

PENGELOLAAN SAMPAH ORGANIK MENGUNAKAN MIKROORGANISME

*Oom Komala*¹⁾, *Dewi Sugiharti*²⁾ dan *Rouland Ibnu Darda*³⁾
^{1,2,3)} *FMIPA Universitas Pakuan*

ABSTRACT

The study of organic waste using microorganisms has been carried out, aiming to find the concentration of microorganisms that can deodorize and can degrade organic waste into compost and fertilize the plants. The method used for waste is experimental with 4 treatment is not given microbe, 25 ml microbe concentrations of 10^6 , 50 ml microbe concentrations of 10^6 and 75 ml microbe concentration of 10^6 under anaerobic conditions. After 20 days of fermenting compost is given at 1 month age chilli crop at a dose of 15 g per week for 5 weeks. Waste parameter includes aroma, pH, texture and temperature. In chilli crop plant height, number of leaves, fresh weight and dry weight, were analyzed using factorial completely randomized design 4x4 to see the influence of crops. The results can be seen that organic waste can be managed using a mix of microbes into compost that can improve plant growth chillies with a dose of 25 ml concentrations of 10^6 of the best.

Key words : organic waste, fermentation, microorganisms, chilli crop

PENDAHULUAN

Sampah padat perkotaan atau Municipal Solid Waste (MSW) merupakan salah satu hasil aktivitas manusia. Setiap orang di negara tropis menghasilkan 0,3 – 1,0 kg/hari sampah. Pertambahan penduduk diperkirakan akan meningkat dan akan terkonsentrasi di daerah perkotaan. Hal ini dikarenakan kawasan perkotaan merupakan tempat yang sangat menarik bagi masyarakat untuk mengembangkan kehidupan sosial ekonomi. Akibat dari semakin bertambahnya tingkat konsumsi masyarakat serta aktivitas lainnya diperkotaan maka akan bertambahnya pula buangan/limbah yang dihasilkan. Khusus untuk sampah atau limbah padat rumah tangga, peningkatan jumlah sampah yang dihasilkan di Indonesia diperkirakan akan bertambah 5 kali lipat pada tahun 2020. Limbah domestik yang menumpuk tersebut, baik itu limbah cair maupun limbah padat menjadi permasalahan lingkungan karena secara kuantitas maupun tingkat bahayanya mengganggu kesehatan manusia, mencemari lingkungan, dan mengganggu kehidupan makhluk hidup

lainnya. Hingga saat ini, penanganan dan pengelolaan sampah masih belum optimal. Baru 68,5 % sampah di daerah perkotaan yang diangkut petugas, 11 % sampah di timbun/dibakar, 6,15 % sampah dibuat kompos, dan 14,35 % sampah dibuang ke kali/sembarangan. Sementara untuk di daerah pedesaan, sebanyak 19 % sampah diangkut oleh petugas, 54 % sampah ditimbun/dibakar, 7 % sampah dibuat kompos, dan 20 % dibuang ke sungai/sembarangan. Jika pengelolaan sampah tersebut tetap tidak ditangani dengan baik akan dapat menyebabkan timbulnya berbagai permasalahan gangguan kesehatan misalnya, penanganan sampah yang tidak baik dapat menyebabkan timbunan sampah yang dapat menjadi sumber kebakaran dan bahaya kesehatan yang serius bagi anak-anak yang bermain di dekatnya. Kumpulan sampah menjadi tempat pembiakan lalat, dan lalat ini mendorong penularan infeksi, dapat menimbulkan penyakit yang terkait dengan tikus, seperti pes, leptospirosis, salmonellosis, tikus endemik, demam

Pengelolaan Sampah Organik (*Oom Komala, dkk*)

gigitan tikus, dan beberapa infeksi arboviral.

Beberapa upaya penanganan sampah ini telah dilakukan tetapi belum menemukan teknik yang pas yang bisa diterapkan bagi masyarakat setempat. Teknik yang diharapkan tentu saja yang biayanya murah dengan hasil pengolahan sampah yang maksimal dengan daya guna yang bermanfaat. Pada saat ini dimana lahan semakin sempit maka pengelolaan sampah organik dengan menggunakan mikroorganisme menjadi suatu alternatif yang bisa dikembangkan. Setiap jenis mikroba mempunyai kemampuan untuk mengubah suatu senyawa menjadi senyawa lain dalam rangka mendapatkan energi dan nutrien. Dengan demikian adanya mikroorganisme dalam tanah menyebabkan terjadinya daur unsur-unsur seperti karbon, nitrogen, fosfor dan unsur lain di alam (Fadjri, 2010). Dari proses degradasi sampah organik yang dilakukan mikroorganisme, akan dihasilkan kompos yang memiliki nilai pupuk tinggi dan dapat menghilangkan aroma sampah yang busuk. Menurut Antonius (2007) *Bacillus subtilis*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus firmus* telah teridentifikasi dapat melarutkan bentuk P tidak larut menjadi bentuk tersedia bagi tumbuhan. Sejumlah senyawa fosfat yang dapat dilarutkan oleh mikroba yaitu $FePO_4$, $Ca_3(PO_4)_2$, $AlPO_4$, gliserofosfat, lesitin dan tepung tulang. Fungsi penting P di dalam tumbuhan merupakan unsur esensial terpenting kedua setelah nitrogen yaitu dalam proses fotosintesis, respirasi, transfer unsur hara, penyimpanan energi, pembelahan dan pembesaran sel, serta proses-proses di dalam tumbuhan lainnya.

Penelitian ini menggali potensi mikroorganisme dalam mendegradasi sampah, jenis dan konsentrasi mikroorganisme yang tepat dalam mendegradasi dan menghilangkan bau sangat bermanfaat untuk digunakan dalam rumah tangga dengan daya guna yang bermanfaat untuk pemupukan tanaman dan supaya

lingkungan tetap terjaga sehat. Dengan tujuan yaitu menemukan konsentrasi mikroorganisme yang dapat menghilangkan bau busuk sampah organik. Serta menemukan konsentrasi mikroorganisme yang dapat mendegradasi sampah organik yang baik dan menyuburkan tanaman.

BAHAN DAN METODE

Sampah organik yang terdiri dari campuran nasi, sayuran, sisa daging ayam dan lain-lain yang merupakan pembuangan dari rumah tangga sebanyak 1,5 kg dimasukkan dalam tempat sampah dari bahan plastik berukuran diameter 25 cm, tinggi 30 cm, kemudian tambahkan air sampai terendam dan inokulum mikroba. Bagian atas permukaan diberi penutup yang mudah di buka, biarkan sampah melakukan fermentasi selama 20 hari.

Inokulum mikroba yang digunakan untuk penelitian degradasi sampah organik adalah campuran dari *Saccharomyces*, *Lactobacillus* sp, *Acetobacter*, dan *Bacillus* yang dibuat sebagai berikut. Suspensi dibuat dengan cara mencampurkan ke empat jenis mikroba tersebut sama banyak atau dengan perbandingan *Saccharomyces* : *Lactobacillus* sp : *Acetobacter* : *Bacillus* sama dengan 1:1:1:1 pada konsentrasi 10^6 ke dalam 500 cc media Nutrien broth. Shaker selama 10 menit. Selanjutnya diinkubasi selama 24 jam pada suhu $37^\circ C$. Inokulum Mikroba siap digunakan. Ada empat perlakuan yang diteliti menggunakan inokulum mikroba yaitu 25 ml, 50 ml, 75 ml dan kontrol tanpa menggunakan inokulum mikroba dengan 5 kali ulangan (Tabel 1).

Tabel 1. Perlakuan Penambahan inokulum mikroba dalam degradasi sampah organik

Ulangan	Media 1	Media 2	Media 3	Media 4
1	S + Air	S + Air + 25 ml	S + Air + 50 ml	S + Air + 75 ml
2	S + Air	S + Air + 25 ml	S + Air + 50 ml	S + Air + 75 ml
3	S + Air	S + Air + 25 ml	S + Air + 50 ml	S + Air + 75 ml
4	S + Air	S + Air + 25 ml	S + Air + 50 ml	S + Air + 75 ml
5	S + Air	S + Air + 25 ml	S + Air + 50 ml	S + Air + 75 ml

Keterangan : S : Sampah organik

Pupuk organik hasil degradasi sampah organik selama fermentasi 20 hari, kemudian diuji coba, diberikan pada tanaman cabe yang berumur 4 minggu dan dari blok yang seragam pertumbuhannya. Masing-masing media pupuk yang diuji diberikan pada tanaman cabe di bagian tanah di bawah tajuk sebanyak 15 g dengan 5 kali pengulangan, untuk masing-masing perlakuan 25 ml, 50 ml, 75 ml dan kontrol tanpa inokulum mikroba.

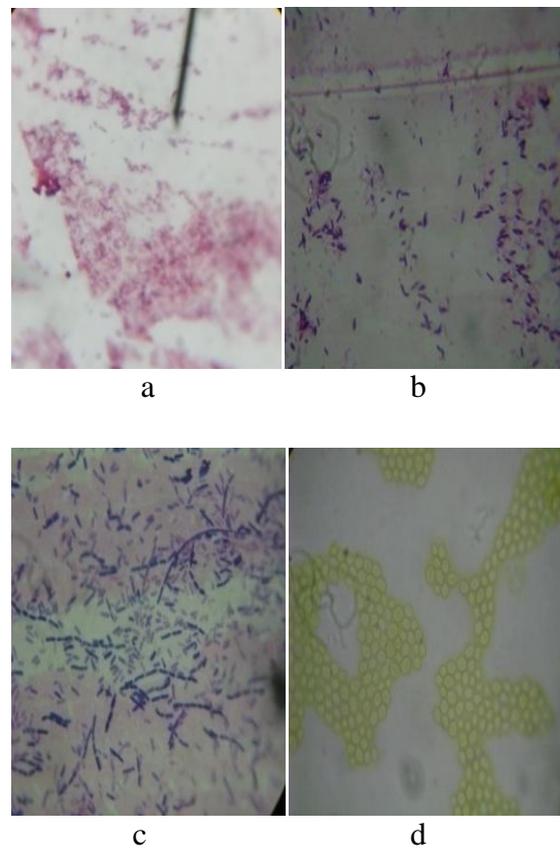
Parameter yang diamati pada sampah meliputi tekstur (warna media), aroma media dan ukuran partikel media (selama 20 hari), suhu media dan tingkat keasaman media (pH). Data yang dihasilkan diuji secara deskriptif kualitatif. Parameter penunjang yang diamati pada tanaman cabe meliputi, pertambahan panjang atau tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah tanaman, dan berat kering tanaman. Untuk menganalisis data suhu media, keasaman (pH), pertambahan panjang, jumlah daun, berat basah tanaman, dan berat kering tanaman menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan lima kali ulangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Degradasi Sampah

Sampah merupakan bahan baku yang akan di proses melalui fermentasi lebih lanjut oleh mikroorganisme, sehingga terjadi peruraian dari kompleks menjadi sederhana, karbohidrat dipecah menjadi gula-gula sederhana dan protein dipecah Pengelolaan Sampah Organik

menjadi asam-asam amino secara anaerob. Mikroorganisme yang digunakan dalam penelitian ini terlihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Mikroba yang digunakan dalam perombakan sampah organik
Keterangan: a. *Lactobacillus*, b. *Acetobacter*, c. *Bacillus*, d. *Saccharomyce*

Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) sangat erat hubungannya dengan jumlah mikroba

perombak. Berdasarkan hasil penelitian terjadi penurunan pH dari pH 7 pada awal penelitian dan menurun sampai pH 4 setelah minggu ke 4. Selama proses fermentasi, bakteri genus *Bacillus*, *Lactobacillus*, dan *Acetobacter* akan menghasilkan berbagai enzim diantaranya protease, lipase dan amilase untuk merombak karbohidrat, protein dan lemak menjadi asam lemak, asam amino, asam piruvat serta asam laktat. Asam-asam yang dihasilkan selama proses metabolisme tersebut menyebabkan pH menurun menjadi asam.

Penurunan pH menjadi asam ini akan mengganggu aktivitas bakteri yang mempunyai pH optimum 6-8 yaitu bakteri bacillus, bakteri pembusuk dan patogen lain, karena penurunan pH ini akan menghasilkan proton dalam jumlah tinggi sehingga mengakibatkan denaturasi enzim. Tetapi beberapa bakteri yang adaptif, seperti *Lactobacillus* dan *Acetobacter* masih dapat melakukan metabolisme hingga pH 5. meskipun pH optimum bagi aktifitas bakteri *Lactobacillus* dan *Acetobacter* adalah 5,8-6,6 (Budiyanto dan Agus, 2004).

Perubahan kondisi lingkungan ini akan mempengaruhi pertumbuhan dan kehidupan bakteri awal, sehingga bakteri yang tidak mampu beradaptasi terhadap kondisi tersebut akan mengalami kematian karena kondisi lingkungan yang tidak mendukung proses metabolisme bakteri tersebut (Supriatin, 2008).

Perubahan Suhu

Temperatur optimum yang dibutuhkan mikroorganisme untuk merombak bahan adalah 35-55 °C. Namun setiap kelompok mikroorganisme mempunyai temperature optimum yang berbeda, sehingga temperatur optimum pengomposan merupakan integrasi dari berbagai jenis mikroorganisme yang terlibat (Djuarnani, dkk., 2005).

Dalam proses pengomposan aerobik terdapat dua fase yaitu fase Mesofilik (23-45 °C) dan fase Termofilik (45-65 °C) (Rochaeni, dkk., 2003). Walaupun disebutkan bahwa kisaran temperatur ideal untuk tumpukan bahan kompos adalah 55-65°C. Karena pada temperatur tersebut perkembangan mikroorganisme paling baik, sehingga populasinya optimal, dimana enzim yang dihasilkan untuk menguraikan bahan organik paling efektif.

Apabila dilihat dari temperatur yang dicapai pada bahan kompos selama proses penelitian berlangsung (25 °C), dapat dikatakan proses fermentasi pada kontrol maupun perlakuan menggunakan mikroorganisme berada pada temperatur yang kurang optimum yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk merombak bahan organik.

Proses perombakan bahan kompos yang terjadi selama penelitian terlihat bahwa aktivator Agrisimba maupun EM4 hanya terjadi pada fase mesofilik pada proses pengomposan dimana bakteri yang berperan adalah bakteri mesofilik yang hidup aktif pada suhu 23-45 °C (Djuarnani, dkk., 2005 dan Rochaeni, dkk., 2003). Sedangkan fase termofilik tidak dapat dicapai. Padahal untuk proses pengomposan, fase termofilik juga diperlukan karena pada kisaran suhu yang tinggi (minimal 55 °C) akan menyebabkan bibit penyakit patogen dapat terbunuh, bibit hama seperti lalat dapat dinetralisir.

Perubahan aroma dan testur sampah

Berdasarkan hasil penelitian sampah organik mengalami perubahan dari bau menjadi asam. Bau seringkali timbul selama proses pengomposan, terutama jika menggunakan bahan baku yang berpotensi menghasilkan bau dan pengomposannya secara anaerobik. Proses perombakan bahan organik dapat berlangsung pada kondisi aerob dan anaerob. Pada penelitian ini pengomposan berlangsung secara anaerob dalam kondisi tertutup. Pada akhir

penelitian warna sampah belum mencapai warna hitam dan tekstur sampah masih kasar, hal ini karena proses pengomposan belum sempurna. Dari proses degradasi sampah organik yang dilakukan mikroorganisme akan dihasilkan kompos dan dapat menghilangkan aroma sampah yang busuk. Degradasi dibagi menjadi dua, yaitu degradasi secara aerobik dan secara anaerobik. Degradasi aerobik adalah penguraian bahan-bahan organik secara biologis berupa CO₂, air dan panas. Degradasi anaerobik adalah penguraian secara biologis berupa O₂, hasil akhir metabolik dari degradasi anaerobik adalah metana, CO₂ dan sejumlah senyawa di antaranya asam organik (Appelhof and Mary, 2003).

Hasil akhir dari pengomposan aerob merupakan produk metabolisme biologi berupa CO₂, H₂O, panas, unsur hara, dan sebagian humus. Hasil akhir dari pengomposan anaerob terutama berupa CH₄ dan CO₂ dan sejumlah hasil antara; timbul bau busuk karena adanya H₂S dan sulfur organik seperti merkaptan (Aminah dan Suparti, 2005).

Pengaruh Pupuk Organik Terhadap Tinggi Tanaman

Berdasarkan penelitian menunjukkan bahwa pemberian kompos pada

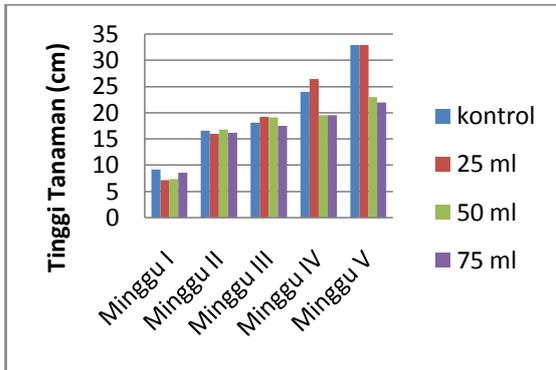
tanaman cabe menunjukkan respon yang berbeda-beda. Sampai minggu ke 5 cabe yang diberi kompos kontrol tanpa mikroba menunjukkan kualitas yang sama dengan kompos 25 ml mikroba (Gambar 2). Dan berbeda nyata lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang diberi kompos 50 ml dan kompos 75 ml. Menurut Kamara (2006) penurunan produksi dengan penambahan dosis pupuk kemungkinan disebabkan oleh adanya sangga tanah yang terbatas, dimana penambahan dosis pupuk tidak selalu diikuti oleh kenaikan hasil tanaman.

Menurut Antonius (2007) ada beberapa bakteri diantaranya *Bacillus subtilis* telah teridentifikasi dapat melarutkan bentuk P tidak larut menjadi bentuk tersedia bagi tumbuhan. Mikroba juga menghasilkan enzim secara ekstraseluler yang mempunyai peranan yang penting dalam metabolisme sel dan keteraturan proses dalam sel. Enzim yang berada dalam tanah ini dapat dijadikan sebagai salah satu indikator untuk menentukan kualitas tanah. Enzim memiliki beberapa fungsi penting yaitu terlibat dalam siklus nutrisi, mempengaruhi kesuburan secara efisien, merangsang aktivitas degradasi organik dan bertindak sebagai indikator dalam perubahan tanah.

Tabel 2. Perubahan Aroma dan Tekstur Sampah

Perlakuan	Aroma dan tekstur awal	Minggu I	Minggu II	Minggu III	Minggu IV
Kontrol	Tidak berbau, padat	Asam, lunak	Asam, lunak	Asam, lunak dan sebagian hancur	Asam, lunak dan sebagian hancur
25 ml	Tidak berbau, padat	Asam, lunak	Asam, lunak	Asam, lunak dan sebagian hancur	Asam, lunak dan sebagian hancur
50 ml	Tidak berbau, padat	Asam, lunak	Asam, lunak	Asam, lunak dan sebagian hancur	Asam, lunak dan sebagian hancur
75ml	Tidak berbau, padat	Asam, lunak	Asam, lunak	Asam, lunak dan sebagian hancur	Asam, lunak dan sebagian hancur

Pengelolaan Sampah Organik (Oom Komala, dkk)



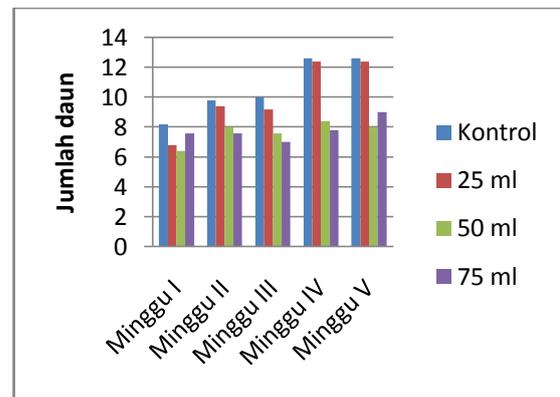
Gambar 2. Histogram Pertambahan Tinggi Tanaman Cabe (cm)

Saccharomyces merupakan zat anti bakteri dan bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman. Zat bioaktif seperti hormone dan enzim yang dihasilkan oleh *Saccharomyces* akan meningkatkan jumlah sel aktif dan perkembangan akar.

Pengaruh Pupuk Organik Terhadap Jumlah Daun

Daun sangat diperlukan oleh tumbuhan untuk terjadinya fotosintesis sehingga tumbuhan dapat memproses unsur-unsur yang diserap oleh akar dan mengubahnya menjadi pati. Nitrogen (N) merupakan unsur hara esensial, yang keberadaannya mutlak ada untuk kelangsungan pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Nitrogen dibutuhkan dalam jumlah banyak sehingga disebut sebagai unsur hara makro (Antonius, 2007). Kadar nitrogen di atmosfer bumi berkisar 78%, tetapi walaupun jumlahnya sangat besar nitrogen tersebut belum dapat dimanfaatkan oleh tanaman tingkat tinggi kecuali telah terjadi bentuk yang tersedia. Proses perubahan tersebut adalah (1) penambatan oleh mikroba yang hidup bersimbiosis dengan tumbuhan legum (kacang-kacangan) ataupun tumbuhan non-legum, (2) penambatan oleh mikroba yang hidup bebas di dalam tanah atau yang hidup di permukaan organ tumbuhan, (3) penam-

batan sebagai oksida karena terjadi pelepasan muatan listrik di atmosfer (Rosmarkam dan Yuwono, 2006). *Bacillus* termasuk salah satu bakteri aerob obligat yang hidup bebas dan memiliki kemampuan untuk memfiksasi nitrogen molekuler.



Gambar 3. Histogram Pengaruh Pupuk Organik Terhadap Jumlah Daun

Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa respon pemupukan bervariasi terhadap jumlah daun tanaman cabe, kompos yang tidak mengandung mikroba menunjukkan jumlah daun yang paling tinggi yang diikuti oleh kompos 25 ml mikroba walaupun secara statistik tidak menunjukkan perbedaan yang nyata (Gambar 3). Kompos 50% mikroba dan 75% mikroba menunjukkan jumlah daun yang rendah, hal ini disebabkan karena terlalu tinggi dosisnya sedangkan tanah yang digunakan terbatas sesuai dengan pendapat Kamara (2006) penurunan produksi dengan penambahan dosis pupuk kemungkinan disebabkan oleh adanya sangga tanah yang terbatas, dimana penambahan dosis pupuk tidak selalu diikuti oleh kenaikan hasil tanaman. Tanggapan tanaman terhadap konsentrasi asam humik optimum yang diberikan berbeda-beda, pemberian melebihi batas optimum akan menimbulkan efek negatif bagi tanaman.

Pengaruh Pupuk Organik Terhadap Berat Segar dan Kering Tanaman Cabe

Berdasarkan penelitian dapat diketahui bahwa kompos 25 ml mikroba sangat nyata paling baik dalam mempengaruhi berat basah rata-rata 10,04 g dan berat kering rata-rata 2,3 g, dibandingkan dengan kontrol berat basah rata-rata 9,54 g, berat kering rata-rata 1,22 g, kompos 50 ml mikroba berat basah rata-rata 4,36 g, berat kering rata-rata 0,78 g dan kompos 75 ml mikroba berat basah rata-rata 3,12 g, berat kering rata-rata 0,58 g tanaman cabe pada masa pertumbuhan. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan 25 ml mikroba berpengaruh nyata terhadap berat kering tanaman cabe 30 hari setelah tanam. Pengaruh nyata pada perlakuan jenis pupuk fermentasi disebabkan karena pada pupuk fermentasi sudah dapat memberikan sumbangan unsur hara bagi pertumbuhan tanaman cabe. Keberadaan mikroba di dalam tanah terutama dipengaruhi oleh sifat kimia dan fisika tanah. Peranan terpenting mikroba tanah ialah fungsinya yang membawa perubahan kimiawi pada substansi-substansi di dalam tanah, terutama perubahan persenyawaan organik yang mengandung karbon, nitrogen, sulfur, dan fosfor menjadi persenyawaan anorganik.

Penguraian bahan organik yang bersumber dari tanaman dan hewan dilakukan oleh adanya aktivitas mikroba tanah. Penguraian tanah dilakukan dengan proses enzimatis, sehingga bahan organik yang kompleks dapat menjadi nutrisi dan unsur dasar pada fraksi mineral tanah. Mikroba tanah memberikan kontribusi yang baik untuk pertumbuhan tanaman.

Telah diketahui bahwa semua jenis tanaman sangat memerlukan adanya unsur hara, baik unsur hara makro maupun unsur hara mikro. Pada kombinasi pupuk kompos dan NPK terdapat delapan unsur hara (makro dan mikro) yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman, jika salah satu unsur hara tidak tersedia maka dapat

menyebabkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta produktivitas terhambat. Jadi perlakuan kontrol nampaknya terdapat unsur-unsur hara yang tidak tersedia sehingga walaupun tinggi tanaman menyamai kompos 25 ml mikroba tetapi pada berat basah dan berat kering tanaman memiliki berat yang lebih rendah dari kompos 25 ml mikroba.

Menurut Mikkelsen (2005) bahwa pengaruh stimulasi bahan humik yang terkandung di dalam bahan organik terhadap pertumbuhan tanaman telah diteliti dan dipublikasikan secara luas. Fungsi bahan humik yang utama adalah (i) untuk menginisiasi germinasi bibit dan perakaran, (ii) meningkatkan pembelahan dan pemanjangan sel, (iii) meningkatkan total biomassa tanaman dan jumlah klorofil, dan (iv) meningkatkan permeabilitas membran sehingga mempermudah pengangkutan nutrisi melalui membran, serta (v) untuk mengubah bentuk nutrisi tidak larut menjadi bentuk larut.

KESIMPULAN

1. Pengelolaan sampah organik dapat menggunakan campuran mikroba (*Bacillus*, *Lactobacillus*, *Acetobacter*, dan *Saccharomyces*) melalui fermentasi anaerob.
2. Dosis mikroba 25 ml konsentrasi 10^6 paling baik untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman cabe pada polibag ukuran 5 kg,

DAFTAR PUSTAKA

Antonius, S. 2007. *Pemberdayaan Mikroba Terpilih Dalam Pertanian Organik: Kajian Enzimatis Tanah Untuk Menunjang Perbaikan Kualitas*. LIPI-Cibinong.

Aminah Asngad dan Suparti, 2005. *Model Pengembangan Pembuatan Pupuk Organik Dengan Inokulan (Studi Kasus Sampah Di Tpa Mojosoongo Surakarta)*. *Jurnal Penelitian Sains & Teknologi*, Vol.6, No. 2, 2005: 101-113

Pengelolaan Sampah Organik (Oom Komala, dkk)

- Appelhof and Mary. 2003. *An Introduction to Compost Teas*. Part 1. Wormerzine. Vol.2.
- Budiyanto, Agus Krisno. 2004. *Mikrobiologi Terapan*. Malang : Universitas Muhammadiyah Malang.
- Djuarnani, N.,Kristian, Setiawan,B.S., 2005, *Cara Cepat Membuat Kompos*, Cetakan ke II, Agro Media Pustaka.
- Fadjri, H. T. 2010. *Biodiversitas dan Aktivitas Enzim Mikroba Tanah yang Terlihat Dalam Siklus Nitrogen Pada Sistem Pertanian Organik dan Non Organik*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kamara,I. 2006. Potensi Substitusi Pupuk Konvensional dengan *Enriched Humic Substances (EnrichHS)* PMF untuk Tanaman Padi Sawah (*Oryza sativa* L.) pada Ultisol Darmaga. Program Studi Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian. IPB.
- Mikkelsen, R.L. 2005. Humic Material for Agriculture. *Better Crops*. 89 (3). 6-10
- Rochaeni, A., Deni Rusmaya dan Karunia Hartini P. 2003. Pengaruh Agitasi Terhadap Proses Pengomposan Sampah Organik, *Infomatek*, Vol.5, Nomor 4.
- Rosmarkam, A dan Yuwono, N.w. 2006. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius. Yogyakarta.
- Supriatin, Yati. 2008. *Kajian Produksi Biogas Skala Laboratorium dengan Inokulum konsorsium Alami Metanogen dalam Substrat Bungkil Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L)*. Tesis Bioteknologi ITB.