

**ANALISIS KUALITAS PRODUK PUPUK ORGANIK PADAT HASIL
OLAHAN LUMPUR PADAT PABRIK KELAPA SAWIT DAN
APLIKASINYA PADA TANAMAN TOMAT DAN CABAI**

(Skripsi)

Oleh

**DINDA ABDILLAH
NPM 2017011093**



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

ABSTRAK

ANALISIS KUALITAS PRODUK PUPUK ORGANIK PADAT HASIL OLAHAN LUMPUR PADAT PABRIK KELAPA SAWIT DAN APLIKASINYA PADA TANAMAN TOMAT DAN CABAI

Oleh

DINDA ABDILLAH

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas pupuk organik padat yang dihasilkan dari lumpur padat pabrik kelapa sawit serta mengevaluasi efektivitasnya terhadap pertumbuhan tanaman tomat dan cabai. Lumpur padat kelapa sawit diproses menjadi pupuk organik padat dengan penambahan aktivator berbahan dasar tanaman Zingiberaceae, minyak nabati, dolomit, dan minyak hewani. Uji laboratorium dilakukan untuk mengukur parameter fisikokimia pupuk, termasuk kadar C-organik, pH, kadar air, kandungan hara makro (N, P, K), hara mikro (Fe, Zn), serta keberadaan logam berat sesuai dengan baku mutu Keputusan Menteri Pertanian RI No. 261 Tahun 2019. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pupuk organik padat yang dihasilkan memiliki kandungan C-organik sebesar 25,14%, pH 4,59, dan kadar air 18,34%, yang seluruhnya memenuhi standar baku mutu. Kandungan unsur mikro seperti Fe 1205,19 ppm dan Zn 26,68 ppm juga sesuai dengan standar. Namun, kandungan hara makro (N = 0,36%, P = 0,24%, K = 0,60%) masih di bawah batas minimum ($\geq 2\%$), yang kemungkinan disebabkan oleh kurang optimalnya proses dekomposisi serta rendahnya rasio C/N. Aplikasi pupuk organik padat pada tanaman tomat dan cabai menunjukkan peningkatan pertumbuhan tanaman, terutama pada parameter tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah cabang, dibandingkan dengan perlakuan tanpa pupuk. Dengan demikian, pemanfaatan lumpur padat kelapa sawit sebagai pupuk organik padat memiliki potensi dalam meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman, tetapi masih memerlukan perbaikan formulasi untuk meningkatkan kandungan hara makro agar lebih efektif sebagai pupuk pembenah tanah.

Kata kunci : Pupuk organik padat, lumpur kelapa sawit, hara makro dan mikro.

ABSTRACT

ANALYSIS QUALITY SOLID ORGANIC FERTILIZER FROM PALM OIL MILL SLUDGE AND APPLICATION ON TOMATO AND CHILI PLANTS

By

DINDA ABDILLAH

This study aims to analyze the quality of solid organic fertilizer produced from palm oil mill sludge and evaluate its effectiveness in promoting the growth of tomato and chili plants. The sludge was processed into solid organic fertilizer by adding activators derived from Zingiberaceae plants, vegetable oil, dolomite, and animal oil. Laboratory tests were conducted to measure the physicochemical properties of the fertilizer, including organic carbon content, pH, moisture content, macronutrients (N, P, K), micronutrients (Fe, Zn), and heavy metal presence, following the standards set by Indonesian Minister of Agriculture Regulation No. 261 of 2019. The results showed that the produced solid organic fertilizer contained 25.14% organic carbon, a pH of 4.59, and a moisture content of 18.34%, all of which met the standard requirements. The micronutrient levels, including Fe (1205.19 ppm) and Zn (26.68 ppm), were also within the acceptable range. However, the macronutrient content (N = 0.36%, P = 0.24%, K = 0.60%) was below the minimum threshold ($\geq 2\%$), likely due to suboptimal decomposition processes and an imbalanced C/N ratio. The application of solid organic fertilizer on tomato and chili plants resulted in improved plant growth, particularly in plant height, leaf number, and branching, compared to untreated plants. Thus, utilizing palm oil mill sludge as a solid organic fertilizer has the potential to enhance soil fertility and plant growth. However, further formulation improvements are needed to increase macronutrient content, making it more effective as a soil amendment.

Keywords: Solid organic fertilizer, palm oil sludge, macronutrients and micronutrients.

**ANALISIS KUALITAS PRODUK PUPUK ORGANIK PADAT HASIL
OLAHAN LUMPUR PADAT PABRIK KELAPA SAWIT DAN
APLIKASINYA PADA TANAMAN TOMAT DAN CABAI**

Oleh

Dinda Abdillah

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA SAINS

pada

Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

Judul : **ANALISIS KUALITAS PRODUK
PUKUP ORGANIK PADAT
HASIL OLAHAN LUMPUR
PADAT PABRIK KELAPA
SAWIT DAN APLIKASINYA
PADA TANAMAN TOMAT DAN
CABAI**

Nama : **Dinda Abdillah**

NPM : 2017011093

Jurusan : Kimia

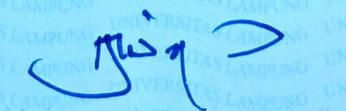
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.
NIP. 197406092005011002


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

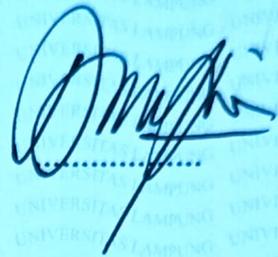
2. Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kerjasama


Mulvono, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP.197406112000031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

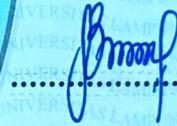
Ketua : Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.



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



Anggota : Prof. Dr. Kamisah D. Pandiangan, M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 28 Mei 2025

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Dinda Abdillah
Nomor Pokok Mahasiswa : 2017011093
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Analisis Kualitas Produk Pupuk Organik Padat Hasil Olahan Lumpur Padat Pabrik Kelapa Sawit dan Aplikasinya pada Tanaman Tomat dan Cabai”** adalah hasil pekerjaan saya 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, 28 Mei 2025

Yang Menyatakan



Dinda Abdillah
NPM. 2017011093

R IWAYAT HIDUP



Nama lengkap penulis Dinda Abdillah, lahir di Bandar Lampung pada tanggal 25 Agustus 2001, sebagai anak ketiga dari empat bersaudara, anak ketiga dari Bapak Zama Usri (alm) dan Ibu Rohani (almh). Penulis menganut agama Islam. Saat ini, penulis bertempat tinggal di Jl. Katu Gg Alpukat No.88, Kelurahan Susunan Baru, Kecamatan Tanjung Karang Barat, Kota Bandar Lampung, Lampung.

Penulis telah menyelesaikan pendidikan taman kanak-kanak di TK Amalia Sehati pada tahun 2006, sekolah dasar di SD Negeri 4 Sawah Lama pada tahun 2007-2013, sekolah menengah pertama di SMP Negeri 4 Bandar Lampung pada tahun 2013-2016, dan sekolah menengah atas di SMA Negeri 2 Bandar Lampung pada tahun 2016-2019. Pada tahun 2020, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan S1 Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menempuh pendidikan di Jurusan Kimia, penulis pernah mengikuti organisasi dalam lingkup kampus sebagai wadah untuk mengembangkan potensi dan kemampuan diri. Organisasi yang pernah penulis ikuti adalah Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMAKI) sebagai Kader Muda Himaki (KAMI) tahun 2020, Koperasi Mahasiswa (KOPMA) Unila sebagai anggota pada tahun 2021, Karya Wisata Ilmiah XXXII sebagai panitia, Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) Riset sebagai anggota peneliti, dan lain sebagainya. Penulis dalam menyelesaikan pendidikannya telah melakukan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Laboratorium PT. Phillips Seafood Indonesia yang diberi judul “Pengujian Bakteri *Vibrio sp* pada Produk Value Added di PT. Phillips Seafood Indonesia

Lampung Plant Tanjung Karang Timur Bandar Lampung”, dan mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Pekon Purawiwitan, Kecamatan Kebun Tebu, Lampung Barat.

Pada tahun 2025, penulis telah menyelesaikan tugas akhir untuk mendapatkan gelar sarjana dengan membuat skripsi yang berjudul “Analisis Kualitas Produk Pupuk Organik Padat Hasil Olahan Lumpur Padat Pabrik Kelapa Sawit dan Aplikasinya pada Tanaman Tomat dan Cabai”.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

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

Atas rahmat Allah SWT

dengan mengucapkan Alhamdulillahil'alamin dan dengan segala kerendahan hati,
ku persembahkan karya sederhanaku ini teruntuk:

Kedua orang tuaku,

Ibu Rohani (almh) dan Bapak Zama Usri (alm) tersayang yang telah membesarkan,
merawat, membimbing, mendidik, mendo'akan, mendukung, dan memberikan
kasih sayang yang tak terbatas serta cinta yang sangat besar dan tak ternilai. Dengan
ini aku ucapkan terima kasih atas segalanya.

Abang Abdullah Romanzah, Uni Eva Ubaydillah, dan Adik Hera Zubaydillah serta
keluarga besarku yang selalu memberi dukungan, doa dan motivasi.

Dengan segala rasa hormat kepada Bapak Diky Hidayat, S.Si., M.Sc.,

Bapak Syaiful Bahri, S.Si., M.Si., dan Ibu Prof. Dr. Kamisah D. Pandiangan, M.Si.,
serta seluruh Dosen Pengajar yang telah membimbing dan mendidikku sampai
menyelesaikan pendidikan Sarjana.

Sahabatku dan seluruh teman-teman yang telah memberikan banyak bantuan, kasih
sayang, dukungan, semangat, dan motivasi.

Almamater Tercinta, Universitas Lampung

MOTTO

“Maka sesungguhnya Bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras. Dan hanya kepada TUHAN mu lah engkau berharap”

(Q.S. Al-Insyirah, 6-8)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Q.S. Al-Baqarah, 2: 286)

“Dan bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah adalah benar”

(Q.S. Ar-Rum : 60)

“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu”

(Umar Bin Khattab)

“Dibalik setiap jatuhku, ada tangan yang menarikku bangkit dari langit dan dari sekelilingku”

SANWANCANA

Alhamdulillahirrobbil'alamiin. Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala nikmat yang telah menganugerahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam teruntuk Nabi Muhammad SAW, semoga kita termasuk umatnya yang mendapat syafa'at beliau di *yaumul* akhir kelak, *aamiin yarabbal'amin.*

Skripsi yang berjudul “**Analisis Kualitas Produk Pupuk Organik Padat Hasil Olahan Lumpur Padat Pabrik Kelapa Sawit dan Aplikasinya pada Tanaman Tomat dan Cabai**”, merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Dalam pelaksanaan dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari kesulitan dan rintangan, namun itu semua dapat penulis lalui berkat bantuan, bimbingan, saran dan dorongan semangat dari orang-orang yang hadir di kehidupan penulis, *Jazakumullahu Khairan Katsiran Wa Jazakumullah Ahsanal Jaza*, Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Ayahanda tercinta Almarhum Zama Usri, beliau memang tidak sempat menemani penulis dalam perjalanan selama menempuh pendidikan TK sampai sekarang. Alhamdulillah kini penulis sudah berada di tahap ini, menyelesaikan karya tulis sederhana ini sebagai tanda hormat dan kasih sayangku kepadamu. Semoga Allah SWT melapangkan kubur dan menempatkan ayah di tempat yang paling mulia disisi Allah SWT.
3. Pintu surgaku, ibunda tercinta Almarhumah Rohani. Aku persembahkan dengan penuh cinta dan kerinduan, yang selalu menanti hari wisudaku dengan

penuh harap dan cinta, meski tak sempat mendampingi hingga akhir.

Terimakasih atas doa yang selalu dilangitkan di setiap sholatmu, tidak henti-hentinya memberikan kasih sayang dengan penuh cinta, pengorbanan dan selalu memberikan motivasi hingga penulis mampu menyelesaikan studinya sampai sarjana. Maafkan aku mewujudkan ini terlambat bu, semoga setiap langkah baikku menjadi doa untukmu. Semoga Allah SWT melapangkan kubur dan menempatkan ibu di tempat yang paling mulia disisi Allah SWT.

4. Bapak Diky Hidayat, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I atas kebaikan, bimbingan, arahan, masukan, bantuan dan seluruh ilmu pengetahuan yang diberikan selama proses perkuliahan sampai dengan penyelesaian skripsi.
5. Bapak Syaiful Bahri, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing II atas kebaikan, bimbingan, arahan, masukan, dan seluruh ilmu pengetahuan yang diberikan dalam proses penyelesaian skripsi.
6. Ibu Prof. Dr. Kamisah D. Pandiangan, M.Si. selaku Dosen Penguji/Pembahas atas masukan, saran dan seluruh ilmu pengetahuan yang diberikan dalam proses penyelesaian skripsi.
7. Bapak Dr. Sonny Widiarto, S.Si., M.Sc. selaku Pembimbing Akademik atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis.
8. Ibu Dr. Mita Rilyanti, M.Si. selaku Kepala Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
9. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
10. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan motivasi selama penulis menjalankan pendidikan di kampus.
11. Seluruh staf administrasi dan pegawai di lingkungan Jurusan Kimia, Dekanat FMIPA, serta Universitas Lampung yang senantiasa membantu dalam sistem akademik, perkuliahan, penelitian, serta penyusunan skripsi sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
12. Abangku Abdullah Romanzah, Uniku Eva Ubaydillah, dan Adikku Hera Zubaydillah yang selalu memberikan semangat, dukungan berupa moril maupun materil, masukan, motivasi dan do'a yang tulus sehingga penulis

dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Semoga kalian semua sehat selalu dan berada dalam lindungan Allah SWT.

13. Keluarga besar, seluruh Sepupu, dan Keponakanku yang selalu memberikan semangat, masukan, dan hiburan di kala jenuh. Terimakasih untuk semuanya kalian sangat berarti bagiku.
14. A Anggie Sadewa, thank you for holding me with tenderness and to have the patience that love demands. Dukungan yang tiada henti, untuk setiap tawa yang meringankan hari-hari yang berat, untuk setiap kekuatan yang dipinjamkan padaku saat kata-kata terlalu berat untuk diucapkan, and for simply never letting go even when the road was rough.
15. Keluarga Mbah Putri dan Mbah Putra di Rejomulyo dan Keluarga Besar Mba Ida di Desa Kuripan.
16. Bapak-bapak dan Kakak-kakak di CV. Wira Bumi Segara yang telah membantu saat pengambilan sampel.
17. Sahabatku, Natasha Maudya, Nurul Alya Salsabilla, Atiqah Hanifah, Putri Nur Indah Sari, Niswah Fadillah, Dea Adelia, Yurita Renaria, Sekar Arum Kinasih, Ni Komang Vivi Alia, dan Umi Latifah yang selalu memberikan dukungan, semangat, masukan motivasi dan bantuan selama ini sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.
18. Sahabat penelitian, Annisa Nur Qurbaini, Dina Novita, Eva Zaskia Anngelista, dan Senna Febrianti yang selalu kebersamai dalam segala kondisi selama penelitian yang telah kita lakukan bersama-sama.
19. Teman-teman Kimia Angkatan 2020 serta Anak Kelas C 2020 yang senantiasa memberikan informasi dan membantu penulis.
20. Semua pihak yang telah membantu dan mendukung dalam menyelesaikan skripsi penulis, serta almamater Universitas Lampung.
21. Dan yang terakhir, kepada diri saya sendiri. Dinda Abdillah. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini. Terima kasih tetap memilih berusaha dan merayakan dirimu sendiri sampai di titik ini, walau sering kali merasa putus asa atas apa yang diusahakan dan belum berhasil, namun terima kasih tetap menjadi manusia yang selalu mau berusaha dan tidak lelah mencoba. Terima kasih karena memutuskan tidak menyerah sesulit apapun proses penyusunan

skripsi ini dan telah menyelesaikan dengan baik, ini merupakan pencapaian yang patut dirayakan untuk diri sendiri. Berbahagialah selalu dimanapun berada, Dinda.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih terdapat beberapa kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi perbaikan penelitian selanjutnya. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan di masa depan.

Bandar Lampung, 28 Mei 2025

Penulis,

Dinda Abdillah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Manfaat Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kelapa Sawit	6
2.2 Limbah Kelapa Sawit.....	7
2.2.1 Karakteristik Limbah Kelapa Sawit.....	7
2.2.2 Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit.....	8
2.3 Biang (Aktivator)	9
2.4 Minyak Nabati dan Lemak Hewani	9
2.5 Temu – Temuan	10
2.6 Pupuk Organik	11
2.7 Pembenh Tanah	14
2.8 Tanah.....	15
2.9 Tanaman Tomat dan Cabai	15
2.10 Unsur Hara Mikro dan Makro.....	16
2.10.1 Unsur Hara Makro	17
2.10.2 Unsur Hara Mikro.....	18
III. METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.2 Alat dan Bahan.....	19
3.2.1 Alat - Alat	19

3.2.2 Bahan - Bahan.....	19
3.3 Prosedur Penelitian.....	20
3.3.1 Persiapan Sampel.....	20
3.3.2 Penimbangan Sampel.....	20
3.3.3 Homogenasi Sampel.....	20
3.3.4 Pengambilan Lumpur Padat Kelapa Sawit.....	20
3.3.5 Pembuatan Biang.....	21
3.3.6 Pembuatan Biang 1.....	21
3.3.7 Pembuatan Pupuk Organik Padat Pembenh Tanah.....	21
3.3.8 Uji Ekologi Tanah.....	21
3.3.9 Aplikasi pada Tanaman Tomat dan Cabai.....	22
3.3.10 Uji Laboratorium.....	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Pembuatan Biang, Biang 1, dan Pupuk Organik Padat Pembenh Tanah.....	23
4.2 Hasil Analisis Uji Laboratorium.....	24
4.2.1 C-Organik.....	24
4.2.2 Derajat Keasaman (pH).....	25
4.2.3 Kadar Air.....	25
4.2.4 Logam Berat.....	25
4.2.5 Hara Makro.....	26
4.2.6 Hara Mikro.....	28
4.3 Hasil Uji Ekologi Tanah.....	29
4.3.1 Uji Tekstur.....	29
4.3.3 Uji Porositas.....	32
4.4 Hasil Pengamatan Lapangan.....	33
4.3.1 Persiapan Media Tanam dan Penanaman Bibit Tomat dan Cabai....	33
4.3.1.2 Tanaman Cabai.....	40
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA.....	47

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Baku Mutu Pupuk Organik Padat	13
2. Hasil Uji C-Organik pada Pupuk Organik Padat	24
3. Hasil Uji pH pada Pupuk Organik Padat	25
4. Hasil Uji Arsenik (As), Timbal (Pb), Merkuri (Hg), dan Cadmium (Cd).....	26
5. Hasil Uji Nitrogen, Fosfor, dan Kalium pada Pupuk Organik Padat	26
6. Hasil Uji Hara Mikro pada Pupuk Organik Padat.....	28
7. Hasil Pengamatan Tinggi Tanaman Tomat.....	35
8. Hasil Pengamatan Jumlah Daun Tanaman Tomat	36
9. Hasil Pengamatan Jumlah Ranting Tanaman Tomat	37
10. Hasil Pengamatan Buah Tanaman Tomat	39
11. Hasil Pengamatan Tinggi Tanaman Cabai.....	41
12. Hasil Pengamatan Jumlah Daun Tanaman Cabai	42
13. Hasil Pengamatan Jumlah Ranting Tanaman Cabai	43
14. Hasil Pengamatan Buah Tanaman Cabai.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kelapa Sawit	6
2. (a) Campuran serbuk tanaman herbal temu-temuan, (b) biang, (c) biang 1, (d) pupuk organik padat	24
3. Uji tekstur (a) Tanah galian dan (b) Tanah galian dengan pupuk organik padat	31
4. Uji kapilaritas (a) Tanah galian dan (b) Tanah galian dengan pupuk organik padat	32
5. Uji porositas (a) Tanah galian dan (b) Tanah galian dengan pupuk organik padat	34
6. Hasil Pengamatan Tinggi Tanaman Tomat	37
7. Jumlah Daun Tanaman Tomat	38
8. Jumlah Ranting Tanaman Tomat	40
9. Tinggi Tanaman Cabai	43
10. Jumlah Daun Tanaman Cabai	45
11. Jumlah Ranting Tanaman Cabai	46

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu komoditas pertanian yang memiliki peran penting dalam sektor pertanian adalah kelapa sawit. Pertumbuhan industri kelapa sawit di Indonesia memiliki prospek yang sangat baik, diperkirakan akan terus meningkat dari sisi permintaan di masa yang akan datang. Produksi kelapa sawit Indonesia tahun 2022 meningkat 1,29 % dibandingkan dengan produksi tahun 2021. Sebaran luas areal perkebunan sawit dominan di Pulau Kalimantan dan Sumatera, lebih detailnya terdapat lima provinsi yang berperan sebagai produsen utama kelapa sawit di tahun 2022 yaitu Riau (18,67%), Kalimantan Tengah (17,86%), Kalimantan Barat (10,97%), Sumatera Utara (10,79%), dan Kalimantan Timur (8,76%) (Badan Pusat Statistik, 2023).

Produksi lebih dari 18 juta ton minyak sawit per tahun, industri kelapa sawit di Indonesia menjadi salah satu produsen dan eksportir minyak sawit terbesar di dunia. Industri kelapa sawit menawarkan kesempatan kerja dan pertumbuhan ekonomi bagi sebagian besar masyarakat di wilayah pedesaan Indonesia. Data Badan Pusat Statistik (2023) Provinsi Lampung memiliki luasan wilayah perkebunan kelapa sawit sebesar 198.582 ha. Sentra tanaman kelapa sawit Provinsi Lampung berada di wilayah Kabupaten Mesuji dan Lampung Tengah. Lampung Tengah memiliki areal tanaman kelapa sawit terluas kedua di Provinsi Lampung yaitu dengan luasan sebesar 29.180 ha.

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. Limbah padat kelapa sawit dapat berupa tandan kosong, cangkang dan serabut. Data

literatur menyatakan bahwa 1 ton kelapa sawit menghasilkan limbah berupa tandan kosong kelapa sawit sebanyak 23% atau 230 kg, limbah cangkang sebanyak 6,5% atau 65 kg, lumpur sawit 4 % atau 40 kg, serabut 13% atau 130 kg serta limbah cair sebanyak 50% (Mandiri, 2012). Volume limbah kelapa sawit akan meningkat seiring dengan produksinya yang terus meningkat. Limbah padat dari industri kelapa sawit biasanya mengandung bahan organik yang tinggi. Penanganan limbah sawit yang tidak tepat akan mencemari lingkungan. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengolah dan meningkatkan nilai ekonomi limbah padat kelapa sawit.

Lumpur padat kelapa sawit merupakan salah satu limbah padat PKS yang dihasilkan dari pengolahan tandan buah kelapa sawit (TBS) menjadi CPO, dan pada umumnya hanya menumpuk dikarenakan pemanfaatannya yang belum maksimal. Limbah lumpur padat kelapa sawit mengandung unsur hara yang dibutuhkan bagi pertumbuhan tanaman, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai media tanam/ pupuk bagi bibit kelapa sawit. Pemanfaatan limbah lumpur padat kelapa sawit sebagai media tanam/ pupuk berbagai tanaman cukup berpotensi untuk dikembangkan (Ardiana dkk., 2016). Pertumbuhan tanaman yang baik adalah dengan menjaga ketersediaan nutrisi tanaman yang seimbang dalam tubuh tanaman tersebut dengan menggunakan pupuk organik (Hayati, 2010). Pemanfaatan pupuk organik juga dapat mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia yang sering digunakan secara berlebihan.

Penggunaan pupuk kimia secara terus menerus menyebabkan peranan pupuk kimia tersebut menjadi tidak efektif, hal ini dikarenakan tanah pertanian yang sudah jenuh oleh residu sisa bahan kimia. Astiningrum (2005) menyatakan bahwa pemakaian pupuk kimia secara berlebihan dapat menyebabkan residu yang berasal dari zat pembawa (carier) pupuk nitrogen tertinggal dalam tanah sehingga akan menurunkan kualitas dan kuantitas hasil pertanian. Peneliti Sutanto (2007) menyatakan pemakaian pupuk kimia yang terus menerus menyebabkan ekosistem biologi tanah menjadi tidak seimbang, sehingga tujuan pemupukan untuk mencukupkan unsur hara di dalam tanah tidak tercapai. Potensi genetis tanaman pun tidak dapat dicapai mendekati maksimal. Kondisi tersebut menimbulkan

pemikiran untuk kembali menggunakan bahan organik sebagai sumber pupuk organik. Penggunaan pupuk organik mampu menjaga keseimbangan lahan dan meningkatkan produktivitas lahan serta mengurangi dampak lingkungan tanah.

Pupuk organik dapat dibuat dengan memanfaatkan sampah organik melalui proses dekomposisi oleh mikroorganisme dan sisa-sisa metabolisme makhluk hidup. Pembuatan pupuk organik salah satunya dengan memanfaatkan limbah lumpur padat kelapa sawit. Pupuk organik memiliki keunggulan dapat memperbaiki kondisi fisik tanah karena membantu pengikatan air secara efektif. Unsur hara dalam pupuk organik relatif lengkap, baik unsur hara makro maupun unsur hara mikro, tetapi pupuk organik memiliki kandungan hara makro dan mikro rendah sehingga perlu diberikan dalam jumlah yang banyak. Pupuk kimia memiliki perbedaan yang hanya mengandung beberapa unsur hara tunggal, seperti pupuk urea dan pupuk Za. Pupuk organik memberikan nutrisi yang lebih beragam dan menjadi solusi yang potensial untuk mendukung kualitas pertumbuhan tanaman, terutama tanaman bernilai ekonomi tinggi seperti tomat dan cabai, yang membutuhkan pasokan nutrisi seimbang untuk pertumbuhan optimal.

Tanaman tomat dan cabai memiliki nilai ekonomi tinggi di Indonesia dan banyak digunakan dalam berbagai jenis masakan. Keduanya memerlukan nutrisi yang cukup untuk pertumbuhan optimal. Pertumbuhan dan produksi tanaman tomat dan cabai dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk jenis dan kualitas pupuk yang digunakan. Pupuk organik telah menjadi alternatif yang menarik bagi petani karena sifatnya yang ramah lingkungan dan dapat meningkatkan kualitas tanah serta pertumbuhan tanaman. Pupuk organik padat yang dihasilkan dari lumpur padat dapat meningkatkan kualitas tanah, menyediakan nutrisi esensial bagi tanaman, serta mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia sintetis. Uraian beberapa paragraf di atas menunjukkan bahwa perlu dilakukan penelitian untuk memanfaatkan limbah padat kelapa sawit sebagai salah satu sumber pupuk organik.

Pada penelitian ini dilakukan pemanfaatan lumpur kelapa sawit menjadi pupuk organik padat dengan perlakuan penambahan biang yang berbahan dasar tanaman suku temu-temuan (*Zingiberaceae*), minyak nabati, dolomit, dan minyak hewani sebagai aktivator yang dapat mempercepat dekomposisi bahan organik. Pupuk organik padat di aplikasikan langsung pada tanaman tomat dan cabai, selain itu juga dilakukan uji laboratorium terhadap pupuk organik guna untuk mengetahui kesesuaian dengan baku mutu yang tertulis pada Keputusan Menteri Pertanian RI No. 261 Tahun 2019. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meminimalisir banyaknya limbah lumpur padat kelapa sawit yang dibuang pada lingkungan dan pengaplikasian pupuk organik mampu mengisi kekosongan nutrisi dan zat hara pada tanah serta mendapatkan pupuk organik padat yang sesuai dengan baku mutu yang tertulis pada Keputusan Menteri Pertanian RI No. 261 Tahun 2019.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan biang berbahan dasar tanaman obat suku temu-temuan (*Zingiberaceae*), minyak nabati, dan minyak hewani sebagai aktivator pupuk organik padat.
2. Mendapatkan bukti pengaruh pupuk organik padat terhadap pertumbuhan tinggi, jumlah daun, jumlah ranting, jumlah buah tanaman tomat dan cabai.
3. Mendapatkan data kesesuaian hasil uji laboratorium pupuk organik padat dengan baku mutu yang tertulis pada Keputusan Menteri Pertanian RI No. 261 Tahun 2019.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan bisa diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi terkait pemanfaatan limbah lumpur padat kelapa sawit yang dapat digunakan sebagai bahan baku pupuk organik padat.
2. Memberikan informasi tentang proses pembuatan pupuk organik padat dari limbah lumpur padat kelapa sawit.
3. Memberikan informasi tentang biang yang dapat dimanfaatkan sebagai aktivator dalam pembuatan pupuk organik padat.
4. Sebagai bahan referensi bagi peneliti selanjutnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelapa Sawit

Kelapa sawit merupakan tumbuhan monokotil yang tidak memiliki akar tunggang. Radikula (bakal akar) pada bibit terus tumbuh memanjang ke arah bawah selama enam bulan terus-menerus dan panjang akarnya mencapai 15 meter. Batang Tanaman kelapa sawit umumnya memiliki batang yang tidak bercabang. Pada pertumbuhan awal setelah fase muda terjadi pembentukan batang yang melebar tanpa terjadi pemanjangan ruas. Daun tanaman kelapa sawit memiliki daun yang menyerupai bulu burung atau ayam. Bunga jantan berbentuk lonjong memanjang, sedangkan bunga betina agak bulat. Daging buah dari susunan serabut dan mengandung minyak, kulit biji atau cangkang atau tempurung yang berwarna hitam dan keras, daging biji yang berwarna putih dan mengandung minyak, serta lembaga. Lembaga yang keluar dari kulit biji akan berkembang ke dua arah. Buah yang sangat muda berwarna hijau pucat. Semakin tua warnanya berubah menjadi hijau kehitaman, kemudian menjadi kuning muda, dan setelah matang menjadi merah kuning (Pahan, 2012).



Gambar 1. Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) adalah tanaman perkebunan yang banyak dijumpai di Indonesia dan telah menjadi sumber mata pencaharian bagi masyarakat Indonesia yang umumnya tinggal berdekatan dengan sentra perkebunan kelapa sawit. Luas area tanaman kelapa sawit di Indonesia mencapai 12,3 juta Ha (Ditjenbun, 2016).

Klasifikasi tanaman kelapa sawit menurut Pahan (2012), sebagai berikut :

Divisi : Embryophyta siphonagama
Kelas : Angiospermae
Ordo : Monocotyledonae
Famili : Arecaceae
Subfamili : Cocoideae
Genus : *Elaeis*
Spesies : *Elaeis guineensis* Jacq.

2.2 Limbah Kelapa Sawit

2.2.1 Karakteristik Limbah Kelapa Sawit

Limbah kelapa sawit merupakan sisa hasil tanaman kelapa sawit yang tidak termasuk dalam produk utama atau hasil ikutan dari proses pengolahan kelapa sawit. Limbah hasil pengolahan kelapa sawit digolongkan kedalam tiga jenis yaitu limbah padat, limbah cair dan limbah gas. Limbah padat kelapa sawit meliputi beberapa material antara lain: tandan kosong kelapa sawit, tempurung kelapa sawit/cangkang, dan serat/fiber. Limbah cair kelapa sawit dihasilkan dari kondensat, yaitu uap air yang terbentuk selama proses pengolahan tandan buah segar (TBS) menjadi minyak kelapa sawit. Kondensat ini mengandung sejumlah kecil senyawa organik dan anorganik yang terlarut, yang dapat mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Limbah cair ini mengandung senyawa-senyawa seperti minyak, lemak, dan padatan terlarut yang memerlukan proses pengolahan seperti pengendapan, filtrasi, dan biodegradasi untuk mengurangi dampaknya terhadap kualitas air (Nugroho & Sulistyono, 2017). Limbah cair kemudian diteruskan ke stasiun klarifikasi untuk memisahkan

padatan terlarut dan minyak yang terkandung. Proses klarifikasi minyak akan mengapung di permukaan, sementara padatan akan mengendap di dasar. Limbah yang masih mengandung partikel halus diproses menggunakan hidrosiklon, alat yang memanfaatkan gaya sentrifugal untuk memisahkan padatan dan minyak dari cairan dan menghasilkan lumpur padat (Ngatirah, 2017).

2.2.2 Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit

Limbah cair mengandung padatan tersuspensi dan minyak dengan kadar yang tinggi. Padatan tersebut bila masuk ke perairan umum akan mengendap, terurai secara perlahan, mengkonsumsi oksigen yang ada dalam air, mengeluarkan bau yang tidak enak dan merusak tempat pembiakan ikan. Padatan dan minyak tersebut juga dapat mengapung dipermukaan air sehingga menahan aerasi, menghambat suplai oksigen dan mempengaruhi kehidupan air. Kondisi ini menimbulkan masalah ekologi, maka limbah tersebut harus dikelola atau dikendalikan. Limbah cair kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan kompos untuk mengurangi emisi gas rumah kaca.

Limbah padat PKS dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu limbah yang berasal dari pengolahan TBS dan limbah yang berasal dari pengolahan limbah cair. Limbah padat yang berasal dari pengolahan dapat berupa tandan kosong, cangkang atau tempurung dan serabut atau serat. Limbah yang berasal dari pengolahan limbah cair berupa lumpur aktif yang terbawa oleh hasil pengolahan limbah cair. Limbah padat kelapa sawit yang berupa serat dan cangkang dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi di PKS sementara tandan kosong kelapa sawit dalam bentuk utuh maupun yang sudah dicacah dan abunya digunakan sebagai mulsa penutup tanah di perkebunan (Ngatirah, 2017).

Limbah lumpur padat kelapa sawit dapat digunakan sebagai kompos karena memiliki bahan humus dan kandungan hara. Pemanfaatan limbah lumpur padat ke tanah secara tidak langsung dapat memperbaiki kesuburan tanah tersebut, hal ini dikarenakan kandungan yang dimiliki limbah lumpur padat kelapa sawit (Jenny dan Suwadji, 1999).

2.3 Biang (Aktivator)

Dalam kamus besar bahasa Indonesia (KBBI) biang dapat diartikan sebagai induk, kepala, dan sari atau pati. Biang pada penelitian ini dapat diartikan sebagai larutan sari atau pati yang nantinya dapat diperbanyak dengan penambahan lumpur padat kelapa sawit. Biang merupakan cikal bakal pembuatan pupuk organik pada penelitian ini. Biang diharapkan mampu berperan sebagai larutan pengaktif lumpur padat menjadi pupuk organik yang lebih efektif. Biang terbuat dari bahan-bahan seperti lemak hewani, minyak nabati, dan tanaman herbal/obat-obatan (suku temu-temuan/ *Zingiberaceae*) yang dicampurkan hingga homogen.

Menurut Simanungkalit dkk (2012) aktivator adalah segala bentuk substansi yang secara mikrobiologis akan menstimulir proses dekomposisi dalam bahan organik cair. Aktivator organik adalah materi yang mengandung nitrogen yang tinggi dalam berbagai bentuk seperti protein, asam amino, urea dan lain-lain. Setiap jenis aktivator memberikan hasil pupuk organik yang berbeda baik terutama kandungan hara yang terbentuk dan diserap tanaman.

2.4 Minyak Nabati dan Lemak Hewani

Minyak nabati termasuk dalam golongan lipid, yaitu senyawa organik yang terdapat dalam alam dan tak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut organik non polar seperti senyawa hidrokarbon atau dietil eter. Minyak dan lemak hewani maupun nabati memiliki komposisi utama berupa senyawa gliserida dan asam lemak dengan rantai C-nya yang panjang. Asam lemak merupakan asam karboksilat yang diperoleh dari hidrolisis suatu lemak atau minyak dan umumnya mempunyai rantai karbon panjang dan tak bercabang. Gliserida merupakan ester dari gliserol. Gliserida ini terdiri dari monogliserida, digliserida, dan trigliserida tergantung dari jumlah asam lemak yang terikat pada gliserol.

Minyak nabati pada umumnya mengandung 90-98% trigliserida, yaitu tiga molekul asam lemak yang terikat pada gliserol. Trigliserida minyak dan lemak yang terdapat di alam jenis umum merupakan trigliserida campuran yang artinya

ketiga bagian asam lemak dari trigliserida itu pada umumnya tidaklah sama, apabila terdapat ikatan jenuh maka asam lemak dengan panjang rantai yang sama akan memiliki titik cair yang lebih kecil. Semakin panjang rantai atom C asam lemak, maka titik cair akan semakin tinggi dan semakin tinggi pula kestabilan trigliserida dari asam lemak itu terhadap polimerisasi dan oksidasi spontan (Feliska, 2005).

Komposisi lemak hewani, seperti lemak sapi, umumnya kaya akan asam lemak jenuh, terutama asam stearat, palmitat, dan oleat, serta sejumlah kecil asam lemak lainnya. Variasi dalam komposisi asam lemak pada lemak hewani dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti jenis pakan yang diberikan kepada hewan tersebut. Penelitian oleh Prabawati dan Imelda (2018) menunjukkan bahwa lemak sapi memiliki kandungan asam lemak rantai panjang yang lebih tinggi dibandingkan dengan asam lemak rantai pendek, yang mengindikasikan bahwa lemak sapi termasuk dalam kategori lemak padat.

2.5 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). Arum dkk (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 penduduk 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. Tjitrosoepomo (1996) menyebutkan kebanyakan *Zingiberaceae* ditemukan di daerah tropika yang terdiri dari 40 marga dengan sekitar 1.400 an jenis. Pandey (2003) menyebutkan bahwa ada sekitar 47 genus dari 1400 jenis tumbuhan dalam famili *Zingiberaceae*.

Zingiberaceae merupakan tumbuhan herba 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).

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).

2.6 Pupuk Organik

Bahan organik di wilayah tropis mengalami proses penguraian yang berlangsung relatif cepat, sehingga pupuk organik berpengaruh terhadap sifat fisik, kimia, dan biologi tanah seperti kerusakan struktur tanah serta berkurangnya aktivitas biologi tanah. Pupuk organik berperan penting dalam memperbaiki sifat fisik, kimia maupun biologi tanah. Pupuk organik dapat diproduksi dengan memanfaatkan limbah pertanian sebagai bahan dasar. Penggunaan limbah pertanian untuk pupuk organik juga dapat mewujudkan pengelolaan pertanian yang lebih baik dan mendukung peningkatan kualitas lahan (Hazra dkk., 2023).

Pupuk organik, di sisi lain, adalah bahan alami yang terbuat dari sumber-sumber organik seperti kompos, pupuk hijau, limbah pertanian, dan limbah organik lainnya. Pupuk organik mengandung nutrisi penting seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) dalam bentuk yang mudah diserap oleh tanaman. Pupuk organik juga meningkatkan struktur tanah, meningkatkan kandungan bahan organik, dan mengembalikan kesuburan tanah yang sehat. Penggunaan pupuk organik juga dapat meningkatkan aktivitas mikroba tanah yang menguntungkan. Mikroba ini membantu dalam dekomposisi bahan organik, menjaga keseimbangan ekosistem tanah, dan meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman.

Pupuk organik juga berkontribusi pada peningkatan keberlanjutan pertanian. Dalam jangka panjang, penggunaan pupuk organik membantu mengurangi ketergantungan petani pada pupuk kimia sintetis yang mahal dan berisiko. Penggunaan pupuk organik juga memerlukan manajemen yang baik dan pemahaman tentang dosis dan waktu aplikasi yang tepat. Pupuk organik cenderung memiliki kandungan nutrisi yang lebih rendah dibandingkan dengan pupuk kimia, sehingga diperlukan pemupukan yang lebih sering. Pemilihan jenis pupuk organik yang tepat dan persiapan kompos yang baik juga kunci dalam mencapai hasil yang optimal (Rahmaniah dan Afrida, 2023).

Data baku mutu pupuk organik padat yang telah ditentukan dalam Keputusan Menteri Pertanian RI No. 261 tahun 2019 sebagai berikut :

Tabel 1. Baku Mutu Pupuk Organik Padat

No	Parameter	Satuan	Standar Mutu	
			Murni	Diperkaya Mikroba
1	C – organik	%	Min 15	Min 15
2	C/N	-	≤ 25	≤ 25
3	Kadar Air	%(w/w)	8-20	8-20
4	Hara Makro (N + P ₂ O ₅ + K ₂ O)	%	Minimum 2	
5	Hara mikro			
	Fe total	ppm	Maks 15.000	Maks 15.000
	Fe tersedia	ppm	Maks 500	Maks 500
	Zn	ppm	Maks 5000	Maks 5000
6	pH	-	4 - 9	4 - 9
7	<i>E.coli</i>	Cfu/g Atau MPN/g	< 1 x 10 ²	< 1 x 10 ²
	<i>Salmonella sp</i>	Cfu/g Atau MPN/g	< 1 x 10 ²	< 1 x 10 ²
8	Mikroba fungsional**	cfu/g	-	≥ 1 x 10 ⁵
9	Logam berat :			
	As	ppm	Maks 10	Maks 10
	Hg	ppm	Maks 1	Maks 1
	Pb	ppm	Maks 50	Maks 50
	Cd	ppm	Maks 2	Maks 2
	Cr	ppm	Maks 180	Maks 180
	Ni	ppm	Maks 50	Maks 50
10	Ukuran butir 1-4,75mm**	%	Minimum 75	Minimum 75
11	Bahan ikutan (plastic, kaca, kerikil)	%	Maksimum 2	Maksimum 2
12	Unsur/ senyawa lain***			
	Na	ppm	Maks 2000	Maks 2000
	Cl	ppm	Maks 2000	Maks 2000

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

2.7 Pembena Tanah

Bahan pembena tanah dikenal juga sebagai *soil conditioner*. Para peneliti tanah mengartikannya 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). Konsep utama dari penggunaan pembena 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).

Bahan pembena tanah dapat dibedakan menjadi dua, yaitu alami dan sintesis (buatan). Senyawa pembentuknya dapat dibedakan dalam tiga kategori yakni pembena tanah organik, pembena tanah hayati, dan pembena tanah anorganik (mineral). Pembena tanah alami adalah pembena tanah yang dibuat dengan menggunakan bahan-bahan yang berasal dari alam, baik bersifat organik, hayati, maupun anorganik. Struktur senyawa bahan dasarnya belum mengalami perubahan. Pembena tanah sintesis adalah pembena 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).

Pembena 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 pembena tanah telah banyak dibuktikan (Rachman dkk., 2006). Peranan pembena tanah dalam memperbaiki kualitas tanah sudah banyak dibuktikan, namun aplikasinya pada tingkat petani masih rendah. Bahan organik seperti sisa tanaman atau pupuk kandang, merupakan sumber pembena tanah yang bersifat insitu, namun jumlahnya relatif terbatas. 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. Masih ada beberapa alternatif sumber bahan organik yang belum termanfaatkan secara optimal, misalnya sampah kota (Dariah dkk., 2015).

2.8 Tanah

Tanah adalah lapisan paling atas dari struktur bumi. Satu lokasi dengan lokasi lain terdapat perbedaan sifat tanah, baik sifat fisik maupun sifat kimianya. 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. Secara biologis berfungsi sebagai habitat biota yang turut andil secara aktif dalam penyediaan hara dan zat-zat adiktif bagi tanaman (Hanafiah, 2005).

2.9 Tanaman Tomat dan Cabai

Tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*) memiliki karakteristik morfologi yang sangat penting untuk dipahami dalam budidaya. Akar tanaman tomat terdiri dari akar tunggang yang dalam dan akar serabut yang menyebar ke samping hingga kedalaman 30-40 cm, berfungsi untuk menyerap air dan nutrisi dari tanah. Batang tanaman tomat berbentuk bulat atau persegi empat, berwarna hijau, dan ditumbuhi rambut halus, serta cukup kuat untuk menopang pertumbuhan tanaman yang dapat mencapai tinggi 2 meter atau lebih. Daun tomat tersusun majemuk dengan bentuk oval, berwarna hijau tua, dan memiliki permukaan kasar serta berbulu. Daun ini tumbuh berseling di sepanjang batang dengan jumlah yang bervariasi tergantung pada kondisi lingkungan. Bunga tomat berbentuk majemuk, biasanya berwarna kuning, dan muncul dalam kelompok. Buah tomat dapat bervariasi dalam bentuk (bulat atau lonjong) dan warna (hijau saat muda, merah saat matang), serta memiliki biji yang pipih. Nutrisi yang diperlukan oleh tanaman tomat sangat

penting untuk pertumbuhan optimalnya. Makronutrien utama yang dibutuhkan adalah Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K). Nitrogen mendukung pertumbuhan vegetatif, fosfor penting untuk perkembangan akar dan pembungaan, sedangkan kalium berperan dalam pembentukan buah. Unsur mikronutrien seperti besi (Fe), mangan (Mn), seng (Zn), dan boron (B) juga diperlukan meskipun dalam jumlah kecil; kekurangan mikronutrien ini dapat mengakibatkan gangguan pertumbuhan dan hasil panen yang buruk.

Tanaman cabai keriting (*Capsicum annuum*) memiliki morfologi yang unik dan khas. Akar cabai keriting terdiri dari akar tunggang dan akar serabut, yang berfungsi membantu dalam penyerapan air dan nutrisi dari tanah. Batang tanaman ini biasanya lebih pendek dibandingkan dengan tomat, tetapi tetap kuat dan bercabang, dengan warna hijau dan tekstur halus. Daun cabai keriting berbentuk oval dengan tepi bergerigi, berwarna hijau tua, serta memiliki permukaan halus; daun ini tumbuh berseling di sepanjang batang, memberikan penampilan yang rimbun. Bunga cabai umumnya berwarna putih atau kuning, sedangkan buahnya dapat bervariasi dari hijau saat muda hingga merah saat matang. Bentuk buah cabai keriting biasanya melengkung atau keriting, sesuai dengan namanya. Kebutuhan nutrisi tanaman cabai keriting memerlukan makronutrien seperti nitrogen, fosfor, dan kalium untuk mendukung pertumbuhan vegetatif serta pembungaannya. Pemberian pupuk seimbang sangat dianjurkan untuk mencapai hasil yang optimal. Mikronutrien seperti kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan sulfur (S) juga penting untuk kesehatan tanaman, di mana kalsium berperan dalam pembentukan dinding sel dan magnesium penting untuk proses fotosintesis.

2.10 Unsur Hara Mikro dan Makro

Tanaman memerlukan makanan yang sering disebut hara tanaman menggunakan bahan organik untuk mendapatkan energi dan pertumbuhannya dengan cara berfotosintesis. Unsur yang dapat diserap untuk pertumbuhan dan metabolisme tanaman disebut juga dengan hara tanaman. Jumlah yang diperlukan tanaman, unsur hara dibagi menjadi dua golongan yaitu hara makro dan hara mikro. Unsur hara makro ialah unsur hara yang esensial yang diperlukan dalam jumlah banyak

(konsentrasi 1000 mg/kg bahan kering), sedangkan hara mikro merupakan unsur hara esensial yang diperlukan dalam jumlah sedikit (konsentrasi 100 mg/kg bahan kering). Unsur hara makro dibutuhkan tanaman dan terdapat dalam jumlah yang lebih besar, dibandingkan dengan unsur hara mikro. Contoh yang diperoleh dari Udara dan Air: C, H, O dan yang diperoleh dari tanah: N, P, K, Ca, Mg, S. Contoh unsur hara mikro: Fe, Mn, Cu, Mo, B, Cl (Mpapa, 2016).

2.10.1 Unsur Hara Makro

Berikut yang merupakan unsur hara makro yaitu sebagai berikut :

a. Karbon, Oksigen, dan Hidrogen (C, O, H)

Karbon, Oksigen dan Hidrogen adalah bahan baku dalam pembentukan jaringan tubuh tanaman. Berada dalam bentuk H_2O , H_2CO_3 (asam arang) dan CO_2 dalam udara. Karbon sangatlah penting untuk pembangun bahan organik, karena sebagian besar bahan kering tanaman terdiri dari bahan organik yang diambil dalam bentuk CO_2 . Oksigen dalam bahan organik sebagai atom pembangun.

b. Nitrogen

Nitrogen adalah unsur hara utama bagi pertumbuhan tanaman yang pada umumnya sangat diperlukan untuk pertumbuhan bagian-bagian vegetatif tanaman seperti daun, akar, dan batang akan tetapi kalau terlalu banyak dapat menghambat pembangunan dan pematangan pada tanaman.

c. Fosfor

Fosfor diambil tanaman dalam bentuk $H_2PO_4^-$. Fungsi fosfor dalam tanaman di antaranya dapat mempercepat dan memperkuat pertumbuhan tanaman muda menjadi dewasa, serta meningkatkan produksi biji-bijian.

d. Kalium

Kalium berfungsi untuk membantu pembentukan protein dan karbohidrat. Kalium banyak terdapat pada sel-sel muda atau yang banyak mengandung protein dan inti-inti tidak mengandung kalium.

e. Kalsium

Kalsium ialah molekul bermuatan dominan positif pada hampir semua tanah kecuali tanah yang pH nya sangat rendah. Pada tanah dengan pH 4,8 kalsium biasanya ada dalam jumlah cukup untuk untuk pertumbuhan tanaman. Pada tanah asam kalsium cenderung tercuci dan kalsium aslinya rendah.

f. Magnesium

Magnesium ialah molekul bermuatan positif seperti Ca yang mengalami defisiensi pada pH rendah. Dikondisi asam Mg sangat larut dan dapat hilang karena tercuci. Magnesium sangat penting untuk diserap tanah.

g. Sulfur

Sulfur diambil oleh tanaman sebagai molekul sulfat bermuatan negatif. Dalam tanah ketersediaan sulfur yang cukup bagi pertumbuhan tanaman dapat disuplai melalui dekomposisi dan hujan yang jatuh. Tanaman-tanaman sayur biasanya memerlukan sulfur dalam jumlah besar. Sulfur digunakan sebagai agen keasaman tanah sering sebagai sumber pupuk (Nurhayati, 2021).

2.10.2 Unsur Hara Mikro

Beberapa unsur hara mikro seperti Mn, Zn, Fe, dan Cu mempunyai kesamaan. Karena pH meningkat, kelarutan unsur mikro menurun. Unsur-unsur ini umumnya terjadi pada pH tinggi. Pada unsur hara mikro Mn kelarutannya tergantung pada kandungan air tanah. Dikondisi tergenang Mn menjadi sangat terlarut dan dapat bersifat racun, biasanya ini terjadi dibawah pH 5. Keberadaan Zn dalam tanah dipengaruhi oleh keasaman tanah. Zn biasanya terjadi pada moderate hingga tinggi dan lebih jelas kadar P tinggi. Zn terjadi pada pH 6-7 terutama bila pemupukan P berlebihan. Besi menjadi berkurang bagi tanaman bila pH nya tinggi, sebagian besar Fe tidak larut dan tidak tersedia bagi tanaman (Nurhayati, 2021).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai dengan bulan Agustus 2024 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. Uji aplikasi pupuk organik terhadap tanaman dilakukan di Tanjung Karang Pusat, Kota Bandar Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat - Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah labu ukur, spatula kecil, Erlenmeyer, neraca analitik, batang pengaduk, corong kaca, waring, toples, ember, alat penyiram tanaman, cangkul, kamera, meteran, gelas ukur, alat tulis, Gravimetri, pH meter, spektrofotometri, spektrofotometer serapan atom (AAS), dan *Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry* (ICP-MS).

3.2.2 Bahan - Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi minyak nabati, tanaman jamu yang berasal dari famili *Zingiberaceae* (temu-temuan), minyak hewani, dolomit, molase, madu, lumpur padat kelapa sawit, dan bibit tanaman tomat dan cabai merah keriting.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Persiapan Sampel

Tanaman-tanaman herbal dari famili *Zingiberaceae* (temu-temuan) yang sudah tersedia masing-masing sebanyak 250 gram dibersihkan dari kotoran kemudian dilakukan proses penggilingan. Tanaman-tanaman obat yang sudah dibersihkan digiling hingga menjadi serbuk halus.

3.3.2 Penimbangan Sampel

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

3.3.3 Homogenasi 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 Lumpur Padat Kelapa Sawit

Pengambilan lumpur padat kelapa sawit dilakukan di Pabrik Kelapa Sawit Rakyat yang bertempat di Desa Kuripan Kecamatan Padang Ratu Kabupaten Lampung Tengah. Limbah lumpur kelapa sawit yang berada di penampungan kemudian dilakukan proses pengeringan dengan menjemur lumpur padat hingga lumpur padat berwarna hitam dan sedikit keras. Lumpur padat yang sudah kering tersebut diayak sehingga menjadi butiran kecil didalam wadah, sampel tersebut yang akan digunakan untuk penelitian ini.

3.3.5 Pembuatan Biang

Biang dibuat dengan cara mencampurkan bahan baku minyak, yaitu minyak hewani dan minyak nabati masing-masing sebanyak 500 mL. Dilakukan penambahan tanaman obat yang sudah homogen sebanyak 300 gram dan diaduk hingga homogen campuran tersebut kemudian didiamkan selama 24 jam. Biang ini kemudian akan digunakan sebagai salah satu bahan pembuatan biang 1.

3.3.6 Pembuatan Biang 1

Biang 1 dibuat dengan cara mencampurkan 300 mL biang dengan 1000 gram lumpur kelapa sawit. Penambahan sebanyak 100 mL molase dan 100 mL madu didiamkan selama 24 jam.

3.3.7 Pembuatan Pupuk Organik Padat Pembenh Tanah

Pembenh tanah dibuat dengan cara mencampurkan biang 1, dolomit, dan lumpur padat kelapa sawit. Pada penelitian ini menggunakan biang 1 sebanyak 150 mL, 650 gram dolomit dan 1000 gram lumpur padat kelapa sawit. Didiamkan selama 24 jam.

3.3.8 Uji Ekologi Tanah

Pada penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas pupuk organik padat sebagai pembenh tanah melalui analisis ekologi tanah yang meliputi uji kohesi, uji kapilaritas, dan uji porositas. Uji kohesi dilakukan untuk mengukur daya rekat antar partikel tanah, uji kapilaritas untuk menilai kemampuan tanah dalam menyerap dan menyalurkan air, serta uji porositas untuk menentukan tingkat ruang kosong dalam tanah yang berpengaruh terhadap aerasi dan retensi air. Percobaan ini menggunakan dua jenis media tanah, yaitu tanah galian tanpa pupuk sebagai kontrol negatif dan tanah galian yang telah ditambahkan pupuk organik padat sebagai pembanding.

3.3.9 Aplikasi pada Tanaman Tomat dan Cabai

Pada penelitian ini dilakukan 4 variasi media tanam untuk tanaman tomat yaitu media tanam A (tanah merah, topsoil, dan sekam), media tanam B (tanah merah, topsoil, sekam, dan pupuk organik), media tanam C (tanah merah, topsoil, sekam, dan pupuk urea), dan media tanam D (tanah merah, topsoil, sekam, pupuk organik dan pupuk urea). Memasuki hari ke 15 setelah tanam dilakukan kembali pemberian pupuk pada media tanam b,c dan d dengan dosis yang sama.

3.3.10 Uji Laboratorium

Pupuk organik padat pembenah tanah yang sudah jadi kemudian diuji di Laboratorium Pengujian Jurusan Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor untuk mengetahui kandungan unsur hara mikro dan makro, dan logam berat. Metode uji yang digunakan adalah spektrofotometri untuk penentuan C organik dan fosfor, titrimetri untuk penentuan N total, metode spektrofotometri serapan atom (AAS) untuk penentuan logam berat dan unsur hara makro dan mikro.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Didapatkan biang dari percampuran tanaman obat suku temu-temuan sebagai aktivator pupuk organik padat.
2. Didapatkan hasil pengamatan pengaruh pupuk organik padat terhadap pertumbuhan tanaman tomat dan cabai berupa tinggi, jumlah daun, jumlah ranting, dan jumlah buah yang memberikan hasil optimal dengan menggunakan media tanam B yaitu tanah dengan penambahan pupuk organik padat dan media tanam D yaitu tanah dengan penambahan pupuk organik padat dan pupuk urea.
3. Hasil uji analisis pupuk organik padat pada C-organik, pH, kadar air, As, Pb, Cd, Hg, Fe, Fe tersedia dan Zn telah sesuai baku mutu KepMenTan No. 261 Tahun 2019.

5.2 Saran

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

DAFTAR PUSTAKA

- Allow, B.J. 1990. *Heavy Metal in Soils*. John Willey and Sons Inc. New York.
- Andriani, R., Fitriani, A., & Nurhayati, E. 2015. Pemanfaatan Lumpur Sawit sebagai Bahan Baku Pupuk Organik: Potensi dan Kendalanya. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*. 5(2): 45–52.
- Ardiana, R., E. Anom & Armaini. 2016. Aplikasi Solid pada Medium Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di *Main Nursery*. *JOM FAPERTA*. 33(1): 1-7.
- Arsyad, S. 2000. *Konversi Tanah dan Air*. Lembaga Sumber daya 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.
- Astiningrum, M. 2005. *Manajemen Persampahan*. Majalah Ilmiah Dinamika Universitas Tidar Magelang 15 Agustus 2005. Magelang 8 hal.
- Atmaka, W., Manuhara, G. J., Destiana, N., Kawiji., Khasanah, L.U., & 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., & 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).
- Badan Pusat Statistik. 2023. *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2022*. Badan Pusat Statistik: Jakarta. Indonesia. Katalog 5504003.
- Dariah, A. S., Sutono, Neneng, L., Nurida, Wiwik, H., & Ety, P. 2015. Pembenaah Tanah untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Pertanian. *Jurnal Sumber Daya Lahan*. 9(2): 67-84.

- Ditjenbun. 2016. Pertumbuhan Areal Kelapa Sawit Meningkatkan. Diakses dari <http://ditjenbun.pertanian.go.id> pada tanggal 10 Desember 2023.
- Ekawandani, H. 2018. Peran Unsur Hara dalam Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Agroekoteknologi*. 10(1): 45-52.
- Feliska, A. 2005. *Sintesis dan Analisis Metil Ester Terozonasi dari Minyak Sawit Bersih dan Jelantah untuk Bahan Bakar Mesin Diesel*. Skripsi Sarjana Teknik Gas dan Petrokimia UI. Depok. Hal 19-22, 27-30.
- Fehr, M.P & Savvant, D. 1980. Composition and Yield of Goat Milk as Affected by Nutritional Manipulation. *Journal of Dairy Science*. 63(10): 1671-1680.
- Gayatri & Riza, V.T. 1994. *Bunga Rampai Residu Pestisida dan Alternatifnya*. PAN Indonesia. Jakarta.
- Hanafiah, K. A. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. PT. Radja Grafindo Perkasa. Jakarta.
- Handayanto, E., Muddarisna, N., & Fiqri, A. 2017. *Pengelolaan Kesuburan Tanah*. UB Press. Malang.
- 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.
- Hayati, E. 2010. Pengaruh Pupuk Organik dan Anorganik Terhadap Kandungan Logam Berat dalam Tanah dan Jaringan Tanaman Selada. *Jurnal Floratek*. 5(2): 113-123.
- Hazra, F., Saprudin, D., Khotib, M., & Setiawan, K. 2023. Produksi Pupuk Organik Padat dari Limbah Serabut Kelapa Sawit dengan Bahan Penutup Geotekstil. *Jurnal Agricultural and Forestry*. 22(1): 79-92.
- Heuvelink, E., & Dorais, M. 2020. Regulation of Flowering and Fruit Set in Tomato: Physiological and Environmental Factors. *Horticultural Reviews*. 47: 123–150.
- Hillel, D. 2018. *Soil physics*. Cambridge University Press.
- Humphries, E.C., & Wheeler, A.W. 1963. *Plant growth and development*. Pergamon Press.
- Jenny, M.U & Suwadji. 1999. *Pemanfaatan Limbah Minyak Sawit (Sludge) sebagai Pupuk Tanaman dan Media Jamur Kayu*. BATAN. Bogor.

- Jumirah., Nugroho, J., Wibowo, A., & Yulianti, I. M. 2018. Kualitas Pupuk Cair Organik dengan Kombinasi Limbah Ampas Jamu dengan Limbah Ikan. *Jurnal Biota*. 3(2): 53-61.
- Karoba, J., L. N. Iriany, & D. Indradewa. 2015. Pengaruh pH Terhadap Ketersediaan Unsur Hara dan Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 17(2): 75-82.
- Kushartono, D. 2012. Pengaruh Nitrogen Terhadap Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 14(2): 30-37.
- Lawrence, G.H.M. 1964. *Taxonomi of Vascular Plants*. The Macmillan Company. New York.
- Lukmana, M. & Sahab, F. 2020. Respon Pertumbuhan Bibit Jeruk Manis (*Citrus sinensis L.*) Terhadap Pemberian Limbah Solid Industri Kelapa Sawit . *Agrisains: Jurnal Budidaya Tanaman Perkebunan Politeknik Hasnur*. 6(2): 42-46. ISSN 2503-3239.
- Mandiri. 2012. *Manual Pelatihan Teknologi Energi Terbarukan*. 61. Jakarta.
- Mariana, R. 2006. Analisis Komposisi Fraksi Tanah dan Pengaruhnya Terhadap Sifat Fisik Tanah. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 8(1): 45-52.
- Mohanty, M. & Painuli, D.K. 2004. Land Preparatory Tillage Effect on Soil Physical Environment and Growth and Yield of Rice in A Vertisol. *Journal of the Indian Society of Soil Science*. 51(3): 223-228.
- Mpapa, B.L. 2016. Analisis Kesuburan Tanah Tempat Tumbuh Pohon Jati (*Tectona grandis L.*) pada Ketinggian yang Berbeda. *Jurnal Agrista*. 20(3):135-139.
- Natalia, D., Suprijatna, E. & 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 Perternakan*. 2(1): 6-13.
- Ngatirah. 2017. *Teknologi Penanganan dan Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit*. Instiper Yogyakarta. Yogyakarta.
- Nugroho, R., & Sulistyono, T. 2017. Pengelolaan Limbah Cair pada Industri Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Lingkungan*.
- Nurhayati, D.R. 2021. *Pengantar Nutrisi Tanaman*. UNISRI Press. Surakarta.
- Nur'aini, H.I.M. 2019. *Mengenal Tanaman Hortikultura*. Penerbit Duta. Bandung.

- Pahan. 2012. *Panduan Lengkap Kelapa Sawit Manajemen Agribisnis dari Hulu Hingga Hilir*. Bogor.
- Pandey, B.P. 2003. *A Textbox of Botany:Angiosperm*. First Edition. New Delhi.
- Prabawati, D., & Imelda, N. 2018. *Komposisi Asam Lemak Total dari Lemak Beberapa Spesies Hewan*. *Jurnal Penelitian Sains*. 21(2): 123-130.
- Prabawati, S.Y., & 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.
- Qoidani, A. 2017. Kandungan Unsur Hara pada Pupuk Organik dan Anorganik serta Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 15(2): 78-85.
- Rachman, A., Dariah, A., & Santoso. 2006. *Dalam Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Rahman, N. S., Amin, M. F. M., & Aziz, H. H. 2017. Effect of C/N Ratio on the Composting of Palm Oil Mill Effluent Sludge. *Journal of Environmental Biology*. 38(5): 839–846.
- Rahmaniah & Afrida, E. 2023. Aplikasi Pupuk Organik untuk Pertumbuhan Cabai Keriting. *LAS*. 3(2): 200-207.
- Simanungkalit, E., Sulistyowati, H., & Santoso, E. 2012. Pengaruh Konsentrasi Pupuk Kandang Kotoran Ayam terhadap Pertumbuhan dan Hasil Cabai Rawit di Tanah Gambut. *Jurnal Sains Mahasiswa Pertanian*. 1(1): 1-8.
- Sitorus, Y.R., & Mardina, V. Karakteristik Kimia dari Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit PTPN Y. *Jurnal EnviScience*. 4(2): 58-86.
- Sumarni, N., Sutriadi, M., & Haryati, T. (2010). Peran pupuk organik dalam meningkatkan kapasitas tanah dalam mempertahankan air. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 12(2): 85-92.
- Sundram, S., Parthiban, K. T., & Gunasekaran, S. (2016). Nutrient Content and Mineral Availability in Palm Oil Mill Sludge Compost. *International Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture*. 5(3): 201–210.
- Suprihatin, A. & Amirullah, J. 2018. Pengaruh Pola Rotasi Tanaman terhadap Perbaikan Sifat Tanah Sawah Irigasi. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 12(1): 49-57.

- Suriadikarta, D. A., & Setyorini, D. (2006). Logam berat dalam lingkungan dan dampaknya terhadap kesehatan. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 8(2): 25-35.
- Sutanto, R. 2007. *Penerapan Pertanian Organik (Pemasyarakatan dan Pengembangannya)*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- 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 (Spermatophyta)*. Cetakan Ke Lima. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Tjitrosoepomo, G. 2002. *Taksonomi Tumbuhan (Spermatophyta)*. Cetakan Ke Tujuh. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Tjitrosoepomo, G. 2005. *Taksonomi Tumbuhan Obat-obatan*. Cetakan Ke Dua. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.