

PENGARUH VARIASI OKSIGEN TERHADAP LAJU KEMATANGAN KOMPOS

OXYGEN EFFECT TO A COMPOSTING RATE

I.D.A.A.Warmadewanthi¹⁾ dan Sony Soenarsono¹⁾
¹⁾**Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS**

Abstrak

Penelitian ini menggunakan reaktor dengan drum berputar. Pemberian oksigen ke dalam reaktor dilakukan secara kontinyu selama 24 jam, sampai proses memasuki kematangan. Reaktor diaduk setiap hari secara mekanik dengan menggunakan motor 1,5 rpm sebanyak 5 putaran dalam satu hari. Pada penelitian ini dilakukan penambahan lumpur tinja untuk memperoleh rasio C/N yang optimum pada awal proses yaitu sebesar 30. Penambahan dilakukan sebelum sampah dimasukkan dalam reaktor. Hasil penelitian ini menunjukkan dengan konsentrasi oksigen antara 9,07- 14,4 L/kg/hari, proses mulai memasuki kematangan pada hari ke-7, dimana ditunjukkan dengan penurunan rasio C/N < 20 dan suhu yang sudah stabil. Kualitas kompos yang dihasilkan juga cukup baik, ditunjukkan oleh pH yang mendekati pH untuk pertumbuhan tanaman berkisar 6-8,5; konsentrasi N=2,2-2,5%; P=0,21% dan K=0,34%.

Kata kunci : kematangan, lumpur tinja, reaktor berputar, suhu

Abstract

Rotatable reactors were used in this experiment. Oxygen was continously supplied into the reactors until the compost was mature. Using a motor, the reactors were rotated daily at a speed of 1.5 rpm for 5 revolutions. Domestic waste sludge was added to the reactor to have an initial C/N ratio of 30. The sludge was mixed with the compost before being inserted to the reactors. The results showed that oxygen of 9.07-14.4 l/kg.day was required in order a mature compost within 7 days. This was proved by having a C/N ratio of < 20 and stable temperature. The compost quality was adequate as shown by the pH of 6-8.5 with N concentration of 2.2-2.5%, P of 0.21% and K of 0.34%.

Keywords : maturation, domestic waste sludge, rotatable, temperature

1. PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah di Indonesia yang selama ini dilakukan hanya dengan menimbun sampah tersebut di lahan TPA, tanpa berusaha untuk memanfaatkan sampah supaya lebih bermanfaat. Lama kelamaan seperti kasus kota Surabaya, lahan TPA sudah tidak mampu lagi untuk menampung volume sampah sehingga diperlukan pembukaan tanah baru hanya untuk lahan TPA.

Melihat dampak tersebut di atas, maka perlu dilakukan suatu sistem pengolahan sampah yang efektif, antara lain dengan mendaur ulang sampah menjadi kompos (pupuk organik) dan dikenal sebagai “metode komposting”. Metode ini telah dikembangkan di lingkungan Kotamadya Dati II Surabaya dan diperkirakan dapat mereduksi timbulan sampah $\pm$ 20% sebelum dibuang ke TPA.

Pada sistem komposting khususnya komposting aerobik faktor kehadiran dari oksigen sangat berpengaruh terhadap keberhasilan proses.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui rentang konsentrasi oksigen yang dibutuhkan untuk mempercepat laju kematangan kompos dengan indikator kematangan adalah kestabilan suhu dan rasio C/N yang lebih kecil dari 20 dengan bahan sampah rumah tangga.

Kompos adalah sejenis pupuk organik, dimana kandungan unsur N,P dan K yang biasanya dibutuhkan tanaman tidak terlalu tinggi hal ini membedakan kompos dengan pupuk buatan. Namun kompos sangat banyak mengandung unsur hara mikro yang berfungsi membantu memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan porositas tanah sehingga tanah menjadi gembur dan lebih mampu menyimpan air (Tchobanoglous,1993).

Proses komposting menurut definisi dari *Central for Policy and Implementation Studies* (CPIS) adalah proses biologis yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk mendekomposisi sampah (terutama sampah organik basah) menjadi humus (kompos). Mikroorganisme yang terdapat dalam sampah memperoleh makanan dari sampah itu sendiri, sedangkan kondisi lingkungan untuk mikroorganisme dalam sampah terutama kelembaban dan kondisi oksigen diatur dalam proses komposting (Tchobanoglous, 1993).

Faktor tersebut antara lain: kelembaban, rasio C/N, temperatur, pH, ukuran partikel, *blending* dan *seeding*, pengadukan, dan kontrol patogen.

Keadaan matang dari kompos didefinisikan sebagai keadaan antara keadaan mentah dan busuk sempurna (Anonim, 1992). Keadaan mentah, diartikan bahan yang belum stabil seperti sampah mentah, bila bahan ini dimasukkan dalam tanah akan berbahaya karena biasanya masih mengandung material yang berbahaya. Keadaan busuk sempurna adalah keadaan dimana unsur karbon dalam sampah sudah dipakai semua sehingga nilai organisasinya hilang. Pematangan dari kompos dapat diketahui melalui: suhu, rasio C/N, bentuk fisik.

Beberapa penemuan dalam komposting menemukan ada tiga kelompok mikroorganisme yang berperan dalam proses komposting yaitu: jamur, *actinomyces*, dan bakteri. Dari ketiga jenis mikroorganisme tersebut yang paling dominan dalam proses komposting adalah bakteri (Bishop dan Godferry, 1983).

Untuk proses komposting aerobik yang berperan adalah mikroorganisme fakultatif dan aerobik *obligate*. Pada fase awal yang berperan adalah mikroorganisme mesofilik, terdapat baik di dalam maupun luar tumpukan, berperan dalam memecah atau menghancurkan bahan organik yang dikomposkan. Akibat aktifitas mikroorganisme mesofilik, suhu akan semakin meningkat, terutama pada bagian dalam tumpukan, mikroorganisme mesofilik dalam tumpukan akan bergerak ke lingkungan yang lebih sejuk yaitu bagian luar tumpukan, sedangkan yang tidak dapat bergerak seperti jamur dan *actinomyces* akan mati di tempat. Pada suhu yang semakin meningkat yang berperan adalah mikroorganisme termofilik dan pada tahan akhir menjelang kema-

tangan kompos kelompok *actinomyces* akan dominan terutama pada suhu sekitar 50°C (Anonim, 1992).

Ada beberapa faktor untuk menduga bahwa aerasi dibutuhkan dalam proses komposting yaitu jumlah total yang diperlukan untuk menjaga kerusakan stokiometri serta jumlah total udara yang diperlukan untuk mengurangi kelembaban.

Untuk menjaga pada saat temperatur sangat tinggi, sangat sulit untuk menentukan jumlah oksigen yang dibutuhkan dalam proses komposting karena dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain kelembaban, komposisi bahan, suhu, populasi bakteri.

Dari beberapa penelitian mengenai kebutuhan oksigen selama proses komposting diperkirakan suplai udara sama dengan 0,5094 m³/kg/hari sampai dengan 0,566 m³/kg/hari. Bahan sampah rumah tangga diperkirakan kebutuhan oksigen antara 9 mm³/gram sampah/jam – 284 mm³/gram sampah/jam. Kebutuhan oksigen antara 1 mg O₂/gram sampah/jam sampai 13.6 mg O₂/gram sampah/jam.

2. METODOLOGI

Penelitian ini akan mengambil lokasi sampling di TPS Bratang, karena TPS Bratang sudah memiliki Usaha Daur Ulang dan Pemanfaatan Kompos (UPDK) dan sampah di TPS Bratang sekitar 70% mengandung sampah organik yang sangat cocok untuk proses komposting.

Lokasi sampling ditetapkan di TPS Bratang karena berdasarkan penelitian sebelumnya, sampah di TPS Bratang memiliki karakteristik: 70% sampah organik, 20% sampah daur ulang anorganik dan sisanya 10% yang sudah tidak dapat dimanfaatkan lagi. Dengan karakteristik seperti ini berarti 70% sampah dapat dimanfaatkan sebagai kompos.

Metode yang digunakan adalah metode non random sampling dengan sengaja atau purposive, karena penentuan sampel didasarkan atas pengetahuan peneliti tentang keadaan di sekitar daerah sampling.

Pengambilan dilakukan saat gerobak masuk ke TPA Bratang, sampah didalam gerobak diaduk, diambil seperempat bagian. Kemudian contoh sampah tersebut diaduk lagi dan dibagi menjadi empat

bagian, dicampur lagi diaduk dan dibagi menjadi empat lagi, begitu terus berulang-ulang sampai sampah tercampur rata. Kemudian sampah di sortasi, yaitu dipisahkan dari bahan-bahan yang tidak dapat dikomposkan seperti karet, plastik, kain dan bahan-bahan yang berbahaya untuk proses komposting seperti duri ikan, daging dan lain-lain. Selanjutnya sampah digrinding, dipotong-potong dengan ukuran sekitar 5 cm, kemudian dibawa ke laboratorium untuk pemeriksaan lebih lanjut. Penelitian dilakukan dengan *proximate analysis* dan *ultimate analysis*. Penambahan atau pencampuran bahan lumpur tinja dilakukan untuk memperoleh rasio C/N yang optimum yaitu sebesar 30.

Rentang variasi oksigen mengambil acuan dari penelitian terdahulu dan komposisi bahan sampah diperoleh variasi seperti tampak pada Tabel 1.

Tabel 1. Rentang Variasi Oksigen

Reaktor	Variasi Udara (L/kgsampah/ menit)	Variasi Oksigen (L/kgsampah/ menit)
1	0.03	9.07
2	0.05	14.4
3	0.07	28.8
4	0	0

Setelah sampah disortasi, digrinding, ditentukan berapa variasi stater mikroba yang ditambahkan, maka sampah siap ditumpuk diatas reaktor *windrow* komposting. Tinggi tumpukan sampah ± 45 cm. Selama proses pengomposan berlangsung dilakukan pengamatan terhadap parameter-parameter tertentu. Setelah memasuki masa kematangan kompos ditumpuk dan diayak untuk mendapatkan butiran-butiran kompos yang lebih halus dan menghilangkan sampah yang tidak mengalami degradasi selama proses pengomposan.

Parameter yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah: kelembaban, suhu, pH, densitas, rasio C/N, mikroorganisme patogen, kualitas akhir kompos, kandungan N, P dan K.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

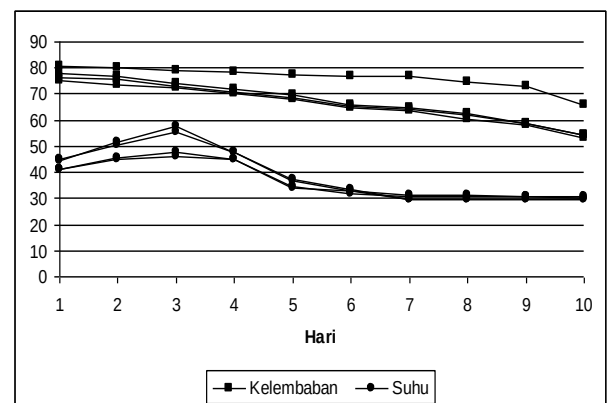
Berdasarkan hasil analisa awal diketahui bahwa rasio C/N sampah tidak optimum, karena kandungan nitrogennya rendah. Hal ini dapat diatasi dengan penambahan lumpur tinja yang mempunyai kandungan N cukup tinggi yaitu sebesar 1,2%. Namun penambahan ini juga ada efek yang merugikan ka-

rena kelembaban sampah akan bertambah, dimana semula 70% menjadi 80%. Kelembaban yang tinggi ini diharapkan dapat diatasi dengan penambahan oksigen.

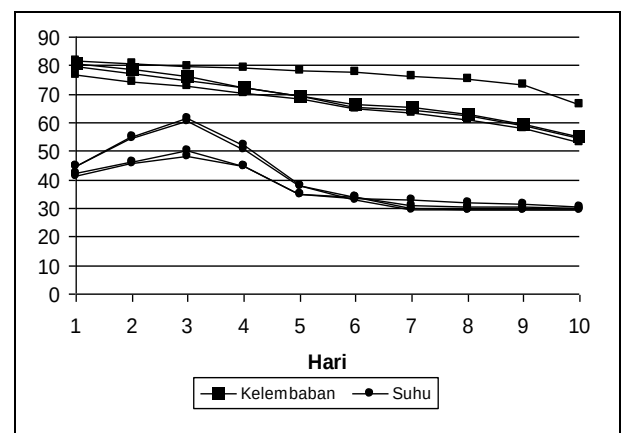
Komposisi unsur lain dalam sampah seperti kandungan P dan K cukup baik, yaitu sekitar 0,19% dan 0,27%. pH mula-mula mendekati pH netral yaitu sekitar 6-7 dengan rata-rata 6,42.

Densitas awal sampah digunakan untuk mengetahui jumlah sampah total yang harus ditambahkan dalam reaktor. Volume dari masing-masing reaktor adalah 127,17 L, sedangkan densitas sampah berkisar 0,23 kg/L maka untuk mengisi reaktor secara penuh dibutuhkan 30 kg sampah.

Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan suhu dan kelembaban yang terjadi pada saat komposting di permukaan dan dalam tumpukan.



Gambar 1. Suhu Dan Kelembaban Harian (Permukaan Tumpukan)

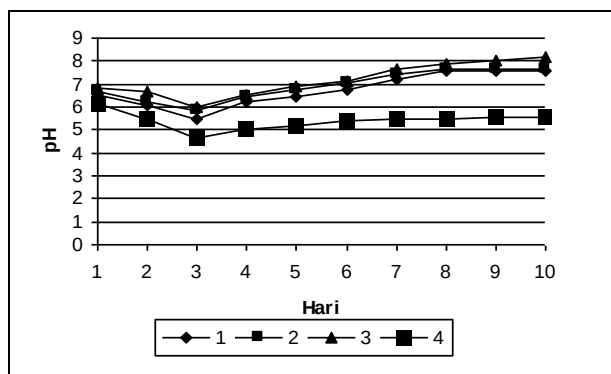


Gambar 2. Suhu Dan Kelembaban (Dalam Tumpukan).

Secara umum dalam penelitian ini kelembaban yang terjadi masih cukup tinggi, yang berkisar antara 60-80%. Hal ini disebabkan karena sebagian besar komposisi sampah awal memiliki kelembaban yang tinggi, seperti yang terdapat pada jenis sampah sa-yur-sayuran dan buah-buahan (Mulyani, 1991). Kelembaban yang tinggi ini pada nantinya diharapkan dapat diturunkan dengan adanya penambahan oksigen. Dari Gambar 2 di atas dapat dilihat bahwa pada reaktor 3 (28,8L/kg/hari), yang merupakan re-aktor dengan pemberian oksigen paling besar diantara reaktor yang lain kelembaban yang terjadi paling kecil yaitu berkisar 50%. Hal ini dapat terjadi karena oksigen dapat menghilangkan kadar air diantara rongga-rongga partikel sampah. Tetapi suhu dalam penelitian ini belum mencapai suhu optimal yang diharapkan.

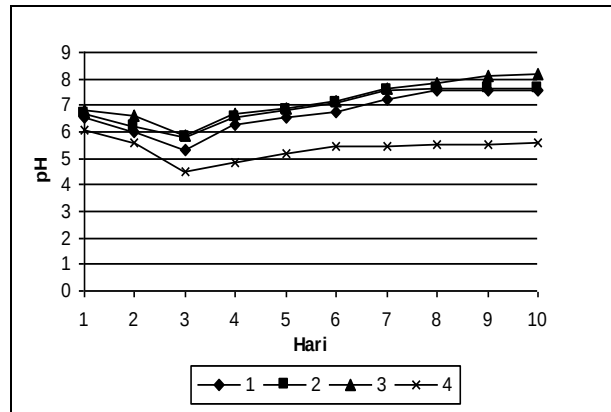
Pada reaktor 1 (9,07 L/kg/ hari) suhu paling tinggi mencapai 61°C tapi hanya bertahan satu hari, hal ini terjadi karena kelembaban cukup tinggi dan penyusutan tumpukan sampah yang terjadi terlalu cepat. Sedangkan pada reaktor 3 (28,8 L/kg/hari) suhu tertinggi hanya 50°C, pada-hal pemberian oksigennya paling besar. Hal ini membuktikan pemberian oksigen dengan konsentrasi ini terlalu besar, menyebabkan panas yang terbentuk dalam proses akibat aktivitas mikroorganisme, dapat dihilangkan.

Pada reaktor 4, tanpa penambahan oksigen maka suhu yang terjadi sangat rendah, kelembaban yang terjadi sangat tinggi hingga berada diatas 60% Dengan demikian dapat dikatakan bahwa proses komposting tidak berlangsung dengan baik. Pada Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan adanya perubahan pH yang terjadi pada reaktor.



Gambar 3. pH Harian (Permukaan Tumpukan)

Rata-rata pH pada awal proses mendekati pH netral. Namun pada hari ke-3 pH mengalami penurunan sampai kondisi asam, karena adanya aktivitas mikroorganisme mesofilik pada awal proses yang menghasilkan asam organik, yaitu asam lemak volatil sederhana.



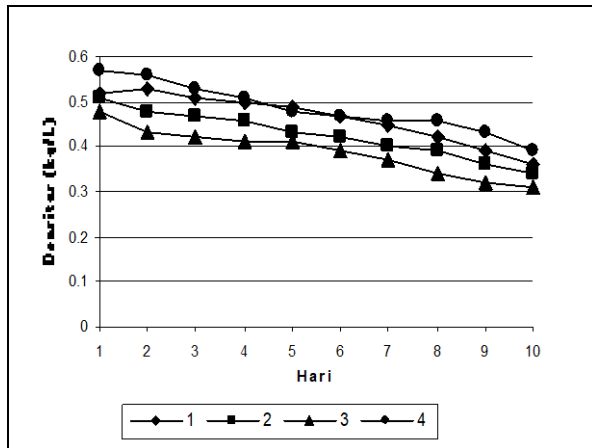
Gambar 4. pH Harian (Dalam Tumpukan)

Pada reaktor 3 (28,8 L/kg/hari), dengan kondisi pemberian oksigen terbesar rentang pH antara 6-8,2 sedangkan pada reaktor 2 dan 1 (9,07 dan 14,4 L/ kg/hari), rentang pH lebih rendah antara 5,3-7,7. Hal ini menunjukkan konsentrasi oksigen lebih rendah akan menyebabkan turunnya pH lebih besar, karena dengan kondisi ini mikroorganisme yang banyak berkembang adalah mikroorganisme fakultatif anaerob yang dapat membentuk asam lebih banyak, yaitu asam butirat, propionat dan asetat. Pada reaktor 4 rentang pH sangat rendah antara 4,5-5,5 hal ini menunjukkan dengan konsentrasi oksigen minimum maka yang berperan lebih dominan mikroorganisme anaerobik untuk menghasilkan asam, sehingga pH tidak dapat meningkat dengan cepat.

Setelah mengalami penurunan saat proses akan memasuki masa kematangan pH akan meningkat mendekati pH netral, karena aktivitas mikroorganisme yang menguraikan asam-asam yang terbentuk pada awal proses.

Dari Gambar 5 dibawah ini dapat dilihat kecenderungan densitas semakin rendah dengan adanya penambahan oksigen. Hal ini berhubungan dengan kemampuan oksigen untuk menghilangkan kelembaban, oksigen mampu menghilangkan air dari sampah sehingga berat yang terukur semakin ringan.

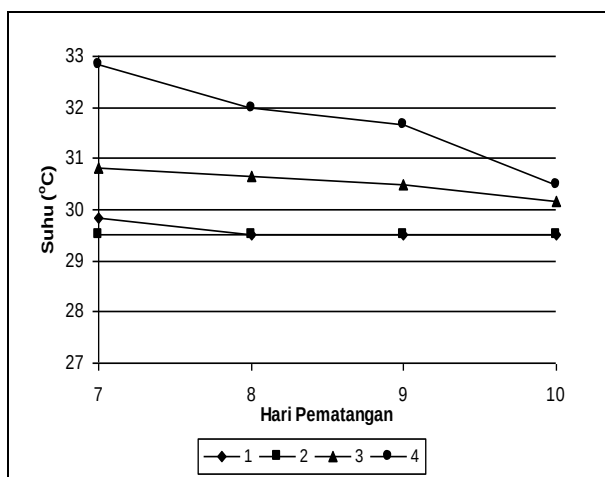
Secara umum, penurunan densitas yang terjadi menunjukkan penurunan volume masing-masing reaktor yaitu berkisar antara 30-46%. Penurunan ini dapat berlangsung dengan cepat, karena sampah yang digunakan adalah sampah organik yang dapat dengan mudah terurai.



Gambar 5. Densitas Harian

Penentuan densitas ini lebih mengarah pada penerapan proses komposting di lapangan guna mengetahui berapa volume atau berat sampah yang harus disediakan untuk dimasukkan ke alat komposting dengan volume tertentu.

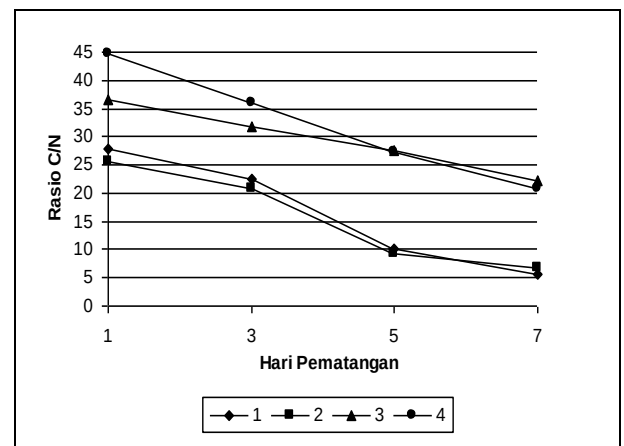
Pada saat pengukuran suhu diluar berkisar 28-29,5°C. Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa untuk reaktor 1 dan 2 (9,07 dan 14,4 L/kg/hari) setelah hari ke-7, walaupun dilakukan pembalikan suhu tetap. Berbeda dengan konsentrasi oksigen 0 dan 28,8 L/kg/hari setelah dilakukan pemutaran suhu masih terus turun.



Gambar 6. Suhu Pada Fase Pematangan

Penurunan suhu dapat juga dipakai sebagai indikator bahwa proses telah memasuki masa kematangan (McKinley, 1985), karena setelah memasuki fase termofilik penurunan suhu menunjukkan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik menjadi bahan stabil (kompos) menurun dan bahan dapat dikatakan sudah stabil atau memasuki masa/tahap kematangan. Sedangkan pada reaktor 1 dan 4 (0 dan 28,8 L/kg/hari), suhu masih belum stabil, masih terus terjadi peturun. Setelah hari ketujuh aktivitas mikroorganisme belum selesai dan proses yang terjadi belum memasuki masa kematangan.

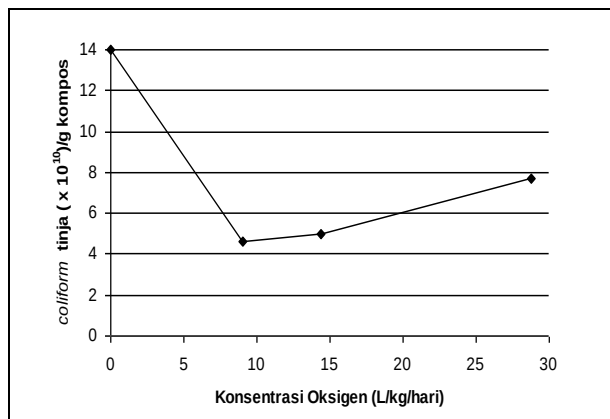
Penurunan rasio C/N dapat dilihat pada Gambar 7. Pada Gambar 7 tersebut, konsentrasi oksigen pada reaktor 1 dan 2 (9,07 dan 14,4 L/kg/hari) telah terjadi proses pada hari ke-5, namun suhu yang terdapat dalam reaktor belum stabil, sehingga belum dapat dikatakan matang sepenuhnya. Pada hari ke-7 rasio C/N sudah lebih kecil dari 20 dan suhu sudah stabil, sehingga dapat dikatakan matang. Sedangkan pada reaktor 3 (28,8 L/kg/hari), rasio C/N lebih besar dari 20. Hal ini disebabkan karena adanya pemberian konsentrasi oksigen yang cukup besar menyebabkan ammonia yang terbentuk pada awal proses akan mengalami volatilization sangat cepat.



Gambar 7. Rasio C/N

Volatilization ini menyebabkan konsentrasi nitrogen sangat kecil, sehingga rasio C/N tetap tinggi. Kompos dengan kondisi ini tidak begitu baik, karena fungsi sebagai *soil conditioner* akan berkurang. Pada reaktor 4 rasio C/N juga masih lebih besar dari 20 karena proses komposting belum mencapai kematangan dan tidak ada transformasi nitrogen dalam proses.

Gambar 8 menunjukkan konsentrasi *coliform* tinja yang terjadi pada saat proses komposting terjadi.



Gambar 8. Mikroorganisme Coliform Tinja

Berdasarkan standar Canada mikroorganisme patogen dalam kompos dapat dinyatakan dengan kehadiran coliform tinja dan dinyatakan aman bila bakteri ini lebih kecil dari 1.000/g kompos. Pada saat proses memasuki kematangan secara umum konsentrasi coliform tinja masih besar, karena pada awal proses, sampah ditambahkan lumpur tinja yang sudah pasti mengandung coliform tinja dalam jumlah cukup besar. Selama proses suhu tidak mencapai suhu optimum sehingga mikroorganisme ini tidak dapat mati.

Pada penelitian ini pengamatan mikroorganisme patogen dilakukan pada saat proses memasuki kematangan, sebaiknya dilakukan juga pengujian setelah mengalami perlakuan diangin-anginkan dan ditumpuk di luar karena sebenarnya proses ini bertujuan untuk membunuh mikroorganisme patogen. Untuk reaktor 1 dan 2 (9,07 dan 14,4 L/kg/hari), kualitas kompos yang dihasilkan cukup baik, persentase karbon > 10%, %N antara 2 – 2,5%. Rasio C/N < 20 dan rasio C/P < 200, menunjukkan bahwa selama proses sudah terjadi pelepasan fosfat sehingga bila kompos dimasukkan dalam tanah, tidak akan terjadi persaingan antara mikroorganisme dengan tanaman untuk menyerap nutrisi. Persentase kalium (%K) 0,21% dan pH mendekati pH untuk tanaman yaitu antara 6-8,5 (Mulyani, 1991). Sedangkan untuk konsentrasi oksigen yang lain kualitas kompos kurang begitu baik, karena proses belum mencapai kematangan dan kondisi lingkungan selama proses komposting berlangsung tidak menunjang aktivitas mikroor-

ganisme untuk mendekomposisi sampah menjadi kompos.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Proses komposting dipengaruhi beberapa faktor yaitu suhu, kelembaban dan pH. Pemberian oksigen sangat berpengaruh terhadap faktor-faktor tersebut. Dengan rentang oksigen antara 9,07-14,4 L/kg/hari, proses komposting berlangsung dengan baik. Pematangan dapat dicapai pada hari ke-7, ditunjukkan dengan kestabilan suhu dan rasio C/N < 20. Kualitas kompos yang dihasilkan cukup baik, dimana konsentrasi unsur hara N, P dan K cukup tinggi. Indikator mikroorganisme patogen yaitu coliform tinja masih lebih besar dari 1000/g kompos, sehingga kompos dinyatakan belum aman untuk ditambahkan dalam tanah.

4.2. Saran

Penelitian mikroorganisme patogen sebaiknya dilakukan juga setelah kompos mengalami perlakuan diangin-anginkan di bawah sinar matahari. Untuk mengetahui aktivitas mikroorganisme secara jelas, sebaiknya dilakukan penelitian yang lebih mendalam terhadap mikroorganisme yang berpengaruh terhadap proses komposting.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1992). **Buku Panduan Teknik Pembua-tan Kompos Dari Sampah**. CPIS (Central For Policy and Implementation Studies).
- Bishop, P.L dan Godferry, C. (1983). **Nitrogen Transformations During Composting**. *Biocycle*. Vol. 24. (4). Hal. 34-37.
- Mckinley V. (1985). **Microbial Activity In Composting I And II**. *Biocycle* Vol. 26. (7). Hal 47-50.
- Mulyani. (1991). **Mikrobiologi Tanah**. Rineka Cipta. Jakarta.
- Tchobanoglous, G. Theisen, H. dan Vigil, V. (1993). **Integrated Solid Waste Management**. Mc-Graw Hill International Edition.