

**Pengaruh Aplikasi Palm Oil Mill Effluent (POME) Terhadap Indeks Kualitas Tanah dan Produktivitas Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.)**

***The Effect of Palm Oil Mill Effluent (POME) Application on Soil Quality Index and Palm Oil (*Elaeis guineensis* Jacq.) Productivity***

**Syahdina Atiyyah Dinata<sup>1</sup>, Iwan Saputra<sup>1</sup>, Boy Riza Juanda<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Samudra

Email korespondensi: [satiyyahdinata@gmail.com](mailto:satiyyahdinata@gmail.com)

**ABSTRACT**

*Oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) is one of Indonesia's most important plantation commodities, and the application of Palm Oil Mill Effluent (POME) has been increasingly adopted to support sustainable production. This study aimed to evaluate the effect of land application of POME on the Soil Quality Index (SQI), analyze the relationship between soil quality and oil palm productivity, and compare oil palm yields between POME-applied and non-applied areas at PTPN IV Regional II, Langkat Oil Palm Estate, North Sumatra. The research was conducted from March to April 2025 using a survey method with descriptive analysis. Soil samples were collected purposively from two POME pumping blocks (O and W) at depths of 0–30 cm and 60–90 cm, and analyzed for physical and chemical soil properties. The results showed that land application of POME significantly improved the Soil Quality Index, indicated by increased soil pH, organic carbon, total nitrogen, and available phosphorus, as well as decreased bulk density, particularly on undulating land. A positive relationship was observed between soil quality and oil palm productivity, and POME-applied areas consistently produced higher yields than non-applied areas. These findings demonstrate that land application of POME effectively enhances soil quality and increases oil palm productivity.*

**Keywords :** *Oil palm, Palm Oil Mill Effluent (POME), Land application, Soil quality index, Productivity*

**ABSTRAK**

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas perkebunan terpenting di Indonesia, dan aplikasi Limbah Pabrik Minyak Sawit (POME) semakin banyak diadopsi untuk mendukung produksi berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh aplikasi lahan POME terhadap Indeks Mutu Tanah (SQI), menganalisis hubungan antara mutu tanah dan produktivitas kelapa sawit, serta membandingkan hasil panen kelapa sawit antara lahan yang diberi aplikasi POME dan lahan yang tidak diberi aplikasi POME di PTPN IV Regional II, Perkebunan Kelapa Sawit Langkat, Sumatera Utara. Penelitian ini dilakukan dari Maret hingga April 2025 menggunakan metode survei dengan analisis deskriptif. Sampel tanah dikumpulkan secara sengaja dari dua blok pompa POME (O dan W) pada kedalaman 0–30 cm dan 60–90 cm, dan dianalisis sifat fisik dan kimia tanahnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi lahan POME secara signifikan meningkatkan Indeks Mutu Tanah, ditunjukkan dengan peningkatan pH tanah, karbon organik, nitrogen total, dan fosfor tersedia, serta penurunan kerapatan curah, terutama pada lahan bergelombang. Hubungan positif diamati antara

kualitas tanah dan produktivitas kelapa sawit, dan area yang diberi aplikasi POME secara konsisten menghasilkan hasil panen yang lebih tinggi daripada area yang tidak diberi aplikasi. Temuan ini menunjukkan bahwa aplikasi lahan dengan POME secara efektif meningkatkan kualitas tanah dan meningkatkan produktivitas kelapa sawit.

**Kata kunci:** Kelapa sawit, Limbah Pabrik Minyak Sawit (POME), Aplikasi lahan, Indeks kualitas tanah, Produktivitas.

## PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan komoditas perkebunan unggulan di Indonesia yang berperan penting dalam perekonomian nasional. Tanaman ini memiliki produktivitas minyak nabati tertinggi per satuan luas dan dimanfaatkan secara luas dalam berbagai sektor, seperti pangan, industri, energi terbarukan, dan kosmetik. Pengelolaan perkebunan kelapa sawit melibatkan perkebunan negara, swasta, dan rakyat, serta terus berkembang seiring meningkatnya permintaan global terhadap produk kelapa sawit yang berkelanjutan (Yuliani *et al.*, 2023). Data Direktorat Jenderal Perkebunan Republik Indonesia (2024) menunjukkan bahwa luas perkebunan kelapa sawit Indonesia meningkat dari 15,43 juta ha pada tahun 2023 menjadi 15,76 juta ha pada tahun 2024, dengan produksi mencapai 47,69 juta ton CPO dan 5,07 juta ton PKO.

Peningkatan produksi kelapa sawit berdampak pada bertambahnya limbah industri pengolahan kelapa sawit, terutama limbah cair Palm Oil Mill Effluent (POME). POME memiliki kandungan bahan organik yang tinggi dan berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Setiap ton tandan buah segar yang diolah menghasilkan sekitar 2,5–2,7 ton POME, sehingga diperlukan strategi pengelolaan limbah yang efektif dan ramah lingkungan (Ilmannafian *et al.*, 2020). Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah pemanfaatan POME melalui metode *land application*, yaitu pengaplikasian limbah cair yang telah diolah ke lahan perkebunan

sebagai sumber bahan organik dan unsur hara. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pemanfaatan POME melalui *land application* terbukti berpotensi meningkatkan produktivitas tanaman kelapa sawit karena kandungan unsur hara nitrogen, fosfor, dan kalium dalam POME yang tinggi mampu memperbaiki kesuburan tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman (Rahayu, 2024; Susilawati dan Supijatno, 2015).

PTPN IV Regional II Unit Usaha Sawit Langkat telah menerapkan sistem *land application* POME dengan memanfaatkan limbah cair yang telah memenuhi baku mutu lingkungan, khususnya nilai Biochemical Oxygen Demand (BOD) dan Chemical Oxygen Demand (COD). POME diketahui mengandung unsur hara makro seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, serta bahan organik yang berperan dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Rahayu, 2024). Aplikasi POME dilaporkan mampu meningkatkan pH tanah, kandungan bahan organik, aktivitas mikroorganisme, serta memperbaiki struktur tanah, sehingga berpotensi meningkatkan produktivitas kelapa sawit (Nursanti dan Meilin, 2011; Walida *et al.*, 2020; Susilawati dan Supijatno, 2015).

Kualitas tanah merupakan faktor utama dalam mendukung produktivitas perkebunan kelapa sawit secara berkelanjutan. Indeks Kualitas Tanah (IKT) digunakan sebagai indikator untuk menilai kemampuan tanah dalam menjalankan fungsinya sebagai media tumbuh tanaman.

Meskipun penerapan *land application* POME di PTPN IV Regional II Unit Usaha Sawit Langkat telah berlangsung sesuai standar pengelolaan limbah, kajian ilmiah yang mengaitkan aplikasi POME dengan indeks kualitas tanah dan produktivitas kelapa sawit masih terbatas. Sebagian besar penelitian hanya berfokus pada manfaat POME terhadap sifat kimia tanah secara parsial (Elia *et al.*, 2015; Siregar *et al.*, 2017), namun kajian yang secara komprehensif mengintegrasikan Indeks Kualitas Tanah (IKT) dengan produktivitas kelapa sawit pada areal *land application* masih sangat jarang dilakukan (Harahap dan Syahputra, 2021). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh *land application* Palm Oil Mill Effluent (POME) terhadap Indeks Kualitas Tanah, hubungan antara kualitas tanah dan produksi kelapa sawit, serta perbedaan hasil produksi antara lahan yang diaplikasikan POME dan lahan tanpa aplikasi POME.

## METODE

Penelitian ini dilaksanakan di PTPN IV Regional II Afd II Unit Usaha Sawit Langkat, Kecamatan Padang Tualang, Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara, dengan analisis sampel tanah dilakukan di Laboratorium Tanah Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan. Penelitian berlangsung pada bulan Maret hingga April 2025. Metode yang digunakan adalah metode survei dengan pendekatan deskriptif melalui observasi lapangan dan analisis laboratorium. Pengambilan sampel tanah dilakukan menggunakan metode *random sampling* berdasarkan satuan lahan homogen. Pengambilan titik sampel dilakukan secara acak sederhana dengan pola zig-zag pada masing-masing blok, yaitu sebanyak 3 titik sampel per blok (blok O, blok W, dan blok S), sehingga total titik sampel berjumlah 9 titik. Penentuan koordinat titik sampel dilakukan menggunakan GPS di lapangan, dengan jarak antar titik disesuaikan dengan luas blok agar

representatif terhadap kondisi lahan yang dialiri POME pada areal *land application* Palm Oil Mill Effluent (POME). Lokasi penelitian terdiri atas dua blok aplikasi POME, yaitu blok O seluas 10 ha dengan kondisi lahan datar dan blok W seluas 6 ha dengan kondisi lahan bergelombang, serta satu blok kontrol (blok S) seluas 10 ha tanpa aplikasi POME. Limbah cair POME dialirkan dari kolam pengolahan ke lahan melalui sistem *log bed* dengan ukuran  $\pm 1 \times 0,5$  m yang disesuaikan dengan kondisi lapangan. Sampel tanah diambil dengan metode pengeboran pada dua kedalaman, yaitu lapisan *top soil* (0–30 cm) dan *sub soil* (60–90 cm), untuk mengetahui kualitas tanah dan ketebalan solum.

Parameter tanah yang dianalisis meliputi sifat fisika, kimia, dan kandungan logam berat. Parameter fisika tanah meliputi tekstur tanah yang dianalisis dengan metode pipet dan bobot volume tanah menggunakan metode *ring sampler*. Parameter kimia tanah yang dianalisis meliputi pH H<sub>2</sub>O dengan metode elektrometrik, C-organik menggunakan metode Walkley and Black, N-total dengan metode Kjeldahl, P-tersedia menggunakan metode Bray II, serta kapasitas tukar kation (KTK) dengan ekstraksi NH<sub>4</sub>OAc pH 7. Analisis logam berat meliputi kandungan timbal (Pb) dan tembaga (Cu) yang dianalisis menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Data produktivitas kelapa sawit selama empat tahun terakhir digunakan sebagai variabel terikat dan dianalisis hubungannya dengan parameter kualitas tanah menggunakan analisis regresi linier berganda. Perhitungan Indeks Kualitas Tanah (IKT) dilakukan dengan metode pembobotan dan penskoran indikator tanah berdasarkan Partoyo (2005) dan Masto (2007), di mana nilai indeks diperoleh dari hasil perkalian bobot indikator dan skor linier masing-masing parameter, kemudian diklasifikasikan ke dalam lima kategori kualitas tanah, yaitu sangat baik, baik, sedang, rendah, dan sangat rendah.

Kriteria penentuan masing-masing kategori parameter tanah didasarkan pada standar baku sebagai berikut: (1) Bobot volume tanah: sangat rendah <1,0 g/cm<sup>3</sup>, rendah 1,0-1,1 g/cm<sup>3</sup>, sedang 1,1-1,3 g/cm<sup>3</sup>, tinggi 1,3-1,6 g/cm<sup>3</sup>, sangat tinggi >1,6 g/cm<sup>3</sup> (Irawan *et al.*, 2022); (2) pH tanah: sangat masam <4,5, masam 4,5-5,5, agak masam 5,6-6,5, netral 6,6-7,5 (Puslittanak, 1993); (3) C-organik: sangat rendah <1%, rendah 1-2%, sedang 2-3%, tinggi 3-5%, sangat tinggi >5%; (4) N-total: sangat rendah <0,10%, rendah 0,10-0,20%, sedang 0,21-0,50%, tinggi 0,51-0,75%, sangat tinggi >0,75%; (5) Indeks Kualitas Tanah (IKT): sangat baik 0,80-1,00, baik 0,60-0,79, sedang 0,40-0,59, rendah 0,20-0,39, sangat rendah 0,00-0,19 (Partoyo, 2005).

Tabel 1. Tabel Klasifikasi Tekstur Tanah

Lokasi	Kedalaman (cm)	Fraksi Pasir (%)	Fraksi Debu (%)	Fraksi Liat (%)	Kelas Tekstur	Kriteria Kelas Tekstur	Keterangan
Lahan Bergelombang	0-30	52	20	28	Lempung berpasir	Sedang	Drainase baik
Lahan Bergelombang	60-90	48	18	34	Lempung Liat berpasir	Sedang	Retensi hara seimbang
Lahan Datar	0-30	58	4	38	Lempung Liat berpasir	Halus	Tinggi retensi air Rawan
Lahan Datar	60-90	42	12	46	Lempung Liat berat	Halus	pemadatan Ideal untuk pertanian
Lahan Kontrol	0-30	55	19	26	Lempung Lempung berpasir	Sedang	Rentan pencucian
Lahan Kontrol	60-90	67	16	17	Lempung Lempung berpasir	Kasar	

Sumber : Hasil Analisis Sifat Kimia Tanah di Laboratorium 2025.

Ket : Halus, Sedang, dan Kasar.

Berdasarkan Tabel 1, lahan bergelombang yang mendapatkan aplikasi POME memiliki tekstur lempung berpasir hingga lempung (kelompok tekstur sedang), sehingga memberikan keseimbangan optimal antara drainase dan retensi hara. Kondisi ini secara langsung mendukung aktivitas biologis dan ketersediaan unsur hara bagi tanaman kelapa sawit, sebagaimana dinyatakan Darmawijaya (1990) bahwa sifat fisik tanah memengaruhi sifat kimia dan biologi tanah secara nyata. Sebaliknya,

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sifat Fisik Tanah pada Lahan Aplikasi POME

Hasil analisis tekstur tanah (Tabel 1) menunjukkan bahwa lahan bergelombang memiliki tekstur lempung berpasir pada lapisan atas (0–30 cm), sedangkan pada lapisan bawah (60–90 cm) berkembang menjadi tekstur lempung. Kondisi ini termasuk dalam kelompok tekstur sedang, yang secara umum memberikan keseimbangan antara kemampuan drainase dan retensi air serta unsur hara. Kombinasi tersebut dinilai menguntungkan bagi pertumbuhan kelapa sawit karena mendukung penetrasi akar, aktivitas mikroorganisme tanah, serta ketersediaan oksigen di dalam tanah.

lahan datar yang juga mendapat aplikasi POME didominasi fraksi liat berat (46%) pada lapisan *sub soil*, yang mengindikasikan risiko pemadatan dan hambatan drainase yang dapat mengurangi efektivitas penyerapan hara. Lahan kontrol memiliki kandungan pasir tinggi (67%) pada lapisan bawah sehingga rentan terhadap pencucian nitrogen, sebagaimana dijelaskan Wild (1981). Perbedaan karakteristik tekstur ini menegaskan bahwa manfaat aplikasi POME terhadap kualitas fisik tanah sangat

dipengaruhi oleh topografi dan komposisi fraksi tekstur awal lahan.

Penurunan bobot volume tanah pada lahan aplikasi POME (Tabel 2) menunjukkan bahwa POME berperan dalam memperbaiki struktur tanah. Bobot volume tanah pada lahan bergelombang dan lahan datar masing-masing sebesar 1,09 g/cm<sup>3</sup> dan 1,03 g/cm<sup>3</sup> dengan kriteria rendah, sedangkan lahan kontrol menunjukkan bobot volume 1,15 g/cm<sup>3</sup> dengan kriteria sedang. Kondisi ini mengindikasikan bahwa tanah pada lahan aplikasi POME lebih gembur dan memiliki porositas yang lebih baik. Temuan ini sejalan dengan Pepers *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa tanah dengan bobot volume rendah cenderung memiliki kondisi fisik yang lebih baik bagi pertumbuhan tanaman. Dengan demikian, aplikasi POME tidak hanya meningkatkan sifat kimia tanah, tetapi juga berkontribusi positif terhadap perbaikan sifat fisik tanah dalam mendukung produktivitas kelapa sawit.

Tabel 2. Bobot Volume Tanah

Perlakuan	Bobot Volume Tanah	Kriteria
	Top Soil (0-30cm)	
Lahan Bergelombang	1,09 g/cm <sup>3</sup>	Rendah (R)
Lahan Datar	1,03 g/cm <sup>3</sup>	Rendah (R)
Lahan Kontrol	1,15 g/cm <sup>3</sup>	Sedang (S)

Sumber : Hasil Analisis di Laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Samudra, 2025  
Ket : S(Sedang), R(Rendah)

Berdasarkan Tabel 2, bobot volume tanah pada lahan bergelombang (1,09 g/cm<sup>3</sup>) dan lahan datar (1,03 g/cm<sup>3</sup>) dengan aplikasi POME tergolong rendah (1,0–1,1 g/cm<sup>3</sup>), mengindikasikan tanah yang gembur dengan porositas tinggi dan kondisi fisik yang menguntungkan bagi pertumbuhan akar. Nilai ini lebih baik dibandingkan lahan kontrol (1,15 g/cm<sup>3</sup>) yang tergolong sedang (1,1–1,3 g/cm<sup>3</sup>), sehingga menunjukkan bahwa aplikasi

POME secara nyata memperbaiki sifat fisik tanah. Penurunan bobot volume terjadi karena bahan organik dalam POME meningkatkan agregasi partikel tanah dan ruang pori makro, yang berimplikasi positif terhadap ketersediaan oksigen bagi akar dan aktivitas mikroorganisme. Hal ini dikonfirmasi Pepers *et al.* (2024) yang menyatakan bobot volume di bawah 1,2 g/cm<sup>3</sup> menandakan tanah gembur dengan porositas tinggi dan baik untuk aerasi serta infiltrasi air. Dengan demikian, aplikasi POME berkontribusi positif tidak hanya terhadap sifat kimia, tetapi juga perbaikan sifat fisik tanah yang mendukung produktivitas kelapa sawit secara berkelanjutan.

### Sifat Kimia Tanah akibat Aplikasi POME

Hasil analisis sifat kimia tanah pada lahan aplikasi Palm Oil Mill Effluent (POME) dan lahan kontrol menunjukkan adanya variasi nilai pH, kandungan C-organik, nitrogen total, fosfor tersedia, serta kapasitas tukar kation (KTK) pada dua kedalaman tanah (0–30 cm dan 60–90 cm). Secara umum, seluruh lokasi penelitian memiliki reaksi tanah masam, dengan nilai pH berkisar antara 4,5–5,3.

Hasil analisis pada Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai pH tertinggi terdapat pada lahan bergelombang dengan aplikasi POME, yaitu 5,3 pada lapisan 0–30 cm dan 5,1 pada lapisan 60–90 cm, dibandingkan lahan kontrol (4,85–4,88) dan lahan datar (4,5). Peningkatan pH ini terjadi karena bahan organik dalam POME berperan sebagai agen penyangga (*buffer*) yang menetralkan ion H<sup>+</sup> bebas dalam tanah, sehingga mengurangi tingkat kemasaman. Selain itu, peningkatan pH turut meningkatkan ketersediaan fosfat yang sebelumnya terjerap oleh kompleks aluminium dan besi pada kondisi masam. Temuan ini sejalan dengan Nursanti dan Meilin (2011) yang melaporkan bahwa aplikasi POME mampu meningkatkan pH tanah dari 5,39 menjadi 6,25 melalui

suplai senyawa organik aktif. Implikasinya, kondisi pH yang lebih mendekati netral juga menunjang aktivitas mikroorganisme tanah, terutama bakteri yang berperan penting dalam mineralisasi

unsur hara dan pembentukan struktur tanah yang stabil, sehingga secara keseluruhan mendukung produktivitas kelapa sawit.

Tabel 3. Sifat Kimia Tanah pada Lahan Aplikasi POME

Perlakuan	Kedalaman	pH (H <sub>2</sub> O)	C-Organik (%)	N Total (%)	P Tersedia (ppm)	KTK (me/100g)
Lahan Bergelombang	0–30 cm	5,3 (M)	1,65 (R)	0,24 (S)	89,84 (ST)	10,19 (R)
Lahan Bergelombang	60–90 cm	5,1 (M)	0,64 (SR)	0,10 (R)	25,89 (S)	7,55 (SR)
Lahan Datar	0–30 cm	4,5 (M)	1,16 (R)	0,15 (R)	4,55 (SR)	10,23 (R)
Lahan Datar	60–90 cm	4,5 (M)	0,56 (SR)	0,56 (T)	1,08 (SR)	8,93 (SR)
Lahan Kontrol	0–30 cm	4,85 (M)	1,22 (R)	0,04 (SR)	8,90 (SR)	13,02 (R)
Lahan Kontrol	60–90 cm	4,88 (M)	0,89 (SR)	0,01 (SR)	4,24 (SR)	12,03 (R)

Sumber : Hasil Analisis Sifat Kimia Tanah di Laboratorium Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), 2025

Ket : M (Masam); SR (Sangat Rendah); R (Rendah); S (Sedang); T (Tinggi); ST (Sangat Tinggi)

Kadar C-organik tertinggi tercatat pada lahan bergelombang aplikasi POME sebesar 1,65% pada lapisan atas dan 0,64% pada lapisan bawah, yang tergolong rendah hingga sangat rendah berdasarkan klasifikasi Hermawan *et al.* (2020). Meskipun masih tergolong rendah, nilai ini lebih tinggi dibandingkan lahan kontrol (1,22%) dan lahan datar (1,16%) pada lapisan yang sama, menunjukkan kontribusi positif POME terhadap akumulasi bahan organik. Tingginya C-organik pada lapisan atas lahan bergelombang berkaitan dengan kondisi drainase dan aerasi yang lebih baik, yang mendukung dekomposisi bahan organik dari POME secara optimal. Menurut Sari *et al.* (2023), kandungan bahan organik tanah sangat dipengaruhi oleh ketinggian dan suhu lingkungan, di mana kondisi lembap mendorong akumulasi bahan organik. Secara ekologis, peningkatan C-organik berimplikasi pada perbaikan struktur tanah, kapasitas retensi air, dan kapasitas tukar kation (KTK), yang keseluruhannya mendukung produktivitas jangka panjang perkebunan kelapa sawit.

Kandungan N-total pada lahan bergelombang aplikasi POME menunjukkan nilai tertinggi (0,24%) pada lapisan atas, tergolong kategori sedang, sedangkan lahan kontrol sangat rendah (0,04%). Hal ini menegaskan bahwa POME tidak hanya berperan sebagai pembenah fisik tanah, tetapi juga sebagai sumber nitrogen yang efektif bagi tanaman kelapa sawit. Penambahan bahan organik POME menyumbangkan N-total melalui proses dekomposisi dan mineralisasi secara bertahap, sebagaimana dilaporkan Elia *et al.* (2015). Implikasi praktisnya, peningkatan N-total dapat mengurangi ketergantungan terhadap pupuk urea anorganik, sehingga memberikan alternatif pengelolaan hara yang lebih ramah lingkungan. Nitrogen yang cukup juga berperan dalam sintesis protein dan klorofil, sehingga kekurangannya—seperti yang terjadi pada lahan kontrol—berpotensi menyebabkan gejala klorosis pada daun dan menurunnya produksi tandan buah segar.

Nilai P tersedia tertinggi tercatat pada lahan bergelombang aplikasi POME (89,84 ppm pada lapisan atas), yang tergolong sangat tinggi (>35 ppm),

sementara lahan datar aplikasi POME justru menunjukkan kadar sangat rendah (4,55 ppm), bahkan lebih rendah dari lahan kontrol (8,90 ppm). Perbedaan mencolok ini mengindikasikan bahwa efektivitas POME dalam meningkatkan ketersediaan fosfor sangat bergantung pada karakteristik topografi. Menurut Hanafiah (2010), lahan bergelombang dengan drainase lebih baik memungkinkan dekomposisi bahan organik dan pelepasan fosfor berlangsung lebih optimal. Sebaliknya, pada lahan datar, kondisi drainase yang kurang baik dapat menyebabkan fiksasi fosfor meningkat. Secara agronomis, P tersedia yang tinggi berdampak positif terhadap perkembangan sistem perakaran dan pembentukan buah kelapa sawit, menjadikan aplikasi POME pada lahan bergelombang sebagai strategi efektif dalam manajemen hara fosfor.

Nilai KTK seluruh lokasi tergolong rendah (5–16 me/100g) berdasarkan klasifikasi Mari Raty *et al.* (2022), dengan lahan kontrol menunjukkan KTK tertinggi (13,02 me/100g) dibandingkan lahan aplikasi POME. Kondisi ini mengindikasikan bahwa aplikasi POME dalam jangka pendek belum mampu meningkatkan KTK secara signifikan, karena peningkatan KTK bergantung pada proses dekomposisi bahan organik dan pembentukan senyawa humik yang memerlukan waktu. Menurut Mohammed *et al.* (2014), fraksi organik dalam POME berpotensi menghasilkan asam-asam organik dan koloid tanah yang selanjutnya meningkatkan kemampuan adsorpsi kation. Hal ini sejalan dengan Siregar *et al.* (2017) yang menyatakan peningkatan KTK dipengaruhi oleh dekomposisi bahan organik yang menghasilkan senyawa humik. Dengan demikian, aplikasi POME secara konsisten dan jangka panjang

diperkirakan akan mampu meningkatkan KTK tanah secara signifikan, menjadikannya strategi pengelolaan tanah yang berkelanjutan untuk perkebunan kelapa sawit.

### **Kandungan Logam Berat (Pb dan Cu) pada Tanah**

Hasil analisis kandungan logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada lahan aplikasi POME dan lahan kontrol disajikan pada Tabel 4. Secara umum, kandungan Pb dan Cu pada seluruh lokasi penelitian masih berada pada kategori rendah hingga sangat rendah.

Kadar timbal (Pb) pada lahan bergelombang berkisar antara 1,66 ppm pada lapisan top soil dan 4,87 ppm pada lapisan sub soil dengan kategori rendah. Pada lahan datar, kadar Pb lebih tinggi dibandingkan lahan bergelombang, yaitu sebesar 5,68 ppm pada top soil dan 13,35 ppm pada sub soil, namun masih berada dalam kategori sedang. Sementara itu, lahan kontrol menunjukkan kadar Pb sangat rendah pada kedua kedalaman, yaitu <0,04 ppm.

Kandungan tembaga (Cu) pada lahan aplikasi POME (lahan bergelombang dan lahan datar) berada pada kategori sangat rendah, dengan nilai <0,001 ppm pada seluruh kedalaman tanah. Pada lahan kontrol, kandungan Cu tergolong rendah dengan nilai 0,77 ppm pada top soil dan 0,37 ppm pada sub soil.

Hasil ini menunjukkan bahwa aplikasi POME tidak menyebabkan akumulasi logam berat Pb dan Cu yang berpotensi mencemari tanah. Dengan demikian, penerapan POME sebagai bahan aplikasi lahan dapat dikategorikan aman terhadap kandungan logam berat, selama dilakukan sesuai dengan standar pengelolaan yang berlaku

Tabel 4. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) pada Tanah

Perlakuan	Kedalaman	Timbal (Pb) (ppm)	Kriteria Pb	Tembaga (Cu) (ppm)	Kriteria Cu
Lahan Bergelombang	0–30 cm	1,66	Rendah (R)	<0,001	Sangat Rendah (SR)
Lahan Bergelombang	60–90 cm	4,87	Rendah (R)	<0,001	Sangat Rendah (SR)
Lahan Datar	0–30 cm	5,68	Sedang (S)	<0,001	Sangat Rendah (SR)
Lahan Datar	60–90 cm	13,35	Sedang (S)	<0,001	Sangat Rendah (SR)
Lahan Kontrol	0–30 cm	<0,04	Sangat Rendah (SR)	0,77	Rendah (R)
Lahan Kontrol	60–90 cm	<0,04	Sangat Rendah (SR)	0,37	Rendah (R)

Sumber : Hasil Analisis Sifat Kimia Tanah di Laboratorium Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), 2025

### Produktivitas Kelapa Sawit dan Hubungannya dengan Parameter Kualitas Tanah

Produktivitas kelapa sawit pada areal penelitian menunjukkan variasi yang jelas antar kondisi lahan dengan dan tanpa aplikasi *Palm Oil Mill Effluent* (POME). Aplikasi POME pada lahan datar menghasilkan produktivitas tertinggi, yaitu sebesar 197.225 kg/ha/tahun, sedangkan lahan kontrol mencatat produktivitas sebesar 188.446 kg/ha/tahun. Produktivitas terendah ditemukan pada lahan bergelombang yang menerima aplikasi POME, yakni 92.219 kg/ha/tahun. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa respons tanaman terhadap aplikasi POME sangat dipengaruhi oleh karakteristik tapak, khususnya kondisi topografi.

Keterkaitan antara produktivitas kelapa sawit dan kualitas tanah dianalisis melalui korelasi Pearson, yang memperlihatkan bahwa bobot volume tanah memiliki hubungan positif dan signifikan terhadap produktivitas pada seluruh kondisi lahan. Pada lahan aplikasi POME, nilai korelasi antara bobot volume tanah dan produktivitas mencapai  $r = 0,857^*$  pada lahan bergelombang dan  $r = 0,902^*$  pada lahan datar. Hubungan yang lebih kuat dijumpai pada lahan kontrol dengan nilai  $r = 0,995^{**}$ , yang

mengindikasikan bahwa pada kondisi tanpa masukan POME, sifat fisik tanah menjadi faktor dominan yang mengendalikan produktivitas kelapa sawit. Bobot volume tanah yang lebih rendah mencerminkan struktur tanah yang lebih gembur, sehingga mendukung perkembangan sistem perakaran, pergerakan udara, serta ketersediaan air bagi tanaman.

Selain sifat fisik tanah, parameter kimia tanah juga menunjukkan peran penting dalam menentukan produktivitas kelapa sawit. Kapasitas tukar kation (KTK) memperlihatkan korelasi positif dan signifikan terhadap produktivitas pada lahan aplikasi POME, baik pada lahan bergelombang ( $r = 0,813^*$ ) maupun lahan datar ( $r = 0,818^*$ ). Nilai korelasi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan tanah dalam menahan dan mempertukarkan kation berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi serapan unsur hara oleh tanaman. Aplikasi POME diduga berperan dalam meningkatkan kandungan bahan organik tanah yang selanjutnya memperbaiki kompleks jerapan, sehingga mendukung ketersediaan hara dalam jangka waktu yang lebih panjang.

Pada lahan kontrol, selain bobot volume tanah, kandungan C-organik tanah juga memiliki hubungan positif yang signifikan dengan produktivitas kelapa

sawit ( $r = 0,880^*$ ). Kondisi ini menunjukkan bahwa pada sistem tanpa penambahan POME, bahan organik alami tanah berperan sebagai penyangga utama kesuburan tanah. Namun demikian, ketergantungan terhadap bahan organik

alami saja cenderung membatasi potensi peningkatan produktivitas apabila dibandingkan dengan lahan yang memperoleh tambahan bahan organik dari aplikasi POME, terutama pada kondisi lahan datar.

Tabel 5. Ringkasan Produktivitas Kelapa Sawit dan Parameter Kualitas Tanah yang Berkorelasi Signifikan

Kondisi Lahan	Produktivitas Rata-rata (kg/ha/tahun)	Parameter Kualitas Tanah yang Berkorelasi Signifikan	Koefisien Korelasi (r)
Bergelombang (POME)	92.219	Bobot volume tanah	0,857*
Datar (POME)	197.225	Kapasitas tukar kation (KTK)	0,813*
		Bobot volume tanah	0,902*
Kontrol	188.446	Kapasitas tukar kation (KTK)	0,818*
		Bobot volume tanah	0,995**
		C-organik tanah	0,880*

Keterangan : \* signifikan pada taraf 5%, \*\* signifikan pada taraf 1% (uji Pearson)

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan adanya keterkaitan yang erat antara parameter kualitas tanah dengan produktivitas kelapa sawit. Aplikasi land application Palm Oil Mill Effluent (POME) secara nyata meningkatkan pH tanah, kandungan C-organik, N-total, dan P-tersedia, yang pada gilirannya memperbaiki nilai Indeks Kualitas Tanah (IKT). Peningkatan IKT ini berkorelasi positif dengan produktivitas kelapa sawit, sebagaimana ditunjukkan oleh hasil analisis korelasi Pearson pada lahan bergelombang dan lahan datar. Dengan demikian, pemberian POME melalui land application terbukti merupakan strategi yang efektif untuk meningkatkan kualitas tanah sekaligus meningkatkan produktivitas kelapa sawit secara berkelanjutan (Rahayu, 2024; Susilawati dan Supijatno, 2015; Walida *et al.*, 2020).

## KESIMPULAN

Aplikasi *Land Application Palm Oil Mill Effluent* (POME) terbukti meningkatkan indeks kualitas tanah, yang ditunjukkan oleh perbaikan sifat kimia dan fisik tanah, khususnya peningkatan pH, C-organik, nitrogen total, dan fosfor tersedia serta penurunan bobot volume tanah. Peningkatan kualitas tanah tersebut

berhubungan positif dengan produktivitas kelapa sawit, di mana nilai indeks kualitas tanah yang lebih tinggi diikuti oleh peningkatan hasil produksi. Secara konsisten, lahan dengan aplikasi POME menghasilkan produktivitas kelapa sawit yang lebih tinggi dibandingkan lahan kontrol. Dengan demikian, aplikasi POME dapat dipertimbangkan sebagai alternatif pengelolaan limbah yang efektif dan berkelanjutan dalam meningkatkan kualitas tanah dan produktivitas kelapa sawit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jendral Perkebunan. (2024). Pemerintah Komitmen Membantu Petani Kelapa Sawit. Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Elia, I., Mukhlis, dan 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.
- Hanafiah, K.A., (2010). Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Jakarta: Grafindo Persada

- Harahap, M., dan Syahputra, D. (2021). Optimalisasi Pengelolaan Tanah untuk Pertumbuhan Kelapa Sawit. *Indonesian Journal of Agricultural Research*. 4(1): 12-23.
- Ilmannafian, A. G., Lestari, E., dan Khairunisa, F. (2020). Pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit dengan metode filtrasi dan fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Teknologi Lingkungan*: 21(2): 244-253.
- Irwan, Maswar, Rahmah Dewi Yustika, dan Ratri Ariani. (2022). Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya. Cetakan Kedua. Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- Mohammed, R.R.; Chong, M.F. Treatment and Decolorization of Biologically Treated *Palm Oil Mill Effluent* (POME) Using Banana Peel as Novel Biosorbent. *J. Environ. Manag.* (2014), 132, 237–249. DOI: [Treatment and decolorization of biologically treated Palm Oil Mill Effluent \(POME\) using banana peel as novel biosorbent - ScienceDirect](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.05.041)
- Nopsagiarti, T., Okalia, D., dan Marlina, G. (2020). Analisis C-Organik, Nitrogen dan C/N Tanah pada Lahan Agrowisata Beken Jaya. *Jurnal Agrosains dan Teknologi*, 5(1), 11–18.
- Nursanti dan Meilin, A. (2011). Pengaruh Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS) Terhadap Perubahan pH Tanah dan Pertumbuhan Kelapa Sawit. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*. 3(1): 45-52.
- Pahan, I. (2015). *Panduan Teknis Budidaya Kelapa Sawit untuk Praktisi Perkebunan*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Partoyo. (2005). Analisis Indeks Kualitas Tanah Pertanian di Lahan Pasir Pantai Samas Yogyakarta. *Ilmu Pertanian Vol 12 (2) : 140 – 151*
- Pepers, K. H. J., van Egmond, F., Koomans, R., Teuling, K., Staats, G., dan van Os, G. (2024). Validation of a new gamma ray soil bulk density sensor. *European Journal of Soil Science*, 75(4), e13542. <https://doi.org/10.1111/ejss.13542>
- Rahayu, D. P. (2024). Analisis Limbah Kelapa Sawit Industri yang Dimanfaatkan Sebagai Pupuk Organik Cair. *Skripsi*. Fakultas Teknik, Universitas Medan Area. Medan
- Rashid, A., Schutte, B. J., Ulery, A., Deyholos, M. K., Sanogo, S., Lehnhoff, E. A., & Beck, L. (2023). Heavy metal contamination in agricultural soil: Environmental pollutants affecting crop health. *Agronomy*, 13(6), 1521. <https://doi.org/10.3390/agronomy13061521>
- Restikasari, W. (2022). Technical Efficiency and Productivity Growth of Crude Palm Oil: Variation across Years, Locations, and Firm Sizes in Indonesia. *MDPI Economies*. 10 (12) : 303-308
- Sari, R., Maryam, dan Yusmah, R. A. (2023). Penentuan C-Organik pada Tanah untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman dan Keberlanjutan Umur Tanaman dengan Metoda Spektrofotometri UV VIS. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 12(1), 11–19.
- Siregar P, Fauzi, dan Supriadi. (2017). Pengaruh Pemberian, Beberapa

- Sumber Bahan Organik dan Masa Inkubasi Terhadap Beberapa Aspek Kimia Kesuburan Ultisol. *Junal Agroekoteknologi* FP USU Vol. 5 (2): 256-264
- Susilawati dan Supijatno. (2015). Pengelolaan Limbah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Perkebunan Kelapa Sawit Riau. *Buletin Agrohorti*. 3(2): 201-212.
- Walida, H., Harahap, F.S., Ritongah, Z., Yani, P., dan Yana, R.F. (2020). Evaluasi Status Hara Bahan Organik Terhadap Sifat Kimia Tanah di Lahan Miring Kelapa Sawit. *ZIRAA'AH. Majalah Ilmiah Pertanian*. 45(3): 234-240
- Yuliani, A., Setiawan, A. W., dan Sari, D. (2023). Sustainable Development of Palm Oil Plantations: Environmental and Economic Perspectives. *Technologies*. 11(2):55