

PENURUNAN KANDUNGAN C ORGANIK DAN PEMBENTUKAN GAS PADA PROSES PENGOMPOSAN ECENG GONDOK

DECREASING IN THE ORGANIC C CONTENT AND THE FORMATION OF GAS IN THE PROCESS OF WATER HYACINTH COMPOSTING

Susi A. Wilujeng*¹⁾, Dafit A. Prasetyo¹⁾

Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

E-mail: susi_wilujeng@yahoo.co.id

Abstrak

Aktivitas domestik, industri dan pertanian menyebabkan sebagian besar sungai di Indonesia telah terkontaminasi oleh air limbah organik. Hal ini menyebabkan eceng gondok tumbuh subur di sumber-sumber air seperti sungai dan danau. Tujuan penelitian ini adalah menentukan laju penurunan kadar karbon organik untuk menghasilkan biogas yang dapat dimanfaatkan sebagai energy alternarif. Percobaan dilakukan pada tiga reactor, dua reactor uji (Reaktor A dan B) dan satu reactor kontrol (Reaktor C). Bahan baku eceng gondok sebanyak 15 kilogram per reactor. Reaktor A ditambahkan Mikroorganisme M-16 dan dilakukan pengadukan. Reaktor B ditambahkan Mikroorganisme M-16 dan tanpa pengadukan. Pengadukan dilakukan sepuluh putaran dengan memutar drum 360 ° setiap hari. Penelitian dilakukan selama 60 hari. Parameter yang dianalisa adalah suhu, kadar air, pH dan produksi gas yang diukur setiap hari. Karbon dan Nitrogen diukur setiap 5 hari sekali. Hasil penelitian menunjukkan penurunan kandungan karbon pada Reaktor A 2,7 lebih cepat dan Reaktor B 2 lebih cepat dibandingkan Reaktor C. Pembentukan biogas pada reactor A 1,8 lebih banyak jika dibandingkan dengan reactor C dan Reaktor B 1,4 lebih banyak jika dibandingkan dari Reaktor C.

Kata kunci: Eceng Gondok, Mikroorganisme M-16, Pengadukan, Pengomposan

Abstract

Domestic activities, industry and agriculture are causing many of the rivers in Indonesia have been contaminated by organic wastewater. It causes the water hyacinth thrive in water sources such as rivers and lakes. The purpose of this study was to determine the rate of decrease in organic carbon content to produce biogas which can be used as an alternate, energy. Experiments conducted on three reactors, two test reactor (reactor A and B) and one control reactor (reactor C). Raw materials as much as 15 kilograms of water hyacinth per reactor. A reactor was added Microorganisms M-16 and stirring. Reactor B was added Microorganisms M-16 and without stirring. Stirring is done ten rounds with a 360 ° rotating drum every day. The study was conducted over 60 days. The parameters analyzed were temperature, moisture content, pH and gas production were measured every day. Carbon and nitrogen were measured every 5 days. The results showed a decrease in the carbon content of 2.7 faster Reactor A and Reactor B Reactor 2 is faster than C. Formation of biogas in the reactor A 1.8 more than the reactor C and B Reactor 1.4 more than on Reactor C.

Keywords: Composting, Microorganisms M-16, Stirring, Water Hyacinth

1. PENDAHULUAN

Tanaman eceng gondok merupakan tanaman air yang tumbuh dan berkembangbiak dengan baik pada kondisi perairan yang memiliki kandungan nutrisi yang tinggi. Nutrisi yang masuk ke dalam badan air dapat berasal dari limbah pertanian, industri maupun rumah tangga. Masuknya nutrisi ini disebabkan pemberian pupuk yang berlebih, maupun pengolahan air limbah yang belum dapat memenuhi kualitas baku mutu air limbah. Tanaman eceng gondok ini mengganggu karena dengan cepat menutupi permukaan badan air.

Kandungan organik tanaman eceng gondok cukup tinggi sehingga dapat diolah sebagai bahan baku untuk pembuatan kompos (Nigam, 2002). Penanganan eceng gondok dengan metoda pengomposan secara anaerobik menimbulkan gas yang dapat dimanfaatkan sebagai energi. Pengomposan ini dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain pengadukan (Matsumura *et al.*, 2010) dan kecukupan mikroorganisma (Sutedjo *et al.*, 1991).

Pada awal pengomposan, mikroorganisma secara alami telah ada dalam jumlah yang sedikit. Mikroorganisma memerlukan waktu untuk aklimatisasi ataupun bertumbuh untuk mencapai keseimbangan rasio Food (F)/Mikroorganisma (M). Untuk mempercepat proses penguraian oleh mikroorganisma, maka perlu ditambahkan sejumlah mikroorganisma pada awal pengomposan. Mikroorganisma dan mikroba yang digunakan dalam proses pengomposan dicampurkan secara sengaja untuk mempercepat pematangan kompos dan pembentukan biogas (Wei *et al.*, 2007).

Penambahan mikroorganisma selain mempercepat proses pematangan kompos dengan mendegradasi alifatik, protein dan polisakarida, juga meningkatkan berat molekul kompos (Xi *et al.*, 2012).

Pembalikan dan pengadukan dilakukan secara berkala terhadap bahan baku kompos. Hal ini dimaksudkan agar terjadi pemerataan jumlah mikroba yang diberikan pada bahan baku pembuatan biogas dan kompos (Kuok *et al.*, 2012). Di samping itu, pemerataan mikroba dimaksudkan untuk mempercepat proses pematangan kompos dan pembentukan biogas, seperti yang ditunjukkan oleh Matsumura *et al.* (2010). Nakasaki *et al.* (2009) menyatakan bahwa perlakuan pengadukan pada proses pengomposan akan menyebabkan pemerataan suhu pada bahan baku kompos. Suhu mempengaruhi proses pengomposan, di mana Selain itu, dengan perlakuan pengadukan juga dapat meratakan faktor yang mempengaruhi pengomposan seperti kelembaban, kondisi aerobik, kadar nutrisi dan pH. Pada penelitian ini dilakukan penambahan mikroorganisma yang bertujuan untuk mempercepat proses pengomposan. Pengadukan dilakukan untuk meratakan jumlah mikroorganisma dan suhu pada proses pengomposan.

2. METODA

Bahan yang digunakan adalah tanaman eceng gondok sebagai bahan baku yang diambil dari Bendungan Sengguruh, Kabupaten Malang. Biostarter mikroorganisma M-16 diperoleh dari Jurusan Kedokteran Hewan Universitas Airlangga. M-16 terdiri dari kumpulan mikroorganisma dengan 16 jenis mikroorganisma utama yang diisolasi dari rumen sapi. Reaktor yang digunakan merupakan reaktor drum plastik berukuran 70 Liter yang didesain dan dirakit sedemikian rupa sehingga dapat digerakkan secara memutar 360°. Pengadukan dilakukan dengan pemutaran reaktor sebanyak 10 putaran setiap hari.

Parameter yang diuji adalah pH, suhu, kadar air, N, P dan K. Analisa suhu menggunakan termometer, pH dengan pH meter yang sudah dikalibrasikan, produksi gas dengan mengukur jumlah gas yang

dihasilkan, analisa kadar air dan kadar C organik dengan metoda gravimetri. Analisa kadar N dengan analisa Kjeldahl.

Percobaan disusun dengan membuat tiga variasi penelitian, yaitu dengan pengadukan dan penambahan mikroorganisma (Reaktor A), tanpa pengadukan dengan penambahan mikroorganisma (Reaktor B), serta tanpa pengadukan dan tanpa penambahan mikroorganisma sebagai control (Reaktor C). Penambahan mikroorganisma sebanyak 2 ml/kg bahan kompos (Pandebesie dan Rayuanti, 2011). Penelitian dilakukan selama 60 hari.

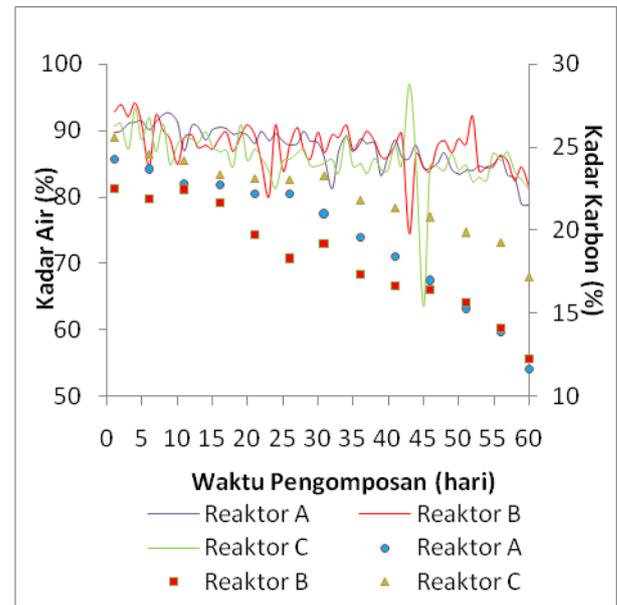
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penurunan kandungan karbon organik

Penurunan kandungan karbon organik dipengaruhi terutama oleh aktivitas mikroorganisma. Mikroorganisma dapat hidup dengan baik pada kondisi suhu, ph, kadar air dan nutrient yang tersedia. Pengaruh kadar air, suhu dan pH tersebut dijelaskan dengan rinci pada subbab selanjutnya. Kadar air yang terkandung pada tanaman eceng gondok secara alami sangat tinggi, karena merupakan tanaman air. Kandungan air yang cukup tinggi ini ditambah dengan penambahan air pelarut biostarter pada awal analisa, sehingga pada awal pengomposan kadar air bahan baku sampai mencapai 90%. Kadar air ini juga menyebabkan kondisi pengomposan dapat dipertahankan anaerobik, karena rongga yang terbentuk pada tumpukan sampah terisi oleh air.

Kadar air pada masing-masing reaktor mengalami fluktuasi, tetapi mempunyai kecenderungan yang terus menurun sepanjang waktu pengomposan, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar 1 menunjukkan penurunan kadar karbon diikuti penurunan kadar air. Ini disebabkan aktifitas mikroorganisma yang

Grafik 7. Penurunan Kadar Karbon (C)



Gambar 2. Pengaruh Kadar air terhadap penurunan kandungan karbon

Hasil penelitian menunjukkan reaktor A memiliki penurunan kadar air yang paling cepat jika dibandingkan dengan reaktor B dan C. Hal ini menunjukkan bahwa pengadukan berpengaruh pada laju pengomposan, di mana pengadukan dapat meratakan mikroorganisma dan suhu ke seluruh bahan kompos.

Penurunan kandungan C organik diikuti penurunan kandungan air seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3. Mikroorganisma memanfaatkan air untuk aktifitasnya. Reaksi biokimia akibat aktifitas mikroorganisma yang terjadi dalam proses pengomposan meningkatkan suhu proses. Air yang terbentuk pada proses ini, sebagian terdapat dalam bentuk uap air, air yang tertahan dalam timbunan bahan baku dan sebagian lagi membentuk lindi. Lindi yang terbentuk dialirkan ke luar reaktor.

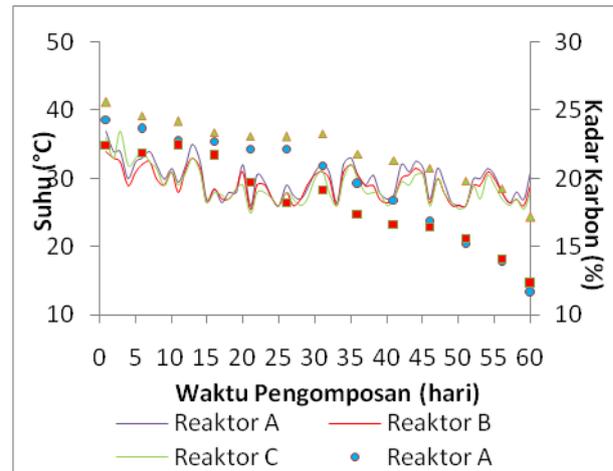
Tingkat kematangan kompos salah satunya ditunjukkan oleh kadar air yang mendekati angka 50-60% (SNI, 2004). Pada penelitian

ini kadar air belum mencapai standar SNI. Hal ini disebabkan sebagian lindi yang terbentuk, tertahan di dalam reaktor. Karena itu, untuk memperoleh hasil kompos yang baik, kompos yang dihasilkan masih perlu proses pematangan, untuk menstabilkan kompos dan mengurangi kadar airnya.

Pengaruh suhu terhadap penurunan kandungan C organik

Selama proses pengomposan terjadi fluktuasi suhu pada masing-masing reaktor, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3. Pada Reaktor A suhu yang dicapai hampir selalu berada di atas suhu kedua reaktor lainnya. Keberadaan mikroorganisma dari hasil pemberian biostarter pada Reaktor A dan B menunjukkan suhu yang dicapai lebih tinggi dibandingkan dengan Reaktor C. Pemerataan mikroorganisma dengan pengadukan menunjukkan Reaktor A ini mencapai suhu lebih tinggi dibandingkan dengan Reaktor B dan C.

Suhu untuk pengomposan secara anaerobik terbagi menjadi suhu optimum untuk mikroorganisma mesofilik sekitar 30-38°C dan termofilik sekitar 55-60°C. Di atas suhu 66°C akan menurunkan aktivitas mikroorganisma secara signifikan, karena sebagian besar mikroorganisma mengalami kematian (Tchobanoglous, 1993).



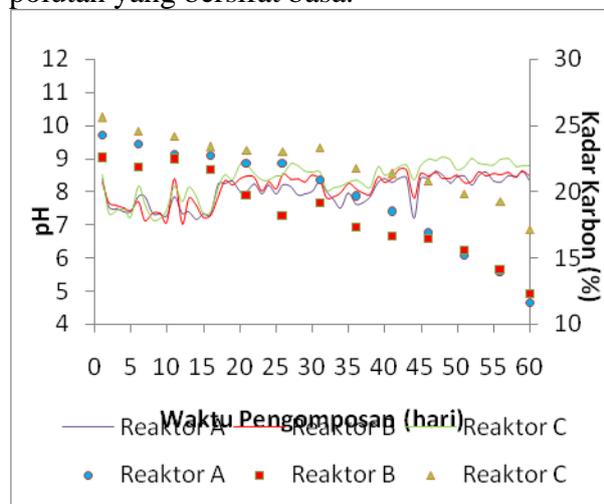
Gambar 3. Kondisi Suhu pada Masing-masing Reaktor

Suhu yang dicapai masing-masing reaktor berkisar pada rentang 26-37°C. Berdasarkan hal tersebut, suhu yang ditunjukkan selama waktu pengomposan sesuai dengan kriteria mikroorganisma anaerobik yang tergolong pada mikroorganisma mesofilik. Pada minggu pertama pengomposan, suhu yang dicapai berfluktuasi antara 32-37°C. Ini menunjukkan mikroorganisma pada tahap pemecahan alifatik, protein dan polisakarida (Wei et al., 2007). Kemudian secara berangsur-angsur suhu mulai turun. Pada pertengahan waktu pengomposan mulai terjadi fluktuasi yang diakibatkan oleh jumlah mikroorganisma ataupun aktivitas mikroorganisma yang terdapat dalam reaktor mengalami kenaikan ataupun penurunan.

Pengaruh suhu terhadap penurunan kadar C organik pada reactor A dapat dilihat pada Gambar 4. yang menunjukkan bahwa kadar karbon terus menurun seiring dengan waktu pengomposan. Karena selama pengomposan mikroorganisma pengurai masih aktif menguraikan sampah. Penurunan kadar karbon juga terpengaruh dari kondisi suhu yang dicapai. Kondisi duhu yang terlalu rendah menyebabkan penurunan yang terjadi juga lebih lambat seperti yang terjadi pada hari ke-9 hingga hari ke-21.

Pengaruh pH terhadap penurunan kandungan C organik

Derajat keasaman dari pengamatan selama waktu pengomposan dapat terlihat pada Tabel 3 yang diketahui bahwa kondisi pH basa yaitu dengan rentang 7,3 hingga 9. Derajat keasaman ini disebabkan oleh suhu yang tidak terlalu tinggi sehingga ion OH⁻ tidak bisa terlepas menjadi udara. Serta, keadaan sampel yang merupakan bahan yang berasal dari tanaman eceng gondok yang berada pada bendungan sengguruh yang tercemar deterjen, sabun dan beberapa polutan yang bersifat basa.



Gambar 4. pH vs Kadar Karbon Reaktor A

Pada kondisi pH yang bersifat basa berdampak pada sebagian besar aktivitas mikroorganisme. Aktivitas mikroorganisme yang terhambat dapat mengakibatkan laju pengomposan semakin lambat. Selain itu, hal tersebut juga berdampak terhadap produksi gas yang terjadi. Karena pH yang terlalu tinggi juga tidak akan sesuai dengan mikroorganisma yang hidupnya pada pH netral atau asam. Hal tersebut dapat berdampak terhadap kematian mikroorganisme. Berdasarkan hasil analisa dari Tabel 3 diatas dapat diketahui bahwa kondisi pH yang terjadi pada masing-masing reaktor fluktuatif. Hasil analisa dari Tabel 3 diatas dapat lebih jelas untuk perbandingan masing-masing reaktornya dengan Grafik 5. yang menunjukkan naik serta turunnya

kondisi pH pada masing-masing reaktor. Kondisi pH pada masing-masing reaktor bersifat fluktuatif dan berdampak pada kondisi pengomposan yang tidak stabil. Hal ini juga terlihat pada Grafik 6 yang menunjukkan hubungan antara penguraian karbon dengan kondisi pH sampel. Derajat keasaman yang paling baik untuk menurunkan kandungan C organik ialah pada pH optimum yaitu 6,5-8. Seperti yang terlihat pada hari ke-27 hingga hari ke-30 waktu pengomposan terjadi penurunan kadar karbon yang signifikan. Kondisi penurunan ini pada akhir pengamatan masih terlihat terjadi penurunan kadar karbon dengan kondisi pH yang masih basa atau sekitar 8,4.

Pembentukan Gas

Gas yang terbentuk pada reaktor dapat terlihat pada Tabel 4 dimana setiap reaktor menghasilkan gas yang hampir sama setiap harinya. Pada awal dan akhir pengamatan sudah tidak terbentuk gas lagi. Produksi gas terhenti karena sejumlah mikroorganisma yang ada pada reaktor telah berkurang jumlahnya, terlihat dari jumlah gas yang berkurang.

Berdasarkan hasil analisa diatas diketahui bahwa produksi gas masing-masing reaktor fluktuatif dan produksi gas yang paling banyak terjadi pada saat pertengahan waktu pengomposan. Pada awal waktu pengomposan belum terbentuk gas dan kemudian terbentuk secara perlahan. Pembentukan gas semakin banyak karena populasi mikroorganisme yang terdapat pada masing-masing reaktor semakin banyak. Namun, pada akhir penelitian ini terjadi penurunan produksi gas dan tidak terbentuk gas pada akhir waktu pengomposan. Hal tersebut dikarenakan mikroorganisma semakin berkurang. Seperti yang terlihat pada Grafik 7.

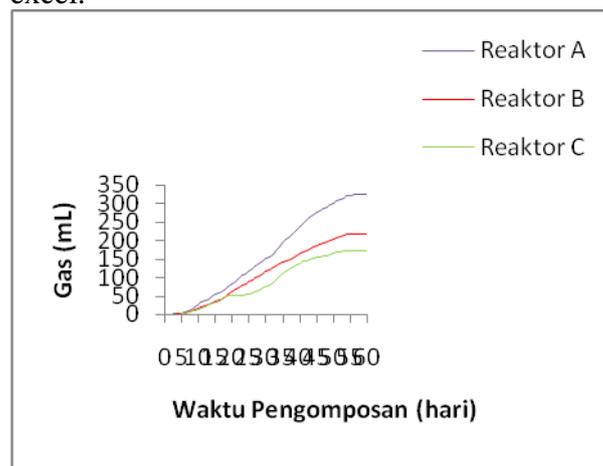
Seperti yang terlihat pada Grafik 8 diketahui bahwa pembentukan gas terbanyak ialah dari Reaktor A. Pada Reaktor A menghasilkan gas lebih baik dibandingkan kedua reaktor lainnya mengingat campuran biostarter yang dikombinasikan dengan pemerataan mikroorganisma dengan pengadukan. Sehingga proses penguraian serta pembentukan gas menyeluruh dan menyebar rata di setiap bagian pada sampel yang ada dalam reaktor.

Produksi gas secara kumulatif apabila dibandingkan dengan penurunan kandungan karbon pada sampel dapat terlihat pada Grafik 9.

Jumlah gas yang dihasilkan dari masing-masing reaktor berbanding terbalik dengan penurunan kadar karbon pada sampel. Karena gas yang dihitung secara kumulatif, yang artinya terjadi penambahan gas dari hari ke hari waktu pengomposan. Sedangkan penguraian kadar karbon secara bertahap berkurang karena telah terurai menjadi

Pembentukan gas dapat dilihat pada Grafik 8 dimana laju pembentukan gas tercepat adalah pada Reaktor A yang lebih cepat 1,8 kali dibandingkan Reaktor C dan Reaktor B lebih cepat 1,2 kali dibandingkan Reaktor C. Hal ini sesuai dengan memperhitungkan reaksi dengan orde 1 reaksi kimia, dimana konstanta laju pembentukan gasnya didapat dengan menghitung secara matematis atau dengan menarik garis linear dan didapatkan rumus laju penurunan dari masing-masing grafik dengan software

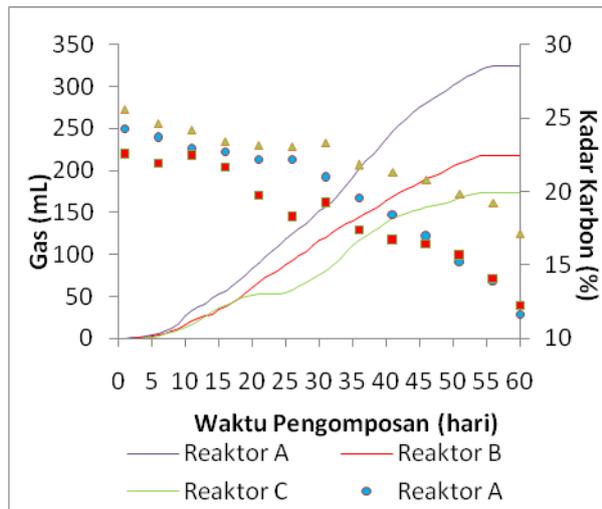
excel.



Grafik 8. Kondisi Pembentukan Gas Kumulatif pada Masing-masing Reaktor

Konstanta (k) pada rumus tersebut merupakan kecepatan pembentukan biogas pada masing- senyawa yang lebih sederhana dan terjadi setiap hari waktu pengomposan.

masing reaktor. Dengan membandingkan konstanta yang dimiliki masing-masing reaktor, maka dapat diketahui reaktor yang lebih cepat didalam pembentukan biogas.



Grafik 9. Pembentukan Gas Kumulatif vs Kadar Karbon Reaktor A

Seperti yang terlihat pada Tabel 5. yang menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar karbon yang ada pada masing-masing reaktor. Karbon organik yang terdapat pada sampel merupakan senyawa organik kompleks dan terbaca sebagai senyawa karbon pada analisa gravimetri. Senyawa karbon organik kompleks ini diurai oleh mikroorganisma pengurai yang terdapat pada masing-masing reaktor menjadi senyawa organik sederhana. Senyawa karbon organik ini terlepas ke udara sebagai karbon dioksida dan terhitung sebagai penurunan kadar karbon.

Penurunan kadar karbon dapat dilihat pada Grafik 9 dimana laju penurunan tercepat adalah pada Reaktor A yang lebih cepat 1,7 kali dibandingkan Reaktor C dan Reaktor B lebih cepat 1,4 kali dibandingkan Reaktor C.

Hal ini sesuai dengan memperhitungkan reaksi dengan orde 1 reaksi kimia, dimana konstanta laju penurunannya didapat dengan menghitung secara matematis atau dengan menarik garis linear dan didapatkan rumus laju penurunan dari masing-masing grafik dengan software excel. Konstanta (k) pada rumus tersebut merupakan kecepatan penguraian kadar karbon pada masing-masing reaktor. Dengan membandingkan konstanta yang dimiliki masing-masing reaktor, maka

dapat diketahui reaktor yang lebih cepat didalam penguraian senyawa karbon organik.

Penurunan kadar nitrogen organik selama waktu pengomposan dapat dilihat pada Tabel 6 dimana penurunan kadar karbon cenderung stabil. Penurunan kadar nitrogen organik kompleks menjadi senyawa organik sederhana cenderung stabil dikarenakan penguraian terus berlangsung dan jumlah mikroorganisma pengurai yang stabil.

Penurunan kadar nitrogen dapat dilihat pada Grafik 10 dimana laju penurunan tercepat adalah pada Reaktor A yang lebih cepat 1,375 kali dibandingkan Reaktor C dan Reaktor B lebih cepat 1,25 kali dibandingkan Reaktor C.

Sama halnya dengan penurunan kadar karbon organik laju penurunan kadar nitrogen organik yaitu dengan cara perhitungan reaksi dengan orde 1 reaksi kimia, dimana konstanta laju penurunannya didapat dengan menghitung secara matematis atau dengan menarik garis linear dan didapatkan rumus laju penurunan dari masing-masing grafik dengan software excel. Konstanta (k) pada rumus tersebut merupakan kecepatan penguraian kadar nitrogen pada masing-masing reaktor. Dengan membandingkan konstanta yang dimiliki masing-masing reaktor, maka dapat diketahui reaktor yang lebih cepat didalam penguraian senyawa nitrogen organik.

Rasio karbon per nitrogen organik (C/N ratio) merupakan perbandingan antara kadar karbon organik terhadap kadar nitrogen organik yang terdapat pada sampel. Rasio C/N biasa digunakan sebagai laju pengomposan. Karena pada proses pengomposan senyawa organik yang diurai adalah senyawa karbon dan nitrogen organik yang kompleks, sehingga dapat mewakili laju pengomposan. Hasil analisa C/N rasio dapat terlihat pada Tabel 7 yang mana penurunan rasio C/N menjadi fluktuasi sebagai akibat dari penurunan kadar karbon yang fluktuatif.

Penurunan rasio C/N dapat dilihat pada Grafik 11 dimana laju penurunan tercepat adalah pada Reaktor A yang lebih cepat 2,7 kali dibandingkan Reaktor C dan Reaktor B lebih cepat 2 kali dibandingkan Reaktor C. Hal ini sesuai dengan perhitungan reaksi dengan orde 1 reaksi kimia, dimana konstanta laju penurunannya didapat dengan menghitung secara matematis atau dengan menarik garis linear dan didapatkan rumus laju penurunan dari masing-masing grafik dengan software excel. Konstanta (k) pada rumus tersebut merupakan kecepatan penguraian kadar karbon pada masing-masing reaktor. Dengan membandingkan konstanta yang dimiliki masing-masing reaktor, maka dapat diketahui reaktor yang lebih cepat didalam penguraian senyawa organik.

4. KESIMPULAN

Reaktor A lebih cepat didalam pengomposan karena dapat menurunkan karbon dan nitrogen dalam rasio C/N dengan 2,7 kali dan Reaktor B 2 kali lebih cepat dibandingkan dengan Reaktor C. Sedangkan dari pembentukan gasnya diketahui bahwa Reaktor A lebih baik dalam produksi gas 1,8 kali dan Reaktor B 1,2 kali lebih baik dibandingkan Reaktor C.

DAFTAR PUSTAKA

- Adikara, R. T. S. dan Herry A. H. 2002. Biofermentor untuk Fermentasi Sampah Organik. *Jurnal Pusat Penelitian Bioenergi*, Lembaga Penelitian UNAIR, Surabaya.
- Avcioglu, A. Onurbas and Turker, U. 2012. Status and Potential of Biogas Energy from Animal Wastes in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 (2012) 1557-1561.
- Kuok, F., Hiroshi M., Kiyohiko N. 2012. Effects of Turning on The Microbial Consortia and The In-Situ Temperature Preferences of Microorganisms In a Laboratory-scale Swine Manure Composting. *Bioresource Technology* Vol.116, Hal. 421-427.
- SNI 19-7030-2004. Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik.
- Tchobanoglous, G., H. Theisen dan S. A. Vigil. 1993. *Integrated Solid Waste Management*. Mc GrawHill Inc.
- Wei, Zimin., Beidou Xi., Yue Zhao., Shiping Wang., Hongliang Liu., dan Youhai Jiang. 2007. Effect of Inoculating Microbes in Municipal Waste Composting on Characteristics of Humic Acid. *Chemosphere*. Vol.68, Hal.368-374.
- Xi Beidou, Xiao Song He, Zi Min Wei, Yong Hai Jiang, Ming Xiao Li, Dan Li, Ye Li dan Qiu-Ling Dang, 2012, Effect of inoculation methods on composting efficiency of municipal solid wastes, *Chemosphere*. Vol.88, Hal.744-750.