



KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS MULAWARMAN

NOMOR 2783 /UN17/HK/2021

TENTANG

PENERIMA DANA BANTUAN HIBAH PENELITIAN (PIU)  
IsDB LOAN UNIVERSITAS MULAWARMAN  
TAHUN ANGGARAN 2021

REKTOR UNIVERSITAS MULAWARMAN,

- Menimbang :
- bahwa Wakil Rektor Bidang Perencanaan, Kerja Sama, dan Hubungan Masyarakat Universitas Mulawarman telah mengusulkan Penerima Dana Bantuan Hibah Penelitian (PIU) IsDB Loan Universitas Mulawarman Tahun Anggaran 2021 kepada Rektor Universitas Mulawarman melalui Surat Wakil Rektor Bidang Perencanaan, Kerja Sama, dan Hubungan Masyarakat Universitas Mulawarman Nomor 134/UN.17/WR/2021, tanggal 26 Agustus 2021, perihal Usulan Penerbitan Keputusan Rektor Universitas Mulawarman;
  - bahwa untuk keperluan huruf a di atas, perlu diterbitkan, diatur dan ditetapkan dengan Keputusan Rektor Universitas Mulawarman tentang Penerima Dana Bantuan Hibah Penelitian (PIU) IsDB Loan Universitas Mulawarman Tahun Anggaran 2021.
- Mengingat :
- Undang-Undang RI Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
  - Undang-Undang RI Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
  - Peraturan Pemerintah RI Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
  - Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 62 Tahun 2021 tentang Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi;
  - Keputusan Presiden RI Nomor 65 Tahun 1963 tentang Pendirian Universitas Mulawarman;
  - Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 9 Tahun 2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Universitas Mulawarman sebagaimana diubah dengan Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2018 tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 9 Tahun 2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Universitas Mulawarman;

7. Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 51 Tahun 2015 tentang Tata Naskah Dinas Di Lingkungan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia;
8. Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 57 Tahun 2018 tentang Statuta Universitas Mulawarman;
9. Keputusan Menteri Keuangan RI Nomor 51/KMK/2009 tentang Penetapan Universitas Mulawarman sebagai Instansi Pemerintah yang menerapkan Pengelolaan Keuangan Badan Layanan Umum;
10. Keputusan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi RI Nomor 661/M/KPT.KP/2018 tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Rektor Universitas Mulawarman Periode Tahun 2018-2022;
11. Peraturan Rektor Universitas Mulawarman Nomor 17 Tahun 2020 tentang Penyelenggaraan Pendidikan dan Pengajaran, Penelitian, dan Pengabdian Kepada Masyarakat Berbasis Kampus Merdeka dan Merdeka Belajar.

**MEMUTUSKAN:**

- Menetapkan : KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS MULAWARMAN TENTANG PENERIMA DANA BANTUAN HIBAH PENELITI (PIU) IsDB LOAN UNIVERSITAS MULAWARMAN TAHUN ANGGARAN 2021
- KESATU : Penerima Dana Bantuan Hibah Penelitian (PIU) IsDB Universitas Mulawarman Tahun Anggaran 2021, dengan susunan nama sebagaimana tercantum pada lampiran yang tidak terpisahkan dari Keputusan ini.
- KEDUA : Pembiayaan yang diakibatkan dengan diterbitkannya Keputusan ini, dibebankan DIPA BLU Universitas Mulawarman Tahun 2021.
- KETIGA : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan.
- KEEMPAT : Apabila dikemudian hari terdapat kekeliruan dalam Keputusan ini, akan diperbaiki sebagaimana mestinya

Ditetapkan di Samarinda  
pada tanggal 30 Agustus 2021



Prof. Dr. H. Masjaya, M.Si  
NIP.196212311991031024

**LAMPIRAN**  
**KEPUTUSAN REKTOR UNIVERSITAS MULAWARMAN**  
**NOMOR 2783 /UN17/HK/2021**  
**TANGGAL 30 AGUSTUS 2021**  
**TENTANG**  
**PENERIMA DANA BANTUAN HIBAH PENELITIAN (PIU) ISDB LOAN**  
**UNIVERSITAS MULAWARMAN TAHUN ANGGARAN 2021**

<b>No.</b>	<b>Nama Ketua Peneliti</b>	<b>Judul Penelitian</b>	<b>Biaya yang Direkomendasikan</b>
1	Prof. Dr. Rudianto Amirta	Penggunaan Katalis Peroxo-Metal Complex untuk Meningkatkan Efektivitas Delignifikasi, Sakarifikasi dan Produktivitas Kayu Macaranga Hypoleucasebagai Bahan BakuBioetanol	Rp 35.000.000
2	Dr. Anindita Septiarini, S.T., M.Cs.	Pengenalan Pola Kain Sarung Samarinda dengan Supervised Learning Berbasis Computer Vision	Rp 30.000.000
3	Dr. Noor Hindryawati, M. Si	Green Synthesis Nanopartikel Perak dari Ekstrak Kulit Batang Cempedak dan Daun Sirsak Sebagai Produk Inovasi Indikator Ion Merkuri (II)	Rp 35.000.000
4	Dr. Dwi Ermawati Rahayu, ST, MT	Pengaruh Penambahan Lindi Dan Bioaktivator Em4 Terhadap Proses Pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)	Rp 35.000.000
5	Kiswanto, S.Hut., M.P., Ph.D.	Pemodelan Spasial untuk Pemulihan dan Pengelolaan Lahar Pascatambang Batubara di Kota Samarinda	Rp 30.000.000
6	Dr. Zeni Haryanto, M.Pd	Optimalisasi Kemampuan Design and Redesign Pembelajaran IPA oleh Mahasiswa Calon Guru di Masa Pandemi	Rp 30.000.000
7	Dr. dr. Nataniel Tandirogang, M.Si.	Titer Antibodi Netralisasi pada Tenaga Kesehatan setelah 3 bulan vaksinasi dosis kedua	Rp 35.000.000

No.	Nama Ketua Peneliti	Judul Penelitian	Biaya yang Direkomendasikan
8	Dr. Yuliansyah	Karakterisasi Sifat Kimia, Fisika dan Potensi Energi dari Pohon Asli Cepat Tumbuh di Hutan Sekunder Kalimantan Timur Serta Kesesuaian Penggunaannya Sebagai Bahan Bakar Pembangkit Listrik	Rp 35.000.000
9	Dr. Miftakhur Rohmah, SP, MP	Struktur Kristal, Kandungan Mineral, $\beta$ -Karoten, $\alpha$ -Tokoferol, Antioksidan dan Gugus Fungsi Aktif Tepung Beras Putih dan Merah Pre-gelatinisasi dan Pre-Digesti Asal Kalimantan Timur Sumber Nutrisi Anti-Stunting	Rp 35.000.000
10	Dr. Hetty Manurung, S.Si., M.Si.	Bioaktivitas Antioksidan Dan Bioherbida Ekstrak Daun Lai (Durio Kutejensis Hassk. Bec.) Tumbuhan Endemik Kalimantan Serta Analisis Gcms dan Fitokimianya	Rp 35.000.000
11	Dr. Siftiyani, M.Si.	Analisis Spatiotemporal Epidemiologi dan GIS Pada Pemodelan Akumulatif Covid 19	Rp 30.000.000
12	Dr. Elisje Theodora Maasawet, M.Pd	Pengaruh Media Virtual Lab Model Project Based Learning Berbasis Merdeka Belajar Mendukung Kemampuan Berpikir Kritis, Kreatifitas, dan Komunikasi Siswa Kelas XI SMA di Kota Samarinda	Rp 30.000.000
13	Prof. Dr. Ir. H. Iwan Suyatna, M.Sc., DEA., IPU	Estimasi Fluks Zat Hara di Perairan Estuari Delta Mahakam, Kalimantan Timur	Rp 35.000.000

No.	Nama Ketua Peneliti	Judul Penelitian	Biaya yang Direkomendasikan
14	Rian Hilmawan, SE, ME, Ph.D	Dampak Kebijakan Desa dan Badan Usaha Milik Desa (BUMDes) terhadap Pembangunan Perdesaan Ditinjau dari Dimensi Desa Membangun dan Pendapatan Asli Desa	Rp 30.000.000
15	Dr. dr. Swandari Paramita, M.Kes	Pengembangan Database Titer Antibodi Penyintas Covid-19 untuk Donor Plasma Konvalesens di Universitas Mulawarman	Rp 30.000.000
16	Dr. Eva Marlana, S.Si., M.Si.	Hybrid Ekstrak Meniran ( <i>Phyllanthus Niruri</i> Linn) dengan Nanokomposit TiO <sub>2</sub> -Kitosan sebagai Tabir Surya dan Antioksidan	Rp 35.000.000
17	Dr dr Rahmat Bakhtiar, MPPM	Analisa Varian Covid-19 di Kota Samarinda	Rp 35.000.000
18	Dr. M. Fathurahman, S.Si., M.Si.	Pemodelan Regresi Poisson Inverse Gaussian dan Regresi Binomial Negatif Pada Jumlah Kasus Demam Berdarah Dengue di Kalimantan Timur	Rp 30.000.000
19	Dr. Rina Juwita, S.IP., M.HRIR	Literasi Media dan Informasi: Strategi dan Tantangan Pemberdayaan Perempuan di Kalimantan Timur	Rp 30.000.000
20	Dr. Hadi Pranoto, S.P., M.P.,	Tumpang Sari Tanaman Jagung ( <i>Zea mays</i> L.) dan Kacang Tanah ( <i>Arachis hypogaea</i> L.) pada Pertanaman Pisang Cavendes ( <i>Musa acuminata</i> Cavendis) untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan	Rp 35.000.000
21	Dr. Ratno Adrianto, SKM., M.Kes	Perilaku Pemangkas Rambut Terhadap Penerapan Protokol Kesehatan dan Keikutsertaan Vaksinasi Covid-19 di Kota Samarinda	Rp 30.000.000

No.	Nama Ketua Peneliti	Judul Penelitian	Biaya yang Direkomendasikan
22	Bleigo Sedionoto S.K.M, M.Kes, Ph.D	Tanah Liat Kutai Sebagai Anti Parasit Lingkungan: Pengendalian filaria Larva Hookworm dan Strongyloidesstercoralis	Rp 35.000.000
23	Dr. Odit Ferry Kurniadinata, S.P., M.Si	Studi Karakteristik Morfologi dan Kandungan Logam Berat Pb, Cd dan Zn pada Tumbuhan Purun Danau di Muara Kaman Kabupaten Kutai Kertanegara sebagai Adsorben Alami Lokal Tropika Lembab Berpotensi Unggul	Rp 35.000.000
24	Dr. Ike Anggraeni, SKM, M.Kes	Eksplorasi Penggunaan, Persepsi dan Hambatan Pada Implementasi Sistem Informasi Gizi Terpadu ePPGM di Kalimantan Timur	Rp 30.000.000
25	Dr. Ir. Revia Oktaviani, ST., MT	Analisis Kekuatan Massa Batuan Menggunakan Metode RMR-Q-System dan Deformasi Batuan di Rencana Pembangunan Terowongan di Gn. Manggah, Selili, Kota Samarinda	Rp 35.000.000
26	Dr.rer.nat. Bodhi Dharma, M.Si	Diversitas Genetik Bakteri Aktinomiset Penghasil Petase Like Enzymes Asal Kalimantan Timur	Rp 35.000.000
27	Dr. Suryaningsi, S.Pd., M.H.	Analisis Pengalaman Self-Efficacy Guru Smp untuk Mengembangkan Profesional Di Masa Pandemi Covid-19 di Kalimantan Timur	Rp 30.000.000
28	Dr.Ir. Taufan PurwokusumaningDar, MP.	Potensi Sorgum Numbu, BMR Gatur G5 dan G8 pada Beberapa Level Pupuk Kandang sebagai Hijauan Makanan Ternak	Rp 35.000.000

No.	Nama Ketua Peneliti	Judul Penelitian	Biaya yang Direkomendasikan
29	Ratih Wirapuspiya W, PhD	Nutrition Education Centre Sebagai Promosi Konsumsi Polyphenols, dengan Pengankaragaman Pangan Olahsan Hutan Tropis Lembab di Pandemi Covid-19	Rp 30.000.000
30	Dr. Darnah Andi Nohe, M.Si	Analisis Pengaruh Media Pembelajaran Daring dan Literasi Digital Terhadap Hasil Belajar Matematika Siswa SMP di Samarinda pada Masa Pandemi COVID-19 dengan DummyVariable Regression	Rp 30.000.000

Ditetapkan di Samarinda



Prof. Dr. H. Masjaya, M.Si  
 NIP.196212311991031024

**Proses Pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) :**  
**Analisis Fisik dan Kenampakan Organisme**  
*Composting Process of Oil Palm Empty Fruit Bunch: Analysis on  
Physical and Organism Appearance*

**Edhi Sarwono<sup>1\*</sup>, Dwi Ermawati Rahayu<sup>1\*</sup>, Weldy Dziya Millati<sup>1</sup>, Sariyadi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman. Jl.  
Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75123

<sup>2</sup> Laboratorium Teknologi Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman. Jl.  
Sambaliung No.9, Samarinda 75123

\* Korespondensi Penulis. E-mail: [edhirafi@gmail.com](mailto:edhirafi@gmail.com) (E. Sarwono),  
[dwiermarahayu@gmail.com](mailto:dwiermarahayu@gmail.com) (D.E. Rahayu)

**ABSTRACT**

*Oil Palm Empty Fruit Bunches (OPEFB) are among the processed palm oil's waste products. A tone of processed fresh oil palm fruit bunches produces 22-23% of OPEFB. Using OPEFB as mulch for the gate takes a long to decompose and triggers rhinoceros beetles as palm oil pests. Therefore, this study determined OPEFB composting process and the emerging organisms. The composting method involved open windrow with material mixture variation without leachate and EM4 (Effective microorganisms 4), with additional EM4, leachate, and leachate and EM4. OPEFB was chopped to 2-4 cm, and the pieces were stacked with dimensions of (120 cm x 80 cm x 100 cm). The results showed that adding activators in the composting process did not affect the organism's appearance. Bioactivators visually affect the texture, smell, and material color. Furthermore, temperature, pH, and humidity had a similar trend in the composting process. The organisms that emerged from the composting process include maggots, ants, fungi, and millipedes.*

**Keywords:** *bioactivator; composting; oil palm empty fruit bunches; open windrow*

## **ABSTRAK**

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan salah satu limbah dari pengolahan tandan buah segar kelapa sawit. Pengolahan tandan buah segar kelapa sawit sebanyak 1 ton dapat menghasilkan limbah TKKS sebanyak 22-23%. Pengaplikasian TKKS sebagai mulsa di gawangan memerlukan waktu dekomposisi yang lama dan memicu hidupnya kumbang tanduk yang menjadi hama bagi tanaman kelapa sawit. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui proses perubahan bahan TKKS serta munculnya organisme selama proses komposting dilakukan. Metode komposting dalam penelitian ini adalah *open windrow* dengan variasi campuran bahan komposting tanpa penambahan lindi dan EM4, komposting dengan penambahan EM4, komposting dengan penambahan lindi, komposting dengan penambahan lindi dan EM4. TKKS dicacah hingga ukuran 2-4 cm, kemudian cacahan TKKS ditumpuk dengan dimensi (120 cm x 80 cm x 100 cm). Hasil penelitian menunjukkan penambahan aktivator tidak menimbulkan perbedaan kemunculan organisme selama proses komposting. Penambahan aktivator secara visual berpengaruh terhadap perubahan tekstur bahan, bau dan warna bahan. Suhu, pH dan kelembaban menunjukkan trend yang seragam selama proses komposting. Organisme yang muncul pada proses pengomposan adalah belatung, semut, jamur dan kaki seribu

**Kata kunci:** *bioaktivator; open windrow; pengomposan, tandan kosong kelapa sawit.*

### **1. Pendahuluan**

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan salah satu limbah yang dihasilkan dari pengolahan tandan buah segar menjadi minyak sawit dan kernel (Haitami and Wahyudi 2019). TKKS sering diaplikasikan di gawangan tanaman kelapa sawit sebagai mulsa yang berguna dalam mengurangi penguapan dari dalam tanah, dan supply pupuk organik (Kavitha et al. 2013) (Suhaimi and Ong 1998). Proses dekomposisi dengan cara tersebut memerlukan waktu yang lama hingga terdekomposisi seluruhnya dalam waktu sepuluh bulan setelah aplikasi (Suhaimi and Ong 1998). Lamanya proses dekomposisi tersebut menimbulkan masalah baru karena tumpukan tandan kelapa sawit menjadi habitat bagi kumbang tanduk (*Oryctes rhinocerus*) yang merupakan hama tanaman kelapa sawit, sehingga penggunaannya berdampak pada tingginya serangan hama kumbang tanduk di perkebunan kelapa sawit. Pemanfaatan TKKS dengan cara membakar di ruang bakar boiler juga berdampak negatif karena meningkatkan polusi udara akibat emisi yang dihasilkan. Hal ini juga sudah dilarang berdasar keputusan kementerian Lingkungan Hidup No.15 tahun 1996 tentang Program Langit Biru (Kementerian Negara

Lingkungan Hidup 1996) (Febijanto 2011)

Pemanfaatan TKKS lebih disarankan dibuat menjadi pupuk kompos karena mengandung hara yang dibutuhkan tanaman (Harahap et al. 2015a). Teknologi ini merupakan teknologi yang murah dan mudah dalam management sampah termasuk juga dalam pemrosesan, meminimalkan dan memanfaatkan limbah padat dari agroindustry. Hal ini merujuk pada fakta bahwa pupuk organik kompos memberikan kontribusi lebih rendah terhadap dampak efek gas rumah kaca dibandingkn dengan pupuk kimia sintetis (Aziz et al. 2016). Pengomposan merupakan proses biologis aerobik yang mengubah bahan organik menjadi bahan yang lebih stabil dengan kandungan bahan organik terdegradasi yang rendah, sehingga menyebabkan pengurangan fitotoksisitas terhadap tanaman (Razali et al. 2012).

Proses pengomposan yang memakan waktu lama akan menimbulkan permasalahan, semakin lama proses pengomposan berlangsung maka semakin luas area yang diperlukan. Langkah yang dapat digunakan dalam mempercepat proses dekomposisi bahan organik dengan menambah aktivator (Purnamayani et al. 2012)(Kesumaningwati 2015) (Aminah et al. 2016). Aktivator *Effective Microorganisms 4* (EM<sub>4</sub>) mengandung lebih dari 80% populasi bakteri asam laktat dan *yeast* serta sebagian kecil bakteri fotosintetik, bakteri pemfiksasi N dan *aktinomisetes*. *Effective Microorganisms 4* (EM<sub>4</sub>) diharapkan dapat membantu mempercepat proses dekomposisi TKKS (Chasanah et al. 2013). EM 4 merupakan kultur campuran dari mikroorganisme yang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman dan ternak yang dapat digunakan sebagai inokulan untuk meningkatkan keragaman dan populasi mikroorganisme. Kandungan mikroorganisme dalam EM4 yaitu bakteri fotosintetik (*Rhodopseudomonas sp.*), bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp.*), ragi (*Saccharomyces sp.*), *Actinomycetes*, dan jamur fermentasi (*Aspergillus* dan *Penicilium*) (Sari et al. 2021). Proses pengomposan juga dapat dioptimalisasi dengan adanya penambahan lindi. Lindi mengandung nutrien, bahan organik yang cukup tinggi yang dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi (Dewilda and Apris 2016). Sehingga pada penelitian dilakukan untuk mengetahui perbedaan dan mengamati perubahan bahan dan kemunculan organisme selama proses pengomposan dengan metode open windraw dengan variasi penambahan EM4 dan lindi.

## **2. Bahan dan Metode**

### **2.1. Tahap Persiapan**

Limbah padat TKKS berasal di pabrik pengolahan minyak sawit PT. Sawit Unggul Agro Niaga yang berlokasi di Kecamatan Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan

Timur, Indonesia. Tandan Kosong Sawit yang digunakan berasal dari proses pelepasan berondolan dari tandan sawit dari mesin *Thresher* pabrik minyak sawit. Metode komposting adalah open windrows tanpa penutup bahan di atasnya. Lindi yang digunakan dari hasil penumpukan TKKS yang telah dicacah dengan ukuran 2-4 cm (Abrir et al. 2019). Karakteristik lindi yang digunakan sebagaimana Tabel 1.

## **2.2. Proses Komposting**

Proses pengomposan dimulai dengan mencacah TKKS hingga ukuran mencapai 2-4 cm (Abrir et al. 2019), berat TKKS yang digunakan 50 kg, dimensi penumpukan TKKS dengan panjang, lebar, dan tinggi digunakan 120 cm x 80 cm x 100 cm. Tumpukan bahan komposting dibuat dalam 4 variasi yaitu :

1. Reaktor A komposting tanpa penambahan lindi dan EM4
2. Reaktor B komposting dengan penambahan EM4 sebanyak 3000 mL
3. Reaktor C komposting dengan penambahan lindi sebanyak 3000 mL
4. Reaktor D dengan penambahan lindi sebanyak 1500 mL dan EM4 sebanyak 1500 mL

Selama proses pengomposan, dilakukan pengadukkan jika suhu bahan komposting diatas suhu termofilik ( $>45^{\circ}\text{C}$ ) (Chasanah et al. 2013).

## **2.3. Pengukuran dan Pengambilan Sampel**

Pengukuran suhu SNI (19-7030-2004), pH (SNI 19-7030-2004), kelembaban dan kenampakan organisme selama proses pengomposan dilakukan setiap hari selama 40 hari. Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan thermometer, pengukuran pH menggunakan pH meter, kelembaban menggunakan soil tester dengan menancapkan pada tiga titik tumpukan bahan kompos yaitu titik atas, tengah dan bawah, yang kemudian hasilnya di rata-rata. Pengamatan kenampakan organisme selama proses pengomposan dilakukan secara visual dengan mengidentifikasi munculnya organisme pada bahan komposting dan observasi terhadap perubahan fisik dan bentuk yang terjadi selama proses pengomposan (SNI 19-7030-2004).

## **3. Hasil**

### **3.1. Pengukuran Suhu Harian**

Kenaikkan suhu yang berfluktuasi terjadi pada awal proses komposting sampai sekitar hari ke10 menunjukkan bahan mulai terdekomposisi sebagaimana ditunjukkan pada Grafik 1.

Selama proses dekomposisi oleh mikroorganisme akan menghasilkan unsur hara dan energi sebagai panas sehingga suhu mengalami kenaikan. Panas yang dihasilkan akan digunakan lagi oleh mikroorganisme untuk mendekomposisi bahan dan sebagian akan terbuang ke lingkungan. Setiap proses dekomposisi berjalan, maka akan dihasilkan panas sehingga suhu bahan akan terus mengalami kenaikan, bahkan sampai fase termofilik (40-60°C) (Lim et al. 2015) Pada kondisi tersebut mikroorganisme juga mengalami perubahan mulai dari mikroorganisme psikofilik, mesofilik hingga termofilik. Fase termofilik adalah fase dekomposisi yang paling optimal, bahan organik akan terdekomposisi secara cepat dan suhu akan kembali ke fase mesofilik kedua seiring dengan menurunnya kandungan bahan organik sebagai substrate bagi mikroorganisme. Selanjutnya pada saat bahan organik mulai habis terdekomposisi suhu akan cenderung tetap dan mengalami stabilisasi.

Namun pada penelitian ini suhu maksimal yang dicapai ada pada rentang suhu mesofilik yaitu suhu 37-38°C. Pada masing masing reaktor terlihat cenderung mengalami trend yang sama dan tidak mengalami perbedaan yang signifikan. Hasil penelitian menunjukkan suhu bahan komposting berkisar pada suhu 25 °C - 38 °C dengan suhu tertinggi pada variasi bahan TKKS dengan lindi yaitu 38 °C.

### **3.2. Pengukuran Perubahan pH Harian**

Berdasarkan grafik 2, rata-rata perubahan nilai pH bahan komposting terlihat nilai PH menurun di fase awal pengomposan sampai sekitar hari ke 15-17. Namun setelah stabil di pH 7,7-7,9, bahan mengalami penurunan lagi pada hari ke 24-28 dan selanjutnya stabil sampai akhir proses di kisaran pH 6,8-7,1. Kenaikan pH terjadi karena peningkatan ion alkali amonium dalam bentuk amonia yang dihasilkan dari reaksi biokimia dari unsur yang mengandung nitrogen (Hau et al. 2020) dalam jumlah terbatas. Berdasarkan variasi bahan yang digunakan variasi dengan penamabahan lindi dan EM4 menunjukkan penurunan PH yang signifikan dibandingkan variasi bahan lainnya pada hari ke 10 sampai hari ke 20. Kandungan kadar air, proses dekomposisi oleh mikroorganisme menjadi faktor fluktuasi bahan. Pada semua reaktor hasil akhir kompos memenuhi kriteria kompos menurut SNI 19-7030-2004 yaitu pH kompos pada rentang 6,80-7,49.

### **3.3. Pengukuran Perubahan Kelembaban Harian**

Kelembaban bahan komposting akan bergantung pada kadar air awal bahan. Pada tahap awal terlihat kelembaban mengalami penurunan pada semua variasi bahan. Hal tersebut menunjukkan terjadinya proses pelindian, dimana kadar air pada bahan dilepaskan seiring

dengan volume lindi yang tertampung. Pada hari ke 10 sampai hari ke 20 kelembaban cenderung mengalami kenaikan dan mengalami penurunan pada hari ke 21 sampai hari ke 40 sebagaimana data pada Grafik 3. Kelembaban pada bahan selain dipengaruhi oleh kadar air juga suhu bahan yang dihasilkan. Kelembaban akan stabil pada hari ke 35 sampai hari ke 40, diduga bahan mulai mengalami fase stabilisasi. Fase ini menunjukkan kondisi kematangan kompos

### **3.3. Perubahan Tekstur Material Kompos dan Kenampakan Organisme**

Perubahan tekstur, warna dan kenampakan organisme (Tabel 2) terlihat serupa dari masing-masing variasi bahan yang dilakukan komposting. Perubahan tersebut merupakan tahapan proses dekomposisi selama proses komposting TKKS selama 40 hari. Warna bahan kompos menunjukkan perubahan dari warna coklat menjadi kehitam hitaman dan tekstur yang awalnya keras menjadi menjadi lunak. Perubahan tekstur bahan komposting dipengaruhi oleh dekomposisi bahan yang dilakukan makro dekomposer dan mikro dekomposer. Kemunculan belatung, jamur, serangga dan organisme lainnya berperan dalam perubahan tekstur bahan dengan memotong bahan menjadi ukuran yang lebih kecil dan memperluas permukaan bahan. Dengan permukaan bahan yang lebih luas lebih banyak mikroorganisme yang tumbuh untuk dapat mendekomposisi bahan menjadi unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Volume bahan mengalami penyusutan volume seiring dengan perubahan tekstur dan lamanya proses komposting.

Selain perubahan tekstur, kenampakan organisme yang muncul selama proses komposting juga mengalami kemiripan dari masing-masing variasi bahan yang digunakan. Organisme yang terlihat muncul adalah jenis serangga, belatung berwarna putih, belatung berwarna coklat, belatuh berwarna hitam, dan hewan kaki seribu. Organisme yang terlihat tersebut berperan dalam proses dekomposisi bahan sebagai makro decomposer. Kenampakan jamur juga bervariasi antara lain : jamur oranye (*Phlebia radiata*) jamur yang mampu mengdegradasi bahan lignoselulosa (Ariana and Candra 2017), jamur putih (*Plourotus Ostreatus*) yang memiliki produksi enzim aktivitas yang tinggi.

## **4. Pembahasan**

### **4.1. Pengamatan Harian Suhu, pH, Kelembaban**

Pencapaian suhu pada penelitian ini dimungkinkan karena pengaruh suhu ruangan selama proses pengomposan dan proses dekomposisi yang terjadi. Suhu ruangan, tingginya tumpukan dan penutupan bahan berpengaruh terhadap hilangnya suhu ke lingkungan. Secara keseluruhan pada semua reactor suhu maksimal yang dicapai adalah suhu mesofilik. Penelitian (Harahap et al. 2015b) yang menggunakan variasi campuran EFB dengan kotoran sapi, ayam, dan kambing juga menunjukkan kondisi yang sama yaitu proses composting berlangsung pada fase mesofilik. Suhu mulai stabil di kisaran 25-28°C pada hari ke 35-40 yang mengindikasikan bahwa proses degradasi sudah komplet. Hal ini sesuai sebagaimana penelitian (Trisakti et al. 2018) dengan suhu stabil 27°C di akhir proses,

Selama proses komposting mikroorganisme akan terlebih dahulu mendekomposisi lemak dan protein yang terlarut. Pada proses tersebut akan dihasilkan asam-asam organik sehingga bahan kompos mengalami penurunan pH. pH bahan komposting akan kembali ke pH netral setelah produksi asam-asam organik berhenti (Crohn 2016) (Rahmadanti et al. 2019). Selama proses pengomposan fluktuasi pH tersebut diduga pengaruh dari proses pelindian yang terjadi, dimana asam-asam organik akan tercuci akibat pelepasan kadar air dalam bahan. Selain itu faktor pembalikan kompos juga mempengaruhi pemerataan dekomposisi pada seluruh bagian bahan kompos. Pada penelitian (Okalia et al. 2018) menggunakan TKKS berukuran 1-5cm pH akhir pengomposan menunjukkan nilai yang serupa dengan penelitian ini yaitu pH akhir 6,97.

Kelembaban merupakan faktor penting karena kandungan air sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dekomposer selama proses pengomposan. Mikroorganisme akan memanfaatkan bahan organik yang larut di dalam air. Kisaran kelembaban optimum untuk metabolisme mikroba adalah 40 - 60% (Warsito et al. 2016). Selain itu kelembaban juga mempengaruhi prositas bahan, agregat partikel dan permeabilitas gas. Kelembaban tinggi (40-60%) dapat memaksimalkan penyerapan oksigen kedalam material kompos (Wahi and Yusup 2016). Pada penelitian ini pada semua reactor di akhir proses pengomposan telah dicapai kelembaban optimum untuk kompos yaitu di kisaran 40,3-46,8 yang sesuai dengan standar SNI 19-7030-2004 yang mensyaratkan kompos mempunyai kelembaban kurang dari 50%.

### **4.2. Perubahan Tekstur Material dan Kenampakan Organisma**

Pada penelitian (Tahir et al. 2019), tipe fungi yang dominan ditemukan pada pelapukan

TKKS setelah 6 bulan di aplikasikan adalah dari kelompok phylum *Ascomycota* and *proteobacteria*. Sedangkan penelitian (Idris et al. 2019) yang melakukan isolat jamur pelapuk TKKS diperoleh hasil yaitu *Tremella sp*, *Trichoderma sp*, *Phytophthora sp*, *Ulocladium sp*, *Chaetomium sp* dan *Absidia sp*. Ragam koloni fungi ini selain dipengaruhi faktor genetik, juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di daerah sampel media pertumbuhan, termasuk sumber karbon, pH dan suhu (Idris et al. 2019). Fungi memperoleh nutrient dari bahan tanaman yang mati. Sehingga dalam proses pengomposan fungi akan memecah material menjadi bagian kecil yang akan dilanjutkan oleh bakteri untuk proses dekomposisi bahkan tanpa selulosa. Terdapat filament panjang yang disebut *hyphae* yang dapat melakukan penetrasi ke dalam material kompos untuk melakukan dekomposisi secara kimia dan mekanikal pada material organik yang sulit terdekomposisi seperti lignin dan selulosa. Organisme ini berada pada fase thermophilik dan mesophilik pada pengomposan aerobik dan berada pada bagian sisi luar material ketika suhu tinggi. Suhu yang disukai adalah pada interval 21-24°C (Lee 2016). Pada penelitian ini, suhu berada pada fase mesophilik dengan kemunculan fungi pada hari ke 10-26. Penambahan bioaktivator yang mengandung himpunan mikroorganisme yang banyak ke dalam populasi mikroorganisme indigenus akan membantu proses degradasi bahan organik kompos. Namun jumlah mikroorganisme ini akan menurun seiring waktu, (Abu-Bakar and Ibrahim 2013). Sehingga penambahan lindi yang diproduksi selama proses pengomposan dapat ditambahkan sebagaimana pada penelitian ini.

Penambahan aktivator berupa EM4 dan Lindi tidak berpengaruh terhadap kemunculan organisme dan jamur selama proses komposting, tetapi penambahan aktivator berpengaruh terhadap perubahan tekstur, warna dan bau dari bahan komposting tandan kosong sawit. Hal tersebut menunjukkan bahwa aktivator dapat mempercepat proses dekomposisi bahan dari mikroorganisme yang ditambahkan pada bahan komposting. Penambahan aktivator akan menambah jumlah mikroorganisme decomposer dibandingkan dengan bahan yang tanpa penambahan aktivator. Warna bahan dengan penambahan activator mengalami, perubahan warna menjadi lebih gelap yang berlangsung lebih cepat dibanding tanpa penambahan warna. Produk akhir kompor berwarna hitam kecoklatan sesuai dengan standar kompos menurut SNI 19-730-2004 yaitu berwarna kehitaman dan berbau tanah, sedangkan bahan tanpa aktivator masih terlihat muncul serat dan berbau kayu. Hal tersebut menunjukkan bahwa masih tersisa lignoselulosa yang belum terdekomposisi selama 40 hari proses pengomposan. Sedangkan warna dan bau yang menyerupai tanah menunjukkan bahan organik telah terdekomposisi secara sempurna dan telah mengalami proses stabilisasi.

## 5. Kesimpulan

Penambahan aktivator lindi dan EM4 tidak menimbulkan perbedaan kemunculan organisme selama proses komposting TKKS dengan metode open windrow. Namun penambahan aktivator berpengaruh terhadap perubahan tekstur bahan, bau dan warna bahan. Suhu, pH dan kelembaban menunjukkan trend yang serupa selama proses komposting. Organisme yang muncul pada proses pengomposan adalah jamur, belatung, semut, jamur dan kaki seribu.

## 6. Ucapan Terima Kasih

Disampaikan kepada Universitas Mulawarman yang telah memberikan hibah penelitian melalui dana bantuan Hibah Peneliti (PIU) IsDB Loan Tahun 2021. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada PT. Sawit Unggul Agro Niaga, Kecamatan Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur, atas ijin pengambilan sampel bahan baku TKKS.

## 7. Daftar Pustaka

Abrir AR, Ahmad A, Andrio D. 2019. Kinerja Teknik Pengomposan Limbah Tandan Kosong Sawit Menggunakan Metode Windrow Aerob Ditinjau dari Rasio C/N. JOM FTEKNIK. 6(2):1–7.

Abu-Bakar NA, Ibrahim N. 2013. Indigenous microorganisms production and the effect on composting process. AIP Conf Proc. 1571(December 2013):283–286. doi:10.1063/1.4858669.

Aminah S, Muttalib A, Norkhadijah S, Ismail S, Praveena SM. 2016. Application of Effective Microorganism (EM) in Food Waste Composting : A review Application of Effective Microorganism (EM) in Food Waste Composting : A review. 2(April):37–47.

Ariana A, Candra KP. 2017. Isolation and characterization of lignocellulolytic microbes from oil palm empty fruit bunches (EFB). Sustinere J Environ Sustain. 1(1):1–9. doi:10.22515/sustinere.jes.v10i23.2.

Aziz R, Chevakiadagarn P, Danteravanich S. 2016. Environmental impact evaluation of community composting by using life cycle assessment: A case study based on types of compost product operations. Walailak J Sci Technol. 13(3):221–233. doi:10.14456/vol13iss4pp.

Chasanah U, Rahmawati L, R. Iskarlia G. 2013. Optimasi Proses Dekomposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis*) Menggunakan Aktivator EM4. Polhasains. 3(1):28–34.

Crohn DM. 2016. Assessing Compost Quality for Agriculture. ANR Publ.:1–11.

doi:10.3733/ucanr.8514.

Dewilda Y, Apris I. 2016. Studi optimasi kematangan kompos dari sampah organik dengan penambahan bioaktivator limbah rumen dan air lindi. *Semin Nas Sains dan Teknol Lingkung.*:95–100.

Febijanto I. 2011. Kajian Teknologi & Ekonomian Pengembangan Listrik Tenaga Biomassa Sawit; Kajian : Dampak Industri Kelapa Sawit. *J Mechatronics, Electr Power, Veh Technol.* 02(1):11–22.

Haitami A, Wahyudi W. 2019. Pengaruh Berbagai Dosis Pupuk Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit Plus (Kotakplus) Dalam Memperbaiki Sifat Kimia Tanah Ultisol. *J Ilm Pertan.* 16(1):56–63.

Harahap R, Sabrina T, Marbun P. 2015a. Penggunaan Beberapa Sumber Dan Dosis Aktivator Organik Untuk Meningkatkan Laju Dekomposisi Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit. *J Agroekoteknologi Univ Sumatera Utara.* 3(2):104139.

Harahap R, Sabrina T, Marbun P. 2015b. Penggunaan Beberapa Sumber Dan Dosis Aktivator Organik Untuk Meningkatkan Laju Dekomposisi Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit. *J Agroekoteknologi Univ Sumatera Utara.* 3(2):104139. doi:10.32734/jaet.v3i2.10304.

Hau LJ, Shamsuddin R, May AKA, Saenong A, Lazim AM, Narasimha M, Low A. 2020. Mixed Composting of Palm Oil Empty Fruit Bunch (EFB) and Palm Oil Mill Effluent (POME) with Various Organics: An Analysis on Final Macronutrient Content and Physical Properties. *Waste and Biomass Valorization.* 11(10):5539–5548. doi:10.1007/s12649-020-00993-8. <https://doi.org/10.1007/s12649-020-00993-8>.

Idris MY, Sapareng S, Halid I. 2019. Isolasi Dan Karakteristik Jamur Pelapuk Dari Batang Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit. *AGROTEK J Ilm Ilmu Pertan.* 2(2):29–38. doi:10.33096/agrotek.v2i2.59.

Kavitha B., Jothimani P, Rajannan G. 2013. Empty Fruit Bunch- A Potential Organic Manure For Agriculture. *Int J Sci Environ.* 2(5):930–937.

Kementrian Negara Lingkungan Hidup. 1996. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No . 15 Tahun 1996 Tentang : Program Langit Biru.

Kesumaningwati R. 2015. Penggunaan MOL Bonggol Pisang (*Musa paradisiaca*) Sebagai Dekomposer Untuk Pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Ziraa'ah.* 40(1):40–45.

Lee Y. 2016. Various Microorganisms' Roles in Composting: A Review. *APEC Youth Sci J.* 8(1):11–15. <http://www.sigs.or.kr>.

Lim LY, Bong CPC, Chua LS, Lee CT. 2015. Physicochemical profile of microbial-assisted composting on empty fruit bunches of oil palm trees. *Environ Sci Pollut Res.* 22(24):19814–19822. doi:10.1007/s11356-015-5156-5.

Okalia D, Nopsagiarti T, Ezward C. 2018. Pengaruh Ukuran Cacahan Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap Karakteristik Fisik Kompos Tritankos (Triko Tandan Kosong). *J Agroqua Media Inf Agron dan Budid Perair.* 16(2):132. doi:10.32663/ja.v16i2.523.

Purnamayani R, Hendri J, Salvia E, Gusfarina D. 2012. Potensi Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Pupuk Organik dengan Berbagai Dekomposer. *Repos Publ Kementrian Pertan.:*748–756.

Rahmadanti MS, Pramana A, Okalia D, Wahyudi W. 2019. Uji Karakteristik Kompos (pH, Tekstur, Bau) Pada Berbagai Kombinasi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Dan Kotoran Sapi Menggunakan Mikroorganisme Selulolitik (MOS). *J Ilm Teknosains.* 5(2):105–112. doi:10.26877/jitek.v5i2.4717.

Razali WAW, Baharuddin AS, Tarmezee Talib A, Sulaiman A, Naim MN, Hassan MA, Shirai Y. 2012. Degradation of oil palm empty fruit bunches (OPEFB) fibre during composting process using in-vessel composter. *BioResources.* 7(4):4786–4805. doi:10.15376/biores.7.4.4786-4805.

Sari NP, Rinaldi, Rodhiyah Z. 2021. Pengaruh Perbedaan Tinggi Tumpukan Kompos terhadap Jumlah Bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella sp.* pada Kompos Sampah Organik Pasar dan Limbah Padat Rumah Potong Hewan. *J Eng.* 3(1):44–55.

Suhaimi M, Ong HK. 1998. Composting Empty Fruit Bunch of Oil Palm. *Malaysian Agric Res Dev Inst.:*23–31.

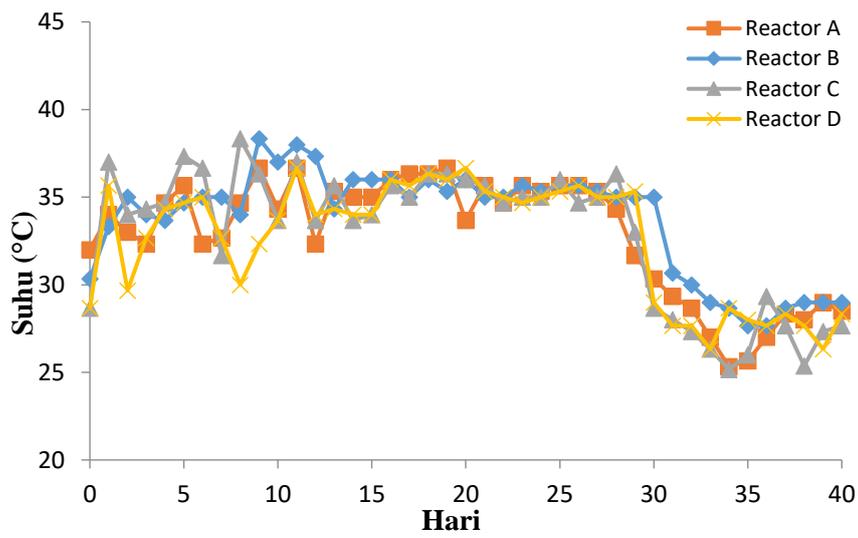
Tahir AA, Barnoh NFM, Yusof N, Said NNM, Utsumi M, Yen AM, Hashim H, Noor MJMM, Akhir FNMD, Mohamad SE, et al. 2019. Microbial diversity in decaying oil palm empty fruit bunches (OPEFB) and isolation of lignin-degrading bacteria from a tropical environment. *Microbes Environ.* 34(2):161–168. doi:10.1264/jsme2.ME18117.

Trisakti B, Mhardela P, Husaini T, Irvan, Daimon H. 2018. Production of oil palm empty fruit bunch compost for ornamental plant cultivation. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng.* 309(1). doi:10.1088/1757-899X/309/1/012094.

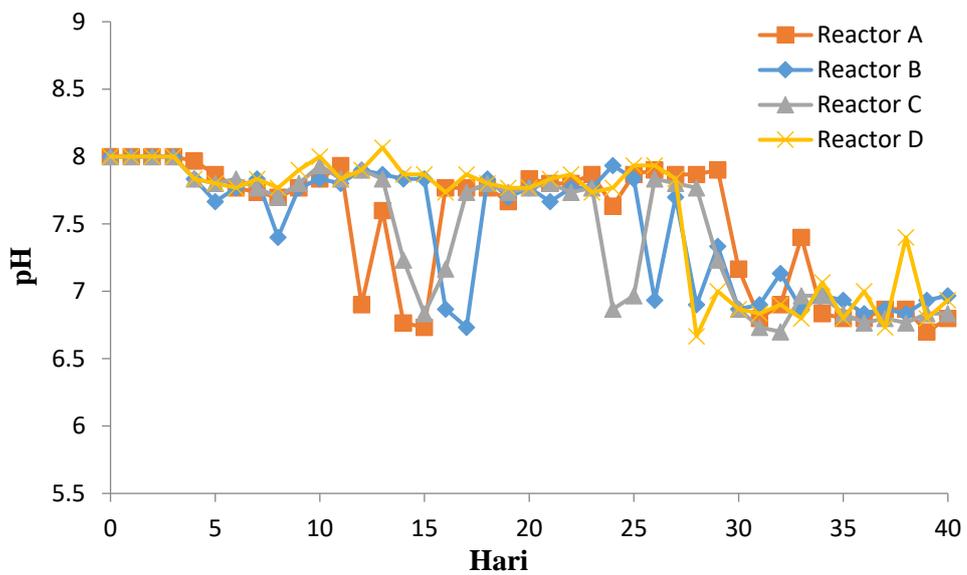
Wahi R, Yusup I 'Adilah. 2016. Empty Fruit Bunches Compost and Germination of *Raphanus sativus* L. *Borneo J Resour Sci Technol.* 6(1):10–18. doi:10.33736/bjrst.210.2016.

Warsito J, Sabang SM, Mustapa K. 2016. Pembuatan Pupuk Organik Dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit. *J Akad Kim.* 5(1):8–15.

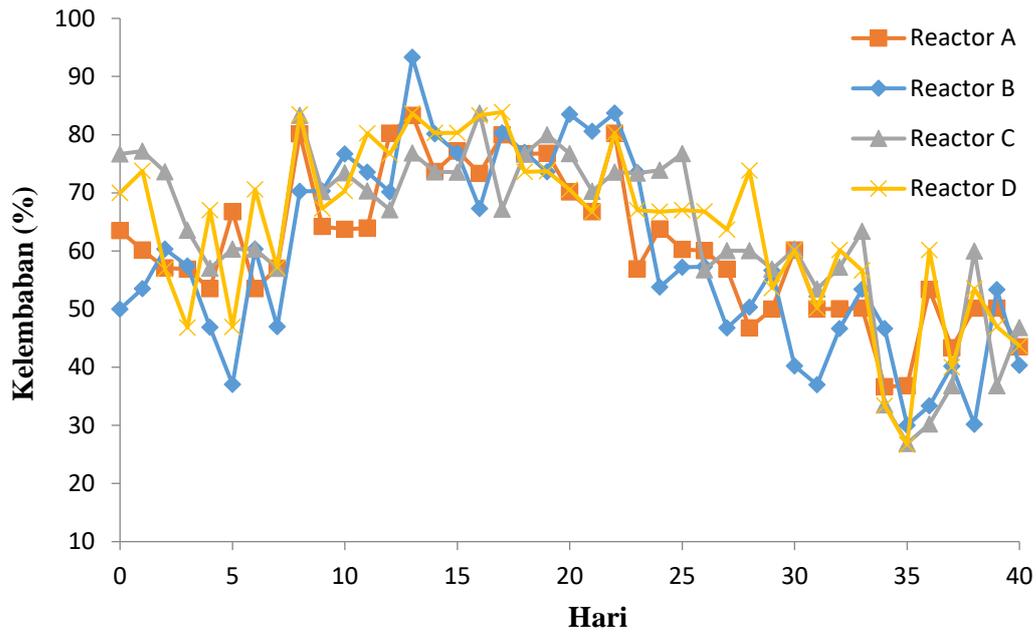
GAMBAR



Gambar 1. Grafik Rata Rata Perubahan Suhu Selama Proses Pengomposan



Gambar 2. Grafik Rata Rata Perubahan pH Selama Proses Pengomposan



Gambar 3. Grafik Rata Rata Perubahan Kelembaban Selama Proses Pengomposan

**TABEL**

Tabel 1 Hasil Analisis Awal Lindi TKKS

<i>No.</i>	<i>Parameter</i>	<i>Satuan</i>	<i>Konsentrasi</i>
1.	C-organik	%	0,82
2.	N Total	%	0,36
3.	Phosfor	%	0,0079
4.	Kalium	%	0,03454
5.	C/N rasio	-	2,248
6.	Bahan Organik	%	14,107
7.	Mg	%	0,00288
8.	Cu	%	TTD
9.	Zn	%	0,3995
10.	Fe	%	0,499
11.	Mn	%	1,294
12.	Salmonella sp.		+
13.	Fecal coli		0

<b>Pengamatan Fisik dan Kenampakan Organisme</b>	<b>Reaktor A</b>	<b>Reaktor B</b>	<b>Reaktor C</b>	<b>Reaktor D</b>
<b>Warna</b>				
Fase Awal proses pengomposan	10YR 6/6 Coklat kekuningan cerah	10YR 5/8 Coklat	10 YR 5/4 Coklat kekuningn kusam	10YR 5/4 Coklat kekuningan pudar
Fase Pertengahan proses pengomposan	10YR 4/3 Coklat terang, mulai hari ke 15	10YR 4/4 Coklat, mulai hari ke 15	10YR 4/3 Coklat, mulai hari ke 15	10YR 4/3 Coklat, mulai hari ke 10
	10YR 3/3 Coklat gelap, mulai hari ke 20	10YR 3/2 Coklat sangat gelap, Mulai hari ke 25	10YR 3/2 Coklat sangat gelap, Mulai hari ke 20	10YR 3/2 Coklat sangat gelap, Mulai hari ke 18
Fase akhir proses pengomposan				
	10 YR 3/1 Coklat sangat gelap Mulai hari ke 35	10 YR 2/2 Hitam kecoklatan Mulai hari ke 35	10 YR 2/2 Hitam kecoklatan Mulai hari ke 32	10 YR 2/2 Hitam kecoklatan Mulai hari ke 30
<b>Tekstur</b>				
a. Masih seperti bahan baku berupa serabut kasar	Sampai hari ke 10	Sampai hari ke 8	Sampai hari ke 8	Sampai hari ke 10
b. Mulai terdekomposisi tetapi tidak merata di seluruh bagian	Mulai hari ke 22	Mulai hari ke 15	Mulai hari ke 15	Mulai hari ke 18
c. Mulai lunak dan terdekomposisi	Mulai hari ke 35	Mulai hari ke 35	Mulai hari ke 32	Mulai hari ke 30
d. Lunak dan terdekomposisi, ukuran menjadi lebih kecil	Hari ke 40	Hari ke 40	Hari ke 40	Hari ke 40
<b>Organisme</b>				

a. Hewan renik transparan



Hari ke 4



Hari ke 4



Hari ke 4



Hari ke 4

b. Hewan kecil seperti belatung putih, coklat dan hitam, kaki seribu, semut putih.



Belatung putih, hari ke 20



Kaki seribu, hari ke 15



Belatung putih, hari ke 8



Belatung coklat, hari ke 30



Semut putih, hari ke 20-32

c. Jamur



Jamur oranye , hari ke 10-15



Jamur oranye, hari ke 10-15



Jamur putih, hari ke 20-26

**PROPOSAL PENELITIAN**

**PENGARUH PENAMBAHAN LINDI DAN BIOAKTIVATOR EM4  
TERHADAP PROSES PENGOMPOSAN TANDAN KOSONG  
KELAPA SAWIT (TKKS)**



Oleh:

**Dr. Dwi Ermawati Rahayu, ST, MT/NIP. 197606082005012001**

**Ir. Edhi Sarwono, ST, M.Eng /NIP. 17507102005011004**

**Sariyadi, Amd/NIP. 198010102014041001**

**Weldy Dziya Millati/ NIM. 1709045008**

**UNIVERSITAS MULAWARMAN  
2021**

Ringkasan penelitian tidak lebih dari 500 kata yang berisi latar belakang penelitian, tujuan dan tahapan metode penelitian, luaran yang ditargetkan, serta uraian TKT penelitian yang diusulkan.

#### RINGKASAN

Limbah TKKS merupakan limbah yang berasal dari industri pengolahan kelapa sawit dengan fraksi terbesar yaitu sebanyak 22 - 23% per ton TBS namun belum dimanfaatkan secara maksimal. Peningkatan nilai tambah TKKS dapat dilakukan karena terdapat kandungan berbagai unsur hara makro dan mikro yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman dengan kandungan erupa 42,8% C, 2,9% K<sub>2</sub>O, 0,8% N, 0,22% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,30% MgO, 23 ppm Cu dan 51 ppm Zn. Pemanfaatan limbah TKKS tersebut dapat dilakukan dengan proses pengomposan. Namun proses pengomposan konvensional TKKS membutuhkan waktu yang lama karena degradasi alami massa TKKS selama 10 bulan. Perlu dilakukan penambahan bioaktivator untuk mempercepat proses dekomposisi bahan organik. Bioaktivator EM4 dan lindi yang dihasilkan dari penumpukan TKKS akan digunakan dalam penelitian ini. Kandungan aktivator EM4 adalah 80% populasi bakteri asam laktat dan yeast serta sebagian kecil bakteri fotosintetik, bakteri pemfiksasi N dan aktinomisetes. Sedangkan lindi mengandung nutrisi, bahan organik yang cukup tinggi yang dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi (Dewilda, 2016). Penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan lindi dan bioaktivator EM<sub>4</sub>, dalam proses komposting dari limbah TKKS dan karakteristik kimia kompos (rasio C/N, N, P, K, suhu dan pH) yang dihasilkan, perubahan fisik dari tekstur bahan saat proses komposting, penyusutan bahan, dan kenampakan organisme selama proses komposting. Penelitian ini akan menggunakan bahan baku TKKS dengan penambahan aktivator EM<sub>4</sub> dan lindi pada pengomposan secara aerob dengan sistem open windrow. Kualitas produk kompos dan kematangan sesuai standar kompos SNI SNI 19-7030-2004. Selain itu juga diamati dan diidentifikasi jenis organisme yang nampak selama proses pengomposan serta dilakukan pengukuran penyusutan bahan diawal pengomposan dan diakhir pengomposan.

Luaran yang ditargetkan adalah submit pada jurnal internasional terindex scopus yaitu : Journal of Ecological Engineering (Q3, HI.20), Jurnal Archive of Environmental Protection (Q2, HI.21). TKT penelitian ini adalah TKT 5 yaitu pada pengembangan teknologi

Kata kunci maksimal 5 kata

Tandan kosong kelapa sawit, kompos, lindi, EM4, open windrow

Latar belakang penelitian tidak lebih dari 500 kata yang berisi latar belakang dan permasalahan yang akan diteliti, tujuan khusus, dan urgensi penelitian. Pada bagian ini perlu dijelaskan uraian tentang spesifikasi khusus terkait dengan skema.

#### LATAR BELAKANG

Limbah TKKS merupakan limbah yang berasal dari pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit dengan fraksi terbesar yaitu sebanyak 22 - 23% per ton TBS. TKKS belum dimanfaatkan secara maksimal selain sebagai mulsa tanaman kelapa sawit. Peningkatan nilai tambah TKKS dapat dilakukan karena terdapat kandungan berbagai unsur hara makro dan mikro yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman [1] berupa 42,8% C, 2,9% K<sub>2</sub>O, 0,8% N, 0,22% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,30% MgO, 23 ppm Cu dan 51 ppm Zn [2]

Pemanfaatan limbah TKKS tersebut dapat dilakukan dengan proses pengomposan. Namun proses pengomposan konvensional TKKS membutuhkan waktu yang lama karena degradasi alami massa TKKS selama 10 bulan. Hal ini disebabkan karakteristik TKKS yang sulit untuk didegradasi secara alami, karena memiliki tingkat rasio C/N yang tinggi dan terdapat ikatan polimer seperti selulosa dan lignin [3]. Beberapa penelitian yang telah dilakukan [4] menunjukkan lamanya waktu pengomposan 40-80 hari.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengomposan antara lain rasio C/N, aerasi sebagai sumber oksigen dan suhu termofilik selama proses pengomposan [5][6][7]. Pengomposan akan berjalan dengan baik jika C/N memiliki nilai 20:1. Jika rasio memiliki nilai terlalu rendah atau dibawah nilai 20 maka dekomposisi yang diproses akan lambat dikarenakan mikroba dalam pertumbuhannya kekurangan persediaan karbon dan tidak dapat menstabilkan nitrogen yang berlebihan sehingga akan menghasilkan amonia dan berbau [6]. Rasio C dan N ini belum ada dekomposer yang mampu mendekomposisikan TKKS secara cepat dalam waktu 2 bulan, dikarenakan dalam penelitiannya pada minggu ke-8, rasio C dan N berkisar > 20, sedangkan rasio C dan N yang baik untuk pengomposan adalah maksimal 20 berdasarkan SNI 19-7030-2004 [8]. Faktor lainnya yang akan mempengaruhi pengomposan adalah aerasi, aerasi merupakan sumber oksigen dalam pertumbuhan mikroorganisme pengurai. Semakin banyak aerasi maka mikroorganisme akan semakin aktif dalam mengurai bahan organik. Metode open windrow merupakan cara pembuatan kompos ditempat terbuka beratap tanpa komposter dan menggunakan aerasi alamiah [5].

Upaya yang dilakukan untuk mempercepat proses dekomposisi bahan organik adalah dengan menambahkan aktivator [8][9]. Penelitian yang dilakukan [6] menunjukkan kematangan kompos hanya dengan waktu 1,5 bulan menggunakan komposisi bahan baku TKKS, kotoran kambing serta bioaktivator campuran EM4, air dan larutan gula merah. Selain waktu pengomposan yang lebih cepat juga dihasilkan kualitas kompos yang baik dengan kandungan unsur hara di dalamnya yaitu N (2,68%), P (0,07), K (0,29) dan rasio C/N (20,78). Namun suhu tertinggi saat pengomposan hanya 35°C (mesofilik)

Bioaktivator EM4 dan lindi yang dihasilkan dari penumpukkan TKKS akan digunakan dalam penelitian ini. Kandungan aktivator EM4 adalah 80% populasi bakteri asam laktat dan yeast serta sebagian kecil bakteri fotosintetik, bakteri pemfiksasi N dan aktinomisetes. Sedangkan lindi mengandung nutrisi, bahan organik yang cukup tinggi yang dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi [10]. Penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan lindi dan bioaktivator EM4, dalam proses komposting dari limbah TKKS dan karakteristik kimia kompos (rasio C/N, N, P, K, suhu dan pH) yang dihasilkan, perubahan fisik dari tekstur bahan saat proses komposting, penyusutan bahan, dan kenampakan organisme selama proses komposting.

<p>Tinjauan pustaka tidak lebih dari 1000 kata dengan mengemukakan <i>state of the art</i> dan peta jalan (<i>road map</i>) dalam bidang yang diteliti. Bagan dan <i>road map</i> dibuat dalam bentuk JPG/PNG yang kemudian disisipkan dalam isian ini. Sumber pustaka/referensi primer yang relevan dan dengan mengutamakan hasil penelitian pada jurnal ilmiah dan/atau paten yang terkini. Disarankan penggunaan sumber pustaka 10 tahun terakhir.</p>
---

## TINJAUAN PUSTAKA

## 1. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

TKKS merupakan limbah utama dengan fraksi terbesar dari industri pengolahan kelapa sawit. Basis satu ton tandan buah segar (TBS) yang diolah akan dihasilkan minyak sawit kasar (*Crude Palm Oil*) sebanyak 0,21 ton (21%) serta minyak inti sawit (*Palm Kernel Oil*) sebanyak 0,05 ton (5%) dan sisanya merupakan limbah dalam bentuk tandan buah kosong, serat, dan cangkang biji yang jumlahnya masing-masing 23%, 13,5%, dan 5,5% dari TBS. Kandungan penyusun dari TKKS yaitu 45,9% Selulosa, 46,5% hemiselulosa, dan 22,8% lignin [11]

Limbah TKKS pada umumnya dimanfaatkan sebagai mulsa tanaman, pengomposan, energi alternatif, briket arang, pulp dan kertas, produk berserat, media jamur, bahan baku enzim, pakan ternak. Tumpukan limbah TKKS ini dapat menjadi tempat berkembang biak *Oryctes rhinoceros* (kumbang tanduk) yang merusak tanaman, berpotensi mencemari lingkungan, menimbulkan populasi lalat dan bau. Pada suhu tinggi limbah TKKS yang ditumpuk akan terbakar, sehingga menimbulkan pembakaran terbuka (*open burning*) yang tidak terkontrol [12]

## 2. Pengomposan

Pengomposan merupakan salah satu contoh proses pengolahan limbah padat biomassa secara aerobik dan anaerobik yang menghasilkan pupuk organik yang disebut kompos [13]. Kompos berasal dari bahan-bahan organik yang telah mengalami dekomposisi oleh mikroorganisme pengurai yang berfungsi sebagai penyuplai unsur hara tanah [14]. Penggunaan kompos membantu konservasi lingkungan dengan mengurangi penggunaan pupuk kimia yang dapat menyebabkan degradasi lahan. Pengomposan secara tidak langsung juga membantu mencegah pembuangan limbah organik dan penumpukan limbah organik [15].

### 2.1 Faktor yang Mempengaruhi Pengomposan

Menurut Wiratini [16], Setiap organisme pendegradasi bahan organik membutuhkan kondisi lingkungan dan bahan yang berbeda-beda. Apabila kondisinya sesuai, maka dekomposer tersebut akan bekerja giat untuk mendekomposisi limbah padat organik. Apabila kondisinya kurang sesuai atau tidak sesuai, maka organisme tersebut akan dorman, pindah ke tempat lain, atau bahkan mati. Menciptakan kondisi yang optimum untuk proses pengomposan sangat menentukan keberhasilan proses pengomposan itu sendiri. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengomposan antara lain:

#### 1. Rasio C/N

Rasio C/N yang efektif untuk proses pengomposan berkisar antara 30: 1 hingga 40:1. Mikroba memecah senyawa C sebagai sumber energi dan menggunakan N untuk sintesis protein. Pada rasio C/N di antara 30 s/d 40 mikroba mendapatkan cukup C untuk energi dan N untuk sintesis protein. Apabila rasio C/N terlalu tinggi, mikroba akan kekurangan N untuk sintesis protein sehingga dekomposisi berjalan lambat.

#### 2. Ukuran Partikel

Aktivitas mikroba berada diantara permukaan area dan udara. Permukaan area yang lebih luas akan meningkatkan kontak antara mikroba dengan bahan dan proses dekomposisi akan berjalan lebih cepat. Ukuran partikel juga menentukan besarnya ruang antar bahan (porositas). Untuk meningkatkan luas permukaan dapat dilakukan dengan memperkecil ukuran partikel bahan tersebut.

#### 3. Aerasi

Pengomposan yang cepat dapat terjadi dalam kondisi yang cukup oksigen (aerob). Aerasi secara alami akan terjadi pada saat terjadi peningkatan suhu yang menyebabkan udara hangat keluar dan udara yang lebih dingin masuk ke dalam tumpukan kompos. Aerasi ditentukan

oleh porositas dan kandungan air bahan(kelembaban). Apabila aerasi terhambat, maka akan terjadi proses anaerob yang akan menghasilkan bau yang tidak sedap. Aerasi dapat ditingkatkan dengan melakukan pembalikan atau mengalirkan udara di dalam tumpukan kompos.

#### 4. Porositas

Porositas adalah ruang diantara partikel di dalam tumpukan kompos. Porositas dihitung dengan mengukur volume rongga dibagi dengan volume total. Rongga-rongga ini akan diisi oleh air dan udara. Udara akan mensuplay Oksigen untuk proses pengomposan. Apabila rongga dijenuhi oleh air, maka pasokan oksigen akan berkurang dan proses pengomposan juga akan terganggu.

#### 5. Kelembaban (*Moisture content*)

Kelembaban memegang peranan yang sangat penting dalam proses metabolisme mikroba dan secara tidak langsung berpengaruh pada suplay oksigen. Mikroorganisme dapat memanfaatkan bahan organik apabila bahan organik tersebut larut di dalam air. Kelembaban 40 - 60 % adalah kisaran optimum untuk metabolisme mikroba. Apabila kelembaban di bawah 40%, aktivitas mikroba akan mengalami penurunan dan akan lebih rendah lagi pada kelembaban 15%. Apabila kelembaban lebih besar dari 60%, hara akan tercuci, volume udara berkurang, akibatnya aktivitas mikroba akan menurun dan akan terjadi fermentasi anaerobik yang menimbulkan bau tidak sedap.

#### 6. Temperatur/suhu

Panas dihasilkan dari aktivitas mikroba. Ada hubungan langsung antara peningkatan suhu dengan konsumsi oksigen. Semakin tinggi temperatur akan semakin banyak konsumsi oksigen dan akan semakin cepat pula proses dekomposisi. Peningkatan suhu dapat terjadi dengan cepat pada tumpukan kompos. Temperatur yang berkisar antara 30 – 60 °C menunjukkan aktivitas pengomposan yang cepat. Suhu yang lebih tinggi dari 60 °C akan membunuh sebagian mikroba dan hanya mikroba termofilik saja yang akan tetap bertahan hidup. Suhu yang tinggi juga akan membunuh mikroba-mikroba patogen tanaman dan benih-benih gulma.

#### 7. pH

Proses pengomposan dapat terjadi pada kisaran pH yang lebar. pH yang optimum untuk proses pengomposan berkisar antara 6.5 sampai 7.5. pH kotoran ternak umumnya berkisar antara 6.8 hingga 7.4. Proses pengomposan sendiri akan menyebabkan perubahan pada bahan organik dan pH bahan itu sendiri. Sebagai contoh, proses pelepasan asam, secara temporer atau lokal, akan menyebabkan penurunan pH (pengasaman), sedangkan produksi amonia dari senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen akan meningkatkan pH pada fase-fase awal pengomposan. pH kompos yang sudah matang biasanya mendekati netral

#### 8. Kandungan Hara

Kandungan P dan K juga penting dalam proses pengomposan dan biasanya terdapat di dalam kompos-kompos dari peternakan. Hara ini akan dimanfaatkan oleh mikroba selama proses pengomposan.

#### 9. Kandungan Bahan Berbahaya

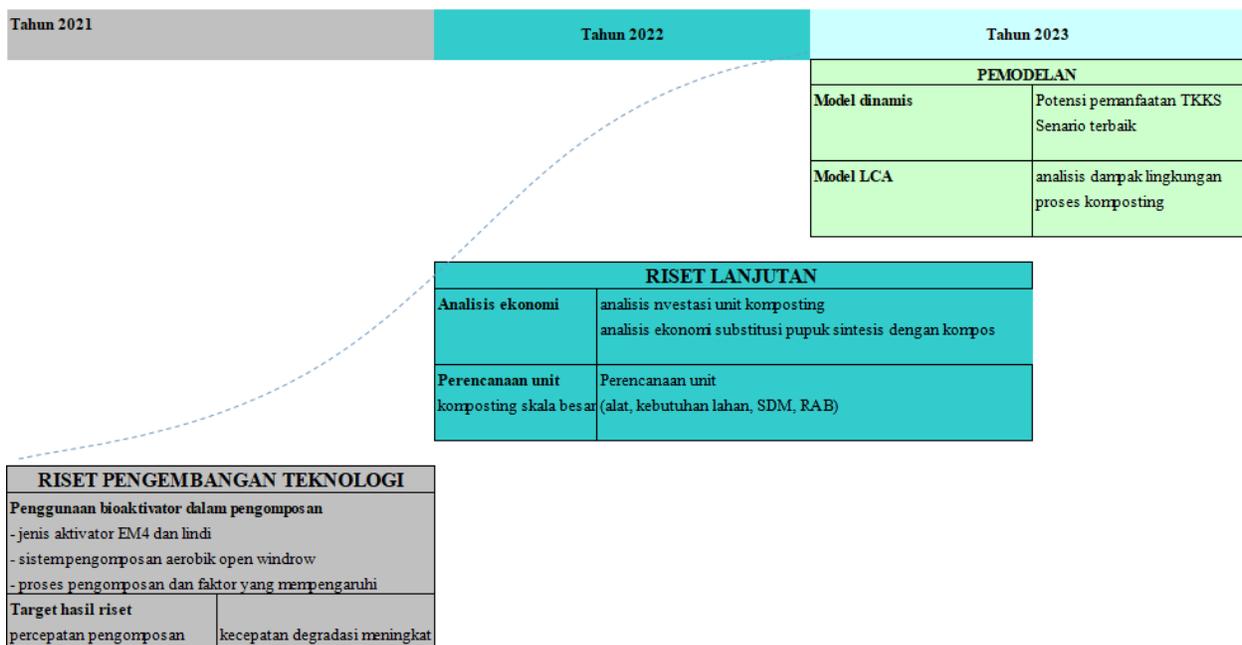
Beberapa bahan organik mungkin mengandung bahan-bahan yang berbahaya bagi kehidupan mikroba. Logam-logam berat seperti Mg, Cu, Zn, Nickel, Cr adalah beberapa bahan yang termasuk kategori ini. Logam-logam berat akan mengalami imobilisasi selama proses pengomposan.

#### 10. Lama Pengomposan

Lama waktu pengomposan tergantung pada karakteristik bahan yang dikomposakan, metode pengomposan yang dipergunakan dan dengan atau tanpa penambahan aktivator pengomposan. Secara alami pengomposan akan berlangsung dalam waktu beberapa minggu sampai 2 tahun hingga kompos benar-benar matang.

Pengomposan adalah proses zat organik direduksi dari volume besar bahan yang cepat terurai menjadi volume kecil bahan yang terus terurai perlahan. Salah satu dari banyak manfaat menambahkan kompos ke tanah adalah nutrisi di dalamnya dilepaskan secara perlahan ke tanah dan kemudian tersedia untuk digunakan oleh tanaman. Pembusukan akan terjadi di dalam tanah jika bahan organik yang belum terurai ditambahkan ke dalamnya, tetapi dalam proses pemecahan unsur hara akan terikat dan tidak tersedia untuk digunakan oleh tanaman [17].

### Peta Jalan penelitian



Gambar 1. Peta Jalan Penelitian Pengomposan TKKS

Metode atau cara untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan ditulis tidak melebihi 600 kata. Bagian ini dilengkapi dengan diagram alir penelitian yang menggambarkan apa yang sudah dilaksanakan dan yang akan dikerjakan selama waktu yang diusulkan. Format diagram alir dapat berupa file JPG/PNG. Bagan penelitian harus dibuat secara utuh dengan penahapan yang jelas, mulai dari awal bagaimana proses dan luarannya, dan indikator capaian yang ditargetkan. Di bagian ini harus juga mengisi tugas masing-masing anggota pengurus sesuai tahapan penelitian yang diusulkan.

### METODE

**Bahan habis pakai:** TKKS, EM4 dan lindi

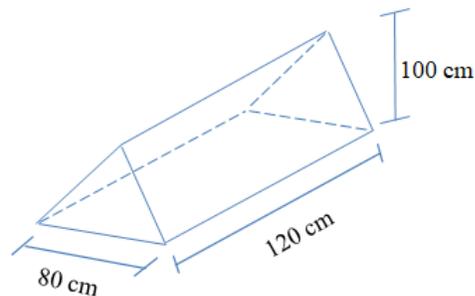
### Tahapan Penelitian:

#### 1. Tahap Persiapan

Persiapan media berupa lindi dari hasil penumpukan TKKS dan TKKS yang telah dicacah dengan ukuran 2-4 cm dengan menggunakan mesin pencacah yang diambil dari pabrik PT. Sawit Unggul Agro Niaga. TKKS yang telah dicacah, ditumpuk diatas terpal yang terhubung ke penampungan lindi, lindi ditampung hingga memenuhi volume yang dibutuhkan. TKKS, Lindi dan bioaktivator EM<sub>4</sub> sebelum di campurkan dengan kompos TKKS di lakukan uji karakteristik terlebih dahulu di Laboratorium Politeknik Pertanian Negeri Samarinda.

## 2 Tahapan pembuatan kompos

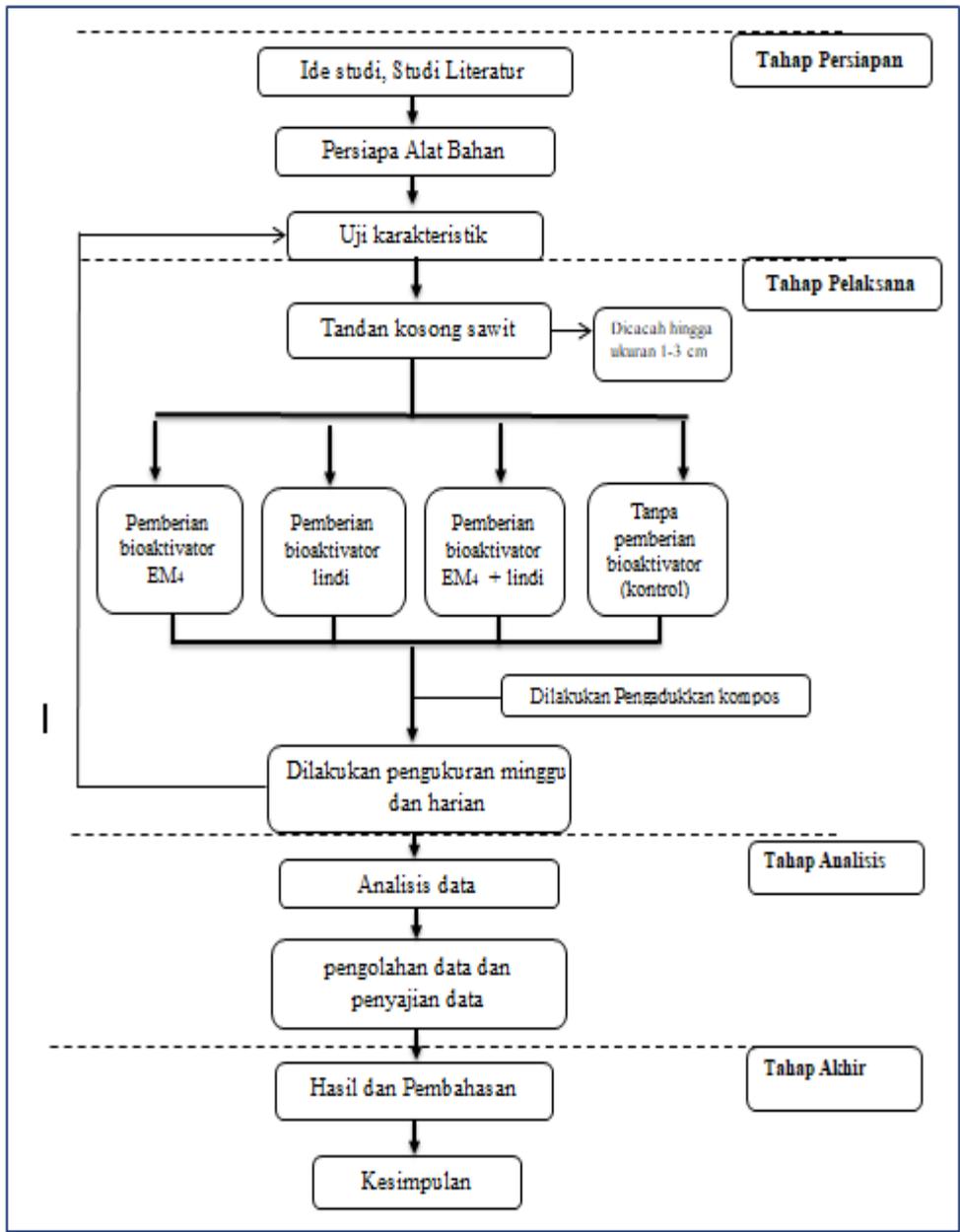
Tahapan pembuatan kompos dilakukan pencacahan tandan kosong sawit dengan mesin pencacah hingga ukuran mencapai 2-4 cm (Abrir et al., 2019). Ditimbang cacahan TKKS hingga dapat memenuhi volume 480.000 cm<sup>3</sup> sesuai rancangan komposter open windrow yang dibuat dengan ukuran panjang, lebar, dan tinggi digunakan 120 cm x 80 cm x 100 cm.



Gambar 2. Rancangan Komposter Open Windrow

Dicampurkan bioaktivator EM<sub>4</sub> dan lindi sesuai variasi, pada tumpukan cacahan TKKS. Dengan perlakuan penambahan 100% (3000 ml) cairan EM<sub>4</sub> dan diaduk semua bahan hingga tercampur rata. Dilakukan pengukuran harian pH menggunakan alat pH meter, dan suhu dengan alat termometer pada bagian atas, bagian tengah dan bagian bawah kompos [18]. Dilakukan penyiraman jika kadar air pada tumpukkan kompos berkurang. Dilakukan pengadukkan jika suhu pada tumpukkan kompos terlalu tinggi [6]. Diambil sebanyak 1 kg sebagai sampel kompos yang telah homogen (semua bahan kompos tercampur merata), untuk diukur karakteristiknya [19]. Dilakukan pengukuran C/N rasio, N, P, dan K pada hari ke 0, 10, 20, 30, 40 [18]. Dilakukan penelitian ini hingga terjadi penurunan C/N rasio dan sesuai kriteria kompos matang menurut SNI 19-7030-2004. Diamati dan diidentifikasi jenis organisme yang nampak selama proses pengomposan. Dilakukan pengukuran penyusutan bahan diawal pengomposan dan diakhir pengomposan.

Tahapan penelitian ini sebagaimana diagram alir pada Gambar 3.



**Pembagian Beban Penelitian:** pembagian tugas tim peneliti sebagaimana tabel berikut ini

No	Nama Peneliti	Bidang Ilmu	Organisasi dalam tim	Alokasi waktu	Uraian Tugas
1.	Dr Dwi Emawati Rahayu, ST, MT	Teknik lingkungan	Ketua	8 jam/minggu	- Mengkoordinasi persiapan penelitian - Mengkoordinasi kegiatan komposting - mengkoordinasi penyusunan jurnal - berdiskusi bersama analisis hasil penelitian
2.	Ir. Edhi Sarwono, ST, M.Eng	Teknik lingkungan	Anggota 1	8 jam/minggu	- Koordinator pelaksanaan setiap tahapan penelitian - melakukan koordinasi dan diskusi hasil penelitian - menyusun jurnal penelitian
3.	Sariyadi	Analisis kimia	Anggota 2	10 jam/minggu	- koordinator pengambilan bahan baku - Koordinator pengukuran dan pengamatan pengomposan -berdiskusi bersama analisis hasil penelitian - menyusun jurnal penelitian
4.	Weldy Dziya Millati NIM. 1709045008	Teknik lingkungan	Anggota 3	12 jam/minggu	- melakukan pengambilan bahan baku - melakukan pengukuran dan pengamatan pengomposan -berdiskusi bersama analisis hasil penelitian -menyusunan jurnal penelitian

**Analisa:** Data yang akan diperoleh akan disajikan dalam tabulasi data serta dianalisis secara statistik menggunakan metode ANOVA (*Analysis of Variance*).

**Pengujian dengan instrument:** menggunakan metode-metode yang mengacu pada SNI dan jurnal terkait sebagaimana tabel berikut

Data Analisis Penelitian	Alat	Metode	Referensi
1. Analisis Harian			
Suhu	termometer	Termometer	[1]
pH	pH meter	pH meter	SNI 7763 : 2018
2. Analisis Mingguan			
Rasio C/N		kjeldahl	SNI 7763 : 2018
K		Flame photometer / spektrofotometer serapan atom	SNI 2803 : 2010
P		Spektrofotometri	SNI 02-0086-2005
N		kjeldahl	SNI 2803 : 2010
3. Analisis kompos			
Suhu	termometer	Diukur setiap hari, nilai suhu sesuai suhu air tanah	SNI 19-7030-2004
pH	pH meter	Diukur setiap hari, dengan nilai pH 6,8-7,4	SNI 19-7030-2004
Rasio C/N		Diukur setiap hari ke 0,10,20,30,40 dan nilai maksimum untuk rasio C/N adalah 50%	SNI 19-7030-2004
N		Diukur setiap hari ke 0,10,20,30,40 dan nilai minimum untuk nitrogen adalah 0.40%	SNI 19-7030-2004
P		Diukur setiap hari ke 0,10,20,30,40 dan nilai minimum untuk phosfor adalah 0,10%	SNI 19-7030-2004
K		Diukur setiap hari ke 0,10,20,30,40 dan nilai minimum untuk kalium adalah 0,20%	SNI 19-7030-2004
Penyusutan bahan		Diukur setiap hari ke 0,10,20,30,40 dan nilai maksimum untuk kadar air adalah 50%	SNI 19-7030-2004
Perubahan fisik dan bentuk		Diamati setiap hari selama proses pengomposan. Memiliki ciri bentuk menyerupai tanah, berwarna hitam, tidak berbau busuk, suhu tumpukan mendekati suhu ruang	SNI 19-7030-2004

Kemunculan organisme		Diamati setiap minggu organisme apa saja yang terdapat selama proses pengomposan	[20]
----------------------	--	--	------

Jadwal penelitian disusun dengan mengisi langsung tabel berikut dengan memperbolehkan penambahan baris sesuai banyaknya kegiatan.

## JADWAL

### Tahun ke-1

No	Nama Kegiatan	Bulan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Tahap penyusunan proposal												
2	Tahap persiapan media dan lindi												
3	Tahap pengomposan												
4	Tahap pengamatan proses pengomposan												
5	Tahap analisis kualitas kompos												
6	Analisis data dan penyusunan laporan												
7	Penyusunan jurnal												

### Tahun ke-2

### Tahun ke-3

Daftar pustaka disusun dan ditulis berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada usulan penelitian yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Harahap, R., Sabrina, T., Marbun, P. (2015) Penggunaan Beberapa Sumber Dan Dosis Aktivator Organik Untuk Meningkatkan Laju Dekomposisi Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, 3(2), 104139.
2. Haryanti, A., Norsamsi, Fanny Sholihah, P. S., Putri, N. P. (2014). Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit. *Jurnal Konversi*, 3(2), 20–26.
3. Amrullah, Yenie, E., & Andrio, D. (2018). Profil Suhu pada Pengomposan Tandan Kosong Sawit Sisa Media Jamur Merang (*Volvarielle Volvacea*) dengan Variasi Berat Penambahan POME (Palm Oil Mill Effluent). *Prosiding Forum Penelitian Dan Pendidikan Universitas Ke-24*, 5, 121
4. Vakili, M, Rafatullah, M, Hakimi, M (2014) A review on composting of oil palm biomass, *Environment Development and Sustainability* DOI.10.1007/s10668-014-9581-2
5. Widarti, B. N. (2018). Pengaruh Penggunaan Metode Open Windrow Dan Takakura Terhadap Pengomposan Dedaunan Kering. *Jurnal Info Teknik*, 19(1), 115–122.
6. Chasanah, U., Rahmawati, L., & R. Iskarlia, G. (2013). Optimasi Proses Dekomposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) Menggunakan Aktivator EM4. *Jurnal Polhasains*, 3(1), 28–34.

7. Ting, A., Tay Y., Lin H., Shang H., Tee S., 2013, Biocatalysis and Agricultural Biotechnology Novel isolation of thermophilic *Ureibacillus terrenus* from compost of empty fruit bunches ( EFB ) of oil palm and its enzymatic activities, *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 2 (2) 162-164 DOI. 10.1016/j.bcab.2012.11.004
8. Purnamayani, R., Hendri, J., Salvia, E., & Gusfarina, D. . (2012). Potensi Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Pupuk Organik dengan Berbagai Dekomposer. 748–756.
9. Trivana, L., & Pradhana, A. Y. (2017). Optimalisasi Waktu Pengomposan dan Kualitas Pupuk Kandang dari Kotoran Kambing dan Debu Sabut Kelapa dengan Bioaktivator PROMI dan Orgadec. *Jurnal Sain Veteriner*, 35(1), 136.
10. Dewilda, Y., & Apris, I. (2016). Studi optimasi kematangan kompos dari sampah organik dengan penambahan bioaktivator limbah rumen dan air lindi. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Lingkungan*, 95–100.
11. Toiby, A. R., Rahmadani, E., & Oksana, O. (2015). Perubahan Sifat Kimia Tandan Kosong Kelapa Sawit Yang Difermentasi Dengan Em4 Pada Dosis Dan Lama Pemeraman Yang Berbeda. *Jurnal Agroteknologi*, 6(1), 1.
12. Nurfaejri, N., Yenie, E., & Edward. (2016). Pengaruh Rasio Penambahan ActiComp Terhadap Regradasi Struktur Morfologi Tandan Kosong Kelapa Sawit Pada Proses Pengomposan Metode Windrow. *JOM FTeknik*, 3(2), 1–11.
13. Irawan, T. B. (2014). Pengaruh Susunan Bahan Terhadap Waktu Pengomposan Sampah Pasar Pada Komposter Beraerasi. *Metana*, 10(01), 18–24.
14. Krisnawan, K. A., Tika, I. W., Ayu, I., Bintang, G., Studi, P., Pertanian, T., & Pertanian, F. T. (2018). Analisis Dinamika Suhu pada Proses Pengomposan Jerami dicampur Kotoran Ayam dengan Perlakuan Kadar Air Analysis of Temperature Dynamic on Composting Process of Rice Straw Mixed Chicken Manure with Moisture Content Treatment Abstrak. 6, 25–32
15. Warsito, J., Sabang, S. M., & Mustapa, K. (2017). Pembuatan Pupuk Organik Dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Akademika Kimia*, 5(1), 8.
16. Wiratini, N. M., Lasia, I. K., Maryam, S., & Retug, N. (2014). Pelatihan Membuat Kompos dari Limbah Pertanian di Subak Telaga Desa Mas Kecamatan Ubud. *Journal of Materials Processing Technology*, 1(1), 1–19.
17. Raabe, R. D. (2017). The Rapid Composting Method. *Energy Procedia*, 114, 1366–1379.
18. Trisakti, B., Mhardela, P., Husaini, T., Irvan, & Daimon, H. (2018). Production of oil palm empty fruit bunch compost for ornamental plant cultivation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 309(1).
19. Krishnan, Y., Bong, C. P. C., Azman, N. F., Zakaria, Z., Othman, N., Abdullah, N., Ho, C. S., Lee, C. T., Hansen, S. B., & Hara, H. (2017). Co-composting of palm empty fruit bunch and palm oil mill effluent: Microbial diversity and potential mitigation of greenhouse gas emission. *Journal of Cleaner Production*, 146, 94–100.
20. Roberts, P., & Evans, S. (2019). The Book of Fungi. In ISSN 2502-3632 (Online) ISSN 2356-0304 (Paper) *Jurnal Online Internasional & Nasional Vol. 7 No.1, Januari – Juni 2019 Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta (Vol. 53, Issue 9)*.  
[www.journal.uta45jakarta.ac.id](http://www.journal.uta45jakarta.ac.id).

## Lampiran 1. Rencana Anggaran Biaya

KELOMPOK	KOMPONEN	ITEM	SATUAN	VOLUME	HARGA	TOTAL
<b>Bahan</b>						
	Bahan habis pakai	EM4	Liter	3	Rp 30,000	Rp 90,000
	ATK	Kertas	Rim	3	Rp 45,000	Rp 135,000
		catridge tinta	Buah	3	Rp 150,000	Rp 450,000
<b>Total bahan penelitian</b>						<b>Rp 675,000</b>
<b>Sewa Peralatan Penelitian</b>						
	Pengukuran harian	sewa Termometer, pH meter, dkk	Paket/bilan	3	Rp 100,000	Rp 300,000
	Pencacahan bahan	sewa mesin pencacah (isi bahan bakar)	Liter	50	Rp 10,500	Rp 525,000
	penyewaan transportasi	Pengangkutan bahan baku	Paket	2	Rp 500,000	Rp 1,000,000
<b>Total sewa peralatan penelitian</b>						<b>Rp 1,825,000</b>
<b>Analisis Data</b>						
	Anakisis sampel	uji N	Kali	9	Rp 100,000	Rp 900,000
		Uji C	Kali	9	Rp 80,000	Rp 720,000
		Uji P	Kali	9	Rp 120,000	Rp 1,080,000
		uji K	Kali	9	Rp 160,000	Rp 1,440,000
		uji C/N	Kali	9	Rp 40,000	Rp 360,000
		uji Mg	Kali	9	Rp 160,000	Rp 1,440,000
		uji Cu	Kali	9	Rp 160,000	Rp 1,440,000
		uji Mn	Kali	9	Rp 160,000	Rp 1,440,000
		uji Ni	Kali	9	Rp 160,000	Rp 1,440,000
		uji Fe	Kali	9	Rp 160,000	Rp 1,440,000
		uji Zn	Kali	9	Rp 160,000	Rp 1,440,000
		bahan organik	Kali	9	Rp 80,000	Rp 720,000
		uji mikroorganisme (fecal coli & salmonella sp)	Kali	9	Rp 500,000	Rp 4,500,000
<b>Total analisis sampel</b>						<b>Rp 18,360,000</b>
<b>Pelaporan, Luar an</b>						
	Publikasi jurnal	Translate, proofread, publikasi	Paket	1	Rp 15,000,000	Rp 15,000,000
	Penggandaan Laporan	Fotocopy laporan	Buah	3	Rp 75,000	Rp 225,000
<b>Total bahan ATK</b>						<b>Rp 15,225,000</b>
<b>Total Anggaran</b>						<b>Rp 36,085,000</b>

**Lampiran 2.**

**PERNYATAAN KESANGGUPAN PELAKSANAAN DAN PENYUSUNAN  
LAPORAN PENELITIAN**

Saya yang bertanda-tangan di bawah ini:

Nama : Dr. Dwi Ermawati Rahayu, ST, MT  
NIDN : 0008067604  
Instansi : Fakultas Teknik Universitas Mulawarman

Sehubungan dengan Kontrak Penelitian:

Tanggal Kontrak :  
Nomor Kontrak :  
Judul Penelitian : Pengaruh Penambahan Lindi dan Bioaktivator EM4 Terhadap  
Proses Pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)  
Tahun Usulan : 2021  
Tahun Pelaksanaan : 2021  
Jangka Waktu Penelitian : 10 bulan  
Periode Penelitian : 2021  
Dana Penelitian : Rp. 35.000.000,-

Periode	Dana Penelitian (Rp)	Dana Tambahan (Rp)*
Tahun 2021	30.000.000,-	

Dengan ini menyatakan bahwa Saya bertanggungjawab penuh untuk menyelesaikan penelitian serta mengunggah laporan kemajuan dan laporan akhir penelitian sebagaimana diatur dalam Kontrak Penelitian tersebut diatas.

Apabila sampai dengan masa penyelesaian pekerjaan sebagaimana diatur dalam Kontrak Penelitian tersebut di atas saya lalai/cidera janji/wanprestasi dan/atau terjadi pemutusan Kontrak Penelitian, saya bersedia untuk mengembalikan/menyetorkan kembali uang ke kas negara sebesar nilai sisa pekerjaan yang belum ada prestasinya.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Samarinda, 26 Juli 2021



(Dr. Dwi Ermawati Rahayu, ST, MT)

Keterangan:

\* dana tambahan adalah dana di luar institusi/dana mitra lain yang tidak mengikat

### LAMPIRAN 3. BIODATA TIM PENELITI

#### A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Dr. Dwi Ermawati Rahayu, ST, MT
2	Jenis Kelamin	Perempuan
3	Jabatan Fungsional	Lektor
4	NIP/NIK	197606082005012001
5	NIDN	0008067604
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Pati, 08 Juni 1976
7	Email	<a href="mailto:dwiermarahayu@ft.unmul.ac.id">dwiermarahayu@ft.unmul.ac.id</a> <a href="mailto:dwiermarahayu@gmail.com">dwiermarahayu@gmail.com</a>
8	Nomor Telepon/HP	081346272787
9	Alamat Kantor	Jalan Sambaliung No.9 kampus Gunung Kelua Samarinda
10	Nomor Telepon/Faks	
11	Lulusan yang dihasilkan	
12	Mata kuliah yang diampu	1. Rekayasa Limbah Padat
		2. Pengolahan Air Minum
		3. Plambing
		4. Satuan Operasi

#### B. Riwayat Pendidikan

	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan "YLH" Jogjakarta	Institut Teknologi 10 November Surabaya	Institut Teknologi 10 November Surabaya
Bidang Ilmu	Teknik Lingkungan	Teknik Lingkungan	Teknik Lingkungan
Tahun masuk-lulus	1999 – 2002	2007 – 2010	2015 – 2020
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi	Pengaruh variasi Waktu pemaparan Gelombang Ultrasonik Terhadap Reduksi jumlah <i>Escherichia coli</i>	Kajian Intermittent Slow Sand Filter Untuk Memperbaiki Kualitas Air PDAM	Keberlanjutan Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bioenergi dengan Pendekatan Sistem Dinamis
Nama Pembimbing/Promotor	Prof. Dr. Parmono Achmad, MPh., PhD	Ir. Hari Wiko Indaryanto, M.Eng	Prof Dr. Nieke K. Budisantoso W

### C. Pengalaman Penelitian 5 tahun terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (juta Rp)
	2015	Potensi Sampah pasar Segiri Sebagai Bahan Baku Pupuk Kompos Menggunakan Modifikasi Reaktor Aerobik	Balitbangda	50
	2018	Optimalisasi Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa sawit Menjadi Bioenergi Dengan Proses Konversi Thermochemical Menggunakan Pendekatan Model Dinamis	Dikti	56

### D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat 5 tahun terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (juta Rp)
	2014	Program Hemat, Simpan, OLah, dan Daur Ulang Air (HESIODA) Sebagai Upaya Efisiensi Pemakaian dan Pemanfaatan Air di Perumahan Bengkuring, Samarinda	Dikti	70

### E. Publikasi Ilmiah dalam Jurnal dalam 5 tahun terakhir

No.	Tahun	Judul artikel ilmiah	Volume/nomor	Nama Jurnal
1	2020	Renewable Energy From Palm Oil Industry in Indonesia : Availability, Quantity, Distribution and Potential	26(2)2020 p.699-709	Ecology Environmental and Conservation
2	2019	Availability of Empty Fruit Bunch as Biomass Feedstock For Sustainability of Bioenergy Product (System Dynamic Approach),	020095 (2019); <a href="https://doi.org/10.1063/1.5139827">https://doi.org/10.1063/1.5139827</a>	AIP Conference Proceedings 2194,
3	2019	Life Cycle Assessment (LCA) utilization of oil palm empty fruit bunches as Bioenergy	020019 (2019,; <a href="https://doi.org/10.1063/1.5139751">https://doi.org/10.1063/1.5139751</a>	AIP Conference Proceedings 2194
4.	2018	Potential of biomass residues from oil palm agroindustry in Indonesia	<i>13008 (2018) <a href="https://doi.org/10.1051/mateconf/201819713008AASEC2018">https://doi.org/10.1051/mateconf/201819713008AASEC2018</a></i>	<i>MATEC Web of Conferences 197</i>

**F. Pengalaman Seminar (oral presentation) dalam 3 tahun terakhir**

No.	Nama Pertemuan Ilmiah/Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan tempat
1	Seminar Nasional Teknologi 2015 Peningkatan Daya Saing Teknologi Nasional Menyongsong MEA 2015	Program Hemat Simpan Olah dan Daur Ulang Air (HESIODA) Sebagai Upaya Efisiensi Pemakaian dan Pemanfaatan Air	LPPM ITN Malang Januari 2015
2	<i>International Conference on renewable Energy Research and Challenge (ICoRER) and The 2th Regional Conference on Energy Engineering</i>	Life Cycle Assessment (LCA) Conventional Utilization of empty Fruit Bunch as Mulch in Plantation Areas,	<i>Banyuwangi 12-14 November 2019, Departement Teknik Fisika ITS</i>

**G. Karya buku dalam 5 tahun terakhir**

No.	Tahun	Judul buku	Jumlah Halaman	Penerbit

**H. Karya HKI 5 tahun terakhir**

No.	Tahun	Judul/tema HKI	Jenis	Nomor P/ID
1.	-	-	-	-

**I. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya dalam 5 tahun terakhir**

No.	Tahun	Judul/tema/jenis rekayasa sosial lainnya yang telah diterapkan	Tempat penerapan	Respon masyarakat

**J. Penghargaan dalam 10 tahun terakhir (dari Pemerintah, asosiasi, atau institusi lainnya)**

No.	Tahun	Nama Penghargaan	Pemberi

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima resiko.

Samarinda, 26 Juli 2021

Pengusul,



Dr Dwi Ermawati R,ST,MT

NIP. 197606082005012001

### LAMPIRAN 3. BIODATA TIM PENELITIAN

#### A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	EDHI SARWONO,ST.,M.Eng.
2	Jenis Kelamin	Laki - Laki
3	Jabatan Fungsional	Asisten Ahli
4	NIP/NIK	19750710 200501 1 004
5	NIDN	0010077501
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Karanganyar, 10 Juli 1975
7	Email	Perum Korpri Blok AF No.3 Jl. Jakarta Loa Bakung Samarinda
8	Nomor Telepon/HP	edhirafi@gmail.com
9	Alamat Kantor	081347502902
10	Nomor Telepon/Faks	Fakultas Teknik Kampus Gn. Kelua Jl. Sambaliung No. 9 Samarinda 75119
11	Lulusan yang dihasilkan	0541-736834 / 0541-749315
12	Mata kuliah yang diampu	S1 = 70 orang , S2 = 0 , S3 = 0
		1. Satuan Operasi
		2. Manajemen Lingkungan
		3. Pengelolaan B3 dan Limbah B3
		4. Pengelolaan Kualitas Udara
		5. Amdal

#### B. Riwayat Pendidikan

	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan	Universitas Gadjah Mada	
Bidang Ilmu	Teknik Lingkungan	Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan	
Tahun masuk-lulus	1993-1998	2009 - 2012	
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi	Pengolahan limbah Batik Plentong Tirtodipuran Yogyakarta menggunakan filter anaerob	Pengolahan Tandan Kosong Sawit Untuk Kompos Dengan Penambahan Lindi	
Nama Pembimbing/Promotor	Ir. Akhzin Zulkoni	Ir. Agus Prasetya.,M.Eng,Sc., Ph.D.	

### C. Pengalaman Penelitian 5 tahun terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (juta Rp)
1	2019	Studi Kelayakan TPA baru Kota Samarinda	APBD Kota Samarinda	180
2	2019	Penyusunan Master Plan Sampah Kabupaten Mahulu	APBD Kab. Mahulu	300
3	2020	Kajian Daya Dukung dan Daya Tampung Lingkungan Hidup Kab. Kutai Kartanegara	APBD Kab. Kutai Kartanegara	180
4	2020	Studi Rencana Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup	APBD Kab. Kutai Kartanegara	300
5	2020	Kajian Pembentukan UPTD Sistem Penyediaan Air Minum	APBD Kab. Mahulu	300

### D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat 5 tahun terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (juta Rp)
1	2020	Program:Penilaian dokumen UKL UPL PT Bukit Indah Berkah Kabupaten Mahakam Ulu	Komisi Penilai Amdal Kabupaten Mahulu	1.5
2	2020	Program:Penilaian Dokumen UKL UPL Penggergajian Kayu PT CV Dua Putra Kabupaten Mahakam Ulu	Komisi Penilai Amdal Kabupaten Mahulu	1.5

### E. Publikasi Ilmiah dalam Jurnal dalam 5 tahun terakhir

No.	Tahun	Judul artikel ilmiah	Volume/no mor	Nama Jurnal
1	2017	Perencanaan pengelolaan sampah di Kelurahan Muara Jawa Ulu dan Muara Jawa Pesisir Kabupaten Kutai Kartanegara <a href="http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TL/article/view/1565">http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TL/article/view/1565</a>	Vol 1 No.2, Desember 2017	Jurnal Teknologi Lingkungan
2	2017	Penurunan kadar TSS,BOD dan Total Coliform menggunakan Horizontal Rouhing filter <a href="http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TL/article/view/1567">http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TL/article/view/1567</a>	Vol.1 No.01, Juli 2017	Jurnal Teknologi Lingkungan
3	2017	Pengaruh kecepatan alir pada reaktor biosand filter dalam instalasi pengolahan air bersih pada air sungai	Vol. 1 No.01,Juli 2017	Jurnal Teknologi

		Karang Mumus <a href="http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TL/article/view/1566">http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TL/article/view/1566</a>		Lingkungan
4	2017	Pemanfaatan serabut kelapa dan lem kanji menjadi papan komposit sebagai material pengendali kebisingan <a href="http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TL/article/view/1568">http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TL/article/view/1568</a>	Vol. 1 No.01, Juli 2017	Jurnal Teknologi Lingkungan
5	2017	Penurunan parameter kekeruhan, TSS, dan TDS dengan variasi unit Flokulasi <a href="http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TL/article/view/1562">http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TL/article/view/1562</a>	Vol. 1 No.2, Desember 2017	Jurnal Teknologi Lingkungan
6	2017	Pengaruh variasi waktu tinggal terhadap kadar BOD,COD dan TSS pada pengolahan lindi TPA Bukit Pinang Samarinda menggunakan sistem aerasi bertingkat dan sedimentasi <a href="http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TL/article/view/1564">http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TL/article/view/1564</a>	Vol 1 No.2, Desember 2017	Jurnal Teknologi Lingkungan
7	2017	Pengolahan biodiesel dari biji nyamplung menggunakan katalis KOH <a href="http://ejournals.unmul.ac.id/index.php/SEMNASTEK/article/view/987">http://ejournals.unmul.ac.id/index.php/SEMNASTEK/article/view/987</a>	Prosiding seminar nasional teknologi IV, Samarinda 9 November 2017	Prosiding seminar nasional teknologi IV
8	2018	Pemanfaatan alumunium dari limbah kaleng bekas sebagai bahan baku koagulan untuk pengolahan air asam tambang <a href="http://journal.uui.ac.id/JSTL/article/view/10759/8331">http://journal.uui.ac.id/JSTL/article/view/10759/8331</a>	vol 10, No. 1, Januari 2018 Hal.15-25	Jurnal sains dan teknologi lingkungan
9	2018	Pengaruh variasi campuran enceng gondok dan isi rumen sapi terhadap produksi biogas <a href="http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TL/article/view/1574">http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TL/article/view/1574</a>	Vol 2 No 1, Juni 2018	Jurnal Teknologi Lingkungan
10	2018	Pengaruh variasi komposisi batang,pelepah dan daun tanaman kelapa sawit terhadap kualitas briket bioarang ( <a href="http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TL/article/view/1575">http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TL/article/view/1575</a> )	Vol 2 No 1, Juni 2018	Jurnal Teknologi Lingkungan
11	2018	Pengaruh jumlah kendaraan dan kondisi meteorologis terhadap kandungan timbal pada daun tanaman angsana di jalan protokol Kota Samarinda ( <a href="https://www.purifikasi.id/index.php/purifikasi/article/view/360/330">https://www.purifikasi.id/index.php/purifikasi/article/view/360/330</a> )	Vol 18 no 1 Juli 2018 : 19-28	Jurnal purifikasi
12	2018	Effect of variation of mixture leachate with fluid in cattle rumen formation of biogas <a href="https://ejournal.undip.ac.id/index.php/reaktor/article/view/16455">https://ejournal.undip.ac.id/index.php/reaktor/article/view/16455</a>	Vol 18 No.3 september 2018	Jurnal Reaktor
13	2019	Pemanfaatan serbuk kayu meranti menjadi karbon aktif untuk penurunan kadar besi, mangan dan pH pada air asam tambang ( <a href="https://journal.uui.ac.idM/JSTL/article/view/11542">https://journal.uui.ac.idM/JSTL/article/view/11542</a> )	Vol 11 no 2 juni 2019	Jurnal sains dan teknologi lingkungan

14	2020	Aplikasi Metode Spektrofotometri pada klasifikasi gas Karbon Monoksida dan uap bahan bakar petrodiesel	Vol 1 no.1 Mei 2020	Progressive physic jurnal FMIPA unmul
15	2020	Analisis Dispersi SO <sub>2</sub> dan NO <sub>2</sub> dari cerobong PLTGU Tanjung Batu zKutai Kartanegara menggunakan persamaan Gaussian ( <a href="http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TL/article/view/5224">http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TL/article/view/5224</a> )	Vol 4 No. 2 tahun 2020	Jurnal Teknologi Lingkungan

#### F. Pengalaman Seminar (oral presentation) dalam 3 tahun terakhir

No.	Nama Pertemuan Ilmiah/Seminar	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan tempat
1	Pengenalan dan Penerapan AMDAL di Bidang Industri Pertambangan Batubara	Sistematika Amdal	24 Nop 2019, PT Berau Coal, Berau

#### G. Karya buku dalam 5 tahun terakhir

No.	Tahun	Judul buku	Jumlah Halaman	Penerbit

#### H. Karya HKI 5 tahun terakhir

No.	Tahun	Judul/tema HKI	Jenis	Nomor P/ID
1.	-	-	-	-

#### I. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya dalam 5 tahun terakhir

No.	Tahun	Judul/tema/jenis rekayasa sosial lainnya yang telah diterapkan	Tempat penerapan	Respon masyarakat

#### J. Penghargaan dalam 10 tahun terakhir (dari Pemerintah, asosiasi, atau institusi lainnya)

No.	Tahun	Nama Penghargaan	Pemberi

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima resiko.

Samarinda, 26 Juli 2021  
Pengusul,



Ir. Edhi Sarwono, ST., M.Eng  
NIP. 197507102005011004

