

Aplikasi Limbah *Palm Oil Mill Effluent* (POME) terhadap Sifat Kimia Tanah pada Perkebunan Kelapa Sawit

*Ika Fitriana Dyah Ratnasari, Devi, dan Ihda Andrey Yanuar Setyawan

Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan, Departemen Pertanian, Politeknik Lamandau
Jl. Trans Kalimantan, Kujan, Kabupaten Lamandau, Kalimantan Tengah ; 74612 Indonesia

*e-mail korespondensi : ikafitriana424@gmail.com

Abstract. *Palm oil is a strategic commodity that contributes to the national economy. Indonesia is listed as the largest palm oil producing country and controls more than 50% of the world market. The area of oil palm plantations that continues to increase from year to year has implications for increasing the amount of waste generated from the palm oil sector, one of which is wastewater or known as POME (Palm Oil Mill Effluent). Palm oil wastewater can be used as a substitute for palm fertilizer which contains many nutrients that are needed by oil palm plants. This research was conducted from December 2023 - March 2024 in the community oil palm plantation. The purpose of this study was to determine the effect of POME application on soil chemical properties in community oil palm plantations. This research was conducted in stages: preparation stage, preliminary survey, main survey, soil analysis, observation of FFB productivity and data interpretation. Soil sampling used the Grid Method survey (100 m x 100 m). The number of boring points was 20 points (10 points without wastewater application and 10 points with wastewater application) by observing boring point parameters, namely soil color, adhesiveness and soil texture. The results of soil analysis were compared with the assessment criteria of soil chemical properties and fertility. The results showed that the application of wastewater or POME affected soil chemical properties such as C-Organic, pH, N-total, C/N, P-available, exchangeable bases, CEC, and Base Saturation (KB).*

Keywords: *oil palm, POME, waste, fertilizer*

Abstrak. Kelapa sawit merupakan komoditas strategis yang memiliki andil dalam perekonomian nasional. Indonesia tercatat sebagai negara penghasil sawit terbesar dan menguasai pasar dunia lebih dari 50 %. Luas areal perkebunan kelapa sawit yang terus mengalami kenaikan dari tahun ke tahun berimplikasi pada peningkatan jumlah limbah yang dihasilkan dari sektor kelapa sawit, salah satunya yaitu air limbah atau dikenal dengan istilah POME (*Palm Oil Mill Effluent*). POME dapat dimanfaatkan sebagai pengganti pupuk kelapa sawit yang memiliki banyak kandungan unsur hara yang sangat dibutuhkan oleh tanaman kelapa sawit. Penelitian ini dilaksanakan pada November 2023 – April 2024 di perkebunan kelapa sawit masyarakat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh aplikasi POME terhadap sifat kimia tanah pada perkebunan kelapa sawit masyarakat. Penelitian ini dilakukan secara bertahap : tahap persiapan, survei pendahuluan, survei utama dan analisis tanah. Pengambilan contoh tanah menggunakan survei *Metode Grid* (100 m x 100 m). Jumlah titik boring 20 titik (10 titik tanpa aplikasi air limbah dan 10 titik dengan aplikasi air limbah) dengan mengamati parameter titik boring yaitu warna tanah, kelekatan dan tekstur tanah. Hasil analisis tanah disandingkan dengan kriteria penilaian sifat-sifat kimia tanah dan kesuburan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi air limbah atau POME berpengaruh terhadap sifat-sifat kimia tanah seperti C-Organik, pH, N-total, C/N, P-tersedia, basa-basa yang dapat ditukar, KTK, dan Kejenuhan Basa (KB).

Kata Kunci : air limbah, kelapa sawit, kesuburan tanah

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas tanaman perkebunan yang sangat tinggi nilai ekonomisnya. Komoditas tersebut berperan dalam upaya mendukung perekonomian nasional sebagai sumber devisa, bahan baku industri, sumber pendapatan dan kesejahteraan masyarakat. Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan (2021), kelapa sawit di Indonesia sebesar 54,94% diusahakan oleh Perusahaan Besar Swasta (PBS) dan Perusahaan Besar Negara (PBN) sebesar 4,27%, sementara Perkebunan Rakyat (PR) menduduki posisi kedua dalam kontribusi terhadap total luas areal Perkebunan kelapa sawit Indonesia yaitu sebesar 40,79% atau setara dengan 5,9 juta hektar lahan kelapa sawit. Menurut data BPS (2024) terkait dengan jumlah perusahaan besar, perusahaan pengelola kelapa sawit menduduki peringkat tertinggi diantara komoditas perkebunan lainnya, yaitu mencapai 2.294 unit pada tahun 2023. Peningkatan jumlah unit perusahaan pengelola kelapa sawit dikarenakan adanya peningkatan luas areal pertanaman kelapa sawit yang berimplikasi pada peningkatan jumlah limbah kelapa sawit yang dihasilkan. Menurut Wahyudi et al., (2011), terdapat tiga jenis limbah yang banyak dihasilkan di pabrik pengolahan kelapa sawit (PPKS) yaitu limbah padat, limbah cair, dan limbah gas. Menurut Maharani et al., (2017), limbah yang paling banyak dihasilkan pada pengolahan tandan buah segar kelapa sawit yaitu limbah cair atau dikenal dengan sebutan POME.

POME merupakan salah satu limbah yang paling banyak dihasilkan dan berpotensi terhadap pencemaran lingkungan (Ibe et al., 2014). Menurut Sagala et al., (2024), pada proses produksi CPO sebesar 5,8 juta ton/tahun dapat menghasilkan limbah cair kelapa sawit (POME) sebesar 10,2 juta ton/tahun. Menurut Maharani et al., (2017), kebanyakan perusahaan swasta kelapa sawit Indonesia melakukan pengolahan POME dengan menggunakan sistem kolam terbuka dikarenakan lebih ekonomis dan mudah dalam pengoperasiannya. Penggunaan sistem kolam terbuka sangat sesuai diterapkan pada perkebunan rakyat. Menurut Deublein & Steinhauer (2008) POME dapat dimanfaatkan sebagai pupuk dikarenakan POME mengandung beberapa unsur hara makro seperti nitrogen, fosfat, kalsium, kalium, dan magnesium, selain itu POME juga memiliki kandungan senyawa organik yang cukup tinggi. Menurut Bakri et al., (2020), POME terbukti dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah terutama dalam peningkatan agregasi tanah dikarenakan POME merupakan bahan organik yang memiliki peran sebagai perekat/pengikat partikel-partikel tanah sehingga dapat menurunkan *bulk density* dan meningkatkan ruang pori tanah.

Menurut hasil penelitian pendahuluan pada perkebunan rakyat merupakan lahan dengan jenis tanah ultisol dan pemupukan tidak dilakukan secara teratur dikarenakan harga pupuk yang cukup mahal, sehingga pemanfaatan POME dapat dijadikan alternatif bagi perkebunan rakyat sebagai pupuk yang berimplikasi pada peningkatan produktivitas kelapa sawit. Menurut Manurung et al., (2023), ada pengaruh terhadap karakteristik argonomi lahan kelapa sawit yang diaplikasikan POME. Pemanfaatan POME dengan menggunakan kolam terbuka juga sangat sesuai untuk diterapkan di perkebunan rakyat mengingat jauh lebih ekonomi dan mudah untuk diterapkan. Selain itu, pemanfaatan POME sebagai pupuk di lahan kelapa sawit juga dapat mengoptimalkan pengelolaan limbah cair kelapa sawit dan dapat meningkatkan kesuburan tanah.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di areal perkebunan kelapa sawit masyarakat pada November 2023 – April 2024 dengan luas area 1,22 hektar untuk lahan aplikasi POME. Analisis air limbah dan sifat kimia tanah dilakukan di *Laboratorium Sulung Research Station*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah/POME, lahan perkebunan kelapa sawit rakyat, dan peralatan yang digunakan seperti bor tanah, plastik sampel, botol sampel, cangkul, sekop, alat tulis, timbangan dan kamera digital. Langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

Penentuan sampel dan pembuatan *flatbed* (rorak)

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *purposive sampling* yang meliputi letak *flatbed*, pokok sawit dengan umur yang sama (10 tahun) dan memiliki ordo tanah dengan jenis tanah Ultisol. *Flatbed* (rorak) atau penampungan air limbah di kebun dibangun pada gawangan mati dengan ukuran 1,5 m (panjang) x 1 m (lebar) x 0,3 m (kedalaman) dan diisi dengan kedalaman 30 cm. Penetapan tanaman sampel di kiri-kanan *flatbed* perwakilan untuk areal aplikasi POME yaitu berjumlah 10 tanaman, sedangkan tanaman sampel perwakilan untuk areal tanpa aplikasi POME yaitu sebanyak 10 tanaman. Tanaman sampel diberikan penandaan berupa nomor pada batang pohon.

Analisis POME

Sebelum POME dimasukkan ke dalam *flatbed*, dilakukan analisis laboratorium berupa pH, BOD, COD, kandungan logam berat (Cd, Cu, dan Pb), N, P, dan K total air limbah. Pengambilan sampel POME dilakukan dengan mengambil langsung air limbah pada kolam utama limbah cair kelapa sawit pada pabrik kelapa sawit. Standar teknis nilai BOD didasarkan pada Permen Lingkungan Hidup Nomor 28 Tahun 2003 mengenai Pedoman Teknis Pengkajian Pemanfaatan Air Limbah dari Industri Minyak Sawit Pada Tanah di Perkebunan Kelapa Sawit. Setelah dilakukan analisis POME dan dinyatakan sesuai dengan standar yang ditetapkan, selanjutnya dilakukan aplikasi POME pada tanaman kelapa sawit. Aplikasi POME dilakukan sebanyak 3 kali pada tanaman kelapa sawit yang dijadikan sebagai sampel yaitu pada bulan November 2023, Januari dan Maret 2024.

Analisis Tanah

Analisis tanah dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu pengambilan sampel awal dan sampel akhir (setelah aplikasi POME pada bulan Maret 2024). Pengambilan contoh tanah terganggu dilakukan di kebun rakyat yang sudah dijadikan sebagai lokasi penelitian dengan bor tanah mineral. Pengambilan sampel tanah dilakukan di antara kolam/*flatbed* yang telah dibuat dan pokok tanaman kelapa sawit (F), serta di lahan tanpa aplikasi (C). Pengambilan contoh tanah

menggunakan metode grid (100 m x 100 m), kemudian di setiap lokasi diambil sampel tanah secara komposit ± 1 kg pada kedalaman 0 – 60 cm yang diambil secara bertahap yakni kedalaman 0 – 20 cm, >20 – 40 cm, dan >40 – 60 cm. Pengambilan sampel tanah dilakukan tiga (3) bulan setelah pengambilan sampel tanah tahap pertama. Sampel tanah tersebut dimasukkan ke dalam kantong plastik dan diberi label yang jelas sesuai lokasi pengambilan. Pengambilan sampel di antara flatbed dan pokok tanaman (F) dan di lahan tanpa aplikasi (C). Sampel yang sudah diambil kemudian dilakukan analisis laboratorium. Parameter sifat kimia yang dinalisis meliputi N-total, P-tersedia, C-organik, pH, KTK tanah, Kejenuhan Basa (KB), dan basa-basa dapat ditukar (Ca-, Mg-, K- dan Na-dd).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Air Limbah

Hasil analisis pH air limbah bersifat basa (pH 8,00). Kandungan BOD₅ air limbah yang diaplikasikan menunjukkan angka 1915 mg L⁻¹. Hasil tersebut menunjukkan bahwa POME tidak melebihi ambang yang telah ditetapkan oleh Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 28 Tahun 2003 tentang Pedoman Teknis Pengkajian Pemanfaatan Air Limbah dari Industri Minyak Sawit Pada Tanah di Perkebunan Kelapa Sawit yaitu dengan nilai BOD₅ (≤ 5.000 mg L⁻¹).

Tabel 1. Hasil analisis air limbah pada kolam aplikasi

Parameter	Satuan	Hasil Analisis
pH	-	8,00
BOD ₅	mg/L	1915
COD	mg/L	2867
Cadmium (Cd)	mg/L	<0,002
Cuprum (Cu)	mg/L	0,019
Timbal (Pb)	mg/L	<0,03
TDS	mg/L	3500
N-Total	mg/L	57
Pospat (PO ₄ -P)	mg/L	18,0
Kalium (K)	mg/L	1322

Keterangan : tanda “<” = tidak terdeteksi

Kandungan logam-logam berat (Cd, Cu, dan Pb) pada POME tidak melebihi baku mutu pupuk organik cair yang ditetapkan Permen Nomor 28/Permentan/SR.130/5/2009 Tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembena Tanah terkait dengan peraturan pupuk dengan standar Cd (maksimal 2 ppm) dan Pb (maksimal 50 ppm) (Departemen Pertanian, 2009). Logam berat Cd dan Pb tidak terdeteksi di dalam POME. Sedangkan nilai logam Cu sebesar 0,019 mg/L. Menurut Trisna et al., (2023), logam Cu merupakan salah satu elemen penting yang dibutuhkan tanaman sebagai bahan pembentuk klorofil, sebagai katalisator dalam fisiologi tanaman kelapa sawit dan metabolisme protein, selain itu Cu juga memiliki peran dalam membantu mengaktifkan enzim- enzim penting dalam tanaman serta berperan dalam proses fiksasi nitrogen dan perkembangan generatif tanaman kelapa sawit.

Sifat Kimia Tanah Pada Areal Aplikasi dan Tanpa Aplikasi Air Limbah Kelapa Sawit

Hasil analisis sifat kimia pada areal aplikasi dan tanpa aplikasi air limbah disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat kimia tanah pada areal aplikasi dan tanpa aplikasi POME

Parameter	Satuan	Jenis Aplikasi Air Limbah	
		Areal Aplikasi	Areal Tanpa Aplikasi
C-Organik (%)	(%)	2,23s	1,24r
pH	-	4,6m	5,0m
N-total (%)	(%)	0,24s	0,11r
C/N	-	9r	13s
P-tersedia (ppm)	(ppm)	7,2sr	4,62sr
Ca-dd	(cmol/kg)	3,56r	0,55sr
Mg-dd	(cmol/kg)	2,88t	0,09sr
K-dd	(cmol/kg)	2,23st	0,06sr
Na-dd	(cmol/kg)	0,15r	0,04sr
KTK total	(cmol/kg)	30,19t	7,77r
KB (%)	(%)	28s	7sr

Keterangan : Kode-kode pada angka menunjukkan sm (sangat masam), m(masam), sr(sangat rendah), r(rendah), s(sedang), t(tinggi), dan st (sangat tinggi).

Sumber : Hasil analisa Lab. *Sulung Research Station*, 2024

C-Organik

Tabel 3 menunjukkan bahwa C-Organik di areal aplikasi (2,23 %) lebih tinggi apabila dibandingkan dengan C-Organik di areal tanpa aplikasi (1,24 %). Tingginya kadar C-Organik di areal aplikasi karena adanya sumbangan bahan organik yang diaplikasikan ke tanah. Menurut Elia *et al.*, (2015), aplikasi air limbah cair dapat meningkatkan kadar C-Organik 0,35% menjadi 0,64% pada tanah Ultisol.

Nilai pH

Nilai pH di areal aplikasi lebih rendah dibandingkan dengan nilai pH di areal tanpa aplikasi (Tabel 3). Nilai pH 4,6 yang tergolong sangat masam terdapat pada areal aplikasi dan nilai pH 5,0 yang tergolong masam terdapat pada areal tanpa aplikasi. Hal ini disebabkan bahan organik yang disumbangkan masih dalam proses penguraian/dekomposisi dan didukung oleh hasil C/N pada areal tanpa aplikasi cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan areal yang dilakukan aplikasi POME. Areal yang dilakukan aplikasi POME memiliki nilai C/N sebesar 9 (kategori rendah), sedangkan pada areal tanpa aplikasi menunjukkan nilai C/N sebesar 13 (kategori sedang). Menurut Setiawati *et al.*, (2018), nilai C/N adalah indikator yang menunjukkan tingkat dekomposisi bahan organik yang ada di dalam tanah, sehingga hal tersebut menunjukkan bahwa semakin kecil nilai C/N pada tanah menandakan dekomposisi yang terjadi di dalam tanah cenderung tinggi. Pada tahap dekomposisi bahan organik akan melepaskan asam-asam organik. Asam-asam organik tersebut memiliki gugus karboksil (C=O) dan fenolat (R-OH). Gugus-gugus tersebut akan berdisosiasi melepaskan ion hidrogen sehingga pH tanah menurun. Seperti yang dinyatakan oleh Hakim *et al.* (1986), tingginya kation H⁺ pada larutan tanah dan permukaan koloid dapat menimbulkan tanah bereaksi masam.

N-total

Kandungan N-total pada areal yang dilakukan aplikasi POME memiliki nilai yang lebih tinggi daripada di areal yang tidak dilakukan aplikasi POME. Kandungan N-total di areal aplikasi rata-rata 0,24% yang tergolong sedang. Sedangkan kandungan N-total di areal tanpa aplikasi rata-rata 0,11% yang tergolong rendah. Hal ini disebabkan karena air limbah yang mengandung bahan organik akan menyumbangkan unsur hara N-total sehingga dapat meningkatkan N-total di dalam tanah. Menurut Elia *et al.* (2015) bahwa air limbah cair dapat meningkatkan N-total 0,07% menjadi 0,11% pada tanah Ultisol.

C/N Tanah

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai C/N (9) yang tergolong rendah di areal aplikasi lebih rendah daripada nilai C/N (13) yang tergolong sedang di areal tanpa aplikasi. Nilai C/N akan menunjukkan ketersediaan N di dalam tanah yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman. Semakin kecil C/N di dalam tanah maka semakin banyak kandungan N di dalam tanah. Menurut Suherman (2007), kadar C/N yang tinggi dapat berpengaruh terhadap menurunnya N tersedia di dalam tanah, sehingga memunculkan perombakan bahan-bahan organik dimana sangat memerlukan ketersediaan nitrogen sehingga menyebabkan penurunan suplai N dari tanah ke tanaman.

P-tersedia

Kandungan P-tersedia di areal yang dilakukan aplikasi POME lebih tinggi daripada di areal yang tidak diaplikasikan POME (Tabel 3). Nilai P-tersedia di areal aplikasi rata-rata 7,2 ppm yang tergolong sangat rendah. Sedangkan nilai P-tersedia di areal tanpa aplikasi rata-rata 4,62 ppm yang tergolong sangat rendah. Hal ini disebabkan karena air limbah yang diaplikasikan ke kebun mengandung unsur hara P yang dapat dimanfaatkan tanaman. P-tersedia di areal aplikasi yang lebih tinggi daripada di areal tanpa aplikasi ini sejalan dengan penelitian Maharani *et al.*, (2017) dimana aplikasi POME dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara makro seperti fosfor (P). Menurut Manurung *et al.*, (2023), aplikasi limbah cair kelapa sawit efektif meningkatkan kandungan unsur hara N, P, K dan Mg. Terkait dengan kategori yang masih sangat rendah pada areal aplikasi POM, hal ini disebabkan aplikasi POME baru dilakukan sebanyak satu kali, sehingga untuk meningkatkan unsur P, perlu dilakukan aplikasi keberlanjutan.

Basa-basa dapat ditukar

Pada Tabel 3 menunjukkan bahwa basa-basa Ca-dd, Mg-dd, K-dd, Na-dd di areal yang dilakukan aplikasi POME memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan areal yang tidak diaplikasikan POME. Kandungan Ca di areal aplikasi (3,56 cmol/kg) sedangkan di areal tanpa aplikasi (0,55 cmol/kg). Menurut Ermadani (2007), aplikasi POME dapat meningkatkan kation-kation basa pada tanah salah satunya adalah Ca. Selanjutnya untuk unsur Mg memiliki fungsi untuk membantu perkembangan daun, sehingga tanaman sawit di areal aplikasi lebih hijau dibandingkan dengan daun tanaman sawit pada areal tanpa aplikasi. Menurut Sutedjo dan Kartasapoetra (2010), Mg berfungsi untuk menyehatkan klorofil dan mengatur zat P dalam tubuh tanaman dan mengatur peredaran zat karbohidrat dalam tubuh tanaman. Peningkatan kandungan K-dd tanah terjadi karena dekomposisi bahan organik seperti limbah cair yang membebaskan unsur K.

Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Kapasitas Tukar Kation (KTK) pada Tabel 3 menunjukkan bahwa di areal aplikasi lebih tinggi daripada di areal tanpa aplikasi. Nilai KTK di areal aplikasi yakni rata-rata 32,03 me/100g yang tergolong tinggi. Sedangkan pada areal tanpa aplikasi memiliki nilai KTK rata-rata 7,74 me/100g yang tergolong rendah. KTK tanah di areal aplikasi lebih tinggi akibat air limbah yang diberikan ke areal aplikasi membawa bahan organik yang dapat memperbaiki sifat fisika, kimia, dan biologi tanah yang akan mendukung produksi tanaman. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Kusumastuti (2017), aplikasi POME pada lahan dapat meningkatkan nilai KTK tanah sehingga menyebabkan unsur fosfor pada pupuk dan tanah menjadi tersedia.

Kejenuhan Basa (KB)

Tabel 3 menunjukkan nilai KB di areal aplikasi lebih tinggi dibandingkan dengan KB di areal tanpa aplikasi. Nilai KB di areal aplikasi rata-rata 28% yang tergolong sedang. Sedangkan nilai KB di areal tanpa aplikasi rata-rata 8% yang tergolong sangat rendah. Jadi, perbedaan KB di areal aplikasi dan areal tanpa aplikasi yakni 20%. Kejenuhan basa yang tinggi pada areal aplikasi ini disebabkan karena KTK tanah mampu menampung kation-kation basa yang dapat tersedia bagi tanaman. Hal ini sesuai dengan pernyataan Utomo (2016) bahwa semakin tinggi kejenuhan suatu kation basa maka semakin mudah kation tersebut dilepas ke dalam larutan tanah, atau dengan kata lain kation tersebut semakin mudah tersedia bagi tanaman. Akan tetapi kejenuhan basa pada areal aplikasi masih belum mampu menyuburkan tanah karena Tan (1998) menyatakan bahwa suatu tanah dianggap sangat subur jika kejenuhan basanya $\geq 80\%$, kesuburan sedang jika kejenuhan basanya antara 80 dan 50%, dan tidak subur jika kejenuhan basanya $\leq 50\%$.

KESIMPULAN

Pemberian POME yang telah memenuhi standar ke kebun kelapa sawit berpengaruh terhadap beberapa sifat kimia tanah diantaranya pH tanah, C-Organik, N-total, P-tersedia, KTK, dan basa-basa dapat ditukar, sehingga dapat dijadikan sebagai alternatif pemberian pupuk pada tanah Ultisol.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakri, Sabaruddin, & Rahmadhoni, L. 2020. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal Tahun 2021 : sustainable urban farming guna meningkatkan kesejahteraan masyarakat di era pandemi. In S. Herlinda (Ed.), *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-8* (pp. 48–57). Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI).
- Departemen Pertanian. 2009. *Pedoman Teknis Pengkajian Pemanfaatan Air Limbah Dari Industri Minyak Sawit Pada Tanah Di Perkebunan Kelapa Sawit* (pp. 86–88).
- Deublein, D., & Steinhäuser, A. 2008. Biogas from Waste and Renewable Resources. In *Analytical Biochemistry* (Vol. 11, Issue 1).
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2021. *Statistik Perkebunan 2019-2021* (D. Gartina & L. Sukriya (eds.); Komoditas). Sekretariat of Directorate General of Plantation.
- Elia, I., Mukhlis, & Razali. 2015. Kajian Pemanfaatan Konsentrat Limbah Cair dan Abu Boiler Pabrik Kelapa Sawit sebagai Sumber Unsur Hara Tanah Ultisol. *Jurnal Agroteknologi*, 2(3), 1525–1530.
- Ermadani, A. 2007. *Perbaikan Beberapa Sifat Kimia Tanah Mineral Masam Dengan Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit*. 09, 99–105.
- Ibe, I. J., Ogbulie, J. N., Orji, J. C., Nwanze, P. I., Ihejirika, C., & Okechi, R. N. 2014. Effects of Palm Oil Mill effluent (Pome) on soil bacteria and enzymes at different seasons. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, 3(10), 928–934.
- Kusumastuti, A. 2017. Dinamika P Tersedia, pH, C-Organik dan Serapan P Nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) pada Berbagai Aras Bahan Organik dan Fosfat di Ultisols. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 14(3), 145–151. <https://doi.org/10.25181/jppt.v14i3.153>
- Maharani, P., Pamoengkas, P., & Mansur, I. 2017. The Application of POME (Palm Oil Mill Effluent) as Organic Fertilizer for Ex-Coal Mine Land. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 08(3), 177–182.
- Manurung, O., Gunawan, S., & Setyorini, T. 2023a. Aplikasi Pupuk Organik Limbah Kelapa Sawit terhadap Karakteristik Agronomi dan Produksi Tanaman Menghasilkan pada Perkebunan Kelapa Sawit. *Agroforetech*, 1(2), 882–889.
- Manurung, O., Gunawan, S., & Setyorini, T. 2023b. Aplikasi Pupuk Organik Limbah Kelapa Sawit terhadap Karakteristik Agronomi dan Produksi Tanaman Menghasilkan pada Perkebunan Kelapa Sawit. *Agroforetech*, 1(2), 882–889.
- Nursanti, I. 2013. Karakteristik Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Pada Proses Pengolahan Anaerob Dan Aerob. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 13(4), 67–73.
- Sagala, D., Frimawaty, E., & Sodri, A. 2024. *Potensi Energi Terbarukan dari Pemanfaatan Energi Biogas POME (Palm Oil Mill Effluent) sebagai Sumber Energi Terbarukan di Provinsi Jambi*. 22(1), 205–214. <https://doi.org/10.14710/jil.22.1.205-214>
- Setiawati, M., Herdiyantoro, D., Damayani, M., & Suryatmana, P. 2018. *Analisis C, N, C/N Ratio Tanah dan Hasil Padi yang Diberi Pupuk Organik dan Pupuk Hayati Berbasis Azolla Pada Lahan Sawah Organik*. 16(2), 30–36.
- Suherman. 2007. Pengaruh Campuran Tanah Lapisan Bawah (subsoil) dan Kompos sebagai Media Tanam terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Kultivar Sungai Pancur 2 (SP 2) di Pembibitan Awal. *Seminar Nasional Peragi*, 2 (November 2007), 15–17.
- Trisna, M., Oktriyanti, M., Ulina Br Purba, A., Teknik Kimia, J., Negeri Sriwijaya Palembang, P., & Selatan, S. 2023. Analisis Unsur Ca, Cu, K Dan Mg Pada Daun Kelapa Sawit Dengan Metode Atomic Absorption Spectrophotometry (Aas). *Inovasi Teknik Kimia*, 8(4), 298–305.
- Wahyudi, H., Kasry, A., & Purwaningsih, I. 2011. Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Untuk Memenuhi Kebutuhan Unsur Hara Dalam Budidaya Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). 2011(2), 5.