terlihat perubahan suhu pengomposan pada titik pengambilan dekat blower untuk pengomposan campuran kotoran sapi dan serbuk gergaji aerasi aktif (variasi A) terjadi peningkatan suhu yang signifikan dalam waktu 3 hari. Suhu puncak yang dicapai untuk titik pengambilan dekat blower sebesar 57,8°C dan terjadi pada minggu pertama. Pengadukan dilakukan setiap 1 minggu, proses ini mengakibatkan penurunan suhu pada tumpukan akibat adanya pertukaran udara baru. Minggu kedua setelah pengadukan pertama suhu pengomposan variasi A menunjukkan suhu yang rendah sekitar 30 – 40°C. Hal ini terjadi sampai minggu ke 4 suhunya sudah mulai mendekati suhu lingkungan. Berdasarkan penelitian Rahmi Kusumawati penggunaan bulking agent serbuk gergaji lebih baik dari pada serutan kayu hal ini dikarenakan pengaruh dari ukuran serbuk gergaji yang lebih kecil. Ukuran partikel yang lebih kecil mempunyai luas kontak permukaan yang lebih besar sehingga membantu dalam proses penyerapan kadar air awal pengomposan yang terlalu tinggi. Maka untuk variasi A digunakan serbuk gergaji sebagai campurannya. Selain itu serbuk gergaji juga

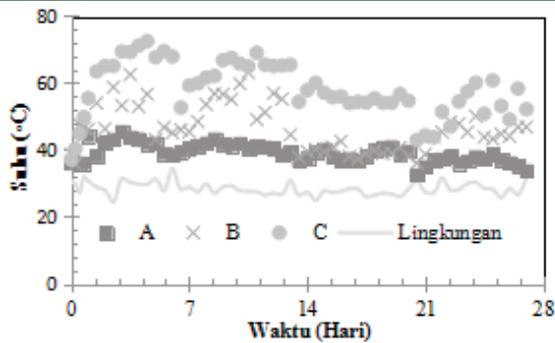
berfungsi sebagai penyerap kandungan air dalam bahan yang tinggi, dapat menambah kadar C pada bahan yang mengandung N tinggi agar diperoleh perbandingan C/N rasio yang tepat dan dapat menyediakan ruang pori dalam bahan sehingga tersedia rongga udara.

Pada gambar 1 kurva kedua menunjukkan suhu pengomposan dengan campuran kotoran sapi dan limbah sayur aerasi aktif (variasi B) suhu meningkat dan mencapai titik puncak pada hari ke 3 dengan suhu 63,0°C. Setelah dilakukan pembalikan pada minggu pertama suhu mengalami penurunan dan mengalami kenaikan lagi. Setelah pembalikan 2 dan ke 3 untuk variasi B terlihat suhu sudah mulai mendekati suhu lingkungan. Kurva yang ke 3 adalah pengomposan kotoran sapi dengan campuran EM4 aerasi pasif (variasi C) dapat terlihat seperti pada variasi campuran A dan B suhu mengalami peningkatan yang signifikan pada hari 3–4. Dan setelah dilakukan pengadukan terjadi penurunan suhu dan terjadi kenaikan suhu kembali. Suhu puncak yang dicapai untuk variasi C adalah 71,5°C.

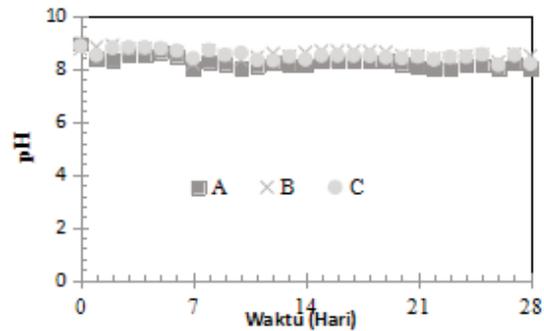
Perubahan derajat keasaman (pH)

Gambar 2 terlihat nilai derajat keasaman (pH) hasil pengukuran untuk 3 variasi campuran berkisar antara 8–9. Derajat keasaman (pH) diawal pengomposan menunjukkan nilai pH yang tinggi atau basa. Bahan utama dalam pengomposan ini adalah kotoran sapi yang mempunyai nilai derajat keasaman (pH) cukup tinggi. Produksi ammonia dari kotoran sapi meningkatkan pH pada fase awal pengomposan sehingga menjadi basa. Tetapi setelah dilakukan pengadukan terjadi penurunan nilai derajat keasaman (pH). Derajat keasaman (pH) yang dicapai masih dalam rentang kondisi yang diterima pada proses pengomposan.

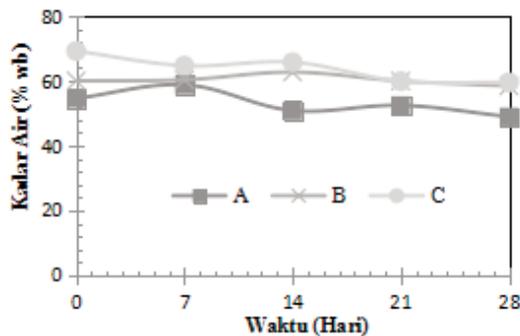
Dengan kadar air awal yang berbeda tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai derajat keasaman (pH) yang diperoleh. Dari Gambar 3 terlihat nilai derajat keasaman (pH) pada pengomposan campuran kotoran sapi dan serbuk gergaji aerasi aktif (variasi A) memiliki nilai derajat keasaman (pH) lebih



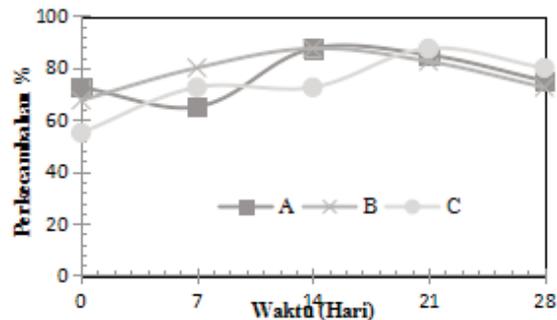
Gambar 1. Perubahan suhu selama pengomposan dengan kadar air awal berbeda dan kondisi tumpukan (*windrow*) tertutup.



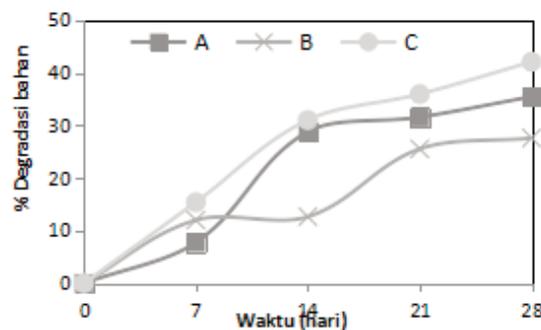
Gambar 2. Perubahan pH selama pengomposan dengan kadar air awal berbeda dan kondisi tumpukan (*windrow*) tertutup.



Gambar 3. Perubahan kadar air selama pengomposan dengan kadar air awal berbeda dan kondisi tumpukan (*windrow*) tertutup.



Gambar 4. Perkecambakan pada perlakuan pengomposan dengan kadar air awal berbeda dan kondisi tumpukan (*windrow*) tertutup.



Gambar 5. Perubahan % degradasi bahan organik setiap minggu pada pengomposan dengan kadar air awal berbeda dan tumpukan (*windrow*) tertutup

kecil dibandingkan dengan pengomposan campuran kotoran sapi dan limbah sayur aerasi aktif (variasi B) dan pengomposan campuran kotoran sapi dan EM4 aerasi pasif (variasi C). Derajat keasaman (pH) yang ideal untuk proses pengomposan menurut Rynk (1992) adalah 6,5–8. Untuk dapat menjaga derajat keasaman (pH) pengomposan tetap dalam kondisi netral maka perlu dilakukan pengadukan setiap minggu selama proses pengomposan.

Perubahan Kadar Air

Periode penurunan kadar air dari 3 variasi campuran juga dapat dilihat pada Gambar 3. Dari gambar menunjukkan kadar air awal yang berbeda-beda untuk 3 variasi campuran. Variasi A kotoran sapi dengan serbuk gergaji mempunyai kadar air awal 54,60% pada hari ke 7 kadar airnya mengalami kenaikan setelah itu mengalami penurunan sampai hari ke 28. Variasi B dengan kadar air awal 60,04% pada hari ke 14 kadar air mengalami kenaikan setelah itu mengalami penurunan sampai

hari ke 28. Kurva penurunan kadar air variasi B bila dibandingkan dengan variasi A dan C tidak terlalu signifikan penurunannya. Variasi C kotoran sapi dan EM4 berkadar air awal 69,26% mengalami penurunan kadar air sampai hari ke 28.

Dari hasil perhitungan persentase penurunan kadar air dan pengamatan dengan grafik penurunan kadar air menunjukkan hasil yang sama yaitu penurunan untuk campuran kotoran sapi dengan limbah sayur aerasi aktif (variasi B) cukup rendah bila dibandingkan dengan campuran kotoran sapi dengan serbuk gergaji (variasi A) dan kotoran sapi dengan EM4 aerasi pasif (variasi C).

Variasi C menunjukkan nilai penurunan kadar air yang paling tinggi hal ini berhubungan dengan suhu selama proses pengomposan yang tinggi pada variasi C. Karena tingginya suhu pengomposan mengakibatkan tingkat evaporasi yang tinggi. Sehingga mempengaruhi penurunan kadar air bahan pada variasi C.

Perkecambahan

Uji perkecambahan merupakan salah satu cara yang digunakan untuk mengetahui kestabilan dan kematangan kompos yang sudah jadi. Dari Gambar 4. terlihat untuk pengomposan campuran kotoran sapi dan serbuk gergaji aerasi aktif (variasi A) hasilnya menunjukkan persentase perkecambahannya mengalami penurunan pada minggu ke 2. Setelah itu mengalami kenaikan dan ketika pengomposan minggu terakhir persentase perkecambahannya mengalami penurunan kembali. Nilai perkecambahan $>75\%$ menunjukkan bahwa kondisi kompos sudah mulai stabil. pengomposan campuran kotoran sapi dan limbah sayur aerasi aktif (variasi B) dan pengomposan campuran kotoran sapi dan EM4 aerasi pasif (variasi C) menunjukkan fenomena yang sama yaitu persentase perkecambahannya mengalami kenaikan dan penurunan. Dilihat dari hasil uji perkecambahan hasilnya tidak terlalu memuaskan, karena kurva persentase perkecambahan tiap variasi menunjukkan hasil yang fluktuatif.

Uji perkecambahan untuk perlakuan pengomposan dengan kadar air awal sama

70% dan kondisi tumpukan terbuka dapat dilihat pada Gambar 4. Kurva uji perkecambahan untuk variasi A, B dan C menunjukkan hasil naik turun persentase perkecambahannya. Hal yang sama seperti pada perlakuan pengomposan dengan kadar air awal berbeda dengan kondisi tumpukan (*windrow*) ditutup. Dari hasil pengamatan menunjukkan pemberian perilaku dan variasi tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada hasil uji perkecambahan.

Perubahan material organik

Suhu yang tinggi menunjukkan tingginya aktivitas mikrobia yang sedang melakukan proses dekomposisi, pada saat suhu kompos naik dengan cepat kandungan bahan organik juga akan terdegradasi dengan cepat. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 5 untuk pengomposan campuran kotoran sapi dan serbuk gergaji aerasi aktif (variasi A) mengalami degradasi bahan organik secara cepat pada hari 7–14 karena pada rentang waktu tersebut suhu variasi A tinggi sehingga menunjukkan adanya proses degradasi bahan yang cepat. Pengomposan campuran kotoran sapi dan limbah sayur aerasi aktif (variasi B) terlihat degradasi bahan organik terjadi cepat pada hari ke 7 hal ini terjadi karena suhu maksimum dicapai pada hari ke 1 dan 2 sehingga degradasi bahan organik paling cepat terjadi pada waktu yang sama dengan kenaikan suhu yang cepat. Pengomposan campuran kotoran sapi dan EM4 aerasi pasif (variasi C) mengalami degradasi bahan organik dengan cepat dari hari 0–28, degradasi ini berhubungan dengan tingginya suhu variasi C selama pengomposan dari minggu 1 hingga minggu 4. Bahan organik mengalami degradasi secara cepat setiap minggunya.

KESIMPULAN

Kadar air awal pengomposan sangat berpengaruh terhadap pencapaian suhu maksimum. Kompos dengan kadar air awal 70% membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai suhu maksimumnya (>10 hari). Sedangkan untuk pengomposan dengan kadar air awal 50–60% suhu maksimum

dapat dicapai pada hari 1–4.

Untuk variasi campuran kotoran sapi dan serbuk gergaji dengan aerasi aktif (variasi A) penurunan kadar airnya 16,76%; untuk variasi campuran kotoran sapi dan limbah sayur dengan aerasi aktif (variasi B) sebesar 21,11% dan untuk variasi campuran kotoran sapi dan EM4 aerasi pasif (variasi C) sebesar 15,17%.

Penurunan material organik berhubungan dengan kenaikan suhu yang dicapai. Jadi semakin tinggi kenaikan suhu maka aktivitas mikrobiana semakin tinggi, sehingga material organiknya semakin cepat terdegradasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ari Cahyani, Dwi. 2010. Laju Aerasi dan Kadar Air Terhadap Kualitas Kompos pada Pengomposan Limbah padat Teh dari Industri Minuman Teh Kemasan. Tesis Program Studi Teknik Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Harold, G. B. 1965. Composting. World Health Organization. Geneva
- Haug, R.T., 1993. The Practical Handbook of Compost Engineering. Lewis Publisher, Boca Raton, FL.
- Kardin, Dradjat. 2012. Teknologi Kompos. http://dipetra.jabarprov.go.id/assets/data/.../Teknologi_Kompos.docx. [diakses tanggal 22 Mei 2012 jam 09.00]
- Kusumawati, Rahmi. 2011. Pengaruh Tinggi Tumpukan Bahan dan Jenis Bulking Agent Pengomposan Limbah Padat Sapi Perah dengan Aerasi Pasif. Sekripsi Jurusan Teknik Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Muktiani, A., B.I.M. Tampoebolon., dan J. Achmadi. 2007. Fermentabilitas Rumen Secara *In Vitro* Terhadap Sampah Sayur yang Diolah. Pengembangan Peternakan Tropis. 32 (1) : 44 – 50.
- Mulyanto.A, dan CS. Utama. 2009. Potensi Limbah Pasar Sayur Menjadi Starter Fermentasi. Jurnal Kesehatan Jurusan Nutrisi dan Makanan Ternak. Fakultas Peternakan. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Santoso, H.B. 1998. Pupuk Kompos. Cetak ke 10. Penerbit Kanisius. Yogyakarta. Hal. 11–28.
- Sutedjo, M.M., A.G. Kartasapoetra, dan RD. S. Sastroatmodjo. 1991. Mikrobiologi Tanah. Cetakan pertama. Rineka Cipta. Jakarta. Hal. 1–105.
- Rukmana, R. 1994. Bertanam Kubis. Kanisius, Yogyakarta.
- Rynk, R.1992. On-Farm Composting Handbook, Northeast Regional Agricultural Engineering Service, NRAES-54.