

Karakteristik Sifat Fisik dan Kimia Tanah pada Lahan Perkebunan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) di Desa Batu Belah, Kabupaten Kampar, Riau

Niken Ellani Patitis^{1*}, Widya Sinta Mustika²

¹Program Studi Teknik Pengolahan Kelapa Sawit, Politeknik Kampar, Riau, Indonesia

²Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Kampar, Riau, Indonesia

Email: ^{1*}nikenellanipatitis@email.com, ²widyasm@email.com

Abstract

Soil characteristics play a crucial role in determining soil fertility status, land capability, and sustainable land management strategies through the assessment of physical, chemical, and biological properties. Land management practices in oil palm plantations directly affect plant growth and productivity as the plantation ages. This study aims to identify and evaluate the physical and chemical properties of soils under different oil palm planting ages. The research was conducted in Batu Belah Village, Kampar Regency, Riau, using three age categories: T1 (1–5 years), T2 (5–10 years), and T3 (>15 years). A survey method and direct field observations were employed to determine soil sampling locations. The physical parameters measured included texture, bulk density (BD), particle density (PD), total pore space (TPS), fiber content, and moisture content. Chemical parameters included N, P, K, organic C, pH, Pb, and Cd. The results showed significant changes in several soil physical and chemical properties with increasing plant age. These findings indicate that the evaluation of soil characteristics can guide the development of appropriate soil management strategies to support sustainable productivity in oil palm plantations.

Keywords: Palm Oil, Soil Properties, Land Management, Soil Physical Properties, Soil Chemical Properties.

Abstrak

Karakteristik tanah sangat penting dalam menentukan status kesuburan tanah, kemampuan lahan, serta strategi pengelolaan yang berkelanjutan melalui penilaian sifat fisik, kimia maupun biologi tanah. Pengelolaan lahan perkebunan kelapa sawit mempengaruhi produktivitas pertumbuhan tanaman seiring dengan pertambahan usia tanam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mengevaluasi karakteristik sifat fisik dan kimia tanah pada berdasarkan perbedaan usia tanaman. Penelitian dilaksanakan di Desa Batu Belah, Kabupaten Kampar, Riau dengan usia tanam yaitu T1 (1–5 tahun), T2 (5–10 tahun), dan T3 (>15 tahun) menggunakan metode survei dan pengamatan secara langsung di lapangan serta menentukan lokasi pengambilan sampel tanah. Parameter penelitian berupa sifat fisik terdiri dari tekstur, *bulk density* (BD), *particle density* (PD), *total ruang pori* (TRP), kadar serat, dan kadar air. Sedangkan sifat kimia terdiri dari N, P, K, C-organik, pH, Pb dan Cd. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi perubahan signifikan pada beberapa parameter fisik dan kimia tanah dengan pertambahan usia tanam. Oleh karena itu, berdasarkan hasil evaluasi karakteristik sifat fisik dan kimia tanah maka dapat ditentukan pengelolaan tanah yang tepat pada lahan perkebunan kelapa sawit.

Kata Kunci: Kelapa Sawit, Karakteristik Tanah, Pengelolaan Lahan, Fisik Tanah, Kimia Tanah.

1. PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas strategis yang memiliki peran sangat penting dalam pembangunan ekonomi di Indonesia. Indonesia sebagai negara penghasil minyak sawit terbesar di dunia, terutama sektor perkebunan kelapa sawit sebagai pendorong pertumbuhan ekonomi nasional maupun daerah. Komoditas ini tidak hanya

memberikan kontribusi signifikan terhadap penerimaan negara dan devisa ekspor, tetapi juga menjadi sumber mata pencaharian bagi jutaan petani, pekerja kebun, dan masyarakat di sekitar wilayah perkebunan [1]. Terdapat berbagai produk turunan industri, seperti industri pangan, kosmetik, bioenergi, hingga oleokimia, sangat bergantung pada pasokan bahan baku berupa minyak sawit mentah (*crude palm oil*) dan minyak inti sawit (*palm kernel oil*) [2]. Permintaan kebutuhan global yang terus meningkat membuat keberlanjutan produktivitas kelapa sawit menjadi isu kunci dalam menjaga daya saing Indonesia di pasar internasional sekaligus memenuhi tuntutan keberlanjutan lingkungan.

Produktivitas kelapa sawit yang tinggi ditentukan dari kondisi tanah sebagai media tumbuh utama tanaman. Terdapat berbagai jenis tanah di wilayah tropis Indonesia, yaitu salah satu merupakan tanah ultisol. Tanah ultisol adalah jenis tanah yang paling luas dan banyak dimanfaatkan untuk pengembangan perkebunan kelapa sawit terutama di Sumatera, Kalimantan, dan sebagian Sulawesi. Tanah ultisol memiliki persebaran yang luas di daerah beriklim basah dengan curah hujan tinggi yang mempengaruhi proses pelapukan mineral dan pencucian basa. Secara pedologis, tanah ultisol digolongkan sebagai tanah tua dengan tingkat perkembangan profil yang lanjut, ditandai oleh horizon argilik atau kandik serta sifat kimia yang relatif rendah dalam hal kesuburan alami [3]. Hal ini menjadikan tanah ultisol sebagai tanah yang menantang tetapi potensial apabila dikelola dengan baik.

Tanah ultisol memiliki karakteristik kimia seperti pH tanah yang rendah, kapasitas tukar kation (KTK) rendah, kejenuhan basa rendah, serta kandungan bahan organik yang minimal, menyebabkan tanah ini cenderung kurang mendukung pertumbuhan tanaman tanpa intervensi pengelolaan. Pada tanah ultisol, unsur hara seperti nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, dan magnesium sering berada dalam kondisi tidak tersedia atau terfiksasi dalam bentuk yang tidak dapat diserap oleh tanaman [4]. Selain itu, tingginya kandungan aluminium dan hidrogen dapat menyebabkan toksitas dan menghambat pertumbuhan akar apabila tidak dikendalikan melalui pengapuran atau ameliorasi lainnya. Selain itu, karakteristik fisik tanah ultisol umumnya memiliki struktur tanah yang mudah terdispersi, permeabilitas rendah, dan kerentanan yang tinggi terhadap erosi, terutama pada lahan-lahan yang mengalami pengolahan intensif.

Perkembangan budidaya kelapa sawit di Indonesia menunjukkan bahwa tanah ultisol dapat menjadi media tumbuh yang produktif apabila dikelola secara benar melalui pemberian bahan organik, pengapuran, pemupukan berimbang, serta penerapan teknik konservasi tanah yang tepat. Namun, keberhasilan tersebut tidak terjadi secara instan dan sangat bergantung pada dinamika sifat tanah seiring berjalannya waktu dan umur tanaman. Tanaman kelapa sawit memiliki siklus hidup yang panjang mencapai 25 hingga 30 tahun sebelum dilakukan *replanting* [5]. Selama rentang waktu, interaksi antara tanaman, tanah, dan manajemen kebun akan membentuk dinamika perubahan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah yang tidak dapat diabaikan.

Perbedaan umur tanaman kelapa sawit menjadi faktor penting yang mempengaruhi perubahan kondisi tanah pada tanah ultisol. Pada fase awal pertumbuhan (0–5 tahun), kebutuhan unsur hara lebih banyak terfokus pada pertumbuhan vegetatif seperti akar, batang, dan daun. Pada fase produksi (6–20 tahun), serapan hara menjadi lebih tinggi dan stabil, sedangkan pada fase tanaman tua (lebih dari 20 tahun), penyerapan hara dapat menurun tetapi kekurangan unsur hara pada lapisan tanah umumnya telah terjadi akibat siklus hara yang semakin terbatas [6]. Seresah tanaman yang jatuh ke permukaan tanah, tingkat penutupan tajuk, aktivitas mikroba tanah, dan sirkulasi biomassa akan berbeda pada setiap kategori umur tanaman. Semua faktor ini berkontribusi terhadap dinamika kesuburan tanah sepanjang umur tanaman. Pada tanah ultisol, dinamika ini menjadi lebih signifikan dibandingkan jenis tanah lain karena sifat yang sensitif terhadap perubahan dan

degradasi. Penurunan bahan organik dapat terjadi lebih cepat karena tingginya proses oksidasi pada iklim tropis basah, sementara pencucian basa dan unsur hara menjadi lebih intensif pada musim hujan. Sifat fisik seperti kepadatan tanah (*bulk density*), porositas, dan stabilitas agregat juga dapat berubah mengikuti pola pengelolaan kebun serta umur tanaman [7]. Tanah yang ditanami tanaman muda lebih gembur karena aktivitas pengolahan lahan awal, sedangkan tanah pada tanaman dewasa bisa lebih padat akibat rendahnya penetrasi cahaya, minimnya pertumbuhan gulma atau penutup tanah, serta tingginya aktivitas pemeliharaan dan pemanenan [8]. Namun, penelitian mengenai dinamika sifat tanah dan pengelolaan tanah berdasarkan usia tanaman di Desa Batu Belah, Kampar, Riau masih sangat terbatas.

Penelitian ini dilakukan di Desa Batu Belah, Kampar, Riau yang merupakan salah satu wilayah dengan persebaran tanah ultisol yang luas dan menjadi pusat pengembangan kelapa sawit. Desa Batu Belah, Kampar, Riau memiliki variasi umur tanaman yang jelas, praktik pengelolaan kebun yang representatif, serta relevansi praktis bagi peningkatan produktivitas perkebunan. Kajian terhadap dinamika sifat kimia tanah pada tanah ultisol dengan umur tanam berbeda di wilayah ini diharapkan dapat memberikan pemahaman ilmiah terkait proses yang terjadi selama siklus pertumbuhan tanaman kelapa sawit serta memberikan rekomendasi untuk manajemen tanah yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Penelitian ini dilakukan agar dapat menjadi rujukan bagi petani dan perusahaan dalam menyusun strategi pemupukan berkelanjutan. Penelitian ini juga dapat mendukung kebijakan pemerintah dalam upaya rehabilitasi lahan sawit dan peningkatan produktivitas. Selain itu, penelitian ini juga memberikan kontribusi terhadap ilmu tanah dan agronomi, khususnya dalam pemahaman dinamika tanah ultisol pada perkebunan kelapa sawit dengan umur tanam berbeda. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi karakteristik sifat fisik dan kimia tanah pada lahan perkebunan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Desa Batu Belah, Kabupaten Kampar, Riau, berdasarkan perbedaan umur tanaman. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar pengelolaan lahan yang lebih efektif dan berkelanjutan guna mendukung produktivitas perkebunan kelapa sawit.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada lahan perkebunan kelapa sawit di Desa Batu Belah, Kabupaten Kampar, Riau ($0^{\circ} 19'17,016''LU$, $101^{\circ} 2'41,80''BT$) dengan rata-rata curah hujan 2000-3000 mm pada suhu $27\text{-}30^{\circ}\text{C}$. Tahapan penelitian meliputi persiapan alat dan bahan, survei lapangan dan pengambilan sampel tanah, analisis tanah di laboratorium dan pengolahan data. Analisis sampel tanah dianalisis di Laboratorium Ilmu Tanah Universitas Riau. Penelitian dilakukan selama tiga bulan dari bulan Agustus - Oktober 2025.

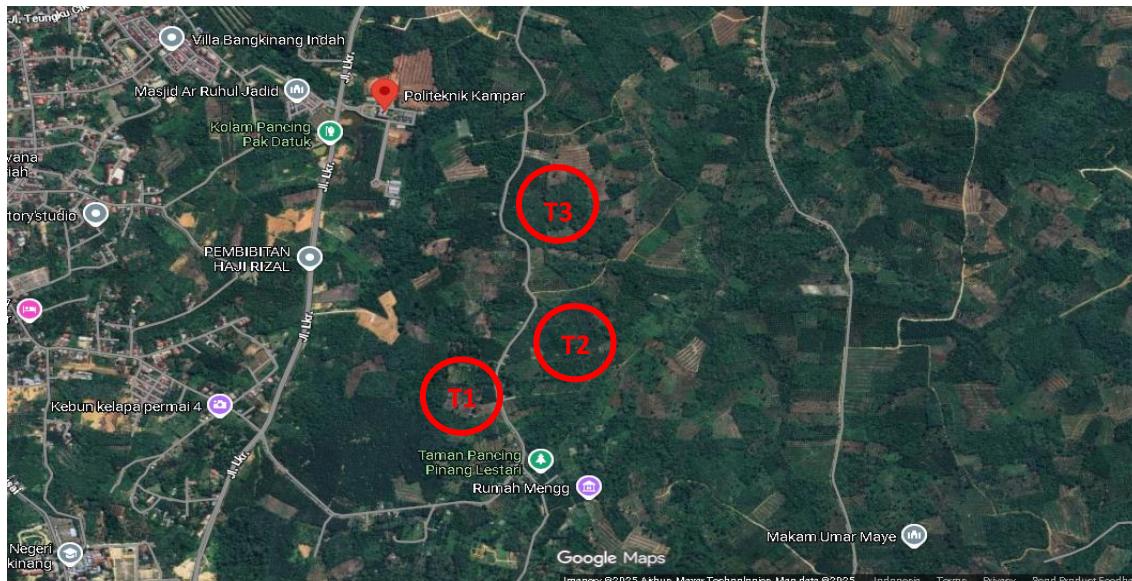
2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian yaitu *Global Positioning System* (GPS), ring sampel, kotak ring sampel, bor belgie, meteran, pisau, parang, palu, papan, cangkul, pH meter, plastik, alat tulis, kertas label, timbangan, oven, jangka sorong, dan kamera. Sedangkan bahan yang pada penelitian ini adalah sampel tanah utuh, alkohol 98%, aquades, dan bahan kimia yang digunakan di laboratorium untuk analisis sampel tanah.

2.2 Metode Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian menggunakan metode survei dengan mengambil sampel tanah di lokasi penelitian. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan cara membersihkan area yang akan diambil sampel tanah sesuai dengan titik yang telah di

tentukan, kemudian tanah diambil pada kedalaman 0-30 cm dengan menggunakan *ring sample* untuk dilakukan analisa di laboratorium. Sampel tanah diambil berdasarkan perbedaan umur tanam yaitu T1 (1-5 tahun), T2 (5-10 tahun) dan T3 (>15 tahun) dengan masing-masing titik diambil sebanyak 3 sampel (3 kali ulangan). Sebaran titik pengambilan sampel dan lokasi dijabarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Titik Sampel Tanah di Desa Batu Belah, Kampar, Riau
Sumber : (<https://maps.app.goo.gl/1E9tXoscg13GX2sbA>)

2.3 Analisis Sampel Tanah

Analisa sampel tanah meliputi sifat fisik tanah yaitu tekstur (Metode Pipet/Hidrometer), *bulk density* (Metode Ring Sample), *particle density* (Metode Ring Sample), total ruang pori (Metode Ring Sample), kadar air tanah (Metode Gravimetri), dan kadar serat (Metode LOI/pemisahan). Sedangkan analisis sifat kimia tanah meliputi pH (H_2O & pH meter), N-total (Metode Kjeldahl), P-total (Metode Bray I), K total (Metode Bray I), C-Organik (Metode Walkley and Black), serta Pb dan Cd (Metode AAS).

2.4 Pengolahan Data

Pengolahan data survei dan analisis di laboratorium ditabulasikan dalam bentuk tabel menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel dan Google Spreadsheet untuk memudahkan proses pengorganisasian dan verifikasi data. Seluruh data fisik dan kimia tanah kemudian dipresentasikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan interpretasi. Setiap parameter dianalisis mengacu pada indeks kesuburan tanah dari Petunjuk Teknis Kesuburan Tanah Pusat Penelitian Tanah – Bogor untuk menentukan kelas kesuburan tanah. Analisa data dilakukan dengan menggunakan uji F (ANOVA) pada taraf nyata 5%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilaksanakan pada lahan perkebunan kelapa sawit di Desa Batu Belah, Kabupaten Kampar, Riau bertujuan untuk mengetahui dan mengevaluasi karakteristik sifat fisik dan kimia tanah pada perkebunan kelapa sawit. Adapun hasil penelitian dijabarkan sebagai berikut.

3.1 Sifat Fisik Tanah

Pengukuran karakteristik sifat fisik tanah untuk menilai dan memantau kondisi tanah agar dapat mendukung pertumbuhan tanaman, mengelola penggunaan lahan secara berkelanjutan, serta menentukan potensi kerusakan tanah. Hasil analisis karakteristik sifat fisik tanah pada beberapa umur tanaman kelapa sawit disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Fisik Tanah pada Lahan Perkebunan Kelapa Sawit

| Karakteristik Sifat Fisik Tanah | Umur Tanam | | |
|---------------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | T1 (1-5 tahun) | T2 (5-10 tahun) | T3 (>15 tahun) |
| Pasir (%) | 35,84 | 38,38 | 32,14 |
| Tekstur | Debu (%) | 29,06 | 29,68 |
| | Liat (%) | 35,10 | 31,94 |
| Bulk Density (g/cm ³) | 0,81 | 0,83 | 0,61 |
| Particle Density (g/cm ³) | 2,46 | 2,79 | 2,79 |
| Total Ruang Pori (%) | 66,88 | 70,28 | 78,01 |
| Kadar air (%) | 24,26 | 24,14 | 13,41 |
| Kadar serat (%) | 5,31 | 5,10 | 4,16 |

Sumber : *Hasil Analisis Laboratorium Ilmu Tanah Universitas Riau (2025)*

3.1.1 Tekstur Tanah

Hasil analisis tekstur tanah menunjukkan bahwa fraksi pasir, debu, dan liat pada ketiga kategori umur tanaman (T1, T2, dan T3) tidak mengalami perubahan besar, namun terdapat variasi kecil yang relevan secara agronomis. Pada lahan T1, fraksi pasir sebesar 35,84%, debu 29,06%, dan liat 35,10% merupakan kelas tekstur *loam to clay loam* yang merupakan ciri khas dari tanah ultisol. Pada lahan T2, fraksi pasir meningkat sebesar 38,38% dan liat menurun sebesar 31,94%. Hal ini dikarenakan adanya peningkatan aktivitas mikroorganisme tanah dan pencampuran bahan organik pada permukaan tanah yang menyebabkan struktur agregat sedikit lebih stabil sehingga fraksi halus cenderung terdistribusi lebih merata [9]. Pada lahan T3, fraksi pasir menurun sebesar 32,14%, sementara debu meningkat sebesar 32,14% dan liat meningkat sebesar 35,29%. Peningkatan fraksi debu dan liat dikarenakan akumulasi residu organik yang terdekomposisi menjadi partikel yang lebih halus, serta intensitas pemeliharaan yang menurun pada tanaman berumur tua. Secara keseluruhan, tekstur pada semua kategori tetap berada pada kisaran tanah mineral halus dengan kemampuan menahan air tinggi namun rentan terhadap pemedatan.

3.1.2 Bulk Density (BD)

Hasil analisis BD menunjukkan hubungan yang tidak linear antar umur tanaman. Pada lahan T1 terdapat nilai BD sebesar 0,81 g/cm³, lahan T2 mengalami peningkatan sebesar 0,83 g/cm³, sedangkan pada lahan T3 terjadi penurunan sebesar 0,61 g/cm³. Peningkatan BD dari lahan T1 ke lahan T2 umum terjadi pada perkebunan sawit usia 5-10 tahun karena aktivitas akar yang semakin kuat dan tekanan mekanis dari rutinitas pemeliharaan kebun. Namun, penurunan BD pada lahan T3 menunjukkan pengaruh nyata dari akumulasi bahan organik jangka panjang. Pada umur tanaman >15 tahun, residu pelepas dan bahan organik terdekomposisi dapat meningkatkan pembentukan agregat stabil dan menurunkan kepadatan massal tanah [10]. Nilai BD sebesar 0,61 g/cm³ tergolong sangat rendah untuk tanah mineral, menandakan bahwa bahan organik memiliki peran dominan dalam sifat fisik tanah pada fase tanaman tua.

3.1.3 Particle Density (PD)

Hasil analisis PD menunjukkan nilai yang bervariasi lebih jelas dibanding BD. Pada lahan T1 terdapat nilai PD sebesar 2,46 g/cm³, meningkat pada lahan T2 sebesar 2,79 g/cm³, dan stabil pada lahan T3 sebesar 2,79 g/cm³. Peningkatan PD seiring dengan pertambahan umur tanam menunjukkan bahwa fraksi mineral semakin mendominasi volume tanah seiring dengan pengurangan kadar bahan organik pada umur tanaman 5-10 tahun yang mengakibatkan degradasi berlangsung lebih cepat dibanding akumulasi residu [11]. Kestabilan PD pada lahan T2 dan T3 menunjukkan bahwa komposisi mineral tanah tetap konsisten, sementara variasi bahan organik lebih mempengaruhi BD dan total ruang pori dibanding PD.

3.1.4 Total Ruang Pori (TRP)

Hasil analisis TRP menunjukkan peningkatan nilai ruang pori seiring dengan pertambahan umur tanaman. Pada lahan T1 terdapat nilai TRP sebesar 66,88%, meningkat pada lahan T2 sebesar 70,28%, dan mencapai nilai tertinggi pada lahan T3 sebesar 78,01%. Dinamika nilai TRP sesuai dengan penurunan BD pada lahan T3. Nilai BD yang rendah dan PD yang relatif konstan, TRP akan meningkat secara signifikan. Nilai TRP tinggi pada lahan T3 menunjukkan bahwa tanah memiliki aerasi dan kemampuan menahan air yang sangat baik. Hal ini umumnya ditemukan pada sistem tanah dengan akumulasi bahan organik tinggi, struktur remah stabil, dan gangguan mekanis yang rendah. Bahan organik dapat memperbaiki retensi air melalui peningkatan jumlah pori-pori yang stabil [12]. Jika kondisi ini dipertahankan, tanah pada lahan T3 berpotensi menjadi media tumbuh optimal dari segi fisik.

3.1.5 Kadar Air Tanah

Hasil analisis kadar air tanah pada lahan T1 sebesar 24,26% dan lahan T2 sebesar 24,14% tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Peningkatan BD pada lahan T2 tidak cukup menurunkan kapasitas retensi air pada tanah yang bertekstur halus. Namun, pada T3 terjadi penurunan kadar air sebesar 13,41% dikarenakan peningkatan TRP yang tinggi. Ruang pori besar sangat baik untuk aerasi tetapi dapat mengurangi kemampuan tanah menahan air terutama pada pori-pori makro yang tidak dapat menyimpan air terhadap gravitasi. Tanah berpori sangat besar memiliki lebih sedikit pori kapiler, sehingga mudah kehilangan air [13]. Oleh karena itu, lahan T3 yang memiliki struktur sangat remah berpotensi akan kekurangan air pada musim kering. Sifat tanah yang diodominasi oleh pori-pori makro meningkatkan resiko kekeringan fisiologis.

3.1.6 Kadar Serat Tanah

Hasil analisis kadar serat tanah menunjukkan penurunan sejalan dengan pertambahan usia tanam secara berturut-turut sebesar 5,31% (T1), 5,10% (T2), dan 4,16% (T3). Pada tahap awal, seresah lebih segar dan belum terdekomposisi penuh sehingga fraksi serat tinggi. Pada umur tanam >15 tahun memiliki residu organik telah mengalami dekomposisi lanjut dan berubah menjadi humus, sehingga fraksi serat menurun meskipun kandungan karbon organik tanah meningkat [14].

3.2. Sifat Kimia Tanah

Analisis karakteristik sifat kimia tanah untuk mengetahui status kesuburan tanah, mengevaluasi kesesuaian lahan, menentukan kebutuhan pemupukan yang tepat agar meningkatkan produksi pertanian secara berkala. Hasil analisis karakteristik sifat kimia tanah pada beberapa umur tanaman kelapa sawit disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Sifat Kimia Tanah pada Lahan Perkebunan Kelapa Sawit

| Karakteristik Sifat Kimia Tanah | Umur Tanam | | |
|------------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | T1 (1-5 tahun) | T2 (5-10 tahun) | T3 (>15 tahun) |
| pH (H ₂ O) | 6,45 | 5,79 | 6,62 |
| Nitrogen (%) | 0,28 | 0,29 | 0,28 |
| Fosfor (mg/100g) | 29,63 | 29,57 | 12,24 |
| Kalium (mg/100g) | 38,51 | 27,83 | 19,80 |
| C-Organik (%) | 3,84 | 4,06 | 3,84 |
| C/N rasio (%) | 4,12 | 4,35 | 4,12 |
| Pb (ppm) | 20,07 | 16,34 | 16,23 |
| Cd (ppm) | 0,813 | 0,458 | 0,443 |

Sumber : *Hasil Analisis Laboratorium Ilmu Tanah Universitas Riau (2025)*

3.2.1 pH tanah

Hasil analisis nilai pH tanah berdasarkan perbedaan umur tanaman menunjukkan bahwa kategori masam hingga agak masam, tetapi terdapat dinamika yang menarik secara agronomis. Pada lahan T1 terdapat nilai pH sebesar 6,45 yang menunjukkan kondisi mendekati netral. Nilai ini relatif lebih tinggi dibanding rata-rata pH tanah ultisol yang berkisar antara 4,5–5,5. Hal ini dapat terjadi akibat pengaruh pemupukan awal yang menggunakan pupuk berkation basa, pelapukan residu organik segar, atau intensitas pelindian yang rendah pada tanah muda [15]. Pada lahan T2 terdapat nilai pH menurun sebesar 5,79. Penurunan ini menunjukkan terjadinya proses pelindian kation basa akibat curah hujan tinggi di wilayah Kabupaten Kampar, Riau serta meningkatnya penggunaan pupuk nitrogen seperti urea yang membuat tanah menjadi masam. Penurunan pH pada fase pertumbuhan aktif tanaman kelapa sawit merupakan karakteristik pertumbuhan pada tanah jenis ultisol [16]. Pada lahan T3, nilai pH tanah mengalami peningkatan sebesar 6,62. Peningkatan ini berhubungan erat dengan akumulasi bahan organik jangka panjang mampu meningkatkan kapasitas penyangga tanah dan menetralkan sebagian ion H⁺ di dalam tanah. Bahan organik yang telah terhumifikasi melepaskan senyawa-senyawa yang mendukung meningkatnya pH tanah [17]. Ini menunjukkan bahwa residu tanaman sawit mampu memperbaiki kemasaman tanah dalam jangka panjang jika diimbangi dengan pemberian bahan organik.

3.2.2 Nitrogen (N)

Hasil analisis kandungan N relatif stabil pada variasi usia tanam yaitu sebesar 0,28% pada lahan T1, sedikit naik menjadi 0,29% pada lahan T2, dan kembali 0,28% pada lahan T3. Kenaikan kecil pada lahan T2 dapat disebabkan oleh tingginya aktivitas mikroba pada fase pertumbuhan vegetatif yang didukung oleh meningkatnya input seresah dan aktivitas pemupukan N. Pada lahan T3 yang memiliki bahan organik tinggi, namun nilai N tidak meningkat karena tanaman sawit umur tanam >15 tahun memiliki kebutuhan nitrogen yang sangat tinggi untuk pembentukan tajuk dan tandan buah segar. Selain itu, penurunan N dapat diakibatkan oleh mineralisasi yang cepat dan *leaching*, terutama pada tanah bertekstur halus seperti ultisol. Nilai N yang relatif rendah mengindikasikan perlunya manajemen pemupukan N yang berkelanjutan di semua kategori umur [18].

3.2.3 Fosfor (P)

Hasil analisis kandungan P menunjukkan bahwa kadar P pada lahan T1 sebesar 29,63 mg/100 g yang relatif tinggi untuk tanah ultisol. Nilai P mengalami penurunan pada lahan T2 menjadi 29,57 mg/100 g, namun tetap berada pada level tinggi untuk tanah masam. Hal ini menunjukkan bahwa pemupukan fosfat pada fase awal dan menengah

cukup efektif meningkatkan ketersediaan P. Namun pada lahan T3, kadar P mengalami menurun yang tinggi sebesar 12,24 mg/100 g. Penurunan ini dikarenakan tanaman sawit usia tanam >15 tahun menyerap P dalam jumlah besar untuk mendukung produksi biomassa dan tandan buah serta tanah ultisol secara alami mengikat P melalui fiksasi oleh Al dan Fe oksida [19]. Penurunan P pada lahan T3 menjadi indikator perlunya evaluasi strategi pemupukan P pada fase usia tanam >15 tahun agar tidak terjadi defisiensi P yang dapat menghambat produktivitas . Adapun upaya untuk meningkatkan ketersediaan P dengan memanfaatkan sumber bahan organik dari abu janjang kosong kelapa sawit serta zat kapur seperti kalsit atau dolomit [20].

3.2.4 Kalium (K)

Hasil analisis kandungan K menunjukkan penurunan yang sangat signifikan antar umur tanaman. Pada lahan T1 terdapat kadar K sebesar 38,51 mg/100 g merupakan nilai yang cukup tinggi sebagai efek residu pupuk awal dan rendahnya penggunaan K oleh tanaman muda. Kadar K pada lahan T2 mengalami penurunan sebesar 27,83 mg/100 g membuktikan bahwa adanya peningkatan kebutuhan K pada fase pertumbuhan dan pembentukan tandan awal. Sedangkan pada lahan T3, kadar K penurunan menjadi tinggi sebesar 19,80 mg/100 g. Hasil analisis kandungan K memiliki kebutuhan yang bersamaan dengan karakteristik fisiologi tanaman kelapa sawit yang menyerap K dalam jumlah sangat besar terutama pada fase produksi tinggi seeperti pembentukan buah, sintesis karbohidrat dan metabolisme sehingga ketersediaan K dalam tanah menjadi faktor utama bagi produktivitas tanaman [21]. Penurunan K pada lahan T3 dikarenakan pencucian pada tanah yang memiliki drainase yang baik serta suplai pemupukan K yang kurang untuk mengimbangi kebutuhan tanaman. Penurunan K yang tinggi hingga lebih dari 40% antara lahan T1 dan T3 menunjukkan bahwa defisiensi K merupakan risiko utama pada tanaman sawit usia tanam >15 tahun di Desa Batu Belah. Pemberian tambahan dosis KCl dan pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dapat meningkatkan sumber K dan bahan organik [22].

3.2.5 C-Organik

Hasil analisis kandungan c-organik menunjukkan bahwa nilai c-organik pada lahan T1 sebesar 3,84%, mengalami peningkatan pada lahan T2 menjadi sebesar 4,06%, kemudian kadar P kembali sebesar 3,84% pada lahan T3. Kandungan c-organik pada lahan T3 memiliki nilai yang sama dengan T1, namun struktur humus pada lahan T3 jauh lebih stabil dan matang. Peningkatan kandungan c-organik pada lahan T2 dikarenakan akumulasi serasah yang tinggi pada fase pertumbuhan aktif yang diikuti proses stabilisasi humus pada lahan T3. Nilai C-organik yang berada pada kisaran 3,8–4,0% termasuk kategori sedang–tinggi untuk tanah ultisol yang menjelaskan bahwa sistem perkebunan kelapa sawit mampu meningkatkan cadangan karbon tanah dalam jangka panjang [23]. Hal ini juga selaras dengan tingginya TRP dan rendahnya BD pada lahan T3.

3.2.6 C/N Rasio

Hasil analisis kandungan C/N rasio pada lahan T1 sebesar 4,12 %, meningkat pada lahan T2 menjadi sebesar 4,35%, dan kembali sebesar 4,12% pada lahan T3. Persentase rasio ini relatif rendah dibandingkan standar bahan organik segar karena bahan organik pada lahan berbagai usia tanam mengalami dekomposisi lanjut. Nilai C/N rasio yang rendah mempercepat siklus N sehingga ketersediaan hara N menjadi cepat tersedia. Nilai C/N pada kisaran 4–5 menunjukkan humifikasi yang baik dan tidak ada indikasi imobilisasi N dalam jumlah besar [24]. Namun nilai C/N rasio juga mengindikasikan bahwa bahan organik yang tersisa lebih stabil dan kurang mampu menyediakan N tambahan.

3.2.7 Timbal (Pb)

Hasil analisis kandungan Pb pada lahan T1 sebesar 20,07 ppm, mengalami penurunan pada lahan T2 menjadi sebesar 16,34 ppm dan lahan T3 dengan nilai sebesar 16,23 ppm. Penurunan dikarenakan pengenceran konsentrasi logam berat Pb akibat peningkatan biomassa organik dan aktivitas pelapukan. Logam berat Pb terikat kuat pada fraksi liat, sehingga akumulasi biomassa pada tanaman usia tanam >15 tahun tidak meningkatkan kadar Pb dalam tanah [25]. Kandungan nilai Pb tidak melebihi standar ambang batas yaitu sebesar <50 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat kontaminasi dari pupuk maupun kegiatan antropogenik pada lahan Perkebunan kelapa sawit di Desa Batu Belah.

3.2.8 Kadmium (Cd)

Hasil analisis kandungan Cd pada lahan T1 sebesar 0,813 ppm, mengalami penurunan pada lahan T2 sebesar 0,458 ppm, dan lahan T3 sebesar 0,443 ppm. Penurunan ini menunjukkan bahwa Cd tidak terakumulasi dalam sistem tanah pada lahan kelapa sawit seiring bertambahnya umur tanaman. Logam berat Cd lebih mudah terlarut dibanding Pb, sehingga mudah terikat pada bahan organik dan tercuci ke lapisan lain [26]. Nilai Cd tidak melebihi standar ambang batas yaitu sebesar <3 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa tanah sawit di Desa Batu Belah tidak mengalami kontaminasi Cd.

4. KESIMPULAN

Karakteristik sifat fisik dan kimia tanah pada lahan perkebunan kelapa sawit di Desa Batu Belah, Kampar, Riau menunjukkan bahwa umur tanaman memberikan pengaruh nyata terhadap dinamika kualitas tanah. Pada lahan T1 memiliki ketersediaan hara P dan K tinggi serta kadar air tinggi, tetapi struktur tanah belum stabil, lahan T2 merupakan fase paling ideal dengan TRP baik, C-organik tertinggi, rasio C/N terbaik, dan unsur hara relatif seimbang. Sedangkan T3 mengalami pematangan rendah (BD rendah), TRP tinggi, tetapi kadar air turun drastis dan unsur hara P serta K menurun. Untuk kandungan logam berat Pb <50% ppm dan Cd <3% ppm tidak melebihi ambang batas yang ditentukan pada lahan T1, T2 dan T3. Secara keseluruhan, kualitas tanah pada lahan T2 menunjukkan kondisi paling ideal bagi pertumbuhan dan produktivitas kelapa sawit. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengelolaan hara N, P, K, dan penambahan bahan organik untuk mempertahankan kualitas tanah terutama pada umur tanam >15 tahun. Penelitian selanjutnya disarankan untuk membuat pemodelan produktivitas dan kualitas tanaman berdasarkan sifat tanah pada berbagai umur tanaman sebagai rekomendasi pengelolaan yang lebih tepat dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Masyarakat Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi melalui Hibah Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Tahun Anggaran 2025 Batch I dengan kontrak LLDIKTI Wilayah XVII No 029/LL17/DT.05.00/PL/2025 dengan judul *Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat Menggunakan Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Absorben untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan*.

REFERENSI

- Ajeng, A. A., Abdullah, R., Abdul Malek, M., Chew, K. W., Ho, Y.-C., Ling, T. C., Lau, B. F., & Show, P. L. (2020). *The effects of biofertilizers on growth, soil fertility, and nutrients uptake of oil palm (*Elaeis guineensis*) under greenhouse conditions.* Processes, 8(12), 1681. <https://doi.org/10.3390/pr8121681>.
- Alhaji, A. M., Almeida, E. S., Carneiro, C. R., da Silva, C. A. S., Monteiro, S., & Coimbra, J. S. d. R. (2024). Palm oil (*Elaeis guineensis*): A journey through sustainability, processing, and utilization. Foods, 13(17), 2814. <https://doi.org/10.3390/foods13172814>
- Anindita, M., Sulakhudin, & Agustine, L. (2024). Analisis beberapa sifat kimia tanah Ultisol pada lahan kelapa sawit. Jurnal Sains Pertanian Equator, 13(4), 1–10. <https://doi.org/10.26418/jspe.v13i4.71088>
- Anwar, S., Santosa, E., & Purwono. (2023). *Cassava growth and yield on ultisol of different soil organic carbon content and NPK fertilizer levels.* Jurnal Agronomi Indonesia, 51(3), 312–323. <https://doi.org/10.24831/jai.v51i3.47806>
- Bouida, L., et al. (2022). A review on cadmium and lead contamination: Sources, fate, mechanism, health effects and remediation methods. Water, 14(21), 3432.
- Descals, A., et al. (2024). Global mapping of oil palm planting year from 1990 to 2021. Earth System Science Data, 16, 5111–5135. <https://doi.org/10.5194/essd-16-5111-2024>
- Fahrusyah, R., Jannah, R., & Utama, A. A. (2021). *Perubahan pH, aluminium dapat tukar, dan fosfor tersedia Ultisol karena pemberian pupuk organik batang pisang dan abu terbang batubara.* Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab.
- Ferry, M., Saad, A., & Farni, Y. (2024). *Evaluasi status kesuburan tanah di masa replanting perkebunan kelapa sawit pada tanah mineral Provinsi Jambi.* Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan, 11(1), 17–27. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2024.011.1.3>
- Fikri, M., Hidayah, N., & Wulandari, S. (2022). Effect of organic matter enhancement on soil aeration, aggregation, and water holding capacity in tropical soils. *Soil and Environment*, 41(2), 155–166.
- Guo, L., Li, Y., He, N., Dong, L., & Yu, G. (2020). *Soil carbon/nitrogen ratio and its regulation on soil organic matter decomposition in terrestrial ecosystems.* Journal of Environmental Management, 260, 110087.
- Gusmawartati & Ardinsyah, R. (2024). *Dosage of empty palm oil bunches compost with cellulolytic bacteria on corn growth in Ultisol soil.* Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan, 24(2), 74–78. <https://doi.org/10.29244/jitl.24.2.74-78>
- Harrison, R., et al. (2024). Combining lime and organic amendments based on titratable alkalinity for efficient amelioration of acidic soils. *SOIL*, 10, 33. <https://doi.org/10.5194/soil-10-33-2024>
- Keosivongsa, L., Wararam, W., & PhewnI, O. (2024). *Absorption and desorption of lead and manganese in clay-textured soil.* Journal of Modern Learning Development, 9(12), 28–40.
- Li, T. M. (2024). Securing oil palm smallholder livelihoods without more deforestation in Indonesia. *Nature Sustainability*, 7(4), 387–393. <https://doi.org/10.1038/s41893-024-01279-w>
- Nugroho, A., Wulandari, S., & Setiawan, A. (2021). Role of organic matter enrichment on soil aggregate stability and fine particle distribution in tropical soils. *Journal of Tropical Soil Science*, 9(3), 145–154.
- Nurdianto, R., Hanuf, A. A., Lutfi, M. W., Suntari, R., & Soemarno. (2022). *Analysis of soil base cations content after application of organic fertilizer on Inceptisols at lemon-tree orchard.* Agrotechnology Research Journal.

- Nurwanto, N., Hermawan, A., Widiyono, B., Sulistyo, H., & Hindarto, K. S. (2025). Evaluation of selected soil physical properties in oil palm, rubber, and forest land in Mukomuko Regency. TERRA: Journal of Land Restoration, 8(1), 20–29.
- Nyasapoh, J. B. A., Forkuor, G., Yeboah, E., Tetteh, F. M., & Asirifi, E. K. (2024). *Irrigation and oil palm empty fruit bunch mulch enhance soil physico-chemical properties in oil palm plantations*. PLOS ONE, 19(7), e0302711. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0302711>.
- Pérez-Sato, M., Gómez-Gutiérrez, Á., López-Valdez, F., Ayala-Niño, F., Soni-Guillermo, E., González-Graillet, M., & Pérez-Hernández, H. (2023). Soil physicochemical properties change by age of the oil palm crop. *Heliyon*, 9(6), e16302. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16302>
- Pratamaningsih, M. M., Hati, D. P., Erwinda, E., Muslim, R. Q., Hikmat, M., & Purwanto, S. (2023). Soil characteristics and management of Ultisols derived from claystones of Sumatra. *Journal of Tropical Soils*, 29(3), 115–125. <https://doi.org/10.5400/jts.2024.v29i3.115-125>
- Singh, R., et al. (2021). *Nutrient management in oil palm plantations: Focus on potassium uptake and dynamics*. Frontiers in Plant Science, 12, 644978. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.644978>.
- Sugianto, H., Nelson, P. N., van Noordwijk, M., & Rist, L. (2023). Widespread nutrient deficiencies limit yields in smallholder oil palm in Indonesia. *Science of The Total Environment*, 899, 165697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165697>
- Utami, S. N. H., (2024). Empty fruit bunch oil palm ash and biochar improved peat soil properties, NPK status on leaves and the growth of immature oil palm plantations. *Applied Environmental Soil Science*. <https://doi.org/10.1155/aess/1133527>
- Wandri, R., Hairiah, K., Suprayogo, D., van Noordwijk, M., & Asmono, D. (2025). *Oil palm frond decomposition and soil carbon stocks in response to fertilization regime and management zones*. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 12(5), 9011–9021. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2025.125.9011>
- Zhang, X., et al. (2020). Effects of soil pore characteristics on water retention and movement in agricultural soils. *Soil & Tillage Research*, 200, 104611.
- Zulkarnain, I., Siregar, H., & Utami, S. R. (2020). Changes in soil mineral fractions and organic matter depletion in intensively managed tropical soils. *Environmental Earth Sciences*, 79(18), 1–12.