

**PENGATURAN FASE TERMOFILIK PADA PENGOMPOSAN TANDAN KOSONG
KELAPA SAWIT: IMPLIKASINYA TERHADAP AKTIVITAS JASAD PEROMBAK
DAN PEMBENTUKAN HUMAT**

***THERMOPHIC PHASE REGULATION IN THE COMPOSTING OF OIL PALM
EMPTY FRUIT BUNCHES: ITS IMPLICATIONS ON DEGRADATION ACTIVITIES
AND HUMAT FORMATION***

Ares Try Putra Handrah¹, Yanisworo Wijaya Ratih^{2}, R. Agus Widodo²*

1) Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, UPN "Veteran" Yogyakarta

2) Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UPN "Veteran" Yogyakarta

*Corresponding author: yanis@upnyk.ac.id

ABSTRACT

Oil palm empty fruit bunches contain a lot of lignin. Lignin compounds are the basic components of humate. In the composting process, lignin decomposition occurs in the thermophilic phase. This study aims to determine the effect of setting the thermophilic phase in the composting of empty palm oil bunches on decomposing activity and humate formation. The thermophilic phase was regulated at 55°C using an incubator. The study was arranged in a completely randomized two-factor design. The first factor is the incubation time in the thermophilic phase, consisting of four levels, namely incubation for 0 weeks, 1 week, 2 weeks and 3 weeks. The second factor is the type of bioactivator, namely Orgadec and Promi. Parameters observed were compost color, pH, C and N content, C/N ratio, humate formation, CO₂ evolution and OPEFB weight loss. The results showed that setting the incubation time for the thermophilic phase at 55°C had a significant effect on the color change of the compost, increasing the CO₂ evolution and total N-content as well as decreasing the C-organic content and the weight of the OPEFB compost. Setting the incubation time of the thermophilic phase at 55°C had an effect on decreasing the pH and formation of humic acid, although not significantly. The type of bioactivator has no effect on all observed parameters.

Keywords: *Bio-activator, Composting, Humic acid, OPEFB, Thermophilic.*

ABSTRAK

Tandan kosong kelapa sawit banyak mengandung lignin. Senyawa lignin adalah komponen dasar penyusun humat. Pada proses pengomposan, perombakan lignin terjadi pada fase termofil. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengaturan fase termofilik pada pengomposan tandan kosong kelapa sawit terhadap aktivitas perombak dan pembentukan humat. Fase termofil diatur pada suhu 55°C menggunakan inkubator. Penelitian disusun dalam rancangan acak lengkap dua faktor. Faktor pertama berupa waktu inkubasi pada fase termofil, terdiri atas empat aras yaitu inkubasi selama 0 minggu, 1 minggu, 2 minggu, dan 3 minggu. Faktor kedua berupa jenis bioaktivator, yaitu Orgadec dan Promi. Parameter yang diamati yaitu warna kompos, pH, kadar C dan N, rasio C/N, pembentukan humat, evolusi CO₂ dan kehilangan berat TKKS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaturan waktu inkubasi fase termofil 55°C berpengaruh nyata terhadap perubahan warna kompos, peningkatan evolusi CO₂ dan kandungan N-total serta penurunan kandungan C-organik dan berat kompos TKKS. Pengaturan waktu inkubasi fase termofil suhu 55°C berpengaruh terhadap penurunan pH dan pembentukan asam humat, meskipun tidak secara signifikan. Jenis bioaktivator tidak berpengaruh terhadap semua parameter yang diamati.

Kata kunci: *Bioaktivator, Fase termofil, Humat, Pengomposan, TKKS.*

PENDAHULUAN

Industri kelapa sawit menghasilkan minyak dalam jumlah yang cukup besar namun pengolahan kelapa sawit menghasilkan limbah padat seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS), yang jumlahnya dapat mencapai 23% dari seluruh proses pengolahan kelapa sawit (Rahmadi *et al.*, 2014). Untuk mengatasi penumpukan limbah TKKS perlu dilakukan penanganan, salah satunya adalah dengan mengomposkannya. Kendala dalam pengomposan TKKS antara lain adalah bahwa TKKS merupakan bahan organik kompleks yang komponen penyusunnya adalah material berserat yang kaya unsur karbon, yaitu selulosa 32,0 %, hemiselulosa 24,4 %, dan Lignin dapat mencapai 23,2 sampai 34,9 % (Tan *et al.*, 2016; Karunakaran *et al.*, 2020). Proses perombakan bahan berserat yang mengandung lignin tinggi memerlukan waktu yang cukup lama.

Tahap awal proses pengomposan adalah perombakan senyawa-senyawa sederhana yang mudah terombak dengan cepat oleh mikroba mesofilik. Suhu kompos akan meningkat, sehingga memasuki fase termofilik dengan suhu berkisar antara 45°C sampai dengan 65°C. Pada fase termofilik, keberadaan mikroba mesofilik tersukses oleh mikroba termofilik. Pada fase ini terjadi penguraian bahan organik yang sulit dirombak seperti selulosa dan lignin secara aktif. Lignin terfragmentasi menjadi senyawa yang lebih sederhana. Fase termofilik merupakan fase yang penting dalam proses pengomposan. Hal ini karena pada fase tersebut terjadi peningkatan dekomposisi. Fase termofilik juga merupakan tahap awal pembentukan humus, yang pembentukannya terus berlanjut sampai dengan fase pematangan (Deportes *et al.*, 1995).

Secara alami, lama fase termofil bervariasi, pada umumnya berlangsung sekitar satu minggu. Dengan menggunakan inokulum yang sesuai yaitu yang mengandung jasad pendegradasi yang bersifat termofil, diharapkan fase termofilik menjadi lebih lama, sehingga proses perombakan bahan yang sulit terdegradasi menjadi lebih baik. Namun demikian fase termofil selama pengomposan yang terlalu lama dapat mempengaruhi keberadaan jasad mesofil, sehingga perlu diatur. Penelitian tentang pengaturan fase termofil dengan menggunakan bioaktivator yang tepat, diharapkan dapat mempercepat waktu pengomposan dan meningkatkan kualitas kompos berdasarkan kadar humat yang terbentuk. Dalam penelitian ini, bioaktivator yang digunakan adalah Orgadec dan Promi. Ke dua bioaktivator biasa digunakan sebagai perombak limbah perkebunan, karena mengandung mikroba yang dapat merombak selulosa maupun lignin. Meskipun Orgadec dan promi mengandung mikroba perombak selulosa dan lignin, namun demikian spesies mikroba penyusunnya berbeda. Orgadec merupakan bioaktivator yang mengandung mikroba berupa *Trichoderma Pseudokoningii* dan *Cytophagea sp.* Kedua mikroba ini memiliki kemampuan yang tinggi dalam menghasilkan enzim penghancur lignin dan selulosa secara bersamaan (Didik dan Yufinal, 2008). Mikroba yang terdapat dalam Promi merupakan formula mikroba unggul yang dapat menguraikan limbah organik pertanian atau perkebunan, yaitu *Trichoderma harzianum* Dt 38, *T. Pseudokoningii* DT 39, *Aspergillus sp* dan fungi pelapuk putih yang dikenal mempunyai kemampuan tinggi dalam merombak lignin (Badan Standardisasi Nasional, 2004).

Penelitian pengaturan lama inkubasi pada fase termofil sudah dilakukan pada beberapa bahan yaitu jerami padi, limbah baglog, glirisidae, dan sampah pasar, dengan pengaturan pada suhu 50 °C (Kurniawan, 2015; Ratih *et al.*, 2015; Ratih *et al.*, 2018,). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaturan inkubasi pada fase termofil lebih efektif diterapkan pada bahan yang berserat tinggi, seperti jerami dan limbah baglog (Inkubasi pada fase termofil (suhu 50 °C) sampai 3 minggu belum menurunkan aktivitas perombakan bahan, sedangkan Ratih *et al.* (2015), menunjukkan bahwa inkubasi pada fase termofil (suhu 50 °C)

Handrah, Ratih, Widodo: Pengaturan Fase Termofilik

selama 4 minggu menurunkan aktivitas perombakan bahan berupa TKKS, dengan inokulum berasal dari rumen sapi. Dalam penelitian ini, suhu fase termofil ditentukan sebesar 55°C.

BAHAN DAN METODE

Inokulum berupa bioaktivator :

Bioaktivator berupa Orgadec dan Promi disiapkan dengan menimbang sesuai dosis yang dibutuhkan yaitu 1 kg/100 kg bahan dasar kompos untuk Orgadec dan 1 kg/1000 kg bahan dasar kompos untuk Promi. Jadi, dalam satu unit percobaan dengan 500 gr TKKS dibutuhkan 5 gr bioaktivator Orgadec atau 0,5 gr bioaktivator Promi. Bioaktivator disuspensikan dengan air, dicampur dengan molase kemudian disiramkan diatas bahan kompos yang sudah dicacah.

Proses pengomposan (Ratih *et al.*, 2015).

Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dipotong dengan ukuran 2 cm, diatur C/N rasionya sehingga mencapai 30:1 dengan menambahkan urea. Sebanyak 500g ditempatkan dalam wadah. Bioaktivator diinokulasikan ke bahan dalam bentuk suspensi sesuai dosis anjuran, ditambah 1,25 ml molase. Kelembaban diatur sehingga mencapai 70 % WHC dengan menambahkan akuades. Bahan selanjutnya diinkubasi selama 1 minggu pada suhu ruang, kemudian dilakukan pengaturan fase termofil pada suhu 55 °C menggunakan inkubator yang dimodifikasi (Rochaeni *et al.*, 2021) dengan perlakuan sebagai berikut:

1. Bahan diinkubasi lanjut pada fase termofil suhu 55 °C selama 0 minggu, kemudian diinkubasikan kembali pada suhu ruang selama 5 minggu.
2. Bahan diinkubasi lanjut pada fase termofil suhu 55 °C selama 1 minggu, kemudian diinkubasikan kembali pada suhu ruang selama 4 minggu
3. Bahan diinkubasi lanjut pada fase termofil suhu 55 °C selama 2 minggu, kemudian diinkubasikan kembali pada suhu ruang selama 3 minggu.
4. Bahan diinkubasi lanjut pada fase termofil suhu 55 °C selama 3 minggu, kemudian diinkubasikan kembali pada suhu ruang selama 2 minggu.

Parameter dan Analisis data

Parameter yang diamati adalah: warna, pH, kadar C, kadar N, rasio C/N, pembentukan humat, evolusi CO₂ dan persentase kehilangan berat TKKS. Pengamatan warna kompos menggunakan *munsell color chart*, pH dengan menggunakan pH meter. Kadar C-organik ditentukan dengan menggunakan metode Walkley and Black. N-total dianalisis menggunakan metode Kjeldahl. Pembentukan humat dianalisis dengan metode gravimetri setelah pengendapan dengan H₂SO₄. Evolusi CO₂ dianalisis menggunakan metode titrasi dan parameter kehilangan berat TKKS ditentukan dengan pengamatan secara langsung dengan menimbang TKKS setelah pengomposan selesai. Data yang diperoleh dari hasil analisis laboratorium selanjutnya diuji secara statistik dengan sidik ragam (anova) jenjang nyata 5%. Untuk mengetahui perbedaan nyata antar perlakuan digunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini dilakukan analisis awal terhadap sifat kimia dan fisik limbah tandan kosong kelapa sawit. Analisis dilakukan untuk mengetahui gambaran awal komposisi bahan kompos tersebut. Hasil analisis terhadap sifat kimia dan fisik bahan yang digunakan dalam penelitian disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Sifat Kimia dan Fisik Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebelum Pengomposan

Sifat Kimia dan Fisik	Kandungan awal TKKS
C-Organik (%)	60,00
N-Total (%)	0,84
Rasio C/N	71,43
pH	6,00
Berat Bahan (gr)	500,00
Warna	Coklat kekuningan

Dari hasil analisis bahan kompos tandan kosong kelapa sawit sebelum pengomposan (tabel 1) dapat diketahui bahwa limbah tandan kosong kelapa sawit termasuk bahan yang tidak mudah terombak karena memiliki rasio C/N yang tinggi, sehingga pada pengomposan C/N rasio diatur 30:1 dengan penambahan pupuk urea dan penambahan mikroorganisme perombak karbohidrat berserat seperti lignin dan selulosa yang terdapat didalam bioaktivator komersial Orgadec dan Promi.

Warna kompos

Pengomposan merupakan proses dekomposisi bahan-bahan organik dengan suhu tertentu sehingga menghasilkan kompos yang dapat bermanfaat bagi tanah tanpa merusak lingkungan. Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan hasil kompos meliputi: warna, tingkat kemasaman (pH), C-organik, N-total, rasio C/N, humat, evolusi CO₂ dan kehilangan berat pada bahan kompos tandan kosong kelapa sawit yang dikomposkan dengan perlakuan pengaturan fase termofilik 55°C pada berbagai waktu inkubasi dan dua jenis bioaktivator komersial Orgadec dan Promi.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwasanya perlakuan inkubasi pada fase termofil mempengaruhi warna kompos. Semakin lama perlakuan pada fase termofil maka warna kompos semakin gelap sedangkan perbedaan perlakuan bioaktivator tidak mempengaruhi perbedaan warna kompos. Semua perlakuan menunjukkan *hue* yang sama (*hue* 5 YR), namun perbedaannya pada *value* dan *chroma*. Menurut Alpendari (2015) nilai *value* yang semakin kecil menunjukkan warna yang semakin gelap dan nilai *chroma* yang semakin besar menunjukkan warna yang semakin gelap pula. Pada penelitian ini warna perlakuan W3 (3 minggu fase termofil 55°C) dan W2 (2 minggu fase termofil 55°C) memiliki tingkat warna yang sama yaitu 5 YR 3/4, W1 (1 minggu fase termofil 55°C) yaitu 5 YR 3/3 dan W0 (0 minggu fase termofil 55°C) yaitu 5 YR 4/3.

Junedi (2008) mengemukakan bahwa kompos yang dikatakan matang jika memiliki perubahan warna menjadi semakin gelap dan berbau tanah. Pada penelitian ini menunjukkan warna semakin gelap dengan semakin lamanya waktu inkubasi pada fase termofilik. Perubahan warna kompos disebabkan karena mikroba pada masing-masing perlakuan berfungsi dengan baik untuk mendekomposisi bahan organik. Warna paling dominan dari semua penelitian yaitu warna *dark reddish brown* (coklat tua kemerahan). Hal ini dimungkinkan karena adanya humus dan adanya bahan-bahan yang amorf yang membentuk warna gelap pada proses pengomposan. Warna kompos tandan kosong kelapa sawit sampai akhir pengamatan belum mencapai warna kompos yang paling baik sesuai dengan SNI 19-7030-2004 disebabkan tandan kosong kelapa sawit mengandung banyak serat dan lignin yang sulit dikomposkan sehingga diperlukan penambahan waktu pengomposan.

pH

Tingkat kemasaman merupakan salah satu faktor kritis bagi pertumbuhan mikroorganisme yang terlibat dalam proses pengomposan. Pengamatan pH berfungsi sebagai

Handrah, Ratih, Widodo: Pengaturan Fase Termofilik

indikator proses dekomposisi kompos. Mikroba bekerja pada keadaan pH netral hingga sedikit asam dengan kisaran 7 – 8. Kompos yang sudah matang biasanya mempunyai nilai pH mendekati netral (Epstein, 1997). Tabel 2 menunjukkan tingkat kemasaman (pH) pada kompos tidak memiliki perbedaan secara signifikan yaitu berkisar 6,53 dan 6,75.

Tabel 2 Tingkat kemasaman (pH) kompos tandan kosong kelapa sawit

Inkubasi Fase Termofil 55°C	Bioaktivator		Rata-Rata
	B1 (Orgadec)	B2 (Promi)	
W0 (0 minggu)	6,53	6,53	6,53 a
W1 (1 minggu)	6,60	6,57	6,58 a
W2 (2 minggu)	6,57	6,60	6,58 a
W3 (3 minggu)	6,73	6,77	6,75 a
Rata-Rata	6,61 p	6,62 p	(-)

Keterangan : Rerata yang diikuti oleh huruf sama pada kolom (a) dan baris (p) menunjukkan tidak ada beda nyata berdasarkan DMRT taraf 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi.

Penambahan fase termofil dan penggunaan bioaktivator Orgadec dan Promi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap pH kompos. Hal ini dikarenakan produksi amonia hasil perombakan dari senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen yang aktif dilakukan oleh mikroba mengimbangi pelepasan ion H⁺ asam organik hasil dekomposisi bahan organik, sehingga pH tetap stabil.

Kadar C

C-organik merupakan indikator telah terjadinya proses dekomposisi dalam pengomposan dan kematangan kompos (Mirwan 2015). Kadar karbon cenderung mengalami penurunan. Dalam proses dekomposisi, karbon digunakan sebagai sumber energi untuk menyusun bahan selular sel-sel mikroba dengan membebaskan CO₂ dan bahan lain yang menguap. Tabel 3 menunjukkan C-organik semakin menurun dengan semakin lamanya inkubasi pada fase termofilik. Persentase penurunan tertinggi dari C-organik pengomposan tandan kosong kelapa sawit yaitu pada perlakuan W3 (inkubasi fase termofilik 55°C 3 minggu) yaitu terjadi penurunan dari semula 60% ke 44,33% hal ini dikarenakan fase termofilik yang lebih lama meningkatkan aktivitas mikroorganisme termofilik sehingga dekomposisi senyawa karbon lebih maksimal. Pada fase termofil terjadi aktivitas mikroorganisme yang tinggi, sehingga inkubasi fase termofilik yang lama menyebabkan jumlah C-organik terombak menjadi lebih banyak. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Deportes bahwa proses perombakan yang tertinggi dicapai pada temperatur 50-60°C (Deportes, 1995).

Tabel 3. Kandungan C-organik tandan kosong kelapa sawit (%)

Inkubasi Fase Termofil 55°C	Bioaktivator		Rata-Rata
	B1 (Orgadec)	B2 (Promi)	
W0 (0 minggu)	48,40	48,30	48,35 a
W1 (1 minggu)	46,00	46,40	46,20 ab
W2 (2 minggu)	45,03	45,37	45,20 b
W3 (3 minggu)	44,33	44,50	44,42 b
Rata-Rata	45,94 p	46,14 p	(-)

Keterangan : Rerata yang diikuti oleh huruf sama pada kolom (a,b) dan baris (p) menunjukkan tidak ada beda nyata berdasarkan DMRT taraf 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi.

Kadar N

Kadar N-total berhubungan dengan kadar C-organik kompos. Kedua kandungan tersebut akan menentukan kadar C/N rasio kompos. Menurut Hidayati *et al* (2008) unsur N-total dalam kompos diperoleh dari hasil degradasi bahan organik komposan oleh mikroorganisme dan organisme yang mendegradasi bahan kompos. Tabel 4 menunjukkan semakin lama inkubasi fase termofil 55°C menyebabkan kandungan N-total semakin tinggi yaitu berkisar antara 1,05 dan 2,77. Peningkatan tertinggi pada pengomposan limbah sawit dari kandungan N- total sebelum pengomposan yaitu pada perlakuan waktu inkubasi fase termofil 55°C 3 minggu, peningkatan kadar N-total yang mencapai 3 kali lipat dari semula ini karena terjadinya dekomposisi bahan akibat lepasnya unsur C yang mengikat senyawa N, selain itu juga berasal dari mikroba yang mati dan melepaskan unsur termasuk unsur N (Sutanto, 2002).

Tabel 4 kandungan N-total kompos tandan kosong kelapa sawit (%)

Inkubasi Fase Termofil 55°C	Bioaktivator		Rata-Rata
	B1 (Orgadec)	B2 (Promi)	
W0 (0 minggu)	1,05	1,05	1,05 b
W1 (1 minggu)	1,26	1,48	1,37 ab
W2 (2 minggu)	2,12	2,11	2,12 ab
W3 (3 minggu)	2,24	2,77	2,50 a
Rata-Rata	1,67 p	1,85 p	(-)

Keterangan : Rerata yang diikuti oleh huruf sama pada kolom (a,b) dan baris (p) menunjukkan tidak ada beda nyata berdasarkan DMRT taraf 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi.

C/N Kompos

Nilai rasio C/N bahan organik merupakan faktor penting dalam pengomposan yang dibutuhkan mikroorganisme sebagai sumber nutrisi untuk pembentukan sel-sel tubuhnya. Prinsip pengomposan adalah untuk menurunkan C/N rasio bahan organik hingga sama dengan C/N rasio tanah (<20) (Dewi dan Treesnowati, 2012). C/N rasio sangat tergantung pada kandungan C dan N bahan yang akan dikomposkan. Menurut Gaur (1980), C/N rasio yang terus menurun berkaitan dengan aktivitas mikroba dekomposer yang membebaskan CO₂ sehingga unsur C cenderung menurun sementara N cenderung tetap. Hasil perhitungan rasio C/N tandan kosong kelapa sawit (tabel 5) yang dikomposkan selama delapan minggu berkisar antara 17,3% - 48,9%. Hal ini menunjukkan bahwa kompos tandan kosong kelapa sawit memiliki standar kualitas yang belum baik menurut SNI 19-7030-2004 (rasio C/N 10-20).

Tabel 5 Rasio C/N kompos tandan kosong kelapa sawit.

Inkubasi Fase Termofil 55°C	Bioaktivator		Rata-Rata
	B1 (Orgadec)	B2 (Promi)	
W0 (0 minggu)	48,90	48,80	48,85 a
W1 (1 minggu)	46,17	32,83	39,50 b
W2 (2 minggu)	21,00	22,93	21,97 c
W3 (3 minggu)	26,40	17,23	21,82 c
Rata-Rata	35,62 p	30,45 p	(-)

Keterangan: Rerata yang diikuti oleh huruf sama pada kolom (a,b,c) dan baris (p) menunjukkan tidak ada beda nyata berdasarkan DMRT taraf 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi.

Handrah, Ratih, Widodo: Pengaturan Fase Termofilik

Penurunan unsur C-organik dan kenaikan kadar N-total pada pengomposan dengan lama inkubasi fase termofilik 55°C sangat signifikan menyebabkan C/N rasio menjadi turun secara nyata. Namun, kompos limbah tandan kosong kelapa sawit sampai akhir pengamatan belum mencapai rasio C/N sesuai dengan SNI 19-7030-2004 (rasio C/N 10-20) disebabkan tandan kosong kelapa sawit mengandung banyak serat dan lignin yang sulit dirombak sehingga diperlukan penambahan waktu pengomposan.

Kadar Humat

Senyawa humat mempunyai peranan yang sangat menguntungkan terhadap perkembangan tanah dan juga pertumbuhan tanaman. Senyawa tersebut dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman melalui peranannya dalam mempercepat proses respirasi, meningkatkan permeabilitas sel, serta mempercepat penyerapan air dan hara. Berdasarkan peranannya didalam tanah, maka keberadaan asam- asam organik (humat dan fulvat) menjadi sangat penting untuk diketahui karakteristik dan jumlahnya pada kompos. Sehingga, kandungan asam-asam organik perlu dijadikan sebagai salah satu acuan dan standar untuk menentukan kualitas kompos (Tan, 1993). Berdasarkan pengamatan kandungan humat pada pengomposan limbah tandan kosong kelapa sawit (tabel 6) dapat diketahui bahwa perlakuan W2 (fase termofil 55°C 2 minggu) memiliki kandungan humat paling tinggi yaitu 0,70% sedangkan perlakuan W0 (fase termofil 55°C 0 minggu) dan W1 (fase termofil 55°C 1 minggu) memiliki kandungan humat terendah yaitu 0,64% namun tidak menunjukkan beda nyata. Begitu pula dengan perlakuan jenis inokulum yang menunjukkan tidak terdapat beda nyata pada kadar humatnya. Meskipun tidak berbeda nyata namun pada perlakuan inkubasi fase termofil menunjukkan kecenderungan kenaikan kadar humat sampai inkubasi selama 2 minggu (W2). Senyawa dalam tanah sering dikelompokkan menjadi senyawa terhumifikasi dan tak terhumifikasi. Senyawa tak terhumifikasi adalah senyawa- senyawa dalam tanaman dan organisme lain seperti karbohidrat, asam amino, protein, lipid, asam nukleat, dan lignin. Fraksi terhumifikasi dikenal sebagai humus atau sekarang disebut senyawa humat, dan dianggap sebagai hasil akhir dekomposisi bahan tanaman didalam tanah (Tan, 1991).

Tabel 6 Kandungan humat kompos tandan kosong kelapa sawit (%)

Inkubasi Fase Termofil 55°C	Bioaktivator		Rata-Rata
	B1 (Orgadec)	B2 (Promi)	
W0 (0 minggu)	0,65	0,64	0,64 a
W1 (1 minggu)	0,64	0,66	0,65 a
W2 (2 minggu)	0,70	0,69	0,70 a
W3 (3 minggu)	0,69	0,69	0,69 a
Rata-Rata	0,67 p	0,67 p	(-)

Keterangan : Rerata yang diikuti oleh huruf sama pada kolom (a) dan baris (p) menunjukkan tidak ada beda nyata berdasarkan DMRT taraf 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi.

Humus merupakan produk akhir dekomposisi bahan organik dan produk sintesis mikroba yang relatif stabil dan resisten. Bagian penting dari humus adalah senyawa humat. Humat berperan dalam sejumlah aktivitas kimia dalam tanah, karena mempunyai kapasitas tukar kation dan kemampuan menyimpan air yang tinggi. Oleh karena itu senyawa humat dapat memperbaiki sifat dan kualitas tanah. Humus dan senyawa humat merupakan komponen tanah yang sangat penting. Bersama-sama dengan dengan lempung humat berperan atas sejumlah aktivitas kimia dalam tanah mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara langsung maupun tidak langsung. Pengaruhnya secara tidak langsung diketahui dapat

memperbaiki kesuburan tanah dengan mengubah kondisi fisik, kimia, dan biologi dalam tanah. Secara tidak langsung, bahan-bahan humat dapat merangsang pertumbuhan tanaman melalui pengaruhnya terhadap metabolisme dan proses fisiologi lainnya (Tan, 1993).

Evolusi CO₂

Evolusi CO₂ digunakan untuk mengetahui aktivitas mikroorganisme dalam proses dekomposisi, dengan menghitung CO₂ yang terbentuk dalam proses dekomposisi bahan organik (Ratih *et al.*, 2020). Tabel 7 menunjukkan evolusi CO₂ tertinggi yaitu pada perlakuan W2 (2 minggu fase termofil 55°C) dengan nilai berkisar antara 89 - 95 mg/10g/4 jam dan terendah pada W0 (0 minggu fase termofil 55°C) yaitu berkisar 74 - 76 mg/10g/4 jam.

Tabel 7 Evolusi CO₂ Pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sawit (mg/10g/4 jam)

Inkubasi Fase Termofil 55°C	Bioaktivator		Rata-Rata
	B1 (Orgadec)	B2 (Promi)	
W0 (0 minggu)	73,67	75,67	74,67 c
W1 (1 minggu)	81,00	79,67	80,33 bc
W2 (2 minggu)	89,33	94,50	91,92 a
W3 (3 minggu)	84,83	85,50	85,17 ab
Rata-Rata	82,21 p	83,83 p	(-)

Keterangan : Rerata yang diikuti oleh huruf sama pada kolom (a,b,c) dan baris (p) menunjukkan tidak ada beda nyata berdasarkan DMRT taraf 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi.

Tingginya evolusi CO₂ karena aktivitas mikroorganisme termofilik pada kondisi optimal sehingga mampu meningkatkan dekomposisi bahan yang ditandai dengan pelepasan CO₂ sebagai hasil akhir pengomposan. Proses dekomposisi mikroorganisme menggunakan senyawa C untuk mensintesis sel dan O₂ digunakan untuk mengoksidasi senyawa organik yang dibebaskan dalam bentuk CO₂. Apabila CO₂ yang dihasilkan semakin banyak maka Menurut Dalzel *et al* (1987) dalam perombakan bahan organik mikroba membutuhkan air, oksigen dari udara dan bahan organik sebagai sumber energi. Selanjutnya akan melepaskan CO₂, air dan energi panas sehingga menyebabkan bobot bahan semakin berkurang. Tabel 8 menunjukkan penyusutan terjadi berkisar 34,53% - 51,87% dari berat awal bahan 500 gram. Persen kehilangan berat terbesar yaitu pada perlakuan W3 (fase termofilik 55°C 3 minggu) yaitu sebesar 51,20%. Sedangkan persen kehilangan berat TKKS terkecil yaitu pada perlakuan W0 (fase termofilik 55°C 0 minggu) yaitu sebesar 35,10%.

Berat Kompos

Tabel 8 menunjukkan penyusutan berta kompos. Perombakan bahan organik oleh mikroba membutuhkan air dan oksigen dari udara dan hara dari bahan organik sebagai sumber energi. Selanjutnya melepaskan CO₂, air, dan energi panas sehingga menyebabkan bobot bahan semakin berkurang. Menurut Isroi (2008) terjadi penyusutan volume atau berat kompos seiring dengan kematangan kompos. Nilai Nilai penyusutan berat kompos tergantung pada karakteristik bahan mentah dan tingkat kematangan kompos. Penyusutan berat berkisar antara 20-40%. Apabila penyusutan masih kecil atau sedikit, kemungkinan proses pengomposan belum selesai dan kompos belum matang. Semakin lama inkubasi fase termofil 55°C maka persentase kehilangan berat pada kompos limbah tandan kosong kelapa sawit semakin tinggi

Tabel 8 Kehilangan berat bahan pada pengomposan tandan kosong kelapa sawit (%)

Inkubasi Fase Termofil 55°C	Bioaktivator		Rata-Rata
	B1 (Orgadec)	B2 (Promi)	
W0 (0 minggu)	35,67	34,53	35,10 a
W1 (1 minggu)	39,53	38,67	39,10 ab
W2 (2 minggu)	47,87	44,80	46,33 bc
W3 (3 minggu)	51,87	50,53	51,20 c
Rata-Rata	43,73 p	42,13 p	(-)

Keterangan : Rerata yang diikuti oleh huruf sama pada kolom (a,b,c) dan baris (p) menunjukkan tidak ada beda nyata berdasarkan DMRT taraf 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi.

KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan penelitian ini dapat disimpulkan bahwasanya pengaturan waktu inkubasi fase termofil suhu 55°C berpengaruh nyata terhadap perubahan warna kompos, peningkatan evolusi CO₂ dan kandungan N-total serta penurunan kandungan C-organik dan berat kompos tandan kosong kelapa sawit. Namun demikian, tidak berpengaruh nyata terhadap tingkat kemasaman (pH) dan kandungan humat yang terbentuk. Jenis bioaktivator yaitu Orgadec dan Promi tidak berpengaruh terhadap perubahan warna kompos, tingkat kemasaman (pH), C-organik, N-total, kadar humat, evolusi CO₂ dan pengurangan berat pada kompos tandan kosong kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Alpandari, H. 2015. Isolasi dan Uji Efektifitas Aktivator Alam Terhadap Aktivitas Dekomposisi dan Kualitas Kompos Tongkol Jagung. Fakultas Pertanian UMY. Yogyakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2004. Spesifikasi Kompos dari Sampah Organik Domestik. SNI 19-7030-2004. Jakarta.
- Deportes, I., Benoit-Guyod, J.-L. and Zmirou, D. 1995. Hazard to man and the environment posed by the use of urban waste compost: a review. *Science of The Total Environment*, 172, 197-222.
- Didik, H.G., dan Yufinal, A. 2008. Orgadec. Balai Penelitian Biotek Perkebunan Indonesia.
- Djuarnani, N. 2005. Cara Cepat Membuat Kompos. Agro Media pustaka. Depok. Bogor.
- Hapsari, A.Y. 2013. Kualitas dan kuantitas kandungan pupuk organik limbah serasah dengan inokulum kotoran sapi secara semianaerob. skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Junaedi, H. 2008. Pemanfaatan kompos jerami padi dan kapur guna memperbaiki **permeabilitas tanah** dan hasil kedelai musim tanam II. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008 Universitas Lampung, 17-18 November 2008, pp. VII 89- VII-94.
- Karunakaran, V., N. Abd-Talib, T.K. Yong. 2020. Lignin from oil palm empty fruit bunches (EFB) under subcritical phenol conditions as a precursor for carbon fiber production. *Materials Today: Proceedings* Volume 31, Part 1, 100-105
- Permeabilitas Tanah dan Hasil Kedelai Musim Tanam II. Dalam Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi II Universitas Lampung: 17-18 November 2008. Program Studi Ilmu Tanah Universitas Jambi, pp. 89-95 (in Indonesian).

- Ratih, Y.W., E. Muryani, I. W. Widiarti. 2015. Pengaruh Pengaturan Fase Termofil pada Pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Sampah Kota Terhadap Aktivitas Organisme yang Terlibat dalam Pengomposan. Prosiding Seminar Nasional Tahun Ke-2 Call For Papers dan Pameran Hasil Penelitian dan Pengabdian Kemenristekdikti RI. 83-88
- Ratih, Y. W., L. Peniwiratri dan Nuryanto. 2018. Pengaruh Pengaturan Fase Termofil pada Pengomposan Jerami dan Sampah Pasar terhadap Perombakan Lignin dan Hasil Kompos. Prosiding Seminar Nasional dalam Rangka Dies Natalis UNS Ke 42 Tahun 2018 “Peran Keanekaragaman Hayati untuk Mendukung Indonesia sebagai Lumbung Pangan Dunia” Vol 2, No. 1 A264-A271.
- Ratih, Y.W., D.A. Sohilait, R. A. Widodo. 2020. Uji Aktivitas Dekomposisi dari beberapa Inokulum Komersial Pada Beragai Jenis Bahan berdasarkan Jumlah CO₂ yang Terbentuk. *Jurnal Tanah dan Air (Soil and Water Journal)*. 15 (2): 93-102.
- Rochaeni, A., L. Mulyatna, B. Ariantara, M. Fathul, W. M. Sagrim. 2021. Continuous Thermophilic Composting Process using Heating Lamps Controlled by A Microcontroller. International Conference on Research Collaboration of Environmental Science IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 802 (2021) 012052 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/802/1/012052 1
- Sutanto, R. 2002. Penerapan Pertanian Organik. Permasalahannya dan Pengembangannya. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Tan, K. H. 1991. Dasar-Dasar Kimia Tanah. Terjemah D.H Goenadi dan B. Radjagukguk. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Tan, K. H. 1993. Principle of Soil Chemistry. Marcel Dekker Inc. New York.
- Tan, L., M. Wang, X. Li, H. Li, J. Zhao, Y. Qu, Y.M. Choo, and S.K. Loh. 2016. Fractionation of oil palm empty fruit bunch by bisulfite pretreatment for the production of bioethanol and high value products. *Bioresource Technology*. 200: 572-578.