

**PENGEMBANGAN MODEL PENGOMPOSAN SAMPAH DAUN
SISTEM TUMPUKAN "MODEL WINDROW"
DENGAN PENAMBAHAN ABU VULKANIK ERUPSI MERAPI**

Satino, Sudarsono, dan Suhartini

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta
Jalan Colombo No. 1 Yogyakarta, 55281
Email: gsatino@yahoo.com**

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kecepatan proses pengomposan, kualitas fisik, kemik serta biologik kompos sampah daun hasil proses pengomposan melalui sistem pengomposan sampah daun di UNY dengan penambahan bahan aditif berupa abu vulkanik merapi. Pengomposan dilakukan menggunakan sistem tumpukan (*heap methode*) dengan mengembangkan "Model Windrow". Substrat organik dikomposkan dalam kotak-kotak pengomposan dengan volume cukup banyak, disusun menyerupai tumpukan dan dibiarkan terbuka. Bahan yang dikomposkan disusun berdasarkan komponen karbon (C) dan Nitrogen (N) kemudian ditambah komponen abu vulkanik merapi (mineral). Besarnya tumpukan adalah 1,5 m x 2 m x 1 m (lebar x panjang x tinggi). Parameter yang diamati dan diukur adalah kecepatan dekomposisi sampah daun yang diketahui dari hasil analisis kimiawi dan profil temperatur. Karakteristik kimiawi meliputi kandungan bahan organik, kadar air, C-organik, unsur-unsur makro, unsur mikro dan mineral khusus. Parameter biologik dilihat dari pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman muda serta perkecambahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan abu vulkanik dapat mempercepat proses pengomposan. Kompos yang dihasilkan tidak berbeda dengan pengomposan daun tanpa penambahan abu fulkanik merapi. Ratio C/N yang dihasilkan lebih baik dibanding dengan pengomposan daun tanpa penambahan abu fulkanik merapi.

Kata kunci: pengomposan, *model windrow*, dan abu vulkanik

Abstract

This research aimed to know the composting process's rapidity, physical and chemical and also biological quality of the compos yielded by the leaf-waste composting in Yogyakarta State University by adding the additive substance of the Merapi's volcanic ash. The composting process was done using the heap method by development of Windrow Model. The organic substances were composted within the composting boxes, in fulled volume, arranged by according of heaps then they were opened. The composted substances were arranged by following of carbonic component (C), nitrogen (N), then the volcanic ash subsequently added (minerals group). These parameters observed was leaf-waste decomposition rate which was known by the chemical analysis and temperature's profile. Chemical characteristics include the content of organic substances, water concentration, the organic-C, macro elements, micro elements, and certain minerals. The biological parameters were observed by their effect to the young plant's growth and germination. This research finding shows that "Windrow Model" composting is able to accelerate the composting process. The compost produced is not different with composting leaves without adding the Merapi's volcanic ash. Ratio C/N produced is better than composting leaves without adding the Merapi's volcanic ash.

Keywords: composting, windrow model, and volcanic ash

PENDAHULUAN

Pengomposan adalah suatu proses dekomposisi bahan organik secara aerobik dengan bantuan mikroorganisme dengan produk akhir bahan-bahan organik stabil yang bermanfaat bagi masyarakat untuk digunakan sebagai pupuk organik (Sharma *et al.*, 1997). Faktor-faktor yang mempengaruhi dekomposisi sangat penting diperhatikan sehingga material organik cepat diubah menjadi bahan yang stabil. Sementara itu kesuburan kimiawi kompos memang tidak menjadi faktor penting karena sifat fisik dan kimia lebih ditonjolkan dibanding sifat kimianya. Namun demikian sifat kimia juga harus dipertimbangkan mengingat mahalnya harga pupuk buatan. Dalam hal ini abu vulkanik dapat menjadi bahan aditif yang mempercepat dekomposisi sampah daun dan memperkaya kandungan nutrisi kompos, karena dalam abu vulkanik terdapat mineral sangat lengkap yang telah terbukti menyuburkan lingkungan sekitar gunung api.

Sistem pengomposan di Universitas Negeri Yogyakarta (UNY) telah berjalan selama 2 (dua) tahun. Dalam kurun waktu tersebut telah dihasilkan beberapa penelitian dan juga produk-produknya berupa kompos. Model pengomposan dilakukan di UNY sangat sederhana tetapi hasil komposnya cukup menarik karena tekstur dan warnanya

sangat berbeda dengan kompos-kompos pada umumnya.

Berkaitan dengan sistem pengomposan yang digunakan selama ini, unit pengelolaan sampah dan kompos UNY menggunakan sistem tumpukan (*heap methode*) (Yulipriyanto, 2009). Pada sistem tersebut, bahan kompos yang akan dikomposkan disusun berdasarkan komposisi karbon dan nitrogen yang disusun secara berselang-seling hingga mencapai ketinggian 1,5 m dengan lebar tumpukan antara 1 m - 1,5 m dan panjangnya 1,5 m - 2 m). Bagi pengomposan sampah daun, untuk membedakan kandungan C dan N dapat dilihat dari warnanya. Sampah yang warnanya kecoklatan biasanya kandungan C-nya lebih tinggi dan sampah daun yang warnanya hijau kandungan N-nya lebih tinggi.

Beberapa penelitian tentang pengujian sistem pengomposan di UNY dengan bahan utama sampah daun adalah dengan menerapkan frekuensi kegiatan *turning* (pembalikan) (Yulipriyanto, 2010). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *turning* selama 2-3 kali selama 4 bulan pengomposan adalah yang paling maksimal, bila lebih atau tanpa pembalikan maka akan mengurangi kesuburan komposnya.

Sebenarnya persoalan kandungan nutrisi kompos bukan hal yang utama,

namun tuntutan masyarakat menghendaki adanya kualitas fisik dan juga kimiawi. Untuk menambah kandungan nutrisi kompos dapat dilakukan dengan berbagai cara misalnya dengan menambahkan pupuk buatan setelah pengomposan selesai (Mustin, 1987), namun ada pula yang ditambah mineral ketika proses pengomposan sedang berlangsung. Hingga saat ini penggunaan abu vulkanik akibat erupsi gunung Merapi belum pernah dicoba untuk dijadikan bahan aditif dalam dekomposisi secara artifisial khususnya pengomposan. Sementara itu pengaruh abu vulkanik dari erupsi Merapi terhadap kesuburan sangat nyata khususnya di daerah lereng merapi, meskipun jangka waktunya lama. Dengan demikian abu vulkanik memiliki kandungan yang potensial sebagai penyubur tanah dan memodifikasi lingkungan.

Abu vulkanik dan lavanya yang keluar dari erupsi gunung Merapi dapat menyuburkan tanah, disamping itu abu vulkanik juga dapat digunakan dalam kegiatan konstruksi dan industri. Tanah-tanah vulkanik dapat menyuburkan bumi dan menyediakan kesuburan bagi tanah-tanah pertanian. Tanaman kopi yang terbaik berasal dari tanah-tanah sekitar gunung berapi di iklim tropis. Batuan vulkanik kaya akan nutrisi yang diperlukan oleh tanaman. Dengan memperhatikan potensi abu vulkanik yang tercampur dengan lahar dingin dari

erupsi gunung merapi tersebut maka abu tersebut dapat dipergunakan untuk memperbaiki kualitas pengomposan dan kompos berbasah dasar sampah daun. Hingga saat ini jumlah abu vulkanik yang sangat banyak di wilayah Yogyakarta pemanfaatan potensinya masih sangat terbatas, oleh karena itu pada kesempatan ini diteliti bagaimana kecepatan proses pengomposan dan kualitas fisik, kimia serta biologik kompos sampah daun hasil proses pengomposan dengan sistem pengomposan sampah daun di UNY dengan penambahan bahan aditif yang berupa abu vulkanik merapi. Hasil penelitian ini nantinya dapat memberikan gambaran tentang fenomena abu vulkanik dari erupsi merapi, sehingga dapat dikembangkan secara luas kepada masyarakat baik di bidang pengomposan maupun pertanian pada umumnya.

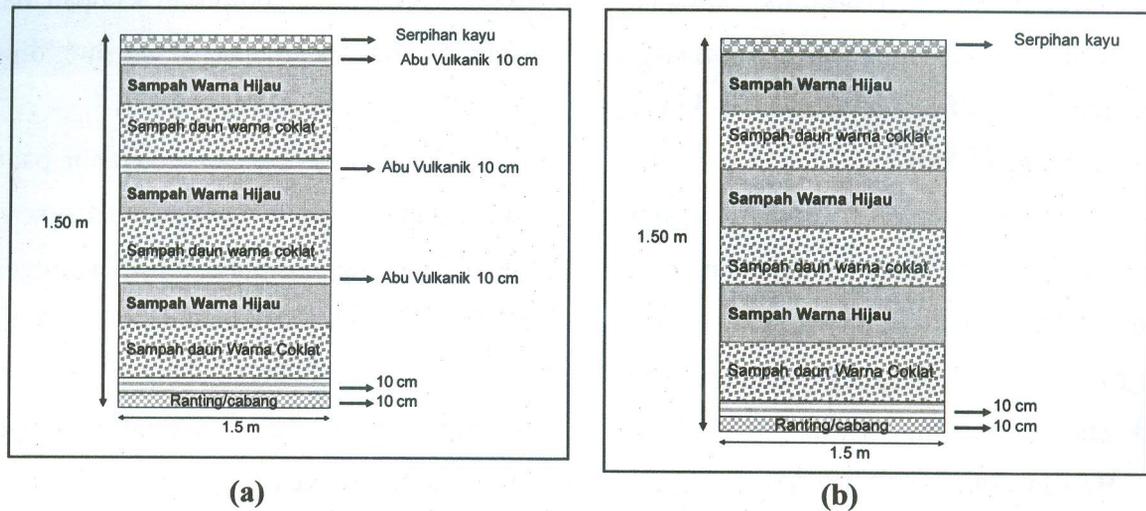
METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di laboratorium pengomposan FMIPA UNY, antara bulan April hingga bulan Agustus 2011. Bahan-bahan yang digunakan adalah sampah daun yang berasal dari lingkungan kampus UNY yang sudah ditempatkan disamping unit pengelolaan sampah. Peralatan yang digunakan antara lain: mesin pencacah sampah, sekop, cangkul, timbangan, higrometer, tempat pengomposan, dan termometer. Analisis unsur hara makro dan mikro, atau analisis

fisik-kemik substrat organik awal, pada tiap pembalikan dan analisis yang sama pada akhir pengomposan dilakukan di Laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan (BTKL) Yogyakarta.

Populasi penelitian meliputi seluruh sampah daun yang berasal dari lingkungan kampus FMIPA UNY, dengan sampel penelitian sebanyak 1000 kg. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah: a) jumlah pembalikan, b) sistem pengomposan (*sistem windrow*); dan c) pembalikan untuk tumpukan kompos yang satu dan satu tumpukan kompos yang lain tanpa pembalikan. Variabel Penjelas meliputi temperatur tumpukan, pH tumpukan, temperatur udara, kelembaban udara, bobot kompos, kadar air, kadar berbagai unsur hara makro dan kandungan bahan organik. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah ukuran tempat pengomposan (2 x 2 x 1.5) m, dan substrat organik. Variabel tergayut meliputi kandungan unsur hara makro (C,H,O,N,S,P,K,Ca,Mg,Fe,) dan mikro (Cu,Zn,Mn) yang dianalisis secara periodik sebulan sekali, laju dekomposisi sampah daun, pH, evolusi bobot kompos, evolusi nisbah C/N substrat organik, sifat fisik kompos, konservasi unsur hara setelah dikomposkan selama 4 bulan. Prosedur Penelitian dilakukan sebagai berikut:

1. Sampah daun dicacah dengan menggunakan mesin pencacah dan diambil sampelnya untuk analisis fisiko-kimia. Jumlah bahan yang diperlukan untuk 2 kotak pengomposan diperkirakan 1000 kg.
2. Sampah daun dimasukkan ke dalam kotak-kotak pengomposan untuk dikomposkan selama 4 bulan. Satu unit tumpukan kompos diberikan perlakuan pemberian abu vulkanik Merapi dengan 2 kali pembalikan, satu unit lainnya tanpa abu vulkanik Merapi 2 kali pembalikan tetapi variabel yang diamati pada keduanya sama. Proses pengomposan dengan penambahan abu vulkanik dilakukan dengan cara menyusun bahan dari bawah ke atas terdiri dari tumpukan ranting pohon setebal ± 10 cm, abu vulkanik ± 10 cm, sampah daun warna coklat ± 15 cm, sampah daun warna hijau ± 15 cm, abu vulkanik ± 10 cm, dan seterusnya sampai ketinggian mencapai 1,5 m, sebagaimana Gambar 1.
3. Pengukuran beberapa parameter dilakukan pada setiap perlakuan pada hari ke-0 meliputi: Temperatur tumpukan, pH tumpukan, bobot bahan, kadar air, rasio C/N, sifat-sifat fisik-kemik bahan kompos (kadar C,N,P,K dan kandungan bahan organik (BO)). Data harian meliputi temperatur tumpukan, temperatur kamar,



Gambar 1. Model Tumpukan Kompos: a) Dengan Perlakuan Abu Vulkanik; b) Tanpa Perlakuan Abu Vulkanik

dan kelembaban udara Data bulanan meliputi bobot kompos, sifat-sifat fisik-kemik substrat organik yang dikomposkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengukuran temperatur selama pengomposan diperoleh hasil sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa pada minggu pertama pengomposan, baik yang dengan atau tanpa abu vulkanik menunjuk-

kan peningkatan aktivitas yang menonjol, hal ini ditandai oleh munculnya temperatur yang cukup tinggi yang tergolong dalam temperatur thermofilik. Untuk mencapai temperatur kamar, ternyata membutuhkan waktu yang lama bahkan sampai lebih dari tiga bulan. Komponen-komponen makro molekul seperti selulosa, lignin, hemiselulosa pada daun menjadi faktor penting dalam dekomposisi yang dipengaruhi oleh temperatur ini.

Tabel 1. Rata-Rata Temperatur Harian (°C) pada Tumpukan Kompos Selama Pengomposan

No	Lokasi pada Tumpukan Kompos	Tumpukan Kompos 1 (Kontrol)			Tumpukan Kompos 2 (Dengan Abu Vulkanik)		
		Bulan ke			Bulan ke		
		I	II	III	I	II	III
1	Zona Luar	29,57	30,86	29,4	29,32	30,1	29,4
2	Zona Atas	53,43	39,76	37,2	51,75	39,86	38
3	Zona Dalam	59,71	41,52	37,8	57,8	44,71	37,6
4	Zona Bawah	56,00	41,25	36,8	48,27	36,6	39,5

Karakteristik fisiko-kimia kompos dalam penelitian ini digunakan untuk menggambarkan nilai sifat fisik dan sifat kimia kompos sehingga dapat mengetahui perkembangan sifat-sifat tersebut, karena dalam proses pengomposan ada perubahan dari sampah daun menjadi kompos yang stabil sehingga ada senyawa yang hilang dalam bentuk gas, karena mineralisasi.

Berdasarkan hasil analisis laboratorium Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Yogyakarta terhadap sampel abu vulkanik diperoleh data bahwa kadar air abu vulkanik sebesar 0,04%; bahan organik 0,19%; Nitrogen 0,05%; karbon organik 0,19%, fosfat 685,14 ppm; kalium 233,33 ppm; magnesium 126,42 ppm; Cu 16,47 ppm; Mn 67,44 ppm; Zn 32,41 ppm; dan ratio C/N sebesar 32,41. Selanjutnya setelah dilakukan pengomposan dengan mencampurkan abu vulkanik dan bahan organik berupa daun dengan meng-

gunakan model pengomposan sampah daun sistem tumpukan "Model Windrow" diperoleh data seperti pada Tabel 2 dan 3.

Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa nilai N dan P pada pengomposan tanpa abu vulkanik meningkat sementara pada pengomposan dengan abu vulkanik justru menurun (Tabel 3). Sebaliknya dengan K pada pengomposan tanpa abu vulkanik meningkat sedangkan pada pengomposan dengan abu vulkanik justru menurun. Hal ini dapat dijelaskan bahwa untuk fosfor mengalami proses yang hampir sama dengan N, dimana sebagian besar fosfor di dalam pupuk kompos jadi tidaklah siap tersedia untuk diambil tanaman bila bergabung dengan bahan organik. Bagaimanapun, tidak semua fosfor yang telah dimineralisasi dari bahan organik tersedia bagi tanaman sebab sebagian dari fosfor yang dibebaskan dari bahan organik oleh aktivitas mikrobiologi dan kimia dengan

Tabel 2. Hasil Analisis Parameter Kimiawi Substrat Organik Sampah Daun Selama Pengomposan Tanpa Penambahan Abu Vulkanik

No	Parameter	Unit	Tumpukan Kompos 1 (Tanpa Abu Vulkanik/Kontrol)				
			T-0 (0 bl)	T-1 (1 bl)	T-2 (2bl)	T-3 (3bl)	T-4 (4bl)
1	H ₂ O	%	11,80	11,68	11,24	10,82	10,50
2	Bahan organik	%	14,71	14,24	13,23	11,19	10,45
3	C-organik	%	8,53	8,26	7,67	6,49	6,06
4	N	%	0,50	0,84	1,02	1,43	1,77
5	P	%	772,34	1260,82	1691,66	1864,28	2139,89
6	Mg	ppm	1,26	8,63	4,63	2,37	3,62
7	Cu	ppm	7,975	28,628	24,367	19,624	22,599
8	Zn	ppm	36,24	126,35	94,87	104,73	114,55
9	Mn	ppm	23,30	86,25	126,60	245,26	321,85
10	K	ppm	5,80	29,65	46,56	51,62	76,82
11	Ratio C/N		17,06	9,83	7,52	4,54	3,42

Tabel 3. Hasil Analisis Parameter Kimiawi Substrat Organik Sampah Daun Selama Pengomposan dengan Penambahan Abu Vulkanik

No	Parameter	Unit	Tumpukan Kompos 2 (Dengan Abu Vulkanik)				
			P-0 (bl)	P-1 (bl)	P-2 (bl)	P-3 (bl)	P=4 (bl)
1	H ₂ O	%	7,60	6,94	5,90	4,27	15,30
2	Bahan organik	%	3,07	3,35	3,21	2,79	4,00
3	C-organik	%	1,78	1,94	1,86	1,62	2,32
4	N	%	1,07	0,91	0,60	0,73	0,40
5	P	%	1365,79	1248,42	1584,26	982,15	768,22
6	Mg	ppm	3414,09	3264,25	3080,09	2268,31	1222,77
7	Cu	ppm	26,212	35,482	28,072	26,194	25,776
8	Zn	ppm	118,78	95,35	89,37	71,63	76,25
9	Mn	ppm	288,13	279,61	284,88	257,34	233,33
10	K	ppm	598,42	262,35	122,28	98,65	25,78
11	Ratio C/N		1,66	2,13	3,10	2,22	5,80

cepat menjadi tak tersedia oleh karena diikat oleh unsur-unsur lain di lahan. Sedangkan Kalium dalam pupuk kompos menjadi lebih tersedia untuk diserap tanaman dibanding N dan fosfor karena kalium tidak bergabung ke dalam bahan organik. Namun demikian sebagian besar kalium dapat dilepaskan dari pupuk kompos sejak larut dalam air.

Demikian juga terjadi pada parameter kimiawi dari hasil pengomposan sistem tumpukan "Model Windrow" yang dilakukan selama 4 bulan dengan menambahkan abu vulkanik menunjukkan bahwa kandungan bahan organik, C-organik, nitrogen, fosfat, Zn, Mn, dan Kalium lebih rendah dibandingkan dengan pengomposan berbahan daun saja. Hasil ini kemungkinan disebabkan pada proses pengomposan "Model Windrow" dengan kombinasi sampah daun dan abu vulkanik membutuhkan waktu lebih lama

untuk menghasilkan kompos dengan kualitas yang baik. Hal ini didukung data yang menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan ratio C/N pada bulan ke-4 yang lebih tinggi dibanding kontrol. Ratio C/N adalah parameter penting untuk mengetahui kualitas kompos. Ratio ini digunakan untuk mengetahui apakah kompos sudah cukup matang atau belum. Ratio C/N diatur di dalam SNI maupun dalam Keputusan Menteri Pertanian tentang kualitas kompos. Di dalam standar tersebut ratio C/N yang diijinkan adalah antara 10 - 20. Analisis ratio C/N juga digunakan untuk mengkonfirmasi pengamatan secara visual/fisik. C/N adalah suatu ukuran menyangkut perbandingan dari total nitrogen dan karbon. Perbandingan ini secara khas digunakan untuk menilai kematangan dan stabilitas sekalipun begitu parameter ini tidak menyediakan ukuran ketersediaan biologi N

atau karbon dalam suatu contoh. Sebagai contoh, suatu kompos dengan suatu C/N tinggi, dimana lignin menghadirkan suatu fraksi besar karbon mungkin punya dampak yang sama pada suatu sistem seperti kompos dengan C/N yang lebih rendah. kompos itu dengan suatu C/N besar dapat menyebabkan imobilisasi N sementara kompos dengan C/N kecil mungkin menyebabkan ammonia yang bersifat racun.

Secara fisik kompos yang dihasilkan dalam penelitian ini baik kontrol maupun dengan penambahan abu vulkanik sudah cukup matang, ditandai dengan kompos berwarna coklat tua, lunak dan sudah hancur, tidak berbau menyengat, dan temperatur sudah mendekati suhu ruang, demikian juga dengan teksturnya berbutir-butir, struktur remah terpisah tidak lengket, dan ada yang lembut.

Berkaitan dengan logam berat seperti Cu dan Zn dari Tabel 2 dan 3 dapat diketahui bahwa pada tahap akhir pengomposan kandungan yang ada pada pengomposan tanpa abu vulkanik cenderung meingkat sementara dengan pengomposan dengan abu vulkanik nilainya cenderung menurun. Hal ini memberikan indikasi bahwa reaksi yang diberikan pada penambahan abu vulkanik mampu mengikat logam-logam berat tersebut sehingga kandungannya semakin menurun pada tahap akhir pengomposan. Seperti diketahui bahwa bahaya logam berat dalam beberapa kompos telah mendapat banyak perhatian.

Pada suatu waktu, beberapa logam berat dalam kompos kandungannya cukup tinggi sehingga dapat meracuni tumbuhan atau berhubungan dengan kesehatan manusia.

Pengukuran konsentrasi logam berat dalam kompos pada fasilitas pengomposan dapat dianggap penting apabila ada indikasi daun yang dikomposkan mengandung logam berat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa logam-logam berat dalam produk pengomposan yang dilakukan diketemukan sangat rendah konsentrasinya, sehingga logam berat dapat dikesampingkan. Namun demikian bila limbah daun diambil dari jalan raya yang banyak dilalui kendaraan dan produknya akan digunakan oleh masyarakat umum disarankan ada data analisis logam berat sebagai parameter tambahan.

Pada penelitian ini baik kompos tanpa dan dengan abu vulkanik perubahan sampah organik menjadi kompos ditandai oleh penampilan bahan-bahan organik pada akhir percobaan yang tidak lagi menyerupai bahan aslinya yang disebut kompos. Kompos yang dihasilkan secara umum dicirikan oleh warnanya (kehitam-hitaman), tidak berbau, teksturnya berbutir-butir, struktur remah terpisah tidak lengket, dan ada yang lembut. dan lebih ringkas ditinjau dari volumenya. Perubahan sampah organik menjadi kompos sudah kelihatan pada akhir bulan ke tiga. Perubahan dari sampah daun menjadi kompos adalah hasil proses dekomposisi oleh

mikroorganisme dan makroorganisme. Dekomposisi yang terkendali terjadi sebagai hasil dari aktivitas makro dan mikroorganisme. Bakteri, actinomyces, dan jamur menjadi mikroorganisme yang utama yang terlibat dalam dekomposisi. Untuk tumbuh dan berkembang, mikroorganisme mempunyai empat kebutuhan: karbon (sumber energi), nitrogen (sumber protein), air, dan oksigen. Enzim, dihasilkan oleh bakteri, membantu dalam memecah kompleks karbohidrat ke dalam bentuk lebih sederhana yang dibutuhkan bakteri sebagai sumber makanan. Nutrien yang tersedia selama dekomposisi tinggal dikompos di dalam badan mikroorganisme yang baru dan sebagai humus.

Dekomposisi dalam pengomposan tidak semua bersifat mikrobiologis, makroorganisme juga membantu melalui proses menggali, mengunyah, dan mencampur material untuk menjadi kompos. Contoh makroorganisma yang dapat membantu dekomposisi antara lain adalah cacing, tempayak, luing, dan lipan. Proses Pengomposan tidak berhenti pada suatu titik spesifik tetapi berlanjut sampai nutrien yang masih tersisa dikonsumsi oleh organisme yang masih tinggal dan sampai semua karbon diubah menjadi CO₂ dan H₂O (Rynk, 1992). Titik dimana proses pengomposan aktif harus disela tergantung pada penggunaannya nanti dan pada saat segera akan jadi digunakan

(Rynk *at al*, 1992). Pengomposan dianggap stabil ketika telah mencapai persyaratan untuk digunakan. Indikator umum adalah laju respirasi suatu pernapasan dimana permintaan untuk oksigen oleh mikroba berkurang, tumpukan kompos tidak terjadi pemanasan lagi ketika air dan oksigen diberikan lagi dan baunya seperti tanah dan tidak menyengat.

KESIMPULAN

Penambahan abu vulkanik merapi pada pengomposan "*Model Windrow*" dapat mempercepat proses pengomposan. Kompos yang dihasilkan tidak berbeda dengan pengomposan daun tanpa penambahan abu fulkanik merapi. ratio C/N yang dihasilkan lebih baik dibanding dengan pengomposan daun tanpa penambahan abu fulkanik merapi.

DAFTAR PUSTAKA

- Mustin. (1987). *Le compost. Gestion de la matiere organique. Dubusch. F. Paris 951.*
- Rynk, R., Van de Kamp, M., Willson, G. B., Singley, M. E., Richard, T. L., Kolega, J. J., Gouin, F. R., Laliberty, JR. L., Kay, D., Murphy, D. W., Hoitink, H. A. J., Brinton, W. F. (1992). In: R. Rynk (ed.). *On-farm composting handbook*. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, NRAES-54, Ithaca, New York, 186.
- Sherma, V.K., Canditelli, M., Fortuna, F., dan Carnacchia, G. (1997). *Processing of urban and agroindustrial residues by*

Aerobic composting. *Energy Concers, Mgmt* vol 38. pp 453-478.

Yulipriyanto. (2009). *Ilmu pengomposan*. Yogyakarta: Biologi FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.

_____, Suryadarma dan Suhartini. (2010). Pengaruh frekuensi *turning* terhadap konservasi unsur hara selama pengomposan sampah daun. Percobaan Skala Lapangan. *Laporan Penelitian*. Lembaga Penelitian UNY.