

**TINJAUAN NERACA MASSA PADA PROSES PENGOMPOSAN TANDAN  
KOSONG KELAPA SAWIT DENGAN PENAMBAHAN AIR LIMBAH  
PABRIK KELAPA SAWIT**  
[A Review of Mass Balances in Composting Process of Empty Fruit Bunches by  
Addition of Palm Oil Mill Effluent]

**Ribut Sugiharto\*, Erdi Suroso, dan Budi Dermawan**

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung  
Jl. Soemantri Brodjonegoro No. 1 Gedong Meneng Bandar Lampung 35145

\*Email korespondensi: ribut.sugiharto@fp.unila.ac.id

Diterima : 17-10-2015

Disetujui : 20-02-2016

**ABSTRACT**

The waste generated from oil palm mills in the form of empty fruit bunches (EFB) and palm oil mill effluent (POME) can be used utilized to be processed into compost, which is beneficial for treating waste from palm oil mills as well as generate organic fertilizer that can be applied to land. The research was conducted to determine the mass balance in the form of input and output during the compost production process and carried out in a pilot scale in order to give an idea if composting is done on a large scale. This research aimed to analyze the mass balance of composting process of EFB and POME and calculate C/N ratio of EFB and compost, respectively. The research was conducted in a descriptive experimental method and data were presented in tables and graphs. The composting is carried out in two replications and without treatment. The composting was carried out for 54 days, during the research, temperature, pH and water content were monitored. The results showed that the maximum temperature during the composting process were 49.9 to 50.90 °C, the pH value were 6.85 to 7.94, the water content during were 76.81 to 77.88%. Overall, the input as EFB and POME were 34.91 to 37.33% and POME 62.67 to 65.09%, respectively. The Output in form of leachate and compost were about 27.02 to 27.58%, and 24.04 to 26.09%, respectively, and evaporated materials were about 46.33 to 48.94%. For composing, 1.0 ton EFB required POME about 1.57 to 1.74 m<sup>3</sup>, produced compost about 688.62 to 698.85 kg, leachate about 0.724 to 0.758 m<sup>3</sup> (density = 1.02 kg/dm<sup>3</sup>), and evaporated material about 1241.26 to 1401.95 Kg. The C/N ratio on EFB was 28.86 and C/N ratio of the compost was 8.91.

Keywords: empty fruit bunches, mass balance, palm oil mill effluent

**ABSTRAK**

Perkembangan agroindustri kelapa sawit di Indonesia berjalan dengan sangat pesat. Seiring dengan itu, limbah yang dihasilkan juga semakin banyak. Limbah berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan air limbah pabrik kelapa sawit (ALPKS) dapat dimanfaatkan untuk diolah menjadi kompos. Pengomposan bermanfaat untuk mengolah limbah sekaligus menghasilkan pupuk organik yang dapat dimanfaatkan untuk lahan. Penelitian dilakukan untuk mengetahui neraca massa berupa *input* dan *output* selama proses pengomposan serta dilakukan dalam skala pilot agar dapat memberikan gambaran apabila pengomposan dilakukan dalam skala besar. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui neraca massa dari proses pengomposan TKKS dengan penambahan ALPKS pada skala *pilot* agroindustri kelapa sawit dan menghitung jumlah C/N rasio dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dan kompos. Penelitian dilakukan dengan metode deskriptif dan data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Selama penelitian, dilakukan pengamatan terhadap suhu, pH, kadar air, kadar karbon, kadar nitrogen, dan C/N rasio. Pengomposan

dilakukan dalam dua ulangan dan tanpa perlakuan. Lama pengomposan adalah 54 hari. Hasil penelitian menunjukkan, suhu maksimum selama proses pengomposan sebesar 49,9 – 50,90 °C. Nilai pH pada pengomposan sebesar 6,85 – 7,94. Kadar air rata – rata selama pengomposan sebesar 76,81 - 77,88 %. Total secara keseluruhan, *input* berupa TKKS yang digunakan sebanyak 34,91- 37,33 % dan ALPKS sebanyak 62,67- 65,09 %. *Output* berupa lindi sebanyak 27,02 - 27,58 %, kompos sebanyak 24,04 - 26,09 %, dan bahan yang menguap sebanyak 46,33 - 48,94 %. Massa jenis ALPKS sebesar 1,071 Kg/dm<sup>3</sup>, sehingga jika data TKKS dikonversikan dalam ton, maka 1 ton TKKS memerlukan ALPKS sebanyak 1,57 - 1,74 m<sup>3</sup>. Hasil yang diperoleh, berupa kompos sebanyak 688,62 - 698,85 Kg, lindi sebanyak 0,724 – 0,758 m<sup>3</sup> (massa jenis = 1,02 Kg/ dm<sup>3</sup>) dan bahan yang menguap sebanyak 1241,26 - 1401,95 Kg. C/N rasio pada Tandan Kosong Kelapa Sawit sebesar 28,86 dan C/N rasio kompos sebesar 8,91.

Kata kunci: air limbah pabrik kelapa sawit, neraca massa, tandan kosong kelapa sawit

## PENDAHULUAN

Proses pengembangan agribisnis kelapa sawit merupakan salah satu langkah yang sangat diperlukan sebagai kegiatan pembangunan sektor perkebunan. Pola pengembangan pada berbagai subsistem yang sangat pesat terjadi sejak menjelang akhir tahun 1970-an. Hal ini terlihat dari pertambahan luas areal perkebunan kelapa sawit Indonesia yang semula pada tahun 1970 sebanyak 133268 ha dengan produksi CPO sebesar 216827 ton, telah meluas hingga menjadi 11300370 ha dengan produksi CPO sebanyak 31328306 ton pada tahun 2010 (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2015). Menurut Schuchardt *et al.* (2002), apabila sebuah pabrik kelapa sawit (PKS) melakukan pengolahan maka ada sejumlah limbah yang dihasilkan. Limbah yang berbentuk padat antara lain tandan kosong kelapa sawit (TKKS), cangkang, dan serabut yang dihasilkan berturut-turut adalah sebesar 23%, 15%, dan 13% dari total bahan yang diolah. Jumlah air limbah pabrik kelapa sawit (ALPKS) yang dihasilkan adalah sebanyak 0,6- 0,65 m<sup>3</sup>/ton TBS.

Tandan kosong kelapa sawit memiliki potensi bahan organik yang tinggi, yaitu karbon sebesar 480-490 kg/ton berat kering TKKS dan nitrogen

sebesar 7,4-9,8 kg/ton berat kering TKKS. Kandungan nitrogen sebesar 0,75 kg/ton berat kering ALPKS. Nilai C/N rasio pada TKKS sebesar 35-45, hal ini yang menyebabkan proses degradasi berjalan lambat jika dijadikan mulsa (Yeoh *et al.*, 2010). ALPKS yang ditambahkan pada TKKS, diharapkan akan mempercepat terjadinya proses pengomposan karena kandungan nitrogen yang tinggi pada ALPKS (Schuchardt *et al.*, 2002).

Proses pengomposan merupakan proses dekomposisi biologis dan stabilisasi bahan organik dengan produk akhir yang cukup stabil untuk memperbaiki tanah pertanian tanpa menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan (Haug, 1993). Tujuan dari penambahan ALPKS adalah untuk menurunkan nilai C/N rasio dan menjaga ketersediaan air pada TKKS. ALPKS yang ditambahkan, diharapkan akan meningkatkan kadar nitrogen pada bahan. Jumlah Nitrogen yang meningkat akan menurunkan C/N rasio sehingga semakin mempercepat waktu pengomposan (Schuchardt *et al.*, 2002). Kadar C/N Rasio optimum TKKS adalah 30-40 (Oviasogie, *et al.*, 2010). Tujuan lain dari penambahan ALPKS untuk mempertahankan jumlah kadar air yang dibutuhkan selama proses pengomposan. TKKS dan ALPKS yang dimanfaatkan sebagai bahan pengomposan sangat

membantu dalam mengurangi pengolahan limbah agroindustri kelapa sawit.

Selama pengomposan terdapat aliran *input* dan *output* bahan. *Input* merupakan jumlah bahan yang masuk dalam proses pengomposan, sedangkan *output* adalah jumlah bahan yang keluar selama proses pengomposan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penghitungan neraca massa proses pengomposan, supaya diketahui aliran *input* dan *output* nya. Neraca massa merupakan aplikasi dari hukum kekekalan massa yang menyatakan bahwa massa tidak dapat diciptakan atau dihancurkan. Dengan mengetahui neraca massa, akan diketahui *input* nya berupa jumlah TKKS maupun ALPKS yang terpakai dan *output* nya berupa kompos yang dihasilkan, jumlah air yang menguap, air lindi yang keluar selama pengomposan serta keefektifan pengelolaan limbah.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan untuk pembuatan kompos dalam penelitian ini adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan air limbah pabrik kelapa sawit (ALPKS). Bahan-bahan tersebut semuanya didapatkan dari PTPN VII Unit Usaha Bekri. Alat yang digunakan dalam penelitian terdiri dari peralatan laboratorium seperti: oven, termometer, cawan porselen, timbangan digital. Sedangkan peralatan yang digunakan di lapangan antara lain: kotak kayu ukuran 1,5 m x 1 m x 1m, terpal, sarung tangan.

### Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif, data hasil percobaan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Pada penelitian ini bahan baku berupa TKKS dilakukan

pengomposan dengan penambahan ALPKS. Selama pengomposan, dilakukan analisis neraca massa. Untuk menghitung neraca massa, dilakukan pengukuran kadar air pada bahan, pH TKKS, jumlah air lindi, dan kadar air kompos. Selain itu, juga dilakukan analisis terhadap kadar C/N rasio, pengukuran suhu, dan penghitungan air yang menguap.

### Pelaksanaan Penelitian

Proses pengomposan dilakukan dengan penumpukan TKKS dalam kotak ukuran 1,5 meter x 1 meter x 1 meter. Kotak diberi alas berupa terpal yang terhubung ke penampung lindi. Kotak juga diberi atap berupa terpal untuk melindungi dari air hujan. Sebelum dilakukan pengomposan, TKKS terlebih dahulu dicacah sehingga ukurannya lebih kecil. Penyiraman ALPKS dilakukan selama delapan minggu. Teknis penyiraman sebanyak dua kali dalam satu minggu. Pada proses penyiraman, jumlah ALPKS yang ditambahkan ke TKKS diukur dengan gelas ukur. Jumlah ALPKS yang ditambahkan berbeda-beda. Penambahan ALPKS dilakukan hingga tumpukan terlihat jenuh. Indikator kejenuhan dapat terlihat dari air yang mulai merembes keluar dari tumpukan. Selama proses pengomposan, dilakukan pembalikan untuk menjaga aerasi bahan. Proses pembalikan dilakukan sebanyak satu kali dalam satu minggu. Jadwal pembalikan dilakukan pada hari Selasa sedangkan penyiraman dilakukan pada hari Selasa dan Jumat. Proses pembalikan dilakukan dengan cara mengeluarkan kompos mulai dari tumpukan teratas hingga terbawah. Bahan lalu dimasukkan kembali ke kotak dengan urutan bahan yang berada pada posisi teratas dan terbawah diletakkan dibagian tengah, begitu sebaliknya. Proses pengamatan

dilakukan selama delapan minggu yang meliputi pengamatan kadar air bahan serta kompos, pH, dan jumlah lindi. Data yang

diperoleh dianalisis secara deskriptif, disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Proses pengomposan disajikan Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir proses pengomposan

## Pengamatan

### *Pengamatan kadar air*

Kadar air kompos dianalisis dengan mengacu pada penetapan kadar air di Badan Penelitian Tanah Departemen Pertanian (Eviati dan Sulaeman, 2009). Sebanyak 25 g sampel ditimbang dalam cawan yang telah diketahui berat keringnya. Kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100-105 °C selama 12 jam, didinginkan dalam desikator dan

ditimbang. Selanjutnya sampel dipanaskan kembali dalam oven selama 30 menit, didinginkan kembali dalam desikator dan ditimbang kembali beratnya. Hal ini dilakukan berulang-ulang hingga didapatkan berat sampel yang konstan (selisih penimbangan berturut-turut kurang dari 0,2 mg). Selisih antara berat basah dan berat kering merupakan kandungan air dalam bahan atau dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan:

$$\text{Kadar Air (b/b)} = \frac{\text{Berat kering} - \text{Berat basah}}{\text{Berat Basah}} \times 100\%$$

### *Nitrogen Total*

Analisis kandungan N-total pada tumpukan kompos menggunakan Metode Semi-Mikro Kjeldahl (Eviati dan Sulaeman, 2009). Sampel ukuran <0,5 mm ditimbang sebanyak 0,5 g, dan dimasukkan ke dalam tabung digest. Lalu ditambahkan 1 g campuran selen dan 3 ml asam sulfat pekat, didestruksi hingga suhu 350 °C (3-4 jam). Proses destruksi selesai bila keluar uap putih dan didapat ekstrak jernih (sekitar 4 jam). Tabung diangkat dan

kemudian ekstrak diencerkan dengan aquades hingga tepat 50 ml. Lalu dikocok sampai homogen, dan dibiarkan semalam agar partikel mengendap. Ekstrak digunakan untuk pengukuran N dengan cara destilasi. Seluruh ekstrak contoh dipindahkan secara kualitatif ke dalam labu didih (menggunakan aquades dan labu semprot). Lalu ditambahkan sedikit serbuk batu didih dan aquades hingga setengah volume labu. Disiapkan penampung untuk NH<sub>3</sub> yang dibebaskan

yaitu erlenmeyer yang berisi 10 ml asam borat 1% yang ditambah 3 tetes indikator Conway (berwarna merah) dan dihubungkan dengan alat destilasi. Dengan gelas ukur, tambahkan NaOH 40% sebanyak 10 ml kedalam labu didih

yang berisi contoh dan secepatnya ditutup. Didestilasi hingga volume penampung mencapai 50–75 ml (berwarna hijau). Destilat dititrasi dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,050 N hingga warna merah muda. Catat volume titar contoh (V<sub>c</sub>) dan blanko (V<sub>b</sub>).

$$\text{Kadar Nitrogen (\%)} = (V_c - V_b) \times N \times 2,8 \times CF$$

V<sub>c</sub>, V<sub>b</sub> = ml titar contoh dan blanko

N = normalitas larutan baku H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

CF = faktor koreksi kadar air = 100/(100 – % kadar air)

### **Total C-organik**

Kandungan C-organik dianalisis menggunakan metode Walkey and Black (Eviati dan Sulaeman, 2009). Sampel sebanyak 0,2 g yang lolos ayakan 2 mm ditimbang dan dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 250 ml. Sebanyak 5 ml K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 1 N ditambahkan ke dalam labu. Kemudian ditambahkan 10 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat dan digoyang secara perlahan dengan cara memutar labu selama 2 menit. Diusahakan sampel jangan sampai naik ke atas bagian sisi gelas labu sehingga tidak terjadi

kontak dengan pereaksi. Labu akan menjadi panas saat asam sulfat ditambahkan dan dibiarkan selama 30 menit. Sebanyak 100 ml air ditambahkan dan dibiarkan hingga dingin. Menambahkan 5 ml H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> pekat, 2,5 ml larutan NaF 4% dan 5 tetes indikator difenilamin. Sampel dititrasi dengan larutan Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 N hingga warna larutan berubah dari coklat kehijauan menjadi lebih keruh (*turbid blue*). Sampel blanko disiapkan dan dilakukan prosedur yang sama.

$$\text{Kadar Karbon (\%)} = \frac{\text{ml K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times [1 - (S/B)]}{\text{Berat Sampel}} \times 0,3886 \%$$

S = ml titrasi sampel

B = ml titrasi blanko

### **Suhu**

Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan termometer digital yaitu dengan cara memasukan termometer pada tumpukan kompos di tempat yang berbeda sebanyak dua tempat. Data yang didapatkan kemudian dihitung rata-ratanya dan kemudian dijadikan data suhu pengomposan (Yuwono, 2009).

kemudian dilakukan pengukuran pH. Sebelum dilakukan pengukuran, pH meter harus distandarisasi dahulu dengan menggunakan larutan indikator pH 7,0 atau pH 4,0. Selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap larutan sampel dengan elektrodanya ke dalam larutan sampel dan dibiarkan beberapa saat sampai diperoleh pembacaan yang stabil.

### **Pengukuran Derajat Keasaman (pH)**

Data derajat keasaman (pH) mengacu pada AOAC No. 973.04 (1990), yaitu dengan menggunakan pH meter. Sebanyak 10 gr sampel dicampur dengan 50 ml air, didiamkan selama 24 jam dan

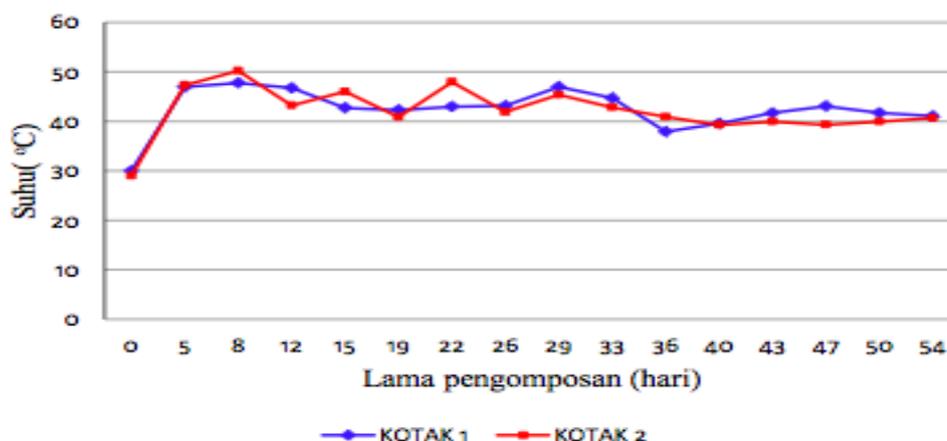
## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Suhu**

Proses pengamatan suhu dilakukan dua kali setiap minggu selama 54 hari pengomposan. Proses pengamatan suhu

dilakukan dengan menggunakan termometer digital, yaitu dengan cara menancapkan termometer pada tumpukan TKKS selama kurang lebih dua menit. Termometer ditancapkan pada dua titik tumpukan kompos, selanjutnya nilai dari

masing-masing titik dicatat. Nilai suhu pengomposan didapatkan dari jumlah rata-rata dari setiap tumpukan. Hasil pengukuran suhu pengomposan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik pengamatan suhu pengomposan

Pada hari pertama hingga hari kelima terjadi peningkatan suhu yang cukup drastis. Suhu tumpukan adalah 29-30°C meningkat hingga 46-47°C. Peningkatan ini terjadi karena energi yang dihasilkan selama proses fermentasi oleh mikroorganisme. Pada hari ke 5 hingga 29, suhu pengomposan berkisar antara 46-51°C. Menurut Yurmiati (2008), suhu optimum untuk fase termofilik berkisar antara 50-70°C dan akan terjadi setelah hari kedua. Mikroba yang dominan akan mulai mendekomposisi senyawa yang mudah terlarut, yang mudah terdegradasi, yang mengandung nutrisi tinggi, dan berukuran partikel yang relatif kecil. Pada suhu 45-55°C merupakan suhu optimum untuk mendegradasi bahan yang dikomposkan (Stentiford, 1996). Setelah hari ke 29, suhu perlahan-lahan menjadi turun. Fenomena ini terjadi karena karbon yang ada di TKKS mulai berkurang, sedangkan jumlah mikroorganisme banyak sehingga mikroorganisme saling berebut karbon sebagai substratnya.

Mikroorganisme yang tidak mendapat substrat akan mati sehingga jumlah mikroorganisme akan berkurang.

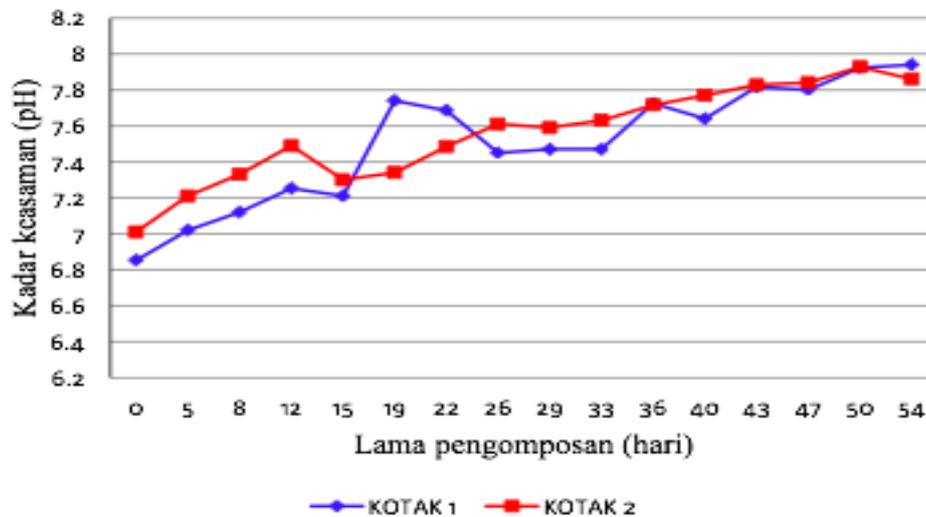
Suhu tertinggi selama proses pengomposan terjadi pada hari ke delapan, yaitu mencapai 49,9°C pada kotak 1 dan 50,9°C pada kotak 2. Tahap termofilik terjadi pada hari ke lima hingga ke-15, selanjutnya terjadi tahap mesofilik mulai hari ke-16 hingga hari ke-58. Tahap mesofilik ditandai dengan suhu berkisar antara 15-45°C. Menurut Erwan *et al.* (2012), peningkatan suhu disebabkan oleh energi panas yang dilepaskan dari oksidasi metabolik bakteri.

### Derajat Keasaman (pH)

Faktor lain yang berpengaruh terhadap proses pengomposan adalah pH. Data pengamatan pH berfungsi sebagai indikator proses dekomposisi kompos. Reaksi kimia yang terjadi selama proses pengomposan menyebabkan perubahan pada pH bahan yang dikomposkan. Pengamatan pH dalam penelitian ini

dilakukan di setiap pembalikan kompos, yaitu dua kali setiap minggu. Sampel diambil setelah dilakukan pembalikan kompos. Hal ini dimaksudkan agar sampel

yang terambil benar-benar homogen. Pengamatan pH selama proses pengomposan disajikan pada grafik pengamatan pH pengomposan (Gambar 3).



Gambar 3. Grafik pengamatan derajat keasaman (pH)

Nilai pH untuk awal pengomposan pada kotak 1 adalah 6,85 dan pada kotak 2 sebesar 7,01. Pada akhir pengomposan, pH pada kotak 1 dan kotak 2 sebesar 7,94 dan 7,86. Fenomena kenaikan pH disebabkan peningkatan Amonia oleh reaksi biokimia dari bahan yang mengandung Nitrogen. Menurut Baharuddin *et al.* (2009), penambahan ALPKS pada proses pengomposan akan meningkatkan nitrogen yang menjadi pemicu peningkatan pH selama proses pengomposan, dari pH asam mendekati netral.

Produksi amonia dari senyawa yang mengandung nitrogen akan meningkatkan pH pada awal masa pengomposan. Menurut Kananam *et al.* (2011), kadar pH kompos yang sudah mendekati matang akan mendekati netral. Bahan baku yang semula asam akan menjadi netral karena adanya penambahan  $\text{NH}_4^+$  hasil dari proses amonifikasi. Jumlah nitrogen yang semakin banyak dari ALPKS akan semakin meningkatkan pH. Pada hari ke 15, terjadi kenaikan pH yang

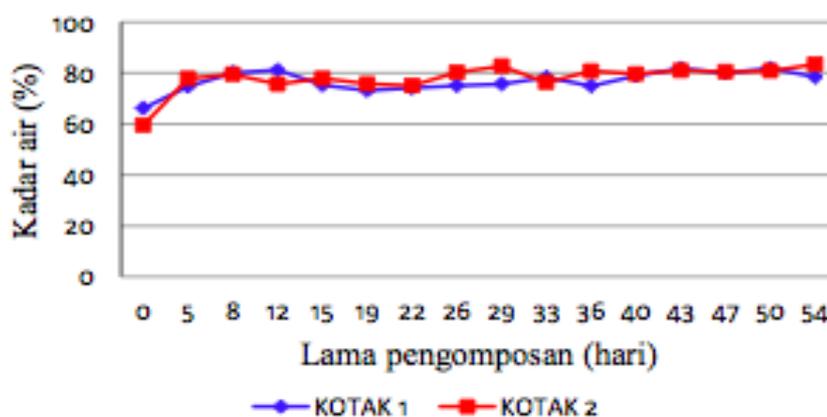
ekstrem pada kotak 1. Hal tersebut kemungkinan besar terjadi karena jumlah mikroba yang ada di dalam kotak 1 lebih banyak melakukan proses amonifikasi daripada kotak 2. Menurut Razali *et al.* (2012), fenomena kenaikan pH selama proses pengomposan disebabkan oleh peningkatan amonia yang dihasilkan oleh reaksi biokimia dari bahan yang mengandung nitrogen. Siklus perubahan pH dari asam ke basa dapat dikaitkan dengan aktifitas mikroba dan proses penguraian amonia yang mengarah pada pembentukan  $\text{NH}_4\text{OH}$ , sehingga kondisi asam bergerak ke arah basa. Pada penelitian Baharuddin *et al.* (2009), tercatat penggunaan ALPKS dan bahan nitrogen secara kontinyu menjadi metode yang bagus untuk menghasilkan kompos dengan kondisi akhir pH sebesar 6-8,5. Kondisi ini dilaporkan baik untuk semua jenis tanaman.

#### Kadar Air

Mikroorganisme dapat mengurai bahan organik apabila tersedia cukup air.

Air yang ada pada bahan berfungsi untuk metabolisme dan pertumbuhan mikroba. Oleh karena itu, pemantauan terhadap kadar air tumpukan kompos harus selalu dilakukan agar kadar air kompos selalu dalam keadaan optimum. Proses pengomposan berlangsung dengan asumsi

sebagian air akan teruapkan karena dilakukan di tempat terbuka sehingga perlu dilakukan pengaturan serta penyiraman yang dilakukan bersamaan dengan pembalikan. Hasil pengamatan kadar air selama 54 hari pengomposan disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik pengamatan kadar air (KA)

Data grafik pengamatan kadar air (Gambar 4) dapat dilihat bahwa kadar air pada setiap kotak perlakuan berada dalam kondisi diatas 75% selama proses pengomposan. Kondisi tersebut bertahan dari awal hingga akhir pengomposan, menyebabkan suhu proses yang cenderung dibawah 50°C. Kondisi kadar air sejumlah ini membuat aktifitas mikroba tidak optimum dan cenderung mengubah kondisi aerob menjadi anaerob. Hal ini juga mengakibatkan terlarutnya unsur hara yang ada pada TKKS ke lindi. Selain itu, di sisi lain juga memperlambat waktu pengomposan.

Proses pengomposan yang dilakukan dengan penambahan ALPKS bertujuan untuk menjaga kadar air. Pada penambahan pertama, kadar air pada TKKS yang semula 59,49-66,13% ditambah ALPKS hingga jenuh menjadi 74,72-77,82%. ALPKS yang ditambahkan pada hari selanjutnya hingga akhir pengomposan dilakukan dengan rata-rata kadar air TKKS setelah penyiraman

sebesar 76,81-77,88%. Penambahan ALPKS dilakukan dengan indikator kejenuhan pada TKKS, yaitu pada saat air yang digunakan untuk menyiram mulai keluar dari tumpukan.

Menurut Setyorini *et al.*(2010), kadar air memegang peranan yang sangat penting dalam proses metabolisme mikroba dan secara langsung berpengaruh pada suplai oksigen. Kadar air 50-60% adalah kisaran optimum untuk metabolisme mikroba. Apabila kadar air di bawah 50%, aktivitas mikroba akan mengalami penurunan. Apabila kadar air lebih besar dari 60%, volume udara berkurang. Akibat hal ini, aktivitas mikroba akan menurun dan terjadi fermentasi anaerobik yang menimbulkan bau tidak sedap.

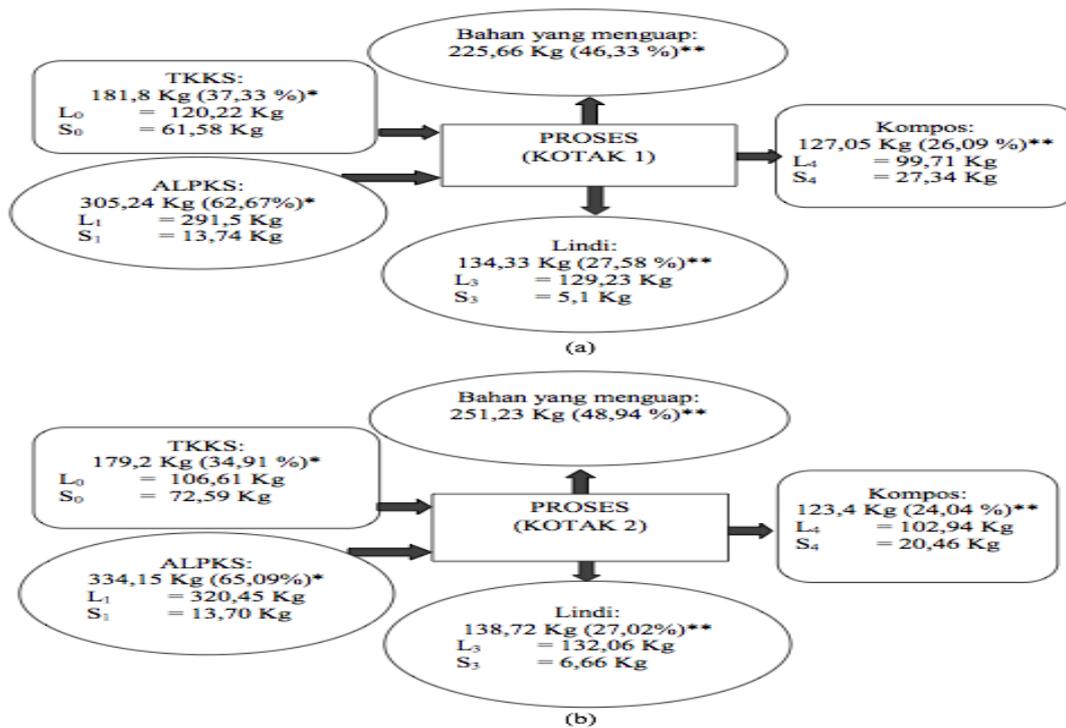
Menurut Baharuddin *et al.* (2009), selama pengomposan dapat dilakukan penambahan ALPKS untuk menjaga kadar air. Dengan demikian, aktifitas mikroorganisme dapat tetap berjalan dengan optimum. Suhu lingkungan yang

tinggi serta seringnya pembalikan mengakibatkan air dari tumpukan kompos terus-menerus menguap. Oleh karena itu, ALPKS ditambahkan untuk mengatasi air yang menguap selama pengomposan. Kadar air yang diharapkan pada akhir pengomposan adalah sebesar 60%.

**Neraca Massa**

Neraca massa digunakan untuk melihat jumlah aliran bahan yang masuk dan keluar dalam suatu proses berdasarkan Hukum Kekekalan Massa, yaitu jumlah

aliran masuk sama dengan jumlah aliran keluar. Menurut Maflahah (2010), suatu sistem apapun, jumlah materi akan tetap walaupun terjadi perubahan secara fisik. Oleh karena itu, dalam suatu proses pengolahan akan terjadi jumlah bahan yang masuk akan sama dengan jumlah bahan yang keluar sebagai produk yang dikehendaki ditambah dengan jumlah limbah. Berikut disajikan data rata-rata neraca massa pengomposan TKKS pada Gambar 5a dan data neraca massa per ton TKKS pada Gambar 5b.



Gambar 5. Neraca Massa Pengomposan pada kotak 1 (gambar 5a) dan kotak 2 (gambar 5b)

\* = Jumlah persentase pada masing – masing *input*  
 \*\*= Jumlah persentase pada masing – masing *output*

Bahan baku berupa TKKS dan ALPKS yang digunakan dibagi dalam dua buah kotak. *Input* kotak pertama berupa TKKS sebanyak 181,8 Kg (37,33 %) dan ALPKS sebanyak 305,24 Kg (62,67 %). *Output* berupa lindi sebanyak 134,33 Kg (27,58 %), kompos sebanyak 127,05 Kg (26,09 %), dan bahan yang menguap sebanyak 225,66 Kg (46,33 %). Pada

kotak dua, *input* berupa TKKS sebanyak 179,2 Kg (34,91 %) dan ALPKS sebanyak 334,15 Kg (65,09 %). *Output* berupa lindi sebanyak 138,72 Kg (27,02 %), kompos sebanyak 123,4 Kg (24,04 %), dan bahan yang menguap sebanyak 251,23 Kg (48,94 %). Rata-rata *input* berupa TKKS sebanyak 180,5 Kg (36,09 %) dan ALPKS sebanyak 319,695 Kg (63,91 %). *Output*

berupa lindi sebanyak 136,53 Kg (27,29 %), kompos sebanyak 125,225 Kg (25,04 %), dan bahan yang menguap sebanyak 238,445 Kg (47,67 %).

Jika data TKKS dikonversikan dalam ton, maka 1 ton TKKS memerlukan ALPKS sebanyak 1,89 m<sup>3</sup>. Hasil yang diperoleh, berupa kompos sebanyak 693,90 Kg, lindi sebanyak 0,771 m<sup>3</sup> dan bahan yang menguap sebanyak 1321,01 Kg. Untuk pengolahan sebanyak 4,35 ton TBS maka akan menghasilkan TKKS sebanyak 1 ton dan ALPKS sebanyak 2,61 m<sup>3</sup>. Jumlah ALPKS yang belum dimanfaatkan sebanyak 0,17 m<sup>3</sup>/ton TBS. Hal ini berarti bahwa tidak seluruh ALPKS akan digunakan untuk penyiraman selama pengomposan berlangsung, sisa ALPKS yang tidak dimanfaatkan perlu diolah supaya tidak mencemari lingkungan.

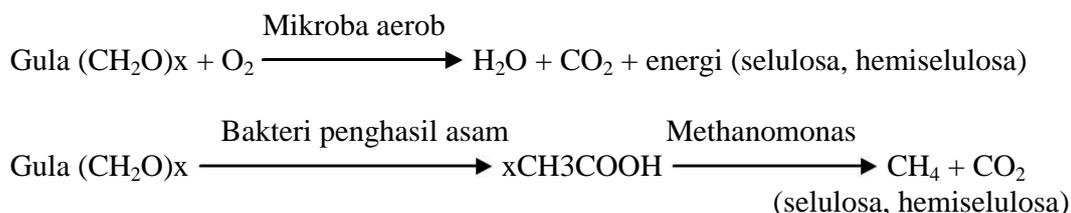
Perubahan fisik yang terjadi pada kompos antara lain: perubahan tinggi tumpukan, berat bahan, warna, dan tekstur. Tinggi tumpukan yang semula mencapai 75 cm, turun menjadi 57cm. Hal ini terjadi karena adanya perubahan struktur bahan organik yang dilakukan oleh mikroorganisme. Proses penguraian ini memberikan dampak pada berat bahan selama proses pengomposan. Menurut Widyapratami (2011), mekanisme pengomposan secara umum dimulai saat mikroorganisme mengambil air, oksigen dari udara dan makanan dari bahan organik. Bahan-bahan tersebut akan dikonversi menjadi produk metabolis biologis berupa CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, humus, dan energi. Energi dimanfaatkan untuk melakukan pertumbuhan dan sisanya dibebaskan menjadi panas. Menurut Kananam *et al.* (2011), jumlah rata-rata degradasi bahan organik pada proses pengomposan aerob lebih besar daripada proses pengomposan anaerob. Ini terjadi karena mikroorganisme yang tumbuh pada

proses pengomposan aerob antara lain bakteri dan jamur. Sedangkan Jamur tidak tumbuh pada proses pengomposan anaerob karena membutuhkan oksigen untuk pertumbuhan dan aktifitasnya. Proses perubahan kimia yang terjadi pada proses pengomposan yaitu adanya penurunan C/N rasio akibat adanya aktifitas mikroba. Menurut Amira *et al.* (2012), proses pengomposan akan mendegradasi lignoselulosa berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Proses degradasi lignoselulosa melibatkan enzim *Cellulase* dan *Xylanase*. Enzim dihasilkan oleh jamur yang tumbuh selama proses pengomposan. *Cellulase* akan mendegradasi selulosa dan *Xylanase* akan mendegradasi hemiselulosa. Selulosa dan hemiselulosa yang berbentuk senyawa kompleks akan didegradasi menjadi gula sederhana berupa glukosa yang akan mengalami proses fermentasi secara aerobik yang menghasilkan karbondioksida, air, dan energi. Dari proses fermentasi yang terjadi, akan menyisakan kompos yaitu berupa hasil dari degradasi bahan organik (Widyapratami, 2011).

Selama proses pengomposan, pada setiap kotak mengalami penurunan berat (padatan) sebesar: 56,93 % pada kotak 1 dan 68,57% pada kotak 2. Penurunan berat terjadi karena adanya penguapan karbon dalam bentuk CO<sub>2</sub> dan CH<sub>4</sub>. Selama proses fermentasi, terjadi proses perubahan lignoselulosa yang berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa dan hemiselulosa selama proses fermentasi akan berubah menjadi gula sederhana berupa glukosa (Widyapratami, 2011). Gas metan akan dihasilkan dari proses fermentasi anaerob pada glukosa. Pada proses pengomposan aerob, kemungkinan terjadinya proses anaerob akan mungkin terjadi apabila kadar air terlalu tinggi (Setyorini, 2010). Hal ini

terjadi karena oksigen akan susah masuk di bagian tengah tumpukan. Akibat dari hal tersebut, pada bagian tengah tumpukan akan terjadi proses fermentasi anaerob

yang menghasilkan  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$ . Widyapratami (2011), reaksi yang terjadi pada sistem aerobik dan anaerobik terjadi sebagai berikut.



Proses pengomposan yang dilakukan selama 54 hari dengan kadar air rata-rata 76,81 - 77,88 %. Hal ini dapat memicu fermentasi anaerob karena oksigen tidak dapat masuk ke tumpukan bagian dalam, sehingga jumlah selisih padatan diperkirakan berupa selulosa dan hemiselulosa yang telah menjadi gula sederhana yang terfermentasi secara anaerob dan menjadi  $\text{CH}_4$  dan  $\text{CO}_2$  yang menguap. Pada proses penurunan C/N rasio selama pengomposan ada dua hal yang terjadi, yaitu penurunan karbon dan kenaikan jumlah nitrogen dari penambahan ALPKS. Proses penurunan jumlah karbon terjadi karena adanya karbon yang menguap diduga dalam bentuk  $\text{CO}_2$  dan  $\text{CH}_4$ . Menurut Oviasogie *et al.* (2011), proses pengomposan yang optimum dilakukan dengan C/N rasio awal sebesar 30-40. Pada awal pengomposan, nilai C/N rasio sebesar 28,86 dengan rincian karbon sebesar 32,32 % dan nitrogen sebesar 1,12 %. Pada akhir masa pengomposan, nilai C/N rasio sebesar 8,91 dengan rincian karbon sebesar 23,07 % dan nitrogen sebesar 2,59 %. Nilai rata-rata C/N rasio pada TKKS adalah 35-45 (Yeoh, 2010). Pada penelitian ini, C/N rasio TKKS sebesar 28,86 karena TKKS sempat dibiarkan selama 15 hari di ruang terbuka karena menunggu persiapan tempat penelitian. Sehingga kemungkinan terjadi penurunan C/N rasio akibat fermentasi.

Menurut Priyono (2008), lindi adalah cairan sampah hasil ekstraksi bahan terlarut maupun tersuspensi dengan kandungan polutan yang tinggi yang terdiri dari senyawa-senyawa kimia hasil dekomposisi kompos. Lindi dapat merembes melalui tanah sehingga dimungkinkan dapat mencemari air tanah. Jumlah lindi yang banyak mengandung  $\text{NH}_3$ , apabila dibuang ke badan sungai dapat menyebabkan *blooming* alga yang menyebabkan turunnya DO air sungai.

## KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka kesimpulan yang dapat diambil adalah (1) Secara keseluruhan, *input* berupa TKKS yang digunakan sebanyak 179,2 - 181,8Kg dan ALPKS sebanyak 305,24 - 334,15Kg. *Output* berupa lindi sebanyak 134,33-138,72Kg, kompos sebanyak 123,4-127,05Kg, dan bahan yang menguap sebanyak 225,66-251,23Kg; (2) C/N rasio pada Tandan Kosong Kelapa Sawit sebesar 28,86 dan C/N rasio kompos sebesar 8,91.

## DAFTAR PUSTAKA

Amira, R. D., A.R. Roshanida, and M.I. Rosli. 2012. Effects of xylanase and cellulase production during composting of EFB and POME using fungi. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and*

- Biotechnological Engineering. 6 (8): 581-584.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis 15<sup>th</sup> Edition. Association of Official Analytical Chemist. Washington D.C. pp10.
- Baharuddin A. S., N. Kazunori, S. Abd-Aziz, M. Tabatabaei, N. A. A. Rahman, M. A. Hassan, M. Wakisaka, K. Sakai and Y. Shirai. 2009. Characteristics and microbial succession in co-composting of oil palm empty fruit bunch and partially treated palm oil mill effluent. *The Open Biotechnology Journal*. 3: 92-100.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2015. Luas Areal Dan Produksi Perkebunan Seluruh Indonesia Menurut Pengusahaan. Departemen Pertanian. Jakarta. 2 hlm.
- Erwan, M. R. Ismail, H. M. Saud, S. H. Habib, S. Siddiquee and H. Kausar. 2012. Physical, chemical and biological changes during the composting of oil palm frond. *African Journal of Microbiology Research*. 6(19): 4084-4089
- Haug, R.T.. 1993. *The Practical Handbook of Compost Engineering*. CRC Press. pp 752.
- Kananama, W, T. T. Suksaroja, C.Suksaroj. 2011. Biochemical changes during oil palm (*Elaeis guineensis*) empty fruit bunches composting with decanter sludge and chicken manure. *Science Asia* . 37 : 17-23.
- Maflahah, I. 2010. Analisis proses pembuatan pati jagung (maizena) berbasis neraca massa. *Jurnal Embryo* 7(1): 40 - 45.
- Oviasogie, P. O., N. O. Aisueni, and G. E. Brown. 2010. Oil palm composted biomass: a review of the preparation, utilization, handling, and storage. *African Journal of Agricultural Research*. 5(13): 1553-1571.
- Priyono, A., dan D. U. Wahyu. 2008. Pengolahan Leachate (Air Lindi) Pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jatibarang Semarang Secara Anaerob. (Makalah Penelitian). Universitas Diponego. Semarang. 7 hlm.
- Razali, W. A. W., A. S. Baharuddin, A. T. Talib, A. Sulaiman, M. N. Naim, M. A. Hassan, and Y. Shirai. 2012. Degradation of palm empty fruit bunch (OPEFB) fibre during composting process using in-vessel composter. *BioResources*. 7(4): 4786 - 4805.
- Schuchardt, F., D. Darnoko, and P. Guritno. 2002. Composting of Empty Oil Palm Fruit Bunch (EFB) With Simultaneous Evaporation of Oil Mill Waste Water (POME). *International Oil Palm Conference*. Nusa Dua. Bali. Indonesia. July 8 – 12. pp: 1-9.
- Setyorini, D., R. Saraswati, dan E. K. Anwar. 2010. *Kompos*. Departemen Pertanian. Jakarta. 37 hlm.
- Stentiford. 1996. *Composting Control: Principle and Practice*. In: *The Science of Composting*, Bertoldi, M., P. Sequi, B. Lemmes, T. Papi (eds). Springer. pp:49-59.
- Eviati dan Sulaeman. 2009. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Edisi 2. Balai Penelitian Tanah. Departemen Pertanian. Bogor. 234 hlm.
- Widyapratami, H. 2011. *Pemanfaatan Enzim Selulase Dalam Dekomposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit*. (Skripsi). Universitas Indonesia. Depok.
- Yeoh, C. Y., N. L. Chin, C. S. Tan and H. S. Ooi. 2012. Industrial scale co-composting of palm oil mill waste with starter cultures. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 10 (2): 771-775.
- Yuwono, D. 2009. *Seri Agritekno Kompos*. Penebar Swadaya, Jakarta. 92 hlm.