

# DINAMIKA PERUBAHAN TEMPERATUR DAN REDUKSI VOLUME LIMBAH DALAM PROSES PENGOMPOSAN (Studi Kasus Pengomposan di RPH Cakung – Jakarta Timur)

**Sri Wahyono dan Firman L. Sahwan**  
Peneliti di Pusat Teknologi Lingkungan  
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

## **Abstract**

*The goal of this research is to study the dynamics changing of temperature, weight and volume of wastes during composting process in Cakung Slaughterhouse. The composting process was done using windrow system for 65 days. Windrow was turned mechanically using compost turning machine once a week. Composition of input wastes was calculated based on its volume and specific weight. Regularly, windrows were measured of their volume, weight and temperature. The composting shows that weight and volume reduction was exponentially done in the two of the first weeks. The temperature also exponentially increased in that time. Those indicated that the increasing of metabolisms and development of microbiology during composting process. Weight and volume reduction reached about 80 percent, and their temperature reached above 55°C during first weeks. The dynamics changing of the temperature and volume/weight reduction was the key parameter for evaluating composting process.*

**Key words :** *Composting, windrow, temperature, volume, weight*

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Rumah pemotongan hewan (RPH) adalah tempat yang didisain sebagai sarana pelayanan masyarakat dalam penyediaan daging yang sehat dan aman untuk dikonsumsi. Menurut Buku Statistik Peternakan, pada tahun 2000, di Indonesia terdapat 988 buah RPH. Dari aktivitas pemotongan ternak, RPH menghasilkan produk samping berupa limbah padat dan cair. Umumnya limbah dari RPH belum ditangani secara profesional sehingga mengakibatkan pencemaran air, tanah, dan udara.

Namun tidak demikian halnya di RPH Cakung – Jakarta Timur, sebuah RPH terbesar di Indonesia yang saat ini dikelola oleh PD Dhrama Jaya, limbah padat yang dihasilkan sejak tahun 2002 diolah secara aerobik dengan teknologi pengomposan sistem *windrow* menjadi kompos. Pengomposan adalah proses penguraian materi organik secara biologis menjadi materi yang relatif stabil seperti humus dalam kondisi terkendali<sup>1-6</sup>). Proses penguraian tersebut dilakukan oleh

konsorsium mikroorganisma yang berasal dari limbah itu sendiri.

Dalam proses pengomposan aerobik sistem *windrow*, materi organik diuraikan menjadi energi, kompos, air, dan karbon dioksida beserta sejumlah kecil gas-gas lainnya. Energi dilepaskan sebagai panas yang mengakibatkan *windrow* bahan yang dikomposkan melewati tahap aktif peningkatan temperatur. Pada minggu-minggu pertama proses pengomposan, energi panas yang dilepaskan oleh bakteri termofilik mengakibatkan temperatur *windrow* mencapai sekitar 70 °C. Masa berlangsungnya temperatur tinggi bisa sampai tiga minggu. Dengan kondisi tersebut organisma patogen, seperti bakteri, virus dan parasit serta bibit gulma yang berada pada limbah yang dikomposkan akan mati. Kemudian sejalan dengan waktu, temperatur *windrow* akan menurun secara gradual karena aktivitas mikroorganisma termofilik mulai menurun dan secara suksesif digantikan oleh aktivitas mikroorganisma mesofilik. Reduksi temperatur pada akhir proses pengomposan biasanya sekitar 40 °C.

Proses aktif pengomposan juga dapat dilihat secara tidak langsung dari reduksi jumlah volume dan berat *windrow* akibat penguraian materi organik dan lepasnya senyawa kimia dalam bentuk gas dan uap air. Volume dan berat bahan yang dikomposkan akan tereduksi dengan persentase reduksi volume mencapai 70 sampai 80%.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dinamika perubahan temperatur dan perubahan berat dan volume limbah selama proses pengomposan sistem *windrow* di RPH Cakung.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Bahan

Limbah padat yang digunakan dalam proses pengomposan berupa feses sapi

bercampur dengan rumput sisa pakan, isi rumen sapi, dan padatan (dari instalasi pengolahan limbah cair) RPH Cakung. Limbah padat yang diperlukan sebanyak 441 sampai 504 m<sup>3</sup>.

## 2.2 Peralatan

Peralatan-peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah mesin pembalik kompos Backhus 15.30, *wheel loader* merek SCHAEF, alat penyaring kompos, termometer kompos, alat meteran dan timbangan kompos.

Mesin pembalik kompos menurut spesifikasinya memiliki kemampuan membalik *windrow* dengan dimensi lebar dan tinggi *windrow* sampai 2,4 meter dan 1,4 meter. *Wheel loader* memiliki spesifikasi : Engine 25 kW, Quick hitch, Standard hydrolic quick change coupling, Turning radius 4500 mm, Double acting lift and tip cylinder and tailer coupling. Sedangkan mesin pengayak kompos yang digunakan adalah tipe getar (*vibrating screen*) dengan ukuran lebar 70 cm dan panjang 200 cm. Pengayak tersebut digerakkan dengan tenaga listrik dan dilengkapi dengan konveyor pengumpan, konveyor kompos halus (yang lolos dari saingan), dan konveyor kompos kasar (yang tidak lolos saringan). Sementara itu termometer yang digunakan adalah termometer khusus kompos dengan *stick* sepanjang 1 meter dan display temperaturnya. Timbangan yang dipakai adalah timbangan duduk dengan kapasitas 100 kg.

## 2.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan mulai dari bulan Agustus sampai September 2002 di *Plant* Pengolahan Limbah RPH Cakung, Jakarta Timur.

## 2.4 Metode Penelitian

### 2.4.1 Proses Pengomposan

Proses pengomposan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan sistem

*windrow*. Sebelum ditumpuk menjadi *windrow* di *composting hall*, limbah padat ditampung di *interim store* selama 21-27 hari. Setelah itu di pindahkan ke *composting hall* dengan wheel loader untuk dibentuk menjadi *windrow* dengan dimensi ukuran lebar 2,5 meter, tinggi 1,3 meter dan panjang sekitar 35 meter. Proses pengomposan dilakukan dalam rentang waktu sampai 65 hari. Uji coba pembalikan *windrow* dilakukan seminggu sekali. Selama proses pengomposan, *windrow* limbah disiram dengan lumpur (*sludge*) yang berasal dari instalasi pengendapan (*decanter*) pengolahan limbah cair. Proses pengomposan di *composting hall* dilakukan selama 2 sampai 3 bulan. Setelah menjadi kompos matang, produk tersebut diangkut ke unit pengayakan untuk diayak sehingga didapatkan kompos halus dan kompos kasar.

#### 2.4.2 Pengukuran Komposisi dan Berat Limbah di Interim Store

Komposisi bahan baku kompos dihitung berdasarkan volume setiap jenis limbah yang masuk ke dalam *interim store* sebelum dikomposkan. Komposisi merupakan persentase volume satu jenis limbah terhadap volume total keseluruhan limbah. Selain volumenya, dihitung pula berat basah dan berat keringnya.

#### 2.4.3 Pengukuran Volume, Berat, dan Berat Jenis Limbah Pada Saat Dikomposkan

Secara reguler bahan yang sedang dikomposkan di *composting hall* diambil sampelnya untuk diukur volume dan berat total limbah setiap *windrow*-nya. Jumlah *windrow* yang diamati dalam penelitian berjumlah 7 buah. Pengukuran berat total limbah dihitung secara tidak langsung dengan cara mengukur volume dan berat jenisnya. Pengukuran volume limbah berdasarkan dimensi panjang, lebar, dan tinggi *windrow*. Volume *windrow* dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Volume = \frac{lebar \times tinggi}{2} \times panjang \quad [m^3]$$

Berat jenis diukur dengan cara mengukur berat limbah yang dikomposkan dalam volume tertentu. Dari tiga titik yang berbeda pada satu *windrow*, masing-masing sampel diambil dan dimasukkan ke dalam wadah yang mempunyai volume 50 liter. Material tersebut kemudian ditimbang dan diambil nilai rata-ratanya. Selanjutnya berat jenis dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Berat \text{ jenis} = \frac{berat \text{ rata-rata}}{50} \quad [kg/l],$$

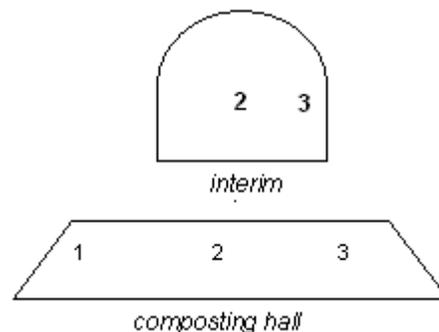
[t/m<sup>3</sup>]

Dengan mengetahui volume dan berat jenis, berat total *windrow* dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut:

$$Berat \text{ total} = volume \times berat \text{ jenis} \quad [t]$$

#### 2.4.4 Pengukuran Temperatur

Untuk mengukur temperatur digunakan termometer kompos digital. Pengukuran dilakukan 3 (tiga) kali seminggu. Di *interim store*, *windrow* diukur temperaturnya pada tiga titik (dua titik dibagian sisi yang berlawanan dan satu dibagian tengah). Di *composting hall*, *windrow* juga diukur temperaturnya pada tiga titik (dua titik dibagian sisi yang berlawanan dan satu dibagian tengah).



Gambar 1. Titik-titik Sampling Temperatur di Interim Store dan Composting Hall

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Karakteristik dan Jumlah Limbah (Bahan Baku Kompos)

Sebagian besar bahan baku atau limbah yang dikomposkan adalah berupa feses dan rumput sisa pakan (77% dari total limbah). Feses dan rumput sisa pakan merupakan limbah yang berasal dari kandang tempat penampungan sapi sebelum dipotong. Jumlah sapi yang berada di kandang setiap harinya antara 273 - 1076 ekor dengan masa tinggal antara 1,3 – 7,3 hari. Setiap ekor sapi rata-rata menghasilkan feses sebanyak 15 kg. Sedangkan padatan yang berasal dari penyaringan limbah cair komposisinya 16,6%.

Padatan tersebut umumnya berupa jerami dan rumput sisa pakan yang berasal dari kandang dan terbawa air ketika kandang dicuci. Sementara itu, isi rumen komposisinya 6,4%. Isi rumen merupakan kotoran yang berada di perut sapi ketika hidup dan ketika sapi dipotong dan dicuci isi rumen dikeluarkan untuk dibuang. Satu ekor sapi rata-rata menghasilkan rumen sebanyak 15,6 kg. Jumlah rata-rata sapi yang dipotong di RPH Cakung adalah 190 ekor perhari. Jenis dan komposisi limbah yang digunakan sebagai bahan baku kompos dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis, Karakteristik, dan Komposisi Limbah RPH yang Digunakan sebagai Bahan Baku Kompos

No	Jenis Limbah	Parameter	Komposisi
1	Feses dan Rumput Sisa Pakan	Berat Kering 28 %	77%
		Berat Jenis 0.53 ton/m <sup>3</sup>	
2	Isi Rumen	Berat Kering 13 %	6,4%
		Berat Jenis 1 ton/m <sup>3</sup>	
3	Padatan dari Limbah Cair	Berat Kering 15 %	16,6%
		Berat Jenis 0.9 ton/m <sup>3</sup>	
Input Bahan Baku (Campuran)		Berat Kering 28 %	100%
		Berat Jenis 0.53 ton/m <sup>3</sup>	

Limbah yang dikomposkan beratnya berkisar antara 30 sampai 40 ton per windrow. Sedangkan volumenya berkisar antara 63 sampai 72 m<sup>3</sup> per windrow. Dalam penelitian ini jumlah total bahan baku yang

digunakan adalah 243 ton atau 472 m<sup>3</sup>, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 3. Diakhir proses pengomposan, jumlah total produk kompos yang dihasilkan yaitu 50 ton atau 86 m<sup>3</sup>.

Tabel 2. Berat dan Volume Limbah dan Produk Kompos dari Tujuh Windrow

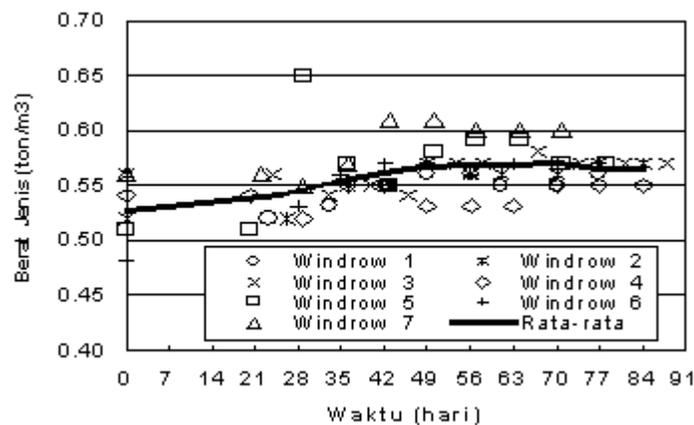
No Windrow	Bahan Baku		Produk Kompos		Waktu Proses (hari)
	Berat (ton)	Volum (m <sup>3</sup> )	Berat (ton)	Volum (m <sup>3</sup> )	
1	35	67	7	12	86
2	37	71	6	11	93
3	40	71	7	12	89
4	34	65	8	14	85
5	37	72	7	13	86
6	30	63	7	12	87
7	30	63	8	12	86
<b>Total</b>	<b>243</b>	<b>472</b>	<b>50</b>	<b>86</b>	

### 3.2 Reduksi Berat dan Volume Selama Proses Pengomposan

Parameter berat windrow selama proses pengomposan dihitung secara tidak langsung dari berat jenis dan volume material. Berat jenis diperoleh dari berat jenis rata-rata material yang dikomposkan setelah dibalik. Untuk material yang di dalam *interim store* sulit mendapatkan berat jenis yang representatif selama waktu pre-rotting tiga minggu. Materialnya sangat tidak homogen sehingga analisis yang akurat tidak bisa dilakukan. Oleh karena itu nilai berat jenis diambil dari pengukuran

yang dilakukan pada saat pembalikan pertama setelah windrow dibentuk di *composting hall*.

Gambar 2 memperlihatkan berat jenis rata-rata windrow meningkat dari 0,53 ton/m<sup>3</sup> sampai 0,57 ton/m<sup>3</sup> dalam empat minggu setelah pre-rotting. Kepadatan maksimum berlangsung sampai akhir masa proses pengomposan. Meningkatnya berat jenis merupakan akibat adanya pembalikan mekanik dan penguraian material limbah sehingga ukuran partikel semakin kecil sehingga menjadi lebih padat. Selama proses pengomposan reduksi volume mencapai 83%.



Gambar 2. Profil Berat Jenis Windrow (tumpukan) Selama Proses Pengomposan

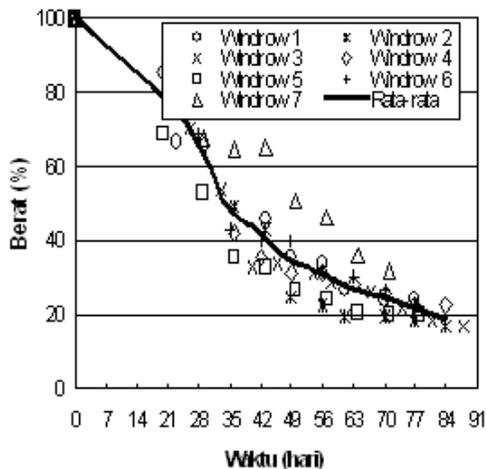
Proses penguraian limbah oleh mikroba telah mengakibatkan terjadinya reduksi berat karena sebagian besar dari unsur karbon berubah menjadi CO<sub>2</sub>. Proses biokimia dari mikrobiologi pengomposan yang mengakibatkan terjadinya reduksi berat telah memungkinkan terjadinya reduksi berat sehingga reduksi berat dapat digunakan sebagai salah satu parameter untuk menentukan tingkat kematangan kompos. Kompos akan diketahui matang apabila reduksi beratnya telah melampaui 60 persen<sup>7)</sup>.

Data reduksi berat proses pengomposan di RPH Cakung disajikan pada Gambar 3. Reduksi berat yang sangat besar terjadi pada minggu-minggu awal

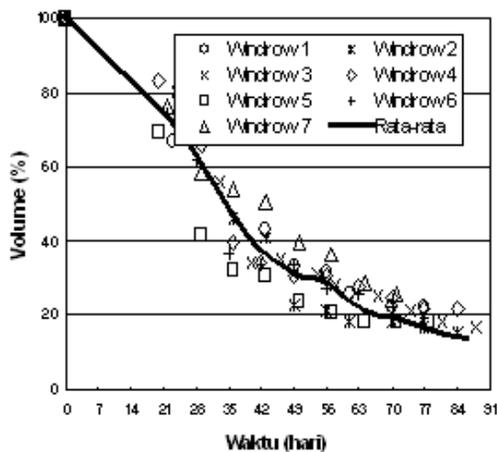
proses pengomposan. Hal ini dapat terjadi karena pada saat tersebut bahan organik karbon berada dalam jumlah yang cukup besar dan digunakan sebagai sumber energi oleh mikroba untuk menguraikan limbah.

Dengan diketahuinya dinamika berat jenis (Gambar 2) dan volume (Gambar 4) selama proses pengomposan, berat total windrow dapat diketahui (Gambar 3). Selama dua belas minggu pengomposan yang berlangsung di *interim store* dan *composting hall* reduksi berat sekitar 80 %. Reduksi berat yang paling tinggi terjadi pada dua minggu pertama pada windrow di *composting hall*. Dari hari ke 21 sampai 35 berat material menurun sekitar 30%. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya aktivitas

mikrobiologi setelah aerasi ketika dibentuk windrow baru oleh pembalikan mekanik. Setelah itu dekomposisi melambat.



Gambar 3. Reduksi Berat Windrow (tumpukan) selama Proses



Gambar 4. Reduksi Volume Windrow (tumpukan) selama Proses

### 3.3 Dinamika Temperatur Selama Proses Pengomposan

Dinamika temperatur memainkan peranan yang penting dalam proses pengomposan. Dinamika temperatur adalah indikator dari dinamika aktivitas mikrobiologi dalam pengomposan. Oleh karena itu profil

perubahan temperatur menggambarkan pula karakteristik proses pengomposan yang sedang berjalan, bahkan menjadi parameter kematangan kompos. Kompos dikatakan matang apabila temperatur kompos tidak lebih dari 20 °C di atas temperatur udara<sup>7)</sup> Proses pengomposan umumnya digambarkan sebagai hubungan antara waktu – temperatur.

Ketersediaan oksigen mempengaruhi aktivitas mikrobiologi, semakin tinggi laju penyerapan oksigen semakin tinggi temperturnya. Dilaporkan bahwa temperatur optimum proses pengomposan adalah 60 °C<sup>4)</sup>. Untuk menjamin adanya efek sanitasi, bagian tengah windrow harus mencapai suhu di atas 55 °C untuk beberapa hari. Untuk aerasi dan pencampuran material limbah, windrow dibalik satu atau dua kali seminggu.

Penyebaran temperatur umumnya tidak merata. Biasanya, temperatur material meningkat segera setelah penyusunan tumpukan/windrow. Selama waktu pre-rotting di *interim store* temperatur rata-rata meningkat dari 30-40 °C sampai 55 °C dalam minggu pertama. Temperatur meningkat tajam, sejalan dengan meningkatnya aktivitas mikrobiologi. Untuk dua minggu selanjutnya, temperatur berkisar 55 °C (Gambar 5).

Perbedaan temperatur terjadi ketika tumpukan di *interim store* material baru ditambahkan ke dalam tumpukan. Penting untuk diketahui bahwa material yang dimasukkan ke dalam *interim store* asalnya berbeda-beda: padatan dari kandang sapi, de-watering of paunch manure dari area penyembelihan sapi, dan padatan dari IPAL. Oleh karena itu material sangat heterogen, demikian juga perkembangan temperatur

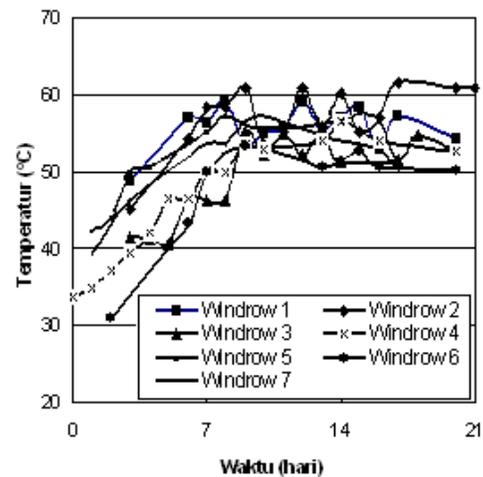
Temperatur meningkat karena adanya panas yang dihasilkan oleh metabolisme mikroba dan terinsulasi oleh material yang dikomposkan. Panas yang dihasilkan oleh mikroba merupakan hasil dari respirasi. Mikroba tidak benar-benar efisien dalam mengkonversikan dan menggunakan energi kimia di dalam substrat. Energi yang tidak

terpakai menjadi panas. Oleh karena itu kenaikan temperatur menjadi indikator adanya aktivitas mikroba. Semakin aktif populasi mikroba, semakin tinggi panas yang dihasilkan.

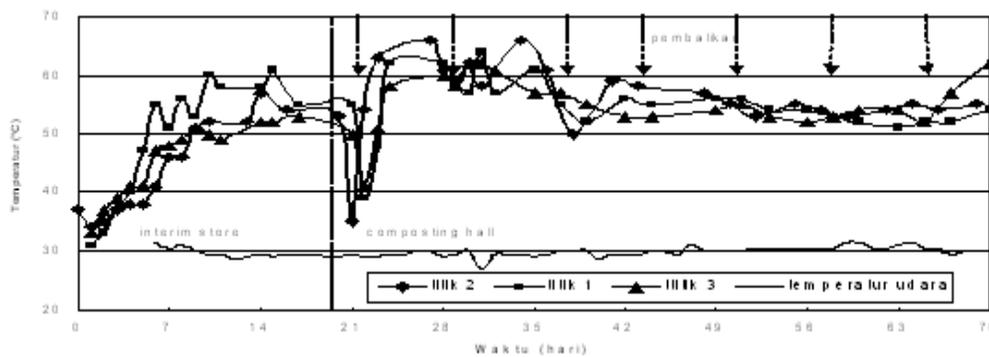
Setelah tiga minggu waktu pre-rotting time di *interim store*, material limbah dibawa ke *composting hall* untuk dibentuk menjadi windrow. Oleh karena adanya pengangkatan material temperatur menjadi menurun dan kemudian naik lagi menjadi 65 °C selama beberapa hari kemudian. Kenaikan temperatur secara eksponensial disebabkan oleh karena terjadi penguraian materi organik yang mudah dikomposkan seperti gula, tepung, dan protein sederhana. Selama perioda tersebut populasi mikroba meningkat secara eksponensial. Setelah material tersebut terkomposkan, hanya beberapa nutrisi yang tersisa. Aktivitas mikroba menjadi berkurang dan temperatur juga menurun. Sejalan dengan waktu temperatur menurun sampai 20 °C di atas temperatur udara. Komponen-komponen material yang tidak stabil secara biologis telah diubah menjadi produk yang relatif stabil yaitu kompos.

Gambar 7 memperlihatkan dinamika temperatur yang signifikan dari satu windrow di *interim store* dan *composting hall*. Temperatur meningkat selama pre-rotting time di *interim store* sampai temperatur 62 °C. Setelah ditransportasikan ke *composting hall* dan dilakukan pembalikan

pertama, temperatur meningkat sampai 67 °C (pada pengukuran di titik pertengahan windrow). Pada setiap saat setelah pembalikan, temperatur windrow menurun tetapi segera setelah itu meningkat lagi sepanjang tiga hari berikutnya. Penurunan suhu tersebut akibat pendedahan panas di dalam windrow. Setelah itu suhu kembali meningkat karena meningkatnya aktivitas mikroba akibat ketersediaan oksigen yang cukup setelah windrow dibalik. Menjelang akhir proses pengomposan (setelah 10 minggu) temperatur menjadi sekitar 52 sampai 55 °C.



Gambar 5: Temperatur rata-rata pada tumpukan limbah di 7 interim store selama 3 minggu pre-rotting



Gambar 6. Temperatur rata-rata selama rotting process (3 minggu) dan pengomposan (8 minggu) pada tujuh windrow yang dipantau

Temperatur udara rata-rata pada saat penelitian bervariasi dari rentang 27 sampai 31 °C. Kelembaban maksimum udara (pada pagi hari) bervariasi antara 80 dan 100 % dengan nilai rata-rata 90 % selama periode pengukuran. Pada sore hari kelembaban minimum udara rata-ratanya adalah 66 % dengan rentangnya antara 53 and 83 %

### 3.4 Kualitas Produk Kompos

Kualitas produk kompos di RPH Cakung dicerminkan oleh karakteristik kompos yang dihasilkan<sup>5)</sup> seperti terlihat di Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik Fisika dan Kimia Produk Kompos RPH Cakung

Parameter	Nilai
Berat Kering [%]	45
Berat Jenis [ton/m <sup>3</sup> ]	0,56
N total [g/kg DM]	25
Rasio C/N	11
P total [g/kg DM]	14
K [g/kg DM]	39
Chrom [mg/kg DM]	34.8
Zinc [mg/kg DM]	249
Mercury [mg/kg DM]	<1.0

Berdasarkan data pada Tabel 3, tergambar bahwa kompos di RPH Cakung memiliki kualitas yang baik dengan tingkat kematangan yang sudah tercapai. Tingkat kematangan tersebut dicerminkan oleh nilai rasio C/N sebesar 11 menyerupai rasio C/N tanah.

### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dinamika perubahan temperatur dan reduksi volume/berat dalam suatu proses pengkomposan adalah cermin dari dinamika aktivitas mikroba. Temperatur pengomposan dalam

minggu-minggu awal mencapai di atas 55 °C. Sedangkan reduksi volume dan berat windrow dalam pengomposan limbah RPH dapat mencapai 80 persen.

2. Dinamika perubahan temperatur dan reduksi volume atau berat dapat dijadikan parameter untuk mengevaluasi apakah proses pengomposan berlangsung dengan baik dan apakah produk komposnya telah matang (stabil).

### DAFTAR PUSTAKA

1. Golueke, C.G., 1977, *Biological Processing: Composting and Hydrolysis*; In Handbook of Solid Waste Management, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
2. Haug, R.T., 1980, *Compost Engineering, Principles and Practice*, An Arbor Science Publisher Inc., Michigan.
3. Tchobanoglous, G., H. Theisen and S. Vigil, 1993, *Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues*, Mc Graw-Hill Inc, USA.
4. Epstein, E., 1997, *The Science of Composting*, Technomic Publishing Company Inc., USA
5. Wahyono, S., F.L. Sahwan dan F. Schuchardt, 2003, *Pembuatan Kompos dari Limbah Rumah Potong Hewan*, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT, Jakarta.
6. Wahyono, S., F.L. Sahwan dan F. Suryanto, 2003, *Menyulap Sampah Menjadi Kompos*, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan, BPPT, Jakarta.
7. Anonim, 1996, *Guidelines for Compost Quality*, Canadian Council of Ministry of Environment.