

PENETAPAN KADAR AIR TANAH PADA LAHAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT DAN KAITANNYA TERHADAP KETERSEDIAAN AIR TANAMAN

DETERMINATION OF SOIL WATER CONTENT IN OIL PALM PLANTATION LAND AND ITS RELATIONSHIP TO PLANT WATER AVAILABILITY

Zaurah Hasibuan ^{1*}, Setya Fachrel Arjuna Siregar ², Rizky Syahbana Hasibuan ³, Rendi Aulia ⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Budidaya Perkebunan, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sawit Indonesia, Indonesia

*Corresponding Email: uyazauriah@gmail.com

Abstrak

Kelapa sawit merupakan komoditas perkebunan dengan kebutuhan air yang tinggi, di mana stabilitas kadar air tanah menjadi parameter krusial bagi keberhasilan fisiologis tanaman. Namun, keragaman agroekosistem seringkali menyebabkan fluktuasi ketersediaan air yang dapat memicu cekaman abiotik dan menurunkan produktivitas. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penetapan kadar air tanah pada berbagai tipe lahan perkebunan kelapa sawit serta mengkaji kaitannya terhadap ketersediaan air bagi tanaman. Metode penelitian yang digunakan adalah tinjauan literatur sistematis terhadap 20 referensi ilmiah yang mencakup jurnal penelitian dan buku teks fundamental ilmu tanah. Hasil analisis menunjukkan bahwa penetapan kadar air tanah pada lahan gambut sangat bergantung pada manajemen tinggi muka air (TMA), di mana kedalaman 40-60 cm merupakan level optimal untuk mencegah defisiensi hara dan kekeringan pelepah. Pada lahan mineral, faktor kemiringan lereng (topografi) dan fraksi tekstur liat secara signifikan menentukan kapasitas retensi air di zona perakaran. Selain itu, alih fungsi lahan dari persawahan terbukti meningkatkan pemadatan tanah yang berdampak pada perubahan dinamika infiltrasi air. Strategi teknologi penginderaan jauh dan intervensi biologis melalui mikoriza diidentifikasi sebagai langkah efektif dalam mengoptimalkan status air tanaman di lahan marginal. Kesimpulannya, penetapan kadar air tanah yang akurat melalui monitoring spasial dan tata air yang terkendali merupakan kunci utama dalam menjamin ketersediaan air yang berkelanjutan bagi tanaman kelapa sawit di berbagai tipe lahan.

Kata Kunci : Kelapa Sawit, Kadar Air Tanah, Ketersediaan Air, Manajemen Tata Air.

Abstract

Oil palm is a plantation commodity with high water requirements, where the stability of soil water content is a crucial parameter for the physiological success of the plant. However, the diversity of agroecosystems often causes fluctuations in water availability that can trigger abiotic stress and reduce productivity. This study aims to analyze the determination of soil water content in various types of oil palm plantation land and examine its relationship to water availability for plants. The research method used was a systematic literature review of 20 scientific references including research journals and fundamental soil science textbooks. The analysis results show that the determination of soil water content in peatlands is highly dependent on water table (TMA) management, where a depth of 40-60 cm is the optimal level to prevent nutrient deficiencies and leaf frond drying. On mineral soils, slope gradient (topography) and clay texture fraction significantly determine the water retention capacity in the root zone. In addition, land conversion

from rice fields has been shown to increase soil compaction, which impacts changes in water infiltration dynamics. Remote sensing technology strategies and biological interventions through mycorrhizae have been identified as effective measures to optimize plant water status in marginal land. In conclusion, accurate determination of soil water content through spatial monitoring and controlled water management is key to ensuring sustainable water availability for oil palm plantations across various land types.

Keywords : Oil Palm, Soil Water Content, Water Availability, Water Management.

PENDAHULUAN

Perkembangan industri kelapa sawit di Indonesia terus menunjukkan peningkatan yang signifikan dan menempatkan Indonesia sebagai salah satu produsen minyak kelapa sawit mentah (Crude Palm Oil/CPO) terbesar di dunia. Ekspansi perkebunan kelapa sawit tidak hanya dilakukan oleh perusahaan besar, tetapi juga berkembang pesat pada sektor perkebunan rakyat yang tersebar di berbagai wilayah tropis Indonesia. Perluasan area budidaya tersebut sering kali diarahkan pada lahan-lahan marginal seperti lahan gambut, wilayah berbukit, serta kawasan konversi dari persawahan maupun hutan sekunder (Powa & S, 2025). Kondisi ini menunjukkan bahwa sektor kelapa sawit memiliki peran penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi nasional, penyediaan lapangan kerja, serta peningkatan devisa negara. Namun, di sisi lain, ekspansi perkebunan yang tidak diimbangi dengan pengelolaan sumber daya lahan dan air secara tepat dapat memicu berbagai permasalahan ekologis,

terutama terkait penurunan kualitas tanah, terganggunya keseimbangan hidrologi, dan menurunnya cadangan air tanah (Perkebunan, 2016)

Dalam sistem budidaya kelapa sawit, air merupakan faktor utama yang menentukan keberlangsungan proses fisiologis tanaman. Ketersediaan air tanah yang stabil berperan penting dalam menjaga proses fotosintesis, respirasi, translokasi unsur hara, serta pembentukan jaringan tanaman. Air juga berfungsi sebagai media transportasi unsur hara dari dalam tanah menuju akar melalui mekanisme aliran massa dan difusi. Ketika kadar air tanah berada pada kondisi optimal, tekanan turgor sel tanaman dapat dipertahankan sehingga proses pembelahan dan pembesaran sel berlangsung secara normal. Sebaliknya, penurunan kadar air tanah di bawah kapasitas lapang menyebabkan tanaman mengalami cekaman air yang ditandai dengan penurunan laju fotosintesis akibat penutupan stomata untuk mengurangi kehilangan air melalui proses transpirasi.

Kondisi tersebut pada akhirnya berdampak terhadap terganggunya pembentukan bunga betina, menurunnya pengisian buah, dan rendahnya produksi tandan buah segar (TBS) kelapa sawit (Raharjo et al., 2023)

Tingginya kebutuhan air pada tanaman kelapa sawit menjadikan pengelolaan kadar air tanah sebagai aspek penting dalam sistem budidaya modern. Permasalahan utama yang sering dihadapi di lapangan adalah tingginya variabilitas karakteristik tanah dan kondisi hidrologi antarwilayah perkebunan. Pada lahan gambut, misalnya, tanah memiliki kapasitas menahan air yang sangat tinggi, tetapi bersifat rentan terhadap kekeringan apabila muka air tanah mengalami penurunan ekstrem dalam waktu lama. Kondisi tersebut dapat menyebabkan gambut mengalami irreversible drying atau kekeringan tak balik yang memicu sifat hidrofobik sehingga tanah sulit kembali menyerap air (Salam & K, 2020). Selain meningkatkan risiko kebakaran lahan, penurunan muka air tanah pada lahan gambut juga menghambat penyerapan unsur hara makro dan mikro oleh tanaman.

Sebaliknya, apabila muka air tanah terlalu dangkal, kondisi tanah menjadi anaerob sehingga respirasi akar terganggu dan ketersediaan unsur hara tertentu mengalami penurunan. Lingkungan

anaerob juga dapat memicu akumulasi senyawa toksik yang berdampak negatif terhadap perkembangan akar tanaman. Oleh karena itu, pengelolaan tata air pada lahan gambut memerlukan pengendalian yang presisi melalui sistem drainase, sekat kanal, dan pengaturan tinggi muka air tanah agar tetap berada pada kondisi optimum bagi pertumbuhan tanaman kelapa sawit.

Pada lahan mineral dan wilayah bertopografi miring, tantangan pengelolaan air tanah memiliki karakteristik yang berbeda. Faktor kemiringan lereng sangat memengaruhi kemampuan tanah dalam menginfiltrasi dan menyimpan air hujan. Semakin tinggi tingkat kemiringan lahan, maka potensi limpasan permukaan (run-off) dan erosi tanah akan semakin besar. Akibatnya, sebagian besar air hujan tidak mampu tertahan di zona perakaran tanaman dan langsung mengalir ke daerah yang lebih rendah (Puspitorini et al., 2020). Kondisi tersebut menyebabkan cadangan air tanah menurun, terutama pada lapisan topsoil yang merupakan area aktif perkembangan akar kelapa sawit (Safriani et al., 2016). Selain faktor topografi, tekstur tanah juga menentukan kapasitas retensi air. Tanah bertekstur liat umumnya memiliki kemampuan menyimpan air lebih tinggi dibandingkan tanah bertekstur pasir yang cenderung memiliki pori makro dominan sehingga air lebih cepat mengalami

perkolasi ke lapisan bawah tanah (Salam & K, 2023)

Perubahan penggunaan lahan turut memberikan pengaruh besar terhadap dinamika kadar air tanah pada perkebunan kelapa sawit. Konversi lahan persawahan menjadi perkebunan sawit, misalnya, menyebabkan perubahan struktur dan sifat fisik tanah secara signifikan. Aktivitas mekanisasi dan penggunaan lahan secara intensif dapat meningkatkan pemadatan tanah (bulk density), menurunkan porositas, serta menghambat infiltrasi air ke dalam tanah. Dalam jangka panjang, kondisi tersebut berdampak terhadap menurunnya kemampuan tanah dalam menyimpan cadangan air dan meningkatkan risiko terjadinya cekaman kekeringan pada tanaman (Adrinal, Saidi, A, et al., 2016)

Selain faktor fisik dan hidrologi, kondisi kimia dan biologi tanah juga memiliki keterkaitan erat dengan ketersediaan air bagi tanaman. Pada tanah marginal yang memiliki kandungan bahan organik rendah dan pH masam, efisiensi penyerapan unsur hara oleh tanaman menjadi kurang optimal. Ketersediaan air yang rendah memperburuk kondisi tersebut karena mobilitas unsur hara di dalam tanah menjadi semakin terbatas. Oleh sebab itu, pendekatan pengelolaan tanah secara

biologis mulai dikembangkan melalui pemanfaatan mikroorganisme tanah seperti Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) yang mampu meningkatkan efisiensi penyerapan air dan unsur hara oleh tanaman (Harahap et al., 2021). Keberadaan mikoriza membantu memperluas area serapan akar melalui jaringan hifa yang mampu menjangkau mikropori tanah yang tidak dapat ditembus oleh akar tanaman biasa.

Perkembangan teknologi pertanian presisi juga membuka peluang baru dalam pengelolaan kadar air tanah secara lebih efektif dan efisien. Penggunaan teknologi penginderaan jauh, sensor kelembapan tanah, serta sistem informasi geografis memungkinkan monitoring kondisi air tanah dilakukan secara spasial dan real-time pada areal perkebunan berskala luas. Pendekatan ini dinilai lebih akurat dalam mendeteksi wilayah yang mengalami defisit air maupun kelebihan air sehingga pengambilan keputusan manajemen kebun dapat dilakukan secara lebih cepat dan tepat sasaran.

Meskipun berbagai penelitian mengenai kadar air tanah pada perkebunan kelapa sawit telah banyak dilakukan, sebagian besar penelitian masih membahas faktor-faktor tersebut secara parsial. Penelitian terdahulu umumnya hanya

berfokus pada pengaruh muka air tanah, topografi, tekstur tanah, atau aspek biologi tanah secara terpisah. Padahal, dinamika kadar air tanah pada perkebunan kelapa sawit merupakan hasil interaksi kompleks antara faktor hidrologi, sifat fisika tanah, kondisi kimia tanah, aktivitas biologi tanah, dan manajemen lahan. Oleh karena itu, diperlukan suatu kajian yang mampu mensintesis berbagai hasil penelitian tersebut secara integratif agar diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai hubungan antara kadar air tanah dan ketersediaan air bagi tanaman kelapa sawit.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penetapan kadar air tanah pada berbagai tipe lahan perkebunan kelapa sawit serta mengkaji kaitannya terhadap ketersediaan air bagi tanaman. Kajian ini diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam mendukung pengelolaan tata air dan konservasi tanah yang lebih adaptif, efisien, dan berkelanjutan pada sistem perkebunan kelapa sawit di berbagai kondisi agroekosistem.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode studi pustaka (*literature review*) untuk menganalisis hubungan kadar air

tanah terhadap ketersediaan air bagi tanaman kelapa sawit pada berbagai tipe lahan perkebunan. Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan gambaran komprehensif mengenai dinamika hidrologi, sifat fisika-kimia tanah, serta faktor biologis yang memengaruhi ketersediaan air tanah pada sistem budidaya kelapa sawit.

Pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran berbagai sumber literatur ilmiah yang berasal dari jurnal nasional bereputasi, buku teks ilmu tanah dan agronomi, serta publikasi ilmiah lain yang relevan dengan topik penelitian. Literatur yang digunakan terdiri atas 15 artikel jurnal ilmiah dan 5 buku referensi utama yang diterbitkan dalam kurun waktu 10 tahun terakhir. Penelusuran referensi dilakukan melalui Google Scholar dan database jurnal ilmiah menggunakan kata kunci seperti *kadar air tanah*, *kelapa sawit*, *water availability*, *muka air tanah gambut*, *retensi air tanah*, dan *soil moisture*.

Literatur yang dipilih merupakan sumber yang memiliki keterkaitan langsung dengan pengelolaan kadar air tanah pada perkebunan kelapa sawit, baik pada lahan gambut maupun lahan mineral. Sementara itu, artikel yang tidak relevan dengan tema penelitian, memiliki data yang tidak lengkap, atau tidak berkaitan dengan aspek hidrologi dan sifat tanah tidak digunakan dalam proses analisis.

Tahapan analisis data dilakukan melalui proses identifikasi literatur, reduksi

data, pengelompokan informasi, dan sintesis hasil penelitian. Data yang diperoleh kemudian dikategorikan ke dalam beberapa fokus pembahasan utama, yaitu: (1) dinamika tata air dan status hara pada lahan gambut; (2) pengaruh topografi, tekstur tanah, dan konservasi air terhadap kadar air tanah; (3) interaksi sifat kimia dan biologi tanah terhadap ketersediaan air; serta (4) strategi pengelolaan kadar air tanah secara berkelanjutan.

Data kuantitatif yang diperoleh dari berbagai penelitian terdahulu, seperti kedalaman muka air tanah, kadar air tanah, dan kondisi pertumbuhan tanaman, dianalisis secara deskriptif-komparatif untuk melihat hubungan antarvariabel. Selanjutnya, hasil sintesis digunakan untuk merumuskan pemahaman yang lebih integratif mengenai pengelolaan kadar air tanah dalam mendukung produktivitas dan keberlanjutan perkebunan kelapa sawit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Dinamika Tata Air dan Status Hara di Ekosistem Gambut

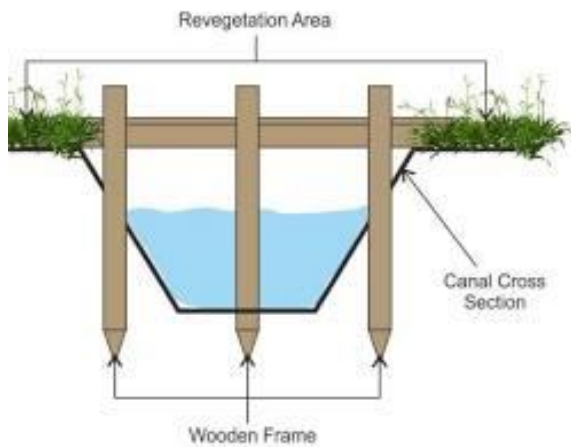
Pengelolaan tata air pada lahan gambut menjadi faktor utama dalam menjaga produktivitas kelapa sawit. Tanah gambut memiliki karakteristik fisik berupa porositas tinggi, bulk density rendah, serta kemampuan menyimpan air yang besar karena kandungan bahan organik yang

tinggi (Ardiyanto, A, et al., 2021; Salam & K, 2020). Namun, meskipun mampu menahan air dalam jumlah besar, sebagian air tersebut tidak seluruhnya tersedia bagi tanaman karena terikat pada pori mikro tanah. Selain itu, gambut memiliki sifat irreversible drying atau kekeringan tak balik apabila mengalami pengeringan berlebihan dalam waktu lama sehingga tanah menjadi hidrofobik dan sulit menyerap air kembali.

Fluktuasi muka air tanah sangat memengaruhi kondisi fisiologis tanaman kelapa sawit. Penurunan muka air tanah hingga lebih dari 60–80 cm menyebabkan lapisan topsoil mengalami kekeringan sehingga penyerapan air dan unsur hara oleh akar terganggu (Winarna et al., 2020). Kondisi tersebut menghambat translokasi unsur hara makro seperti Nitrogen (N) dan Kalium (K), yang kemudian memunculkan gejala Low Frond Desiccation (LFD) atau mengeringnya pelepah bagian bawah tanaman secara prematur.

Sebaliknya, muka air tanah yang terlalu dangkal menyebabkan kondisi tanah menjadi anaerob karena ruang pori dipenuhi air. Keadaan ini menghambat respirasi akar dan menurunkan kemampuan akar dalam menyerap unsur hara. Selain itu, kondisi reduktif pada tanah gambut dapat meningkatkan kelarutan unsur Fe dan Al hingga mencapai tingkat toksik bagi tanaman. Fluktuasi muka air tanah juga memengaruhi ketersediaan unsur hara mikro

seperti Cu dan Zn yang berperan penting dalam metabolisme tanaman (Siallagan et al., 2021)



Gambar 1. Implementasi infrastruktur sekat kanal (*canal blocking*) di parit drainase perkebunan kelapa sawit lahan gambut.

Infrastruktur ini berfungsi vital untuk menahan laju *run-off* dan mempertahankan hidrologi zona perakaran tetap optimal pada level 40–60 cm untuk mencegah kekeringan tak balik dan *Low Frond Desiccation*.

Dalam konteks perubahan iklim global, pengelolaan hidrologi lahan gambut menjadi semakin kompleks. Fenomena El Niño yang menyebabkan penurunan curah hujan dan peningkatan suhu udara mampu meningkatkan laju evapotranspirasi secara signifikan. Akibatnya, cadangan air pada lapisan gambut mengalami penurunan lebih cepat dibandingkan kondisi normal. Jika tidak diimbangi dengan sistem tata air yang baik, maka lapisan gambut akan mengalami kekeringan permanen yang menyebabkan meningkatnya sifat hidrofobik dan risiko kebakaran lahan. Kebakaran gambut tidak

hanya merusak ekosistem perkebunan, tetapi juga menyebabkan hilangnya lapisan bahan organik tanah yang selama ini berfungsi sebagai penyimpan air alami (Tarigan et al., 2025)

Untuk mencegah terjadinya degradasi hidrologi, penerapan sistem pengelolaan tata air seperti sekat kanal (*canal blocking*), pintu air, dan pengendalian debit drainase menjadi langkah penting dalam menjaga stabilitas muka air tanah. Infrastruktur tata air tersebut berfungsi memperlambat aliran keluar air dari kawasan perkebunan sehingga kelembapan tanah tetap terjaga pada kisaran optimal. Penelitian Suryadi et al., 2023 menunjukkan bahwa pengaturan debit drainase yang tidak terkendali dapat mempercepat proses subsiden gambut akibat hilangnya cadangan air dan terjadinya oksidasi bahan organik secara terus-menerus. Oleh karena itu, pengelolaan tata air berbasis keseimbangan hidrologi menjadi kunci utama dalam mempertahankan produktivitas dan keberlanjutan perkebunan kelapa sawit di lahan gambut.

Tabel 1. Korelasi Parameter kedalaman Muka Air Tanah dan Kondisi Agronomis Tanaman Kelapa Sawit

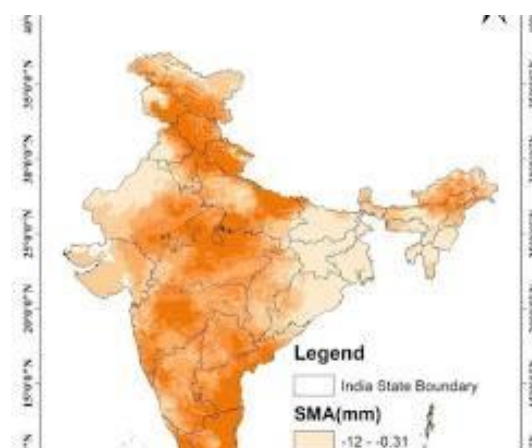
Kategori Kedalaman Muka Air	Status Hidrologi Lahan	Dampak terhadap Sifat Tanah & Hara	Indikator Respons Tanaman Sawit	Rekomendasi Pengelolaan Lahan
0 - 30 cm (Sangat Dangkal)	Jenuh Air / Tergenang (Anaerob)	Akumulasi asam organik beracun, kelarutan Cu & Zn sangat rendah.	Klorosis pada daun muda, akar kesulitan bernapas (asfiksia).	Pembukaan pintu air (pembuangan), pelebaran saluran drainase sekunder.
40 - 60 cm (Optimal)	Kapasitas Lapang Ideal	Kapilaritas air stabil, serapan hara makro dan mikro berada di tingkat tertinggi.	Vegetatif tumbuh tegak, produksi bunga betina maksimal, bebas LFD.	Penutupan selektif pintu air, pemeliharaan sekat kanal secara berkala.
> 80 cm (Sangat Dalam)	Defisit Air / Kekeringan	Kering tak balik (hidrofobik), N dan K tanah terhambat, risiko gambut terbakar tinggi.	Munculnya gejala pelepasan bawah mengering prematur (LFD).	Pembuatan bendungan kanal darurat (canal blocking), penyesatan total debit air.

3.2. Pengaruh Iklim, Topografi, Tekstur Lahan, dan Pemetaan Spasial Air Tanah

Ketersediaan air tanah pada perkebunan kelapa sawit tidak hanya dipengaruhi oleh faktor fisik dan hidrologi, tetapi juga berkaitan erat dengan kondisi kimia dan biologi tanah. Pada tanah marginal tropis, terutama tanah berpasir dan tanah masam, kemampuan tanah dalam mempertahankan unsur hara dan air umumnya relatif rendah. Kondisi tersebut menyebabkan efisiensi pemupukan menjadi kurang optimal karena unsur hara mudah tercuci bersama aliran air menuju lapisan bawah tanah.

Kandungan bahan organik tanah memiliki peran penting dalam memperbaiki kualitas fisik dan kimia tanah. Penambahan bahan organik seperti kompos, tandan kosong kelapa sawit, dan pupuk organik mampu meningkatkan kandungan karbon organik (C-organik) tanah yang berfungsi memperbaiki agregasi tanah dan meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK). Struktur tanah yang

lebih agregatif membantu meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air sekaligus memperbaiki aerasi dan perkembangan akar tanaman. Selain itu, bahan organik juga meningkatkan kemampuan tanah dalam mempertahankan unsur hara sehingga kehilangan nutrisi akibat pencucian dapat ditekan.



Gambar 2. Peta visualisasi spasial gradien kadar air tanah aktual di area perkebunan dengan topografi berbukit, menunjukkan korelasi negatif antara derajat kemiringan lereng (DEM) dan retensi kelembapan tanah zona perakaran. Area dengan warna pekat menunjukkan kelembapan tinggi di dataran rendah/lembah, sementara area kemiringan curam menunjukkan retensi air yang lebih rendah.

Selain topografi, tekstur tanah juga sangat menentukan kapasitas retensi air. Tanah bertekstur pasir memiliki pori makro dominan sehingga air lebih cepat mengalami perkolasi ke lapisan bawah tanah. Sebaliknya, tanah bertekstur liat memiliki kemampuan menahan air lebih tinggi karena didominasi pori mikro yang mampu mempertahankan kelembapan lebih lama di zona perakaran tanaman. Sementara

itu, tanah bertekstur debu memiliki kemampuan retensi air dan aerasi yang relatif seimbang.

Untuk mengurangi kehilangan air akibat limpasan dan erosi, diperlukan penerapan teknik konservasi tanah dan air seperti pembuatan rorak, terasering, penggunaan mulsa organik, dan tanaman penutup tanah (*cover crop*). Teknik tersebut membantu meningkatkan infiltrasi air, mengurangi evaporasi, serta mempertahankan stabilitas struktur tanah.

Dalam pengelolaan perkebunan modern, monitoring kadar air tanah juga mulai memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dan pemetaan spasial berbasis citra satelit. Penggunaan NDVI dan metode interpolasi *kriging* mampu menghasilkan peta distribusi kelembapan tanah secara lebih cepat dan akurat sehingga memudahkan pengelola kebun dalam mendeteksi area yang mengalami defisit air (Zauhairah, F, et al., 2022)

Untuk menanggulangi kompleksitas ketersediaan air secara geografis, pendekatan manajemen perkebunan modern wajib mengintegrasikan beberapa elemen kunci berikut:

- a) **Optimalisasi Tekstur Tanah sebagai Buffer Iklim:** Perhitungan neraca air iklim historis (metode Thornthwaite-Mather) membuktikan bahwa tanah dengan dominasi fraksi liat halus memiliki

kapasitas simpanan air yang lebih unggul dibandingkan tanah bertekstur pasir, sehingga jenis tanah ini mampu melindungi tanaman dari cekaman kekeringan bulanan (Ardiyanto, Murtilaksono, et al., 2021).

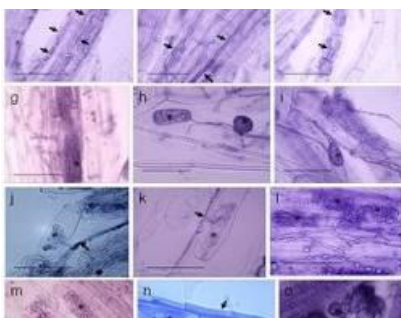
- b) **Pemetaan Spasial Berbasis Penginderaan Jauh:** Monitoring kelembapan tanah secara manual di perkebunan berskala ribuan hektar sangat tidak efisien. Penggunaan citra satelit untuk menganalisis Indeks Vegetasi (NDVI) dan memodelkannya dengan metode interpolasi *kriging* telah terbukti akurat dalam menghasilkan peta kontur sebaran air tanah secara *real-time*, memudahkan manajer kebun mendeteksi blok-blok yang rawan kekeringan (Zauhairah, Barus, et al., 2022).
- c) **Manajemen Dampak Konversi Lahan:** Konversi lahan basah (persawahan) menjadi perkebunan kelapa sawit membawa perubahan radikal pada fisika tanah. Usia konversi yang semakin lama berbanding lurus dengan peningkatan pemadatan tanah (angka *bulk density* naik), dan secara simultan menurunkan total cadangan bahan organik tanah

(Adrinal, Saidi, Gusmini, et al., 2016).

3.3. Dinamika Sifat Kimia dan Intervensi Biologi Tanah

Ketersediaan air tanah juga berkaitan erat dengan kondisi kimia dan biologi tanah. Pada tanah marginal, terutama tanah berpasir dan masam, kemampuan tanah dalam menyimpan air dan unsur hara cenderung rendah. Kondisi tersebut menyebabkan efisiensi pemupukan menjadi kurang optimal karena unsur hara mudah tercuci bersama aliran air tanah (Hermawan et al., 2019)

Penambahan bahan organik seperti kompos dan tandan kosong kelapa sawit mampu meningkatkan kandungan C-organik tanah, memperbaiki agregasi tanah, serta meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK). Struktur tanah yang lebih baik membantu meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air dan unsur hara sehingga efisiensi penggunaan pupuk menjadi lebih tinggi. Darlita et al., 2017 menyatakan bahwa peningkatan bahan organik sangat penting pada tanah berpasir yang memiliki kemampuan retensi air rendah.



Gambar 3. Mikrograf hasil pewarnaan korteks akar tanaman, menunjukkan kolonisasi struktur hifa dan vesikel Cendawan Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) (berwarna biru pekat) di dalam sel-sel akar. Simbiosis biologi ini secara signifikan memperluas jangkauan penyerapan air dan nutrisi tanaman (terutama Fosfor) pada tanah bertekstur pasir dan marginal.

Selain pendekatan kimia, intervensi biologi tanah juga menjadi strategi penting dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman air. Salah satu mikroorganisme yang berperan penting adalah Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA). Mikoriza membentuk simbiosis mutualisme dengan akar tanaman dan membantu memperluas daerah serapan akar melalui jaringan hifa. Keberadaan mikoriza meningkatkan efisiensi penyerapan air dan unsur hara, terutama Fosfor (P), serta membantu tanaman lebih toleran terhadap kondisi kekeringan.

Penelitian Sofiyati et al., 2026 menunjukkan bahwa populasi mikoriza pada lahan kelapa sawit memiliki hubungan positif terhadap kemampuan tanaman dalam memanfaatkan cadangan air tanah. Selain mikoriza, mikroorganisme lain seperti bakteri pelarut fosfat, rhizobacteria, dan dekomposer juga berperan dalam meningkatkan kesuburan tanah dan mempercepat ketersediaan unsur hara bagi tanaman.

Dengan demikian, pengelolaan tanah yang mengintegrasikan pendekatan fisik,

kimia, dan biologi menjadi langkah penting dalam menjaga produktivitas perkebunan kelapa sawit secara berkelanjutan, terutama pada lahan marginal yang memiliki keterbatasan air dan unsur hara.

3.4 Strategi Pengelolaan Kadar Air Tanah Berkelanjutan

Pengelolaan kadar air tanah pada perkebunan kelapa sawit modern tidak lagi dilakukan secara konvensional semata. Perkembangan teknologi pertanian presisi memungkinkan monitoring kelembapan tanah dilakukan secara real-time melalui integrasi sensor digital, citra satelit, dan sistem informasi geografis (Haryanto et al., 2024)

Penggunaan sensor kelembapan tanah berbasis Internet of Things (IoT) membantu pengelola kebun memantau kondisi air tanah secara cepat dan akurat. Selain itu, pemanfaatan drone dan citra satelit memungkinkan identifikasi dini terhadap area tanaman yang mengalami cekaman air melalui analisis indeks vegetasi tanaman.

Pengembangan early warning drought system juga menjadi strategi penting dalam menghadapi perubahan iklim global. Sistem ini memanfaatkan data curah hujan, suhu, kelembapan tanah, dan evapotranspirasi untuk memprediksi potensi kekeringan sehingga tindakan mitigasi dapat dilakukan lebih awal.

Selain pendekatan teknologi, konservasi tanah dan air tetap menjadi langkah utama dalam menjaga stabilitas kadar air tanah. Penerapan mulsa organik, cover crop, rorak, dan pengaturan drainase berbasis hidrologi menjadi strategi penting dalam mempertahankan kelembapan tanah dan mendukung produktivitas perkebunan kelapa sawit secara berkelanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan sintesis dan evaluasi mendalam terhadap berbagai literatur penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan pokok yang menjadi landasan bagi praktik agronomi kelapa sawit yang presisi dan berkelanjutan:

1. Stabilitas tinggi muka air tanah di ekosistem gambut (dipertahankan secara konsisten pada angka 40-60 cm) adalah prasyarat absolut untuk mengeliminasi gangguan fisiologis tanaman seperti LFD, serta menjaga agar hara mikro esensial (Cu dan Zn) tetap berstatus available bagi tanaman akar. Sistem sekat kanal dan kontrol pintu debit air adalah intervensi mekanis yang tidak bisa ditawar.
2. Faktor kemiringan lahan dan tekstur butir tanah menentukan kemampuan lahan dalam mengintersepsi hujan dan menahan kelengasan. Di wilayah topografi miring atau berbukit, defisit

air sering kali menjadi faktor pembatas utama produksi TBS, sehingga implementasi terasering, rorak, dan penggunaan peta spasial hidrologi satelit sangat direkomendasikan.

3. Pemadatan struktur tanah (bulk density) adalah efek samping yang tidak terhindarkan dari konversi lahan sawah menjadi perkebunan sawit. Dampak ini, bersamaan dengan rendahnya efisiensi pemupukan kimia pada tanah marginal berpasir harus diatasi melalui peningkatan aplikasi bahan organik (kompos/tandan kosong) dan pemanfaatan agen hayati Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA).

DAFTAR PUSTAKA

- Adrinal, Saidi, A., Gusmini, Wulandari, D., R., Putri, & L., E. (2016). Ketersediaan Air Tanah Pada Lahan Kelapa Sawit Yang Dikonversi Dari Lahan Sawah Di Kabupaten Pasaman Barat Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Tanah Dan Lingkungan*, 18(2), 53–59.
- Adrinal, Saidi, A., Gusmini, Wulandari, R. D., & Putri, E. L. (2016). Ketersediaan Air Tanah Pada Lahan Kelapa Sawit Yang Dikonversi Dari Lahan Sawah Di Kabupaten Pasaman Barat Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Tanah Dan Lingkungan*, 18(2), 53–59.
- Ardiyanto, A., Murti Laksono, K., Wahjunie, D., E., Sutandi, & A. (2021). Pengaruh Komponen Neraca Air Terhadap Produktivitas Kelapa Sawit Pada Berbagai Jenis Tanah: Studi Kasus Di Kalimantan Tengah Dan Barat. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 29(1), 11–20.
- Ardiyanto, A., Murti Laksono, K., Wahjunie, E. D., & Sutandi, A. (2021). Pengaruh Komponen Neraca Air Terhadap Produktivitas Kelapa Sawit Pada Berbagai Jenis Tanah: Studi Kasus Di Kalimantan Tengah Dan Barat. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 29(1), 11–20.
- Darlita, R., R., Joy, B., Sudirja, & R. (2017). Analisis Beberapa Sifat Kimia Tanah Terhadap Peningkatan Produksi Kelapa Sawit pada Tanah Pasir di Perkebunan Kelapa Sawit Selangkun. *Jurnal Agrikultura*, 28(1), 15–20.
- Harahap, S., F., Purba, J., Rauf, & A. (2021). Hubungan Curah Hujan dengan Pola Ketersediaan Air Tanah terhadap Produksi Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) di Dataran Tinggi. *Jurnal Agrikultura*, 32(1), 37–42.
- Haryanto, J., R., Suryadi, E., U., Krisnohadi, & A. (2024). Korelasi Kadar Air Tanah Lapangan Dan Kedalaman Muka Air Tanah Pada Zona Riparian Kebun Raya Sambas.

- Jurnal Sains Pertanian Equator*, 13(2), 1–10.
- Hermawan, B, Aisyah, M, Purba, & O, T. D. W. (2019). Hubungan Kemiringan Lahan dengan Kadar Air Tanah dan Tampilan Tanaman Kelapa Sawit Menghasilkan. *Seminar Nasional Dies Natalis UNS Ke-43*, 3(1), 444–451.
- Perkebunan, D. J. (2016). Naskah / Manuscript Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian. *Kementerian Pertanian*.
- Powa, & S, M. R. (2025). *Dampak Ekspansi Perkebunan Sawit Terhadap Kualitas dan Kuantitas Air Tanah: Tinjauan Kritis pada Sifat Fisika Tanah*. 23–29.
- Puspitorini, P, Iqbal, & P, G. (2020). Dasar-Dasar Ilmu Tanah. *Penerbit Mitra Cendekia Media*.
- Raharjo, S, Kumorotomo, Wahyudi, Julia, Madarina, Pertiwinigrum, Ambar, Masyhuri, Maksum, Mochammad, Purnomo, Baiquni, & M. (2023). Pangan berdaulat, generasi sehat, bangsa bermartabat. *Gajah Mada University Press*.
- Safriani, M, Yulianur, A, & Azmeri. (2016). Analisis Pengaruh Intersepsi Lahan Kelapa Sawit terhadap Ketersediaan Air di Kabupaten Nagan Raya (Studi Kasus pada Sub DAS Krueng Isep). *Jurnal Teknik Sipil*, 23(2), 143.
- Salam, & K, A. (2020). Ilmu Tanah (Edisi ke-2). *Global Madani Press*.
- Salam, & K, A. (2023). Pengantar Ilmu Kimia Tanah. *Global Madani Press*.
- Siallagan, J, E., Wawan, & Nelvia. (2021). Hubungan Perbedaan Tinggi Muka Air Terhadap Kadar Cu dan Zn Daun Serta Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Di Lahan Gambut. *Jurnal Solum*, 18(1), 12–22.
- Sofiyati, E, Nusantara, W, R., Gafur, & S. (2026). Potensi Spora Mikoriza Vesikular Arbuskular Pada Lahan Tanaman Kelapa Sawit Yang Berbeda Umur Di Desa Sungai Ambangah Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Sains Pertanian Equator*.
- Suryadi, E, U., Chandra, O, T., Krisnohadi, & A. (2023). Analisis Debit Aliran dan Muka Air Tanah pada Lahan Gambut Kebun Kelapa Sawit Rakyat di Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Pedontropika*, 9(2), 45–52.
- Tarigan, P, Y., Fortunata, W, S., Latifatuskriah, Nst, R, A., Saputra, & R, M. (2025). Analisis Kadar Air Tanah Dalam Mendukung Pertumbuhan Kelapa Sawit di Kebun PTPN IV Sei Karang. *Pandawara*, 8(2), 118–125.
- Winarna, Farrasati, R, Susanto, & A. (2020). Pengaruh Fluktuasi Muka Air Tanah Terhadap Pelepah Bawah

Mengering (Low Frond Desiccation) Kelapa Sawit Di Lahan Gambut Labuhan Batu, Sumatera Utara. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 28(2), 85–98.

Zauhairah, F. S., Barus, B., Wahjunie, D. E., Tjahjono, B., Murtadho, & A. (2022). Penentuan Pemetaan Kadar Air Tanah Optimal Pada Lahan Perkebunan Kelapa Sawit (Studi Kasus: Kebun Cikasungka, PT Perkebunan Nusantara VIII, Cimulang, Bogor). *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 9(2), 447–456.

Zauhairah, S. F., Barus, B., Wahjunie, E. D., Tjahjono, B., & Murtadho, A. (2022). Penentuan Pemetaan Kadar Air Tanah Optimal Pada Lahan Perkebunan Kelapa Sawit (Studi Kasus: Kebun Cikasungka, PT Perkebunan Nusantara VIII, Cimulang, Bogor). *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 9(2), 447–456.