

**ANALISIS KUALITAS PUPUK ORGANIK CAIR (POC) DARI LIMBAH  
CAIR PABRIK KELAPA SAWIT DAN APLIKASINYA PADA TANAMAN  
HORTIKULTURA DAN SEBAGAI PEMBENAH TANAH**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**SENNA FEBRIYANTI**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF THE QUALITY OF LIQUID ORGANIC FERTILIZER (LOF) FROM PALM OIL MILL EFFLUENT (POME) AND ITS APPLICATION TO HORTICULTURAL PLANTS AND AS A SOIL CONDITIONER**

**By**

**SENNA FEBRIYANTI**

Liquid organic fertilizer is a solution of resulting from the decomposition of organic materials derived from animals of plants. This study aims to process palm oil mill effluent with the addition of starter cultures from medicinal plants to obtain liquid organic fertilizer. The fertilizer was tested and compared with quality standards based on the Decree of the Minister of Agriculture of the Republic of Indonesia No. 261 of 2019 concerning Organic Fertilizers, Biofertilizers, and Soil Amendments. The fertilizer applied to regular soil (topsoil) planted with tomatoes and eggplants, with plant growth observed for 60 days. Laboratory test results showed that the parameters for heavy metals, pH, C/N ratio, Pb, Cd, Cr, As, Hg and micronutrients (total Fe) met quality standards. additionally, soil analysis indicated a pH of 7, rapid capillarity in water absorption, and good porosity for water retention despite low permeability. Vegetative observations revealed that the application liquid organic fertilizer as a soil amandement resulted in good plant height growth, leaf count, and branch development. The generative phase of plants using liquid organic fertilizer as a soil amendment in regular soil (topsoil) was compared with plants using inorganic fertilizer.

**Keywords** : Liquid organic fertilizer as a soil amandement, regular soil (topsoil), tomato plants, and eggplant plants.

## ABSTRAK

### ANALISIS KUALITAS PUPUK ORGANIK CAIR (POC) DARI LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT DAN APLIKASINYA PADA TANAMAN HORTIKULTURA DAN SEBAGAI PEMBENAH TANAH

Oleh

**SENNA FEBRIYANTI**

Pupuk organik cair merupakan larutan hasil penguraian bahan-bahan organik yang berasal dari hewan maupun tumbuhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengolah limbah cair kelapa sawit dengan penambahan biang dari tanaman obat untuk mendapatkan pupuk organik cair. Pupuk tersebut diuji dan dibandingkan dengan standar mutu berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261 Tahun 2019 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembena Tanah. Aplikasi pupuk dilakukan pada tanah biasa (*topsoil*) yang ditanami tomat dan terong, dengan pengamatan pertumbuhan tanaman selama 60 hari. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa parameter logam berat, pH, rasio C/N, Pb, Cd, Cr, As, Hg, serta unsur hara mikro (Fe total) memenuhi standar mutu. Selain itu, analisis tanah menunjukkan pH 7, kapilaritas yang cepat dalam menyerap air, serta porositas yang baik dalam menahan air meskipun permeabilitas rendah. Pengamatan vegetatif menunjukkan bahwa aplikasi pupuk organik cair pembena tanah menghasilkan pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah ranting yang baik. Fase generatif pada tanaman yang menggunakan pupuk organik cair pembena tanah dengan tanah biasa (*topsoil*) dibandingkan dengan tanaman yang menggunakan pupuk anorganik.

**Kata Kunci :** Pupuk organik cair pembena tanah, tanah biasa, tanaman tomat, dan tanaman terong.

**ANALISIS KUALITAS PUPUK ORGANIK CAIR (POC) DARI LIMBAH  
CAIR PABRIK KELAPA SAWIT DAN APLIKASINYA PADA TANAMAN  
HORTIKULTURA DAN SEBAGAI PEMBENAH TANAH**

**Oleh**

**Senna Febriyanti**

**Skripsi**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
**SARJANA SAINS**

Pada

Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Lampung



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

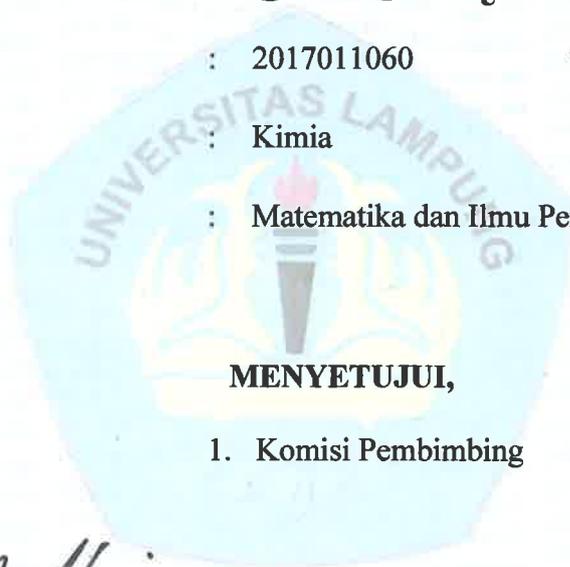
Judul Penelitian : Analisis Kualitas Pupuk Organik Cair (POC) dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dan Aplikasinya pada Tanaman Hortikultura dan sebagai Pembenh Tanah

Nama : Senna Febriyanti

NPM : 2017011060

Jurusan : Kimia

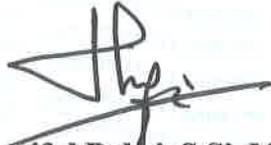
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**MENYETUJUI,**

1. Komisi Pembimbing

  
**Diky Hidayat, M.Sc.**  
NIP. 197406092005011002

  
**Syaiful Bahri, S.Si, M.Si.**  
NIP. 197308252000031001

2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA

  
**Dr. Mita Rilyanti, M.Si.**  
NIP.197205302000032001

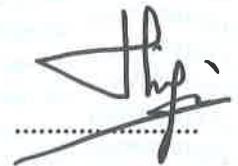
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

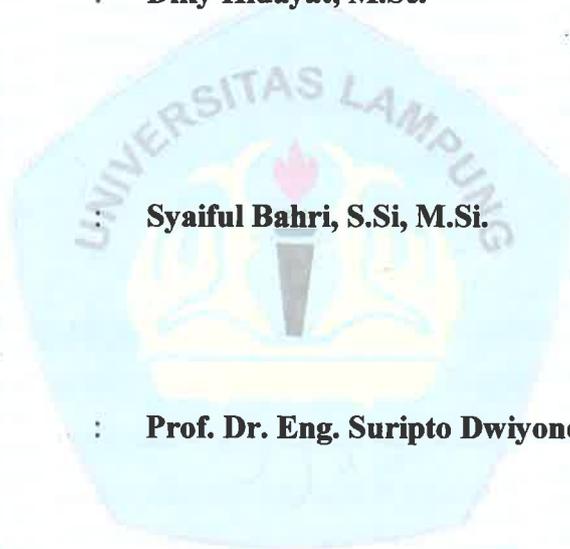
**Ketua : Diky Hidayat, M.Sc.**



**Sekretaris : Syaiful Bahri, S.Si, M.Si.**



**Anggota : Prof. Dr. Eng. Suripto Dwiyono, M.T.**



**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Dr. Eng. Heri Satria, S.Si, M.Si.**

**NIP. 19711001200501002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 3 Januari 2025**

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Senna Febriyanti  
Nomor Pokok Mahasiswa : 2017011060  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul **Analisis Kualitas Pupuk Organik Cair (POC) dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dan Aplikasinya pada Tanaman Hortikultura dan sebagai Pembenh Tanah** adalah benar karya sendiri, dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, serta dapat diterima sebagai persyaratan penyelesaian studi pada Universitas atau institut lainnya.

Bandar Lampung, 3 Januari 2025

Menyatakan,



**Senna Febriyanti**

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis bernama lengkap Senna Febriyanti dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 5 Februari 2024. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Jhon Hansen dan Ibu Sarianah. Saat ini penulis tinggal di Gang Rozak, RT. 08, Kelurahan Srengsem, Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung, Lampung.

Penulis telah menyelesaikan pendidikan di TK Tunas Bangsa pada tahun 2008, lalu melanjutkan ke SD Negeri 1 Karang Maritim pada tahun 2008 dan lulus pada tahun 2014, kemudian melanjutkan ke SMP Negeri 30 Bandar Lampung pada tahun 2014 dan lulus pada tahun 2017, selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di SMA YPPL Panjang Bandar Lampung dan lulus pada tahun 2020. Pada tahun 2020, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah mengikuti serangkaian studi lapangan bertajuk “Kunjungan Industri” ke PT. Amerta Indah Otsuka di Sukabumi tahun 2022. Penulis juga mengikuti aktivitas organisasi, dimulai menjadi Kader Muda Himaki (KAMI) pada tahun 2020 dan anggota Biro Usaha Mandiri periode 2020-2022. Penulis juga aktif menjadi anggota Koperasi Mahasiswa (KOPMA) Unila sebagai Ketua Gugus Fakultas MIPA Periode 2021-2022. Anggota Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FMIPA sebagai anggota Adkesma periode 2022-2023. Penulis juga pernah menjadi anggota Keluarga Besar Mahasiswa Nadhatul Ulama (KMNU) Unila pada tahun 2022. Pada tahun 2023 penulis menyelesaikan

Praktik Kerja Lapangan dengan judul “Pengujian Kandungan Sulfur pada Analisis Batubara di PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Tarahan secara *Sulfur Analyzer S632*”. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tanjung Raya, Kecamatan Pesisir Selatan, Kabupaten Pesisir Barat pada 6 Januari – 12 Februari 2023. Pada tahun 2024, penulis telah menyelesaikan tugas akhir untuk mendapatkan gelar sarjana dengan membuat skripsi yang berjudul “Analisis Kualitas Pupuk Organik Cair (POC) dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dan Aplikasinya pada Tanaman Hortikultura dan sebagai Pembenh Tanah”.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

“Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang”

Puji syukur kepada Allah SWT atas limpahan karunia-Nya, sehingga terciptalah sebuah karya ini, dengan segala kerendahan hati ku persembahkan karya sederhanaku ini teruntuk:

Kedua orang tuaku tercinta Ayahanda dan Ibundaku yang telah membesarkan, merawat, mendoakan, memberikan cinta dan kasih sayangnya, sehingga aku dapat menyelesaikan karya ini dengan baik.

Kedua Adikku, Erick dan Rio yang selalu memberikan semangat dan dukungan penuh dalam menjalani kehidupan ini.

Dengan segala hormat kepada Bapak Diky Hidayat, S.Si, M.Sc., Bapak Syaiful Bahri, S.Si, M.Si dan Bapak Prof. Dr. Eng. Suropto Dwiyono, M.T. yang selalu sabar membimbingku dan memberikan nasihat.

Bapak dan Ibu dosen Jurusan Kimia yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan membimbing kepada penulis selama menempuh pendidikan.

Almamater Tercinta, Universitas Lampung.

## **MOTTO**

“Tantangan-tantangan yang datang justru membuat hidup kita lebih bermakna.”

**(Senna Febriyanti)**

“Jika kamu menghitung nikmat Allah, niscaya kamu tidak akan mampu menghitungnya.”

**(Q.S An-Nahl : 18)**

“Cukuplah Allah menjadi penolong kami dan Allah adalah sebaik-baik pelindung”

**(Q.S Al-Imran: 173)**

“Do what you want now”

**(Hindia)**

“Anata ga ima motte iru mono ni chui shi soncho shite kudasai.”

**(Sensei)**

## SANWACANA

Segala puji dan syukur kepada Allah Subhanahu wa *ta'ala* Tuhan semesta alam yang telah memberikan segala kesempatan, rahmat dan nikmat-Nya, sehingga Penulis mampu menyelesaikan skripsi ini. Sholawat serta salam selalu tercurah kepada Rasulullah Muhammad *Shallallahu'alaihi Wasallam* beserta keluarga dan para sahabat, semoga kita termasuk umat yang beliau cintai dan mendapatkan *syafa'at* dari beliau di *yaumul akhir* nanti, *aamiin yarabbal'amin*.

Skripsi dengan judul “**Analisis Kualitas Pupuk Organik Cair (POC) dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dan Aplikasinya pada Tanaman Hortikultura dan sebagai Pembenh Tanah**” merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) pada jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Teriring doa yang tulus, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala, Tuhan semesta alam yang sudah memberikan kesempatan untuk dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orang tua Penulis, Bapak Jhon Hansen dan Ibu Sarianah yang telah memberikan segala dukungan dalam banyak bentuk. Tak banyak yang bisa penulis ucapkan, hanya bisa berterima kasih dan mendoakan semoga Allah meridhoi semua kebaikan kalian dan membalas kebaikan kalian dengan kebaikan pula, *aamiin Allahumma aamiin*.
3. Keluarga besar mamak dan bapak terima kasih telah mendoakan dan mendukung sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian.

4. Kedua adikku, Irham Erick Saputra dan Rio Ramadhan yang tak lupa mengingatkan agar tidak lalai dalam perkuliahan, Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada kalian.
5. Bapak Diky Hidayat, M.Sc., selaku pembimbing I atas segala bimbingan, ilmu yang bermanfaat, motivasi, kritik, saran, nasihat serta kesabaran sehingga penulis bisa menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.
6. Bapak Syaiful Bahri, S.Si, M.Si., selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, kritik, saran dan ilmu yang bermanfaat, motivasi, kritik, saran, nasihat serta kesabaran sehingga penulis bisa menyelesaikan.
7. Bapak Prof. Dr. Eng. Suropto Dwiyono, M.T., selaku pembahas atas segala bimbingan, kritik, saran dan ilmu bermanfaat yang telah diberikan kepada penulis, sehingga skripsi ini terselesaikan.
8. Bapak Dr. Agung Kiswandono, M.Sc., selaku pembimbing akademik, penulis mengucapkan terima kasih karena memberikan bimbingan selama menjadi mahasiswa.
9. Ibu Dr. Mita Rilyanti, M.Si., selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Unila.
10. Bapak Dr. Eng. Heri Satria M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung beserta jajarannya.
11. Dosen Jurusan Kimia FMIPA Unila atas seluruh ilmu pengetahuan dan pengalaman yang telah diberikan selama perkuliahan hingga dapat menyelesaikan studi ini. Serta penulis ucapkan terima kasih kepada staff administrasi Jurusan FMIPA Unila yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan persyaratan administrasi selama kuliah.
12. Ibu Rinawati, Ph. D. Selaku Kepala Laboratorium Kimia Analitik dan Instrumen atas izin penggunaan laboratorium yang telah diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.
13. Semua Bapak dan Ibu guru dari TK, SD, SMP, dan SMA yang pastinya memberikan penulis jalan menuju sampai saat ini, penulis hanya bisa ucapkan terima kasih dan berdoa atas semua ilmu yang telah diberikan selama ini.
14. Annisa Nur Qurb'aini, Dinda Abdillah, Dina Novita, Eva Zaskia Anngelista, sahabat penulis yang mengisi hari-hari dengan canda, tawa, dan amarah. Penulis ucapkan terima kasih dan semoga cita-citakan kalian tewujud aamiin.

15. Niswah Fadillah, Putri Aisyah Nurcahyani, Latifah Nur'Aini, Ida Purwati, Safitri Hauratul Jamal, Dea Adelia Sotya, Siti Rafera, Mella Oktavia, Ginda Virginia Reza, Ginda Rifdah Kamila, Fathia Sa'adah, Sri Pawitri, Pipit Dwi Haryani, Via Aprillia, Mba Yuni terima kasih telah membantu penulis.
16. Mohammad Iqbal Mega Prasetya terima kasih telah membantu dan selalu sabar menemani penulis.
17. Keluarga Besar Pak Peratin dan Ibu peratin dan aparat desa di Desa Tanjung Raya, Kecamatan Pesisir Selatan terima kasih memberikan doa dalam menyelesaikan penelitian.
18. Keluarga Besar Mbah Putri dan Mbah Putra di Desa Rejomulyo terima kasih telah membantu selama pelaksanaan penelitian.
19. Keluarga Besar Bapak Edi dan Ibu Siti, Mba Ida, Jamal di Kuripan terima kasih telah membantu selama pelaksanaan penelitian.
20. Dewa Ayu Putu Widia Asih, Vanisha Maulidya Rahma, Felia Izzatul Fauzi, Muhammad Fiqi Sanjaya, Riza Tohariansyah, Diska Amanda Hamidi KKN Unila periode 2023 di Desa Tanjung Raya terima kasih memberikan dukungan dalam menyelesaikan penelitian.
21. Ida Sensei, Ms Ayu, Bu Sri, Bu Tri, Bu Norma, Ms Nirmala, Mba Een Patihatul Fatimah, Mba Cici, Mba Nabilah, Hasan terima kasih telah membantu selama pelaksanaan penelitian.
22. Teman-teman Jurusan Kimia Universitas Lampung Angkatan 2020.
23. Teman-teman Himpunan Mahasiswa Kimia Unila periode 2020-2022.
24. Teman-teman Gugus Fakultas FMIPA, FEB, FISIP, FKIP, FP Koperasi Mahasiswa Unila periode 2022-2023.
25. Terakhir, tetapi tidak kalah penting diri sendiri terima kasih telah bertahan sejauh ini telah sabar menjalankan penelitian di setiap harinya. Saya sangat bersyukur dan semoga kedepannya bisa menjadi pribadi yang lebih baik lagi untuk kedepannya.

Penulis menyadari bahwa penulis skripsi ini tak luput dari kekeliruan dan jauh dari kata sempurna, namun penulis berharap tulisan ini dapat bermanfaat dan berguna bagi pembaca dan masyarakat. Semoga seluruh bimbingan, dukungan,

kebaikan dan keikhlasan yang telah diberikan dibalas oleh Allah Subhanahu Wata'ala dengan pahala berlipat ganda. Terima kasih.

Bandar Lampung, 3 Januari 2025

Penulis,

Senna Febriyanti

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>17</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>18</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>19</b>
1.1 Latar Belakang.....	19
1.2 Tujuan Penelitian.....	21
1.3 Manfaat Penelitian.....	21
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>22</b>
2.1 Kelapa Sawit ( <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.).....	22
2.2 Pengolahan Kelapa Sawit.....	23
2.3 Jenis-Jenis Limbah.....	24
2.3.1 Limbah Padat Kelapa Sawit.....	24
2.3.2 Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	25
2.3.3 Limbah Cair Kelapa Sawit.....	26
2.4 Biang.....	26
2.5 Minyak Nabati dan Lemak Hewani.....	27
2.6 Temu-Temuan.....	28
2.7 Pupuk Organik Cair.....	29
2.8 Pembena Tanah.....	31
2.9 Tanah.....	33
2.10 Unsur Hara Makro.....	33
<b>III. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>35</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	35
3.2 Alat dan Bahan.....	35
3.2.1 Alat-alat yang digunakan.....	35
3.2.2 Bahan-bahan yang digunakan.....	35
3.3 Prosedur Penelitian.....	36
3.3.1 Persiapan Sampel.....	36
3.3.2 Penimbangan Sampel.....	36
3.3.3 Homogenisasi Sampel.....	36
3.3.4 Pengambilan Limbah Cair Kelapa Sawit.....	36
3.3.5 Pembuatan Biang I.....	36

3.3.6 Pembuatan Biang II .....	37
3.3.7 Pembuatan Pupuk Organik Cair Pembenh Tanah (POC PETA) .....	37
3.3.8 Aplikasi.....	37
3.3.9 Uji Laboratorium .....	37
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
4.1 Analisis Limbah Cair Kelapa Sawit .....	39
4.2 Hasil Pupuk Organik Cair .....	40
4.3 Analisis Uji Laboratorium.....	40
4.3.1 C - Organik .....	41
4.3.2 Derajat Keasaman (pH) .....	42
4.3.3 Logam Berat .....	42
4.3.4 Hara Makro.....	43
4.3.5 Hara Mikro .....	44
4.4 Analisis Media Tanah.....	45
4.4.1 pH Tanah .....	45
4.4.2 Uji Ekologi Tanah .....	46
4.4.3 Uji Kapilaritas .....	47
4.4.4 Uji Porositas .....	49
4.5 Penerapan POC PETA pada Tanaman .....	50
4.5.1 Tanaman Terong ( <i>Solanum melongena</i> L.) .....	51
4.5.2 Tanaman Tomat ( <i>Lyopersicum esculentum</i> Mill.) .....	56
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>62</b>
5.1 Simpulan.....	62
5.2 Saran.....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>64</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Baku Mutu Pupuk Organik Cair .....	30
2. Hasil analisis limbah cair kelapa sawit .....	39
3. Hasil Uji C-Organik pada Pupuk Organik Cair Pembenh Tanah.....	41
4. Hasil Uji pH Pupuk Organik Cair Pembenh Tanah .....	42
5. Hasil Uji Arsenik (As), Timbal (Pb), Merkuri (Hg), dan Cadmium (Cd) .....	43
6. Hasil Uji Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) pada Pupuk Organik Cair Pembenh Tanah .....	44
7. Hasil Uji Hara Mikro pada Pupuk Organik Cair Pembenh Tanah .....	44
8. pH Tanah.....	46
9. Tinggi tanaman terong .....	51
10. Jumlah daun tanaman terong.....	53
11. Jumlah ranting tanaman terong .....	54
12. Pengamatan buah terong .....	56
13. Tinggi tanaman tomat .....	57
14. Jumlah daun tanaman tomat.....	58
15. Jumlah ranting tanaman tomat .....	59
16. Pengamatan buah tomat .....	61

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tanaman Kelapa Sawit .....	22
2. Neraca Massa Pengolahan Kelapa Sawit .....	24
3. Tandan Kosong Kelapa Sawit .....	25
4. Limbah Cair Kelapa Sawit .....	26
5. (a) Campuran temu-temuan (b) Biang I (c) Biang II dan (d) Pupuk Organik Cair Pembenah Tanah (POC PETA).....	40
6. Model Uji Kohesi Tanah (a) Tanah galian tanpa pupuk (b) Tanah galian menggunakan POC PETA.....	47
7. Model Uji Kapilaritas Tanah (a) Tanah galian tanpa pupuk (b) Tanah galian menggunakan POC PETA.....	48
8. Model Uji Porositas Tanah (a) Tanah galian tanpa pupuk (b) Tanah galian menggunakan POC PETA.....	50

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki perkebunan kelapa sawit terbesar di dunia. Produk kelapa sawit mempunyai peran penting dalam perekonomian Indonesia. Peran pertama, minyak sawit digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan minyak goreng, sehingga pasokan yang membantu menstabilkan harga minyak goreng. Hal ini sangat penting karena minyak goreng merupakan salah satu dari sembilan bahan pokok yang dibutuhkan masyarakat, sehingga harganya harus sesuai untuk semua golongan masyarakat. Peran kedua, sebagai produk pertanian andalan ekspor non migas, komoditas ini memiliki prospek yang baik sebagai sumber perolehan devisa maupun pajak. Peran ke tiga, proses produksi dan pengolahan juga berpotensi menciptakan lapangan kerja sekaligus meningkatkan kesejahteraan masyarakat (Soetrisno, 2008).

Kebutuhan masyarakat Indonesia terhadap hasil industri kelapa sawit semakin meningkat, sehingga dilakukan perluasan lahan yang ditanami kelapa sawit dan menambah jumlah pabrik pengolahan kelapa sawit. Meningkatnya luas lahan yang ditanami kelapa sawit akan memerlukan pupuk dalam jumlah besar untuk pertumbuhan pohon kelapa sawit, sedangkan bertambahnya luas pabrik pengolahan kelapa sawit akan meningkatkan kerusakan lingkungan khususnya terhadap lingkungan sekitar pabrik, karena limbah cair dari pabrik pengolahan kelapa sawit masih dibuang di sungai (Retno dkk., 2006).

Proses pengolahan kelapa sawit menghasilkan limbah padat, cair, dan gas. Limbah padat tersebut antara lain tandan kosong, cangkang atau *fiber*, abu ketel, *decanter* padat, sampah *loading ramp*, dan limbah cangkang. Limbah cair

merupakan sisa proses produksi minyak sawit dalam bentuk cair yang disebut dengan *Palm Oil Mills Effluent* (POME). Sedangkan gas buangnya berasal dari gas buang pabrik kelapa sawit dari proses produksi *Crude Palm Oil* (CPO) (Susanto dkk., 2017).

Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS) merupakan salah satu jenis limbah organik agroindustri yang merupakan campuran air, minyak dan padatan organik yang berasal dari hasil samping proses pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit untuk menghasilkan *Crude Palm Oil* (CPO). Proses pengolahan kelapa sawit menjadi minyak kelapa sawit (CPO) akan menghasilkan limbah cair dalam jumlah yang cukup besar (Nursanti, 2013).

Limbah hasil pengolahan kelapa sawit akan merugikan jika tidak diolah dengan baik. Namun jika diolah dengan baik akan sangat menguntungkan. Hasil pengolahan limbah kelapa sawit ini juga bisa digunakan untuk sektor perkebunan seperti pada persemaian dan untuk penyiraman tanaman di lahan, terutama pada tanaman kelapa sawit itu sendiri. Limbah sebagai hasil buangan industri yang selama ini lebih banyak disorot dampak negatifnya terhadap lingkungan, ternyata juga dapat dimanfaatkan sebagai salah satu potensi yang dapat dikembangkan sebagai sumber unsur hara bagi pertumbuhan tanaman. Limbah yang dihasilkan oleh tanaman kelapa sawit dapat memberikan manfaat yang besar bagi kehidupan, diantaranya sebagai pupuk organik (Sapto dkk., 2008).

Peningkatan penggunaan pupuk di seluruh dunia terjadi sejalan dengan perluasan lahan pertanian, pertumbuhan penduduk, peningkatan intensifikasi pertanian, dan variasi yang semakin meningkat dalam pemanfaatan pupuk sebagai upaya untuk meningkatkan hasil pertanian. Pakar lingkungan prihatin terhadap dampak penggunaan pupuk kimia yang dapat meningkatkan tingkat polusi tanah, yang pada akhirnya dapat berpengaruh negatif pada kesehatan manusia (Lingga dan Marsono, 2000). Penggunaan pupuk kimia secara berkelanjutan menyebabkan pengerasan tanah. Kerasnya tanah disebabkan oleh penumpukan sisa atau residu pupuk kimia, yang berakibat tanah sulit terurai. Sifat bahan kimia adalah relatif lebih sulit terurai atau hancur dibandingkan dengan bahan organik. Oleh karena

itu, pemanfaatan limbah kelapa sawit untuk menjadi pupuk organik baik berupa cairan maupun padatan perlu dilakukan.

Penelitian ini merupakan upaya untuk meningkatkan manfaat limbah cair kelapa sawit menjadi Pupuk Organik Cair (POC) melalui pengolahan limbah cair kelapa sawit menggunakan tanaman suku temu-temuan (*Zingiberaceae*), minyak nabati *Crude Palm Oil* (CPO), dan minyak hewani yang disebut biang. POC ini kemudian diterapkan sebagai pembenah tanah dan aplikasi pada tanaman tomat dan terong. Selain itu, akan dilakukan uji laboratorium terhadap POC untuk menguji kesesuaian dengan standar kualitas yang diatur dalam Keputusan Menteri Pertanian RI No. 261 Tahun 2019.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dari Penelitian ini adalah:

1. Membuat Pupuk Organik Cair (POC) berbasis limbah cair kelapa sawit.
2. Membuat produk pembenah tanah berbahan dasar limbah cair kelapa sawit dengan penambahan biang sebagai aktivator.
3. Menganalisis pengaruh dari POC terhadap proses pembenahan tanah.
4. Memperoleh data kesesuaian hasil uji laboratorium pupuk organik cair pembenah tanah dengan baku mutu tertulis pada Keputusan Menteri Pertanian RI No. 261 Tahun 2019.

## **1.3 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh dari Penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi tentang pengolahan limbah cair kelapa sawit dapat dimanfaatkan bahan baku POC pembenah tanah.
2. Sebagai salah satu alternatif untuk mengurangi limbah cair produksi kelapa sawit agar tidak terbuang dan mencemari lingkungan.
3. Sebagai bahan referensi bagi peneliti selanjutnya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)

Kedudukan tanaman kelapa sawit dalam taksonomi tumbuhan, di klasifikasikan sebagai berikut:



**Gambar 1.** Tanaman Kelapa Sawit

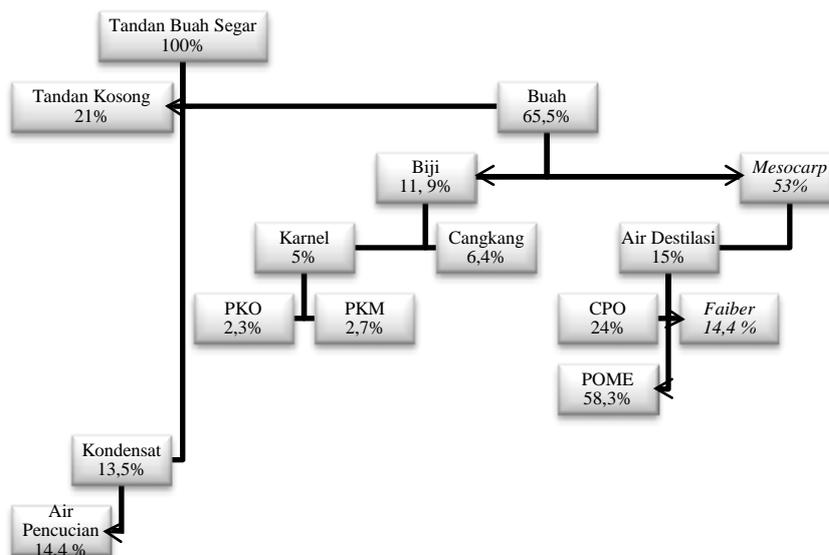
Kerajaan : *Plantae*  
Divisi : *Magnoliophyta*  
Kelas : *Liliopsida*  
Ordo : *Arecales*  
Family : *Areaceae*  
Genus : *Elaeis*  
Spesies : *Elaeis guineensis* Jacq. (Pahan, 2007).

Bagian tanaman kelapa sawit dapat dibedakan menjadi dua, yaitu bagian vegetatif dan generatif. Bagian vegetatif meliputi daun, batang, dan akar. Sedangkan bagian generatif meliputi bunga dan buah (Efriyanti, 2016).

Perkebunan kelapa sawit memegang peranan penting dalam perekonomian dan devisa non migas. Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) menghasilkan produk olahan dengan banyak manfaat. Produk minyak sawit digunakan dalam minyak goreng, minyak industri, bahan bakar, industri kecantikan dan farmasi (Lubis, 1992). Kelapa sawit memiliki peran strategis dalam perekonomian Indonesia, karena merupakan bahan baku utama ekspor minyak dan gas mentah, sekaligus dapat menciptakan lapangan kerja dan meningkatkan kesejahteraan rakyat (Pahan, 2007).

## **2.2 Pengolahan Kelapa Sawit**

Kelapa sawit mendominasi perkebunan di Indonesia, terutama wilayah Sumatera dan Kalimantan. Tinggi pohon kelapa sawit mencapai 20 – 24 meter. Setiap pohon dapat menghasilkan 20 tandan buah segar per tahun dengan berat satuan buah mencapai 20 kg (Gusman, 2016). Pabrik kelapa sawit menghasilkan limbah biomassa baik berbentuk padat maupun cair. Biomassa pengolahan pabrik kelapa sawit terdiri dari *Mesocarf Fibre*, *Palm Kernel Shell*, Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Empty Fruit Bunch/ TKKS*), dan *Palm Oil Mills Effluent* (POME). Neraca massa pengolahan kelapa sawit ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Neraca Massa Pengolahan Kelapa Sawit

Berdasarkan Gambar 2, setiap pengolahan 1 ton Tandan Buah Segar (TBS), menghasilkan buah sebesar 65,5% sementara sisanya merupakan tandan kosong. Proses pengolahan minyak sawit diawali dengan penimbangan tandan buah segar pada *loading ramp*. *Loading ramp* berfungsi sebagai penampung sementara tandan buah segar sebelum diteruskan menuju lori buah. Tandan buah segar diangkut lori buah menuju unit perebusan atau steriliser. Perebusan tandan buah segar bertujuan untuk mempermudah pelepasan brondolan buah, menghilangkan asam lemak bebas, mempermudah proses pelepasan inti sawit dari cangkang, mengurangi kadar air pada brondolan, dan membantu proses pemecahan emulsi (Gusman, 2016).

## 2.3 Jenis-Jenis Limbah

### 2.3.1 Limbah Padat Kelapa Sawit

Umumnya limbah padat industri kelapa sawit mengandung bahan organik yang tinggi sehingga berdampak pada pencemaran lingkungan. Penanganan limbah secara tidak tepat akan mencemari lingkungan. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengolah dan meningkatkan nilai ekonomi limbah padat kelapa sawit.

Limbah kelapa sawit adalah sisa-sisa hasil tanaman kelapa sawit yang tidak termasuk dalam produk utama atau merupakan hasil ikutan dari proses pengolahan kelapa sawit baik berupa limbah padat maupun limbah cair (Haryanti dkk., 2014).

### 2.3.2 Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit



**Gambar 3.** Tandan Kosong Kelapa Sawit

Limbah tandan kosong kelapa sawit adalah limbah padat terbesar dari dimana saat ini belum dimanfaatkan. Jika cangkang buah sudah dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler di pabrik pengolahan kelapa sawit, tandan kosong kelapa sawit masih belum masif pemanfaatannya. Selama ini, tandan kosong hanya dimanfaatkan sebagai penimbun tanah atau terkadang dijadikan pupuk kompos. Sisa tandan kosong kelapa sawit dibiarkan menumpuk. Apabila penumpukan dibiarkan maka tandan kosong kelapa sawit dapat menimbulkan permasalahan sampah (Gusman, 2016).

Tandan kosong dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar karena memiliki nilai kalor sebesar 2900 kal/gram. Potensi pemanfaatan biomassa yang dihasilkan dari pabrik kelapa sawit harus mempertimbangkan beberapa karakteristik utama, praktik, dan jumlah yang tersedia (Garcia dkk., 2016). Evolusi dari pabrik kelapa sawit dari limbah biomassa untuk membuat *biorefinery* membutuhkan biaya yang sangat tinggi untuk pengembangannya. Perkembangan serupa telah dilakukan di Malaysia baru-baru ini dengan menganalisis tujuh teknologi yang memanfaatkan residu kelapa sawit. Teknologi tersebut meliputi produksi briket, pemulihan metana, dan pembangkit listrik (Prabawatia dan Widayat, 2022).

### 2.3.3 Limbah Cair Kelapa Sawit



**Gambar 4.** Limbah Cair Kelapa Sawit

Dalam mengolah limbah cair kelapa sawit menjadi pupuk organik cair agar lebih meningkatkan kandungannya, maka perlu ditambahkan abu tandan kosong yang memiliki kandungan bahan organik yang dapat meningkatkan kualitas pupuk yang dihasilkan. Jika hanya memanfaatkan fermentasi limbah cair kelapa sawit, maka tidak begitu maksimal hasilnya pada tanaman. Maka dari itu, proses ini memerlukan material tambahan dalam pembuatan pupuk tersebut. Dalam abu tandan kosong kelapa sawit mengandung kalium yang tinggi (30 - 40%  $K_2O$ ) bersifat higroskopis dan alkalis sebagai bahan pengapuran sehingga dapat meningkatkan pH tanah. Abu tandan kosong kelapa sawit cenderung meningkatkan unsur hara P, K, Ca, dan Mg serta meningkatkan unsur hara N bagi tanaman (Nursanti, 2013).

## 2.4 Biang

Dalam kamus besar bahasa Indonesia (KBBI) biang dapat diartikan sebagai induk, kepala, dan sari atau pati. Sehingga biang pada penelitian ini dapat diartikan sebagai larutan sari atau pati yang nantinya dapat diperbanyak dengan penambahan air (limbah cair kelapa sawit). Biang merupakan cikal bakal pembuatan pupuk organik cair pada penelitian ini. Biang diharapkan mampu berperan sebagai larutan pengaktif air limbah cair kelapa sawit menjadi pupuk organik cair yang lebih efektif.

Biang terbuat dari bahan-bahan seperti minyak hewani, minyak nabati, dan tanaman herbal atau obat-obatan (suku temu-temuan atau *Zingiberaceae*) yang dicampurkan hingga homogen.

## 2.5 Minyak Nabati dan Lemak Hewani

Minyak dan lemak adalah triester dari gliserol, yang dinamakan trigliserida. Minyak dan lemak sering dijumpai pada minyak nabati dan lemak hewan. Minyak umumnya berasal dari tumbuhan, contohnya minyak jagung, minyak zaitun, minyak kacang dan lain-lain. Minyak dan lemak mempunyai struktur dasar yang sama (Hart, 1990). Berdasarkan sumbernya, lemak digolongkan menjadi dua, yaitu lemak hewani yang berasal dari hewan dan lemak nabati yang berasal dari tumbuhan. Perbedaan dari lemak hewani dan lemak nabati yaitu lemak hewani umumnya bercampur dengan steroid hewani yang disebut kolesterol, lemak nabati umumnya bercampur dengan steroid nabati yang disebut fitosterol. Kadar asam lemak tidak jenuh dalam lemak hewani lebih sedikit dibandingkan lemak nabati (Ketaren, 2008).

Komposisi lemak hewani biasanya kaya akan asam stearate, palmitat, dan oleat serta sejumlah kecil asam lemak lainnya. Variasi yang terdapat pada komposisi asam lemak di dalam lemak dipengaruhi oleh pakan yang diberikan (Fehr and Savvant, 1982). Berdasarkan penelitian terdahulu, lemak hewani yang terdapat pada sapi memiliki kandungan asam lemak rantai panjang lebih banyak jika dibandingkan dengan asam lemak rantai pendek. Dari hasil tersebut dapat diartikan lemak hewani tersebut termasuk lemak padat (Natalia dan Imelda, 2018).

Komposisi yang terdapat dalam minyak nabati terdiri dari trigliserida-trigliserida asam lemak, Asam Lemak Bebas (ALB), monogliserida dan digliserida, serta beberapa komponen-komponen lain seperti *phosphoglycerides*, vitamin, mineral, atau sulfur. Penyusun utama minyak dan lemak adalah trigliserida, yang merupakan ester dari gliserol dan asam lemak rantai panjang. Trigliserida atau triasilgliserol adalah sebuah gliserida yaitu ester dari gliserol dan tiga asam lemak,

penyusun utama minyak nabati atau lemak hewani adalah trigliserida, monogliserida dan digliserida (Destiana dkk., 2007).

## 2.6 Temu-Temuan

Salah satu jenis tanaman yang dilaporkan memiliki nilai ekonomi, baik sebagai bahan makanan (bumbu masakan dan sayuran) maupun sebagai obat-obatan tradisional yaitu golongan *Zingiberaceae* (Syamsuri dan Alang, 2021). Selain itu, Arum *et al.* (2012) menyatakan bahwa beragam etnis di Indonesia banyak yang memanfaatkan *Zingiberaceae* berdasarkan pengetahuan yang diperoleh secara turun temurun, informasi dari tetangga maupun dari media. Pemanfaatan tumbuhan oleh suku bangsa yang ada di Indonesia sudah berlangsung sejak lama, di antaranya adalah famili *Zingiberaceae* yang mempunyai ciri khas pada rhizomnya mengandung minyak atsiri (Tjitrosoepomo, 2005). Lawrence (1964) menyebutkan bahwa tumbuhan *Zingiberaceae* tersebar luas mulai dari daerah tropik sampai daerah subtropik. Selanjutnya Tjitrosoepomo (1996) menyebutkan kebanyakan *Zingiberaceae* ditemukan di daerah tropika yang terdiri dari 40 marga dengan sekitar 1.400 an jenis. Sementara itu Pandey (2003) menyebutkan bahwa ada sekitar 47 genus dari 1400 jenis tumbuhan dalam famili *Zingiberaceae*.

*Zingiberaceae* merupakan tumbuhan herbal perenial dengan rimpang yang mengandung minyak menguap hingga berbau aromatik. Batang di atas tanah, seringkali hanya pendek dan mendukung bunga-bunga saja. Daun tunggal, mempunyai sel-sel minyak menguap, tersusun dalam 2 baris, kadang-kadang jelas mempunyai 3 bagian berupa helaian tangkai dan upih, selain itu juga memiliki lidah-lidah, helaian biasanya lebar dengan ibu tulang tebal dan tulang-tulang cabang yang sejajar dan rapat satu dengan yang lain dengan arah yang serong ke atas, tangkai daun pendek atau tidak ada, upih terbuka dan tertutup, lidah-lidah pada batas antara helaian dengan tangkai atau antara helaian dengan upih (Tjitrosoepomo, 2002).

Pupuk cair organik dapat dibuat dari bahan-bahan organik seperti limbah ampas jamu (Jumirah dkk., 2018). Limbah ampas jamu merupakan salah satu jenis limbah yang dihasilkan dalam pembuatan jamu yang biasanya hanya dibuang dan dibiarkan terdegradasi secara alami di lingkungan, dibiarkan kering dan dibakar sehingga berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan (Atmaka dkk., 2016). Limbah jamu berupa campuran dari ampas jahe, lengkuas, kunyit, dan temulawak yang masih mengandung zat aktif, mineral, dan gula sederhana serta kadar serat yang tinggi (Natalia dkk., 2016), sehingga berpotensi sebagai pupuk organik (Jumirah dkk., 2018).

## **2.7 Pupuk Organik Cair**

Pupuk organik yaitu pupuk yang berasal dari sisa-sisa tanaman, hewan dan manusia seperti pupuk hijau, pupuk kandang, dan kompos yang diperlukan untuk kehidupan mikroorganisme di dalam tanah. Peranan pupuk organik dalam tanah disamping menambah unsur hara juga dapat meningkatkan kesuburan tanah, meningkatkan porositas tanah sehingga dapat memperbaiki aerasi dan drainase tanah serta meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah (Sundari, 2012).

Pupuk organik cair adalah larutan hasil penguraian bahan organik yang komponen dasarnya berasal dari hewan atau tumbuhan yang difermentasi, dan produknya berbentuk cair. Keunggulan pupuk organik ini dapat dengan cepat memperbaiki kekurangan unsur hara, tidak ada masalah pencucian unsur hara, dan dapat menghantarkan unsur hara dengan cepat. Dibandingkan dengan pupuk cair anorganik, pupuk cair organik umumnya tidak merusak tanah dan tanaman, bahkan jika digunakan sesering mungkin. Selain itu, pupuk ini juga mengandung bahan pengikat, jadi tanaman dapat menggunakan larutan pupuk yang dioleskan langsung ke tanah (Fahri dkk., 2018).

Pupuk organik cair merupakan salah satu jenis pupuk yang banyak beredar di pasaran. Pupuk organik cair kebanyakan diaplikasikan melalui daun yang mengandung hara makro dan mikro esensial (N, P, K, S, Ca, Mg, B, Mo, Cu, Fe, Mn, dan bahan organik). Pupuk organik cair mempunyai beberapa manfaat

diantaranya dapat mendorong dan meningkatkan pembentukan klorofil daun sehingga meningkatkan kemampuan fotosintesis tanaman dan penyerapan nitrogen dari udara, dapat meningkatkan vigor tanaman sehingga tanaman menjadi kokoh dan kuat, meningkatkan daya tahan tanaman terhadap kekeringan, merangsang pertumbuhan cabang produksi, meningkatkan pembentukan bunga dan bakal buah, mengurangi gugurnya dan, bunga, dan bakal buah (Huda, 2013).

Pupuk organik cair adalah pupuk yang bahan dasarnya berasal dari hewan atau tumbuhan yang sudah mengalami fermentasi berupa cairan dan kandungan bahan kimia di dalamnya maksimum 5%. Pada dasarnya pupuk organik cair lebih baik dibandingkan dengan pupuk organik padat. Hal ini disebabkan penggunaan pupuk organik cair memiliki beberapa kelebihan yaitu pengaplikasiannya lebih mudah, unsur hara yang terdapat di dalam pupuk cair mudah diserap tanaman, mengandung mikroorganisme yang banyak, mengatasi defisiensi hara, tidak bermasalah dalam pencucian hara, mampu menyediakan hara secara cepat, proses pembuatannya memerlukan waktu yang lebih cepat, serta penerapannya mudah di pertanian yakni tinggal di semprotkan ke tanaman (Fitria, 2013). Ciri fisik pupuk cair yang baik adalah berwarna kuning kecoklatan, pH netral, tidak berbau, dan memiliki kandungan unsur hara tinggi. Adapun baku mutu pupuk organik cair yang telah ditentukan dalam Keputusan Menteri Pertanian RI No. 261 tahun 2019 sebagai berikut :

**Tabel 1.** Baku Mutu Pupuk Organik Cair

No	Parameter	Satuan	Standar Mutu
1	C – organik	%	Min 10
2	N – organik	%	Min 0,5
3	Logam berat :		
	• As	ppm	Maks 5
	• Hg	ppm	Maks 0,2
	• Pb	ppm	Maks 5
	• Cd	ppm	Maks 1
	• Cr	ppm	Maks 40
	• Ni	ppm	Maks 10
4	pH		4-9

No	Parameter	Satuan	Standar Mutu
5	Hara makro : N + P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + K <sub>2</sub> O	%	2-6
6	Mikroba kontaminan :		
	• E. coli	MPN/ml	< 1 x 10 <sup>2</sup>
	• Salmonella sp	MPN/ml	< 1 x 10 <sup>2</sup>
7	Hara mikro :		
	• Fe total	ppm	90 – 900
	• Mn total	ppm	25 – 500
	• Cu total	ppm	25 – 500
	• Zn total	ppm	25 - 500
	• B total	ppm	12 – 250
	• Mo total	ppm	2 – 10
8	Unsur lain :		
	• La	ppm	Maks 2000
	• Ce	ppm	Maks 2000

Sumber : Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 261 Tahun 2019 tentang Persyaratan Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah

Pada pembuatan pupuk organik umumnya melalui proses penguraian. Penguraian suatu senyawa ditentukan oleh susunan bahan, dimana pada umumnya senyawa organik mempunyai sifat yang cepat diuraikan, sedangkan senyawa anorganik mempunyai sifat sukar diuraikan. Penguraian bahan organik akan berlangsung melalui proses yang sudah dikenal, yang secara keseluruhan disebut dengan proses fermentasi.

Bahan organik tersebut pada tahap awal akan diubah menjadi senyawa yang lebih sederhana seperti gula, gliserol, asam lemak dan asam amino. Selanjutnya akan dilanjutkan dengan proses lain baik secara aerobik maupun anaerob (Fitria, 2013).

## 2.8 Pembenh Tanah

Bahan pembenh tanah dikenal juga sebagai *soil conditioner*. Di kalangan ahli tanah diartikan sebagai bahan-bahan sintesis atau alami, organik atau mineral, berbentuk padat maupun cair yang mampu memperbaiki struktur tanah, dapat merubah kapasitas tanah menahan dan melalukan air, serta dapat memperbaiki

kemampuan tanah dalam memegang hara, sehingga air dan hara tidak mudah hilang, namun tanaman masih mampu memanfaatkan air dan hara tersebut (Dariah dkk, 2015). Pada awalnya konsep utama dari penggunaan pembenah tanah adalah: (1) pemantapan agregat tanah untuk mencegah erosi dan pencemaran, (2) merubah sifat hidrophobik dan hidrofilik, sehingga dapat merubah kapasitas tanah menahan air, dan (3) meningkatkan kemampuan tanah dalam memegang hara dengan cara meningkatkan Kapasitas Tukar Kation (KTK) (Arsyad, 2000).

Secara garis besar, bahan pembenah tanah dapat dibedakan menjadi dua, yaitu alami dan sintesis (buatan). Berdasarkan senyawa pembentuknya dapat dibedakan dalam tiga kategori yakni pembenah tanah organik, pembenah tanah hayati, dan pembenah tanah anorganik (mineral). Pembenah tanah alami adalah pembenah tanah yang dibuat dengan menggunakan bahan-bahan yang berasal dari alam, baik bersifat organik, hayati, maupun anorganik. Struktur senyawa bahan dasarnya belum mengalami perubahan. Sedangkan pembenah tanah sintesis adalah pembenah tanah yang dibuat oleh pabrik, baik dari bahan dasar alami yang bersifat organik maupun anorganik, tetapi sudah mengalami perubahan baik secara fisik maupun struktur senyawanya, sehingga sulit dibedakan dengan bahan aslinya (Dariah dkk, 2015).

Pembenah tanah organik yang bersumber dari pupuk kandang, kompos, dan bahan organik lainnya juga telah banyak diteliti. Manfaat dari bahan organik, baik sebagai sumber hara pupuk maupun sebagai pembenah tanah telah banyak dibuktikan (Rachman dkk., 2006). Meskipun peranan pembenah tanah dalam memperbaiki kualitas tanah sudah banyak dibuktikan, namun aplikasinya pada petani masih rendah. Bahan organik seperti sisa tanaman atau pupuk kandang, merupakan sumber pembenah tanah yang bersifat insitu, namun jumlahnya relatif terbatas. Oleh karena itu, meskipun banyak petani yang memanfaatkan pupuk kandang, namun umumnya dosis penggunaannya masih relatif rendah, kecuali pada pertanaman sayuran. Alternatif yang dapat ditempuh untuk memenuhi kebutuhan bahan organik adalah dengan melakukan penanaman sumber bahan organik. Selain itu, masih ada beberapa alternatif sumber bahan organik yang belum dimanfaatkan secara optimal, misalnya sampah kota (Dariah dkk, 2015).

## 2.9 Tanah

Tanah adalah lapisan paling atas dari struktur bumi. Satu lokasi dengan lokasi lain terdapat perbedaan sifat tanah, baik sifat fisik maupun sifat kimianya. Menurut Das (1995), tanah diartikan sebagai bahan yang terdiri dari gabungan mineral padat dan dari bahan-bahan organik yang telah melalui proses pelapukan. Tanah sebagai media tumbuh tanaman berfungsi sebagai gudang sekaligus penyuplai hara atau nutrisi dan unsur-unsur lainnya. Sedangkan, secara biologis berfungsi sebagai habitat biota yang turut andil secara aktif dalam penyediaan hara dan zat-zat adiktif bagi tanaman (Hanafiah, 2005).

## 2.10 Unsur Hara Makro

Kandungan nitrogen dalam tanaman paling banyak dibanding hara mineral yang lain, yaitu sebanyak 2-4% dari berat kering tanaman. Nitrogen memegang peranan penting sebagai penyusun klorofil, yang menjadikan daun berwarna hijau. Warna daun ini merupakan petunjuk yang baik bagi aras nitrogen suatu tanaman. Kandungan nitrogen yang tinggi menjadikan dedaunan lebih hijau dan mampu bertahan lama, sehingga untuk sejumlah tanaman menyebabkan keterlambatan ini sampai pada tingkat yang tidak menguntungkan bagi tanaman, maka dapat menyebabkan tanaman mengalami gagal panen (Fitriani dkk, 2021).

Fosfor (P) merupakan unsur hara yang terpenting bagi tumbuhan setelah nitrogen. Unsur ini merupakan bagian penting dari nukleoprotein inti sel yang mengendalikan pembelahan dan pertumbuhan sel, demikian pula untuk DNA yang membawa sifat-sifat keturunan organisme hidup. Senyawa fosfor juga mempunyai peranan dalam pembelahan sel, merangsang pertumbuhan awal pada akar, pemasakan buah, transport energi dalam sel, pembentukan buah dan produksi biji, pengujian fosfor menggunakan metode spektrofotometer. Fosfor juga merupakan unsur hara esensial tanaman (Fitriani dkk., 2021).

Kalium (K) berperan dalam pembentukan protein dan karbohidrat, pengerasan bagian kayu dari tanaman, peningkatan kualitas biji dan buah serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit. Tanaman yang kekurangan unsur K akan mengalami gejala kekeringan pada ujung daun, terutama daun tua. Ujung yang kering akan semakin menjalar hingga pangkal daun. Kadang-kadang terlihat seperti tanaman yang kekurangan air. Kekurangan unsur K pada tanaman buah-buahan mempengaruhi rasa manis buah. Pengujian kalium biasanya menggunakan metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) (Fitriani dkk., 2021).

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai dengan Juli 2024 yang bertempat di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung. Uji kandungan hara dan logam berat dilakukan di Laboratorium Pengujian Jurusan Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Aplikasi hasil penelitian dilaksanakan di Kelurahan Srengsem, Kecamatan Panjang, Kota Bandar Lampung.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat-alat yang digunakan**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian meliputi *beaker glass*, labu ukur, spatula, erlenmayer, alat pengaduk, lumpang dan alu, neraca analitik, pH Meter, *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES), spektrofotometer UV-VIS, spektrofotometer serapan atom, dan *Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometer* (AAS).

##### **3.2.2 Bahan-bahan yang digunakan**

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi CPO (*Crude Palm Oil*), temu-temuan yang berasal dari famili *Zingiberaceae* (temu-temuan), minyak hewani, larutan biang, tanah sawah kering, bibit tanaman cabai, tanaman terong, dan tanaman tomat.

### **3.3 Prosedur Penelitian**

#### **3.3.1 Persiapan Sampel**

Tanaman herbal dari famili *Zingiberaceae* (temu-temuan) sejumlah 10 jenis yang sudah tersedia masing-masing sebanyak 250 gram dibersihkan dari kotoran kemudian ditiiriskan secara tipis-tipis dilakukan proses penggilingan. Tanaman-temu-temuan yang sudah dibersihkan kemudian digiling hingga menjadi serbuk halus.

#### **3.3.2 Penimbangan Sampel**

Serbuk tanaman herbal yang sudah halus kemudian ditimbang menggunakan neraca analitik yang terdapat di Laboratorium Analitik.

#### **3.3.3 Homogenisasi Sampel**

Serbuk halus yang sudah ditimbang kemudian ditempatkan dalam satu wadah yang kemudian dihomogenkan. Serbuk halus yang sudah homogen kemudian digunakan sebagai bahan pembuatan biang dalam penelitian ini.

#### **3.3.4 Pengambilan Limbah Cair Kelapa Sawit**

Sampel limbah lumpur sawit diambil dari lokasi Kuripan, Kecamatan Padang Ratu, Kabupaten Lampung Tengah. Pengambilan sampel dilakukan secara acak. Disiapkan alat filtrasi yang sesuai, seperti saringan menggunakan ember dilubangi. Alat filtrasi dipastikan bersih menggunakan serabut kelapa sawit dari kontaminan sebelum digunakan. Alat filtrasi ditempatkan di atas wadah yang bersih. Kemudian dituangkan sampel lumpur sawit ke dalam alat filtrasi. Lalu biarkan cairan mengalir melalui saringan ember, sementara fraksi padat tertahan di atasnya. Dibilas saringan dengan air bersih untuk memastikan semua cairan terpisah dari fraksi padat.

#### **3.3.5 Pembuatan Biang I**

Biang dibuat dengan cara mencampurkan bahan baku minyak, yaitu minyak hewani dan minyak nabati masing-masing sebanyak 750 mL dan 1250 mL. Setelah itu ditambahkan tanaman-temu-temuan yang sudah homogen sebanyak

300 mL dan 1000 mL limbah cair kelapa sawit. Semua campuran tersebut kemudian diaduk hingga homogen. Setelah itu, campuran tersebut kemudian didiamkan selama 24 jam. Biang ini kemudian akan digunakan sebagai salah satu bahan pembuatan biang II.

### **3.3.6 Pembuatan Biang II**

Biang II dibuat dengan cara dicampurkan 1000 mL biang dengan 1000 mL limbah cair kelapa sawit. Setelah itu, ditambahkan sebanyak 100 mL molase dan 30 gram garam krosok. Selanjutnya campuran tersebut didiamkan selama 24 jam.

### **3.3.7 Pembuatan Pupuk Organik Cair Pembenh Tanah (POC PETA)**

Pembenh tanah dibuat dengan cara mencampurkan biang 1 dan air limbah cair yang akan dimanfaatkan, yaitu limbah cair kelapa sawit, dengan perbandingan 2 berbanding 1 (2:1). Pada penelitian ini menggunakan biang sebanyak 500 mL, limbah cair kelapa sawit sebanyak 250 mL. Kemudian campuran tersebut didiamkan selama 24 jam.

### **3.3.8 Aplikasi**

Tanah sawah yang telah kering diambil sebanyak 2 kg, lalu diletakkan pada tanah. Kemudian ditambahkan pupuk organik cair pembenh tanah dengan dosis sebesar 20 mL dalam 1600 mL air. Setelah itu didiamkan selama 1x24 jam, kemudian dilakukan penanaman bibit tanaman cabai, tomat, dan terong yang telah disiapkan. Setelah memasuki hari ke 15 setelah tanam dilakukan kembali pemberian pupuk organik cair pembenh tanah dengan dosis. Selanjutnya dilakukan pengamatan berupa pengukuran tinggi bibit tanaman cabai, tomat, dan terong tersebut selama 30 hari.

### **3.3.9 Uji Laboratorium**

Pupuk organik cair pembenh tanah yang sudah jadi kemudian diuji di Laboratorium Pengujian Jurusan Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor untuk mengetahui kandungan unsur hara makro dan mikro, C-organik, dan logam berat.

Metode uji yang digunakan adalah spektrofotometri untuk penentuan C-organik dan fosfat, titrimetri untuk penentuan N-total, metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) untuk penentuan logam berat dan unsur hara makro dan mikro.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan pembahasan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Hasil uji analisis pupuk organik cair pembenah tanah (POC PETA) pada pH, C/N, Fe Total, Mn, Pb, Cd, Cr, As, dan Hg telah sesuai baku mutu KepMenTan No. 261 Tahun 2019.
2. Media tanah yang diuji menggunakan pupuk organik cair pembenah tanah (POC PETA) menggunakan tanah galian dan tanah biasa (*topsoil*) menggunakan uji pH terhadap tanah, uji tabung, uji kapilaritas dan uji porositas.
3. Penggunaan POC PETA dan pupuk infarm memiliki dampak signifikan pada pertumbuhan dan hasil buah tanaman terong dan tomat. Pada fase vegetatif, kombinasi POC PETA 50 mL dan pupuk infarm 200 mL meningkatkan pertumbuhan terong, sementara POC PETA 200 mL dan pupuk infarm 50 mL optimal untuk tomat. Pada fase generatif POC PETA 50 mL dan pupuk infarm 100 mL menghasilkan buah terong terbaik, sedangkan POC PETA 200 mL dan pupuk infarm 200 mL memberikan hasil optimal pada buah tomat.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan untuk penelitian selanjutnya diperlukan perbaikan terhadap unsur hara yang tidak sesuai dengan baku mutu seperti C-Organik, unsur hara makro yaitu NPK, dan unsur hara mikro yaitu Cu, Zn, Mo, dan B perlu dilakukan penambahan bahan organik tertentu agar kandungan dari unsur hara tersebut dapat diperbaiki.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 2000. *Konversi Tanah dan Air*. Lembaga Sumberdaya Informasi, Institut Pertanian Bogor. IPB Press. Bogor.
- Arum, G., Retnoningsih, A., Irsadi, A. 2012. Etnobotani Tumbuhan Obat Masyarakat Desa Keseneng Kabupaten Semarang, Jawa Tengah Kecamatan Sumowono. *Unnes Journal of Life Science*. (1-2): 126-132.
- Atmaka, W., Manuhara, G. J., Destiana, N., Kawiji., Khasanah, L.U., dan Utai, R. 2016. Karakterisasi Pengemasan Kertas Aktif dengan Penambahan Oleoresin dari Ampas Pengepresan Rimpang Temulawak (*curcuma xanthorrhiza Roxb*). *Reaktor*. 16(1): 32-40.
- Bachtiar, B., dan Suhartati, S. 2023. Karakteristik Tapak Tegakan Hutan Mangrove (*Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina*) di Pantai Kelurahan Bira Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*. 14(1).
- Dariah, A. S., Sutono, Neneng. L., Nurida, Wiwik, H., dan Etty, P. 2015. Pembenh Tanah untuk meningkatkan Produktivitas Lahan Pertanian. *Jurnal Sumber Daya Lahan*. 9(2): 67-84.
- Destiana, M., Zandy , A dan Puspitasari, S. 2007. Intensifikasi Proses Produksi Biodiesel. *Karya Ilmiah*. Bandung.
- Efriyanti, U. 2016. Respon Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) terhadap Pemberian Fungi Mikoriza Arbuskular dan Cekman Air. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung.
- Fahri, A., Meriatna, dan Suryati. 2018. Pengaruh Waktu Fermentasi dan Volume Bio Aktivator EM4 ( *Effective Microorganisme* ) pada Pembuatan Pupuk Organik Cair (POC) dari Limbah Buah-Buahan. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 1(5): 13–29.
- Fitria, Y. 2013. *Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Limbah Cair Industri Perikanan Menggunakan Asam Asetat dan EM4 (Effetive microorganisme 4)*. Bogor. IPB.

- Fitriani., Kurniawan, E., dan Jalaluddin. 2021. Pemanfaatan Limbah Cair Ind Kelapa Sawit Sebagai Pupuk Organik Cair Dengan Penambahan Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Prosiding SNST ke-11 Tahun 2021*. 1(1) 39-44.
- Garcia, N. J. A., Ramirez, C. N. E., and Rodriguez, D. T. 2016. Evolution of palm oil mills into bio-refineries: Literature review on current and potential uses of residual biomass and effluents. *Journal Resources Conservation and Recycling*. 110(1): 99–114.
- Gusman, H. 2016. *Peningkatan Kualitas Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Produk Torefaksi Basah Skala Pilot Sebagai Bahan Bakar Padat Bersih*. ITB.
- Hanafiah, K. A. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. PT. Radja Grafindo Perkasa. Jakarta.
- Handayanto, E., Muddarisna, N., dan Fiqri, A. 2017. *Pengelolaan Kesuburan Tanah*. Malang.
- Hart, H. 1990. *Kimia Organik. Edisi Ke-Enam*. Penerbit Erlangga. Jakarta.(6): 20-37.
- Hartanto, N., Zulkarnain, & Aji Wicaksono, A. 2022. Analisis Beberapa Sifat Fisik Tanah Sebagai Indikator Kerusakan Tanah Pada Lahan Kering. *Agroekoteknologi Tropika Lembab*. 4(2): 107–112.
- Haryanti, A., Norsamsi., Putri, S., dan Pralisa, P. N. 2014. Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit. *Jurnal Konversi*. 3(2): 57-66.
- Hillel, D. 2018. *Soil in the Environment: Crucible of Terrestrial Life*. Academic Press.
- Huda, M, K. 2013. Pembuatan Pupuk Organik Cair dari Urin Sapi dengan Aditif Tetes Tebu (Molasses) Metode Fermentasi. *Skripsi Universitas Negeri Semarang*.
- Humphries, E., and Wheeler. 1963. *Plants Physiol*. Jakarta.
- Jumirah., Nugroho, J., Wibowo, A., dan Yulianti, I. M. 2018. Kualitas Pupuk Cair Organik dengan Kombinasi Limbah Ampas Jamu dengan Limbah Ikan. *Jurnal Biota*. 3(2): 53-61.
- Ketaren, S. 2008. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta.
- Lawrence. 1964. *Taxonomi of Vascular Plants*. New York.
- Lingga, P., dan Marsono. 2000. *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Jakarta.

- Lubis, A. U. 1992. *Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di Indonesia*. Pusat Penelitian Perkebunan Marihat. Sumatera Utara.
- Machrodania., Yuliani, dan Ratnasari, E. 2015. Pemanfaatan Pupuk Organik Cair Berbahan Baku Kulit Pisang, Kulit Telur dan Gracillaria Gigas Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai Var Anjasmoro. *Lentera Bio*. 4(3): 167-173.
- Madaki, Y. S., dan Seng, L. 2013. *Palm Oil Mill Effluent (POME) Palm Oil Muus Waste or Resource*. *Int. Journal of Science, Environment*. 2(6): 1138-1155.
- Munawar, A. 2011. *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*. IPB Press. Bogor.
- Natalia, D., Suprijatna, E., dan Muryani, R., 2016. Pengaruh Penggunaan Limbah Industri Jamu dan Bakteri Asam Laktat (*lactobacillus SP.*) Sebagai Sinbiotik Untuk Aditif Pakan Terhadap Performans Ayam Petelur Periode Layer. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*. 26(3): 6-13.
- Nova D. Lussy., Lenny, M.M., dan Lena, W. 2024. Kualitas Pupuk Organik Cair dari Beberapa Komposisi Limbah Cair Tahu dan Daun Gamal sebagai Bahan Pupuk. *Partner*. 29(2): 137-148.
- Nursanti, I. 2013. Karakteristik Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Pada Proses Pengolahan Anaerob Dan Aerob. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. 13(4): 67-73.
- Pahan, I. 2007. *Panduan Lengkap Kelapa Sawit*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Pandey, B.P. 2003. *A Textbox of Botany:Angiosperm*. First Edition. New Delhi.
- Parnata, A. 2010. *Meningkatkan Hasil Panen Pupuk Organik*. PT. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Prabawati, S.Y., dan Imelda, F. 2018. Analisis Lemak Sapu dan Lemak Babi Menggunakan *Gas Cromatography* (GC) dan *Fourier Transform Infra Red Spectrosophy Second Derivate* (FTIR-2D) untuk Autentikasi Halal. *Indonesia Journal of Halal*. 1(2): 89-96.
- Praveia, M. F., dan Widayat. 2022. Analisis Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai *Cofiring* pada PLTU Batubara. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*. 3(1):28-37.
- Rachman, A., Dariah, A., dan Santoso. 2006. *Dalam Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.

- Retno, W., Dwi, S., Mukhlis., dan Hesti, W. 2006. Pengaruh Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit sebagai Pupuk terhadap Biodiversitas. *Jurnal Ilmiah Pertanian KULTURA*. 41(1): 1-8.
- Rusdiana, O. 2012. Pendugaan Korelasi antara Karakteristik Tanah terhadap Cadangan Karbon (Carbon Stock) pada Hutan Sekunder. Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Sapto, P., Didik, I., dan Bambang, H. 2008. Produktivitas Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis Jacq.*) yang Dipupuk Dengan Tandan Kosong Dan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Ilmu Pertanian*. 15(1): 37-48.
- Sira, A., Petrus, B., dan Shanti, V. 2023. Analisa Pemanfaatan Sampah Organik Sayuran Rumah Tangga Menjadi Pupuk Cair Organik. *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 11(1): 8-16.
- Soetrisno, L. 2008. *Pertanian Pada Abad Ke-21*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.
- Stepanus, D., Supriadi, dan Sarifuddin. 2013. Survei dan Pemetaan Status Hara Tembaga dan Boron Perkebunan Kelapa Sawit Rakyat Hutabayu Raja. *Jurnal Agroteknologi Universitas Sumatera Utara*. 2(1): 64-71.
- Sugeng, P. 2013. *Pengukuran pH, Bahan Organik, KTK dan KB*. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Suhastyo, A. A., dan Raditya, F., T. 2021. Pemanfaatan Limbah Cair Industri Tahu Sebagai Pupuk Organik Cair (POC) Guna Mendukung Program Lorong Garden (Longgar) Kota Makassar. *Jurnal Agrosains dan Teknologi*. 6(1): 1-6.
- Sumarni, N., R. Rosliani, dan A.S. Duriat. 2010. Pengelolaan Fisik, Kimia, dan Biologi Tanah untuk Meningkatkan Kesuburan Lahan dan Hasil Cabai Merah. *Jurnal Hort*. Vol 20 (2). Hal 130-137.
- Sundari, E. S., Rinaldo, dan Riko. 2012. Pembuatan Pupuk Organik Cair Menggunakan Bioaktivator Bioscb Dan EM4. *Prosiding SNTK TOPI*. 94-97.
- Susanto, J. S., Santoso, A. D., dan Suwedi, N. 2017. Perhitungan Potensi Limbah Padat Kelapa Sawit untuk Sumber Energi Terbaharukan dengan Metode LCA. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 18(2):165-172.
- Susilawati. 2019. *Dasar-dasar Bertanam Secara Hidroponik*. Penerbit Unsri. Palembang.
- Sutedjo, M., M. 2010. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. PT Rineka Cipta. Jakarta.

- Syamsuri, dan Alang, H. 2021. Intarisasi Zingiberaceae yang Bernilai Ekonomi (*Etnomedisin, Etnokosmetik dan Etnofood*) di Kabupaten Kolaka Utara, Sulawesi Tenggara, Indonesia. *Agricultural Journal*. 4(2): 219-229.
- Tambunan, W., A. 2008. Kajian Sifat Fisik Tanah dan Kimia Tanah Hubungannya dengan Produksi Kelapa Sawit. Tesis. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Tjitrosoepomo, G. 1996. *Taksonomi Tumbuhan (Spermatopyta)*. Cetakan Ke Lima. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Tjitrosoepomo, G. 2002. *Taksonomi Tumbuhan (Spermatopyta)*. Cetakan Ke Tujuh. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Tjitrosoepomo, G. 2005. *Taksonomi Tumbuhan (Spermatopyta)*. Cetakan Ke Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Warsyidawati, R. 2017. *Kandungan Fosfor (P) Pupuk Organik Cair (POC) A Urin Sapi Dengan Penambahan Akar Serai (Cymbopogon Citratus) Melalui Fermentasi*. Makassar.
- Wulandari, N., Yupi, H., dan Saputra, R. 2023. Analisis Karakteristik Fisik Tanah Gambut Tropis pada Tata Guna Lahan Perkebunan Palawijaya. *Jurnal Teknika*. 7(1): 62-70.