

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kelapa sawit (*Elaeis guinensis* Jacq.) merupakan salah satu jenis tanaman dari famili *Araceae* dan menjadi sumber bahan baku agroindustri yang dikelola menjadi minyak nabati. Komoditi ini memegang peranan yang cukup strategis pada perekonomian Indonesia sebagai sumber devisa (Ramadhan & Nasrul, 2022). Kelapa sawit mampu menghasilkan minyak sawit kasar atau *crude palm oil* (CPO) dan minyak inti sawit atau *palm kernel oil* (PKO) merupakan dua jenis minyak yang dihasilkan oleh tanaman kelapa sawit. Produk turunan dari olahan kedua minyak dasar tersebut digunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti minyak goreng, kosmetik, olahan makanan, dll (Murgianto et al., 2021). Berdasarkan kandungan dan manfaat dari komoditi, permintaan dan produksi kepala sawit mengalami peningkatan khususnya peruntukan ekspor.

Sulawesi Selatan merupakan salah satu provinsi penghasil kelapa sawit, dimana tersebar di beberapa kabupaten diantaranya Kabupaten Enrekang. Saat ini, terdapat dua kecamatan yang membudidayakan kelapa sawit yaitu Kecamatan Maiwa dan Cendana sehingga Pemerintah Kabupaten Enrekang menyiapkan lahan seluas 400 hektar yang terletak di Kecamatan Maiwa dan Kecamatan Cendana untuk pengembangan perkebunan kelapa sawit (Hasriyanti et al., 2016). Berdasarkan data BPS (2024), produksi kelapa sawit di Indonesia tahun 2019 - 2023 yaitu 47.120 ton, 48.296 ton, 46.223 ton, 46.819 ton, 46.986 ton. Produksi kelapa sawit di Sulawesi Selatan tahun 2019 - 2023 yaitu 91 ton, 123 ton, 94 ton, 100 ton, 109 ton. Sedangkan produksi kelapa sawit di Kabupaten Enrekang hanya

mencapai 0,60 ton dengan luas mencapai 193.000 ha, masih rendah dibandingkan dengan potensi produksi.

Faktor pembatas produksi kelapa sawit yaitu ketersediaan unsur hara makro dan mikro yang berperan dalam produktivitas tanaman. Unsur hara makro merupakan unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah besar seperti C, H, O, N, P, K, Ca, S, dan Mg sedangkan unsur hara mikro merupakan unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit seperti Mo, B, Cu, Mn, Zn, dan Ni (Agustina, 2022), yang dipengaruhi oleh jenis tanah. Berdasarkan peta jenis tanah Kabupaten Enrekang, diperoleh bahwa jenis tanah kecamatan Cendana, Curio, Baraka, dan Maiwa memiliki jenis tanah Aluvial Hidromorf (Hasriyanti et al., 2016).

Peran unsur tanah sangat penting dalam peningkatan pertumbuhan maupun produksi tanaman kelapa sawit. Menurut Triadiawarman et al., (2022) unsur hara N yang rendah tidak dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif, sedangkan unsur P berkorelasi dengan jumlah anakan dan pertumbuhan akar, adapun unsur K berperan dalam semua fase pertumbuhan tanaman, dimana membantu dalam metabolisme pertumbuhan tanaman. Hasyiyati et al., (2023), melaporkan lahan yang diolah secara intensif seperti lahan jagung menunjukkan kandungan C-organik dan hara mikro yang rendah.

Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian mengenai identifikasi unsur hara makro dan mikro pada lahan perkebunan kelapa sawit di Kecamatan Maiwa Kabupaten Enrekang.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka dirumuskan masalah penelitian yakni bagaimana status ketersediaan unsur hara makro maupun mikro pada lahan kelapa sawit berdasarkan fase pertumbuhan tanaman, bagaimana penyerapan unsur hara makro dan mikro pada lahan kelapa sawit, apakah unsur hara makro dan mikro cukup memenuhi pertumbuhan tanaman kelapa sawit, dan apakah peningkatan unsur hara makro dan mikro bisa diimbangi dengan pemberian dan penambahan pupuk dan bahan organik pada tanah lahan kelapa sawit di Kecamatan Maiwa Kabupaten Enrekang ?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi jenis dan status unsur hara makro maupun mikro pada lahan kelapa sawit di Kecamatan Maiwa berdasarkan fase pertumbuhan tanaman.

Melihat perbandingan analisis tanah pada unsur hara makro dan mikro pada fase pertumbuhan kelapa sawit berdasarkan nilai PH tanah, N,P,K, C-Organik, rasio C/N, dan parameter Cu dan Zn.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian adalah sebagai sumber informasi untuk status kesuburan tanah lahan kelapa sawit yang terletak di Kecamatan Maiwa Kabupaten Enrekang yang dapat dijadikan informasi untuk standar pemupukan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karakteristik Tanaman Kelapa Sawit

2.1.1. Klasifikasi Tanaman Kelapa Sawit

Indonesia memiliki perkebunan yang cukup luas (Pratiwi & Pinem, 2020), diantaranya kelapa sawit yang merupakan komoditas unggulan nasional (Idris et al., 2020). Peningkatan jumlah lahan perkebunan kelapa sawit di Indonesia menunjukkan tren yang meningkat dari tahun ke tahun baik oleh perkebunan swasta, rakyat, dan Negara. Peningkatan ini menjadikan kelapa sawit menjadi komoditas perkebunan unggulan Indonesia (Pratiwi & Pinem, 2020). Di lain pihak, pengelolaan perkebunan kelapa sawit melibatkan banyak masyarakat sebagai pelaku usahatani (Siswati et al., 2017).

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan tanaman perkebunan penghasil minyak, baik untuk pangan, industri, maupun bahan bakar nabati.

Adapun klasifikasi dari tanaman kelapa sawit yaitu:

Divisi	: Embryophyta Siphonagama
Kelas	: Angiospermae
Ordo	: Monocotyledonae
Famili	: Arecaceae (dahulu disebut Palmae)
Subfamili	: Cocoideae
Genus	: <i>Elaeis</i>
Spesies	: <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.

2.1.2. Morfologi Tanaman Kelapa sawit

a. Akar

Kelapa sawit merupakan tumbuhan monokotil yang tidak memiliki akar tunggang (Ai & Torey, 2013). Namun, sistem perakaran yang dangkal mampu mengakibatkan tanaman ini mengalami cekaman kekeringan. Adapun penyebab tanaman mengalami kekeringan diantaranya transpirasi tinggi dan diikuti dengan ketersediaan air tanah yang terbatas pada saat musim kemarau (Maryani, 2012). Respons tanaman terhadap kekurangan air dapat dilihat berdasarkan aspek fisiologi, morfologi, tingkat pertumbuhan, dan juga produktivitas (Ai & Torey, 2013).

Radikula (bakal akar) pada bibit terus tumbuh memanjang ke arah bawah selama enam bulan terus-menerus dan panjang akarnya mencapai 15 meter. Akar primer kelapa sawit terus berkembang. Susunan akar kelapa sawit terdiri dari serabut primer yang tumbuh vertikal ke dalam tanah dan horizontal ke samping. Serabut primer ini akan bercabang menjadi akar sekunder ke atas dan ke bawah. Akhirnya, cabang-cabang ini juga akan bercabang lagi menjadi akar tersier, begitu seterusnya. Kedalaman perakaran tanaman kelapa sawit dapat mencapai 8 meter hingga 16 meter secara vertikal.

b. Batang

Tanaman kelapa sawit umumnya memiliki batang yang tidak bercabang. Pada pertumbuhan awal setelah fase muda (*seedling*) terjadi pembentukan batang yang melebar tanpa terjadi pemanjangan internodia (ruas). Titik tumbuh batang kelapa sawit terletak di pucuk batang, terbenam di dalam tajuk daun, berbentuk seperti kubis. Batang tanaman kelapa sawit terdapat pangkal pelepah-pelepah daun

yang melekat kukuh dan sukar terlepas walaupun daun telah kering dan mati. Pada tanaman tua, pangkal-pangkal pelepah yang masih tertinggal di batang akan terkelupas, sehingga batang kelapa sawit tampak berwarna hitam beruas. Umumnya, tanaman kelapa sawit di dataran tinggi memiliki kemampuan pertumbuhan hingga tiga kali lebih besar dibandingkan dengan kelapa sawit yang dibudidayakan pada dataran rendah (Darlan et al., 2017).

Batang kelapa sawit memiliki karakter kayu higroskopik yang mampu menjaga keseimbangan kadar air dengan lingkungan melalui proses pelepasan dan pengikatan air yang berada di lingkungan. Khususnya jika dibudidayakan pada dataran tinggi mempengaruhi jumlah tersedianya sel parenkim dibandingkan dengan budidaya pada dataran rendah, hal ini dipengaruhi oleh tinggi atau rendahnya nilai kelarutan ekstraksi (Darlan et al., 2017).

c. Daun

Daun merupakan pusat produksi energi dan bahan makanan bagi tanaman. Bentuk daun, jumlah daun dan susunannya sangat berpengaruh terhadap tangkapan sinar matahari (Vidanarko, 2011). Tanaman kelapa sawit memiliki daun (frond) yang menyerupai bulu burung atau ayam. Di bagian pangkal pelepah daun terbentuk dua baris duri yang sangat tajam dan keras di kedua sisinya. Anak-anak daun (foliage leaflet) tersusun berbaris dua sampai ke ujung daun. Di tengah-tengah setiap anak daun terbentuk lidi sebagai tulang daun (Idris et al., 2020).

Daun kelapa sawit mirip kelapa yaitu membentuk susunan daun majemuk, bersirip genap dan bertulang sejajar. Daun-daun membentuk satu

pelepeh yang panjangnya mencapai lebih dari 7,5m -9 m. Jumlah anak daun disetiap pelepeh berkisar antara 250 - 400 helai, daun muda yang masih kuncup berwarna kuning pucat (Idris et al., 2020).

d. Bunga dan Buah

Tanaman kelapa sawit yang berumur tiga tahun sudah mulai dewasa dan mulai mengeluarkan bunga jantan atau bunga betina. Bunga jantan berbentuk lonjong memanjang, sedangkan bunga betina agak bulat. Tanaman kelapa sawit mengadakan penyerbukan silang (cross pollination). Artinya, bunga betina dari pohon yang satu dibuahi oleh bunga jantan dari pohon yang lainnya dengan perantaraan angin dan atau serangga penyerbuk.

Tandan buah segar (TBS) merupakan nilai ekonomis yang utama dari tanaman kelapa sawit. Buah sawit terdiri dari kulit (eksocarp), serabut (mesocarp), cangkang (endocarp) dan inti (kernel). Produk utama dari buah sawit adalah minyak dari mesocarp (yang disebut dengan minyak sawit) dan minyak dari inti sawit (Idris et al., 2020) Buah kelapa sawit tersusun dari kulit buah yang licin dan keras (epicarp), daging buah (mesocarp) dari susunan serabut (fibre) dan mengandung minyak, kulit biji (endocarp) atau cangkang atau tempurung yang berwarna hitam dan keras, daging biji (endosperm) yang berwarna putih dan mengandung minyak, serta lembaga (embryo). Lembaga (embryo) yang keluar dari kulit biji akan berkembang ke dua arah, yaitu: 1) Arah tegak lurus ke atas (fototropi), disebut dengan plumula yang selanjutnya akan menjadi batang dan daun, 2) Arah tegak lurus ke bawah (geotropi) disebut dengan radicle yang selanjutnya akan menjadi akar. Plumula tidak keluar sebelum radikulanya tumbuh sekitar 1 cm. Akar-akar

adventif pertama muncul di sebuah ring di atas sambungan radikula-hipokotil dan seterusnya membentuk akar-akar sekunder sebelum daun pertama muncul. Bibit kelapa sawit memerlukan waktu 3 bulan untuk memantapkan dirinya sebagai organisme yang mampu melakukan fotosintesis dan menyerap makanan dari dalam tanah. Buah yang sangat muda berwarna hijau pucat. Semakin tua warnanya berubah menjadi hijau kehitaman, kemudian menjadi kuning muda, dan setelah matang menjadi merah kuning (orange). Jika sudah berwarna orange, buah mulai rontok dan berjatuhan (buah leles).

Secara umum tanaman kelapa sawit kan mulai berbunga ketika berumur tahun dihitung sejak awal tanam di lahan. Sayu tandan bunga berjenis kelamin jantan atau betina akan tumbuh dari setiap ketiak pelepah daun pohon kelapa sawit. Namun, tidak semua bunga berkembang menjadi buah melainkan sebagiannya bakal gugur ketika atau setelah terjadi tahap anthesis/receptif. Perkembangan organ generatif sangat dipengaruhi berbagai faktor salah satunya lama penyinaran matahari (Idris et al., 2020).

Pemanenan buah mentah akan berpengaruh terhadap rendemen minyak yang akan dihasilkan oleh TBS panen. Rendemen minyak yang dihasilkan dari buah mentah adalah 20% sedangkan buah matang mencapai 24-26% (Rangkuti, 2018). Sedangkan pemanenan TBS dengan tingkat kematangan yang lewat matang akan meningkatkan aktivitas enzim lipase dan peningkatan asam lemak bebas. Penggunaan minyak sawit dengan kadar lemak bebas yang tinggi berdampak negatif pada kesehatan (Goswami et al., 2015). Panen tandan kelapa sawit harus dilakukan dengan tepat untuk mendapatkan kadar minyak yang tinggi dan kadar

asam lemak bebas yang rendah (Purba et al., 2017).

e. Biji

Setiap jenis kelapa sawit memiliki ukuran dan bobot biji yang berbeda, biji dura afrika panjangnya 2-3 cm dan bobot rata-rata mencapai 4 gram, sehingga dalam 1 kg terdapat 250 biji. Biji dura deli memiliki bobot 13 gram per biji, dan biji tenera afrika rata-rata memiliki bobot 2 gram per biji. Biji kelapa sawit umumnya memiliki periode dorman (masa non-aktif). Perkecambahannya dapat berlangsung lebih dari 6 bulan dengan keberhasilan sekitar 50%. Agar perkecambahan dapat berlangsung lebih cepat dan tingkat keberhasilannya lebih tinggi, biji kelapa sawit memerlukan pre-treatment

2.2. Syarat Tumbuh

Faktor terpenting yang mempengaruhi produktivitas kelapa sawit adalah mutu benih kelapa sawit (Pratiwi & Pinem, 2020) yang tidak terlepas dari adanya pengaruh dari lingkungan tumbuh, misalnya suhu, kelembapan, kondisi tanah (pH tanah), curah hujan, dan ketinggian tempat. Penanaman kelapa sawit di dataran tinggi menjadi salah satu faktor pembatas produktivitas karena mampu mempengaruhi pertumbuhan, produktivitas, persentase rendemen komponen hasil dan kandungan karoten (Rangkuti, 2018).

Faktor pembatas untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman kelapa sawit di dataran tinggi adalah suhu udara minimum tahunan $<18^{\circ}\text{C}$ dengan intensitas sinar matahari <4 jam/hari, kelembapan tinggi dengan curah hujan tahunan mencapai >2.500 mm/tahun. Kelapa sawit dapat tumbuh baik secara optimal di daerah tropika basah (12° LU - 12° LS) dengan tipe iklim Af dan Am (Koppen),

ketinggian 0 - 250 m diatas permukaan laut, lama penyinaran matahari selama 5 – 7 jam/hari, CH sebesar 1.750 - 3.000 mm/tahun yang merata sepanjang tahun (tanpa bulan kering) dan suhu dengan rata-rata sebesar 25°C - 28°C (Darlan et al., 2017).

Kelapa sawit dapat tumbuh pada pH 4.0 - 6.0, tetapi pH optimumnya berada antara 5.0 - 5.6. Temperatur optimum untuk tanaman kelapa sawit antara 22°C - 23°C. Keadaan angin tidak terlalu berpengaruh karena tanaman kelapa sawit lebih tahan terhadap angin kencang dibandingkan dengan tanaman lainnya (Pahan, 2010).

Pengembangan perkebunan kelapa sawit di dataran tinggi (>600 m dpl) dapat dilakukan melalui pendekatan berdasarkan faktor lingkungan fisik, genetik tanaman dan budidaya teknis. Pendekatan faktor lingkungan fisik (tanah dan iklim) menggunakan bahan tanaman unggul terkini yang sesuai dengan kondisi lingkungan di dataran tinggi. Pendekatan faktor genetik tanaman menggunakan bahan tanaman yang toleran terhadap suhu rendah atau ketinggian yang disesuaikan dengan materi genetik yang digunakan. Sedangkan, pendekatan budidaya teknis karena adanya penyesuaian budidaya teknis kelapa sawit di dataran tinggi misalnya penyesuaian jarak tanam antara 110 - 120 tanaman/ha (Darlan et al., 2017).

2.3. Unsur Hara Makro dan Mikro

Ketersediaan unsur hara makro dan mikro tergantung dari jenis tanah sebagai media tumbuh tanaman. Tanah merupakan media penting untuk mendukung kehidupan di muka bumi. Tanah memiliki ciri yang khas dikarenakan kemampuannya untuk menyediakan ruang tumbuh, air, udara, hara, serta ruang untuk saling berinteraksi antara berbagai organisme tanah yang dapat

mempengaruhi kehidupan tumbuhan (Mpapa, 2016). Ketersediaan unsur hara dalam tanah sangat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman. Unsur hara diperlukan secara terus menerus dan berimbang terutama untuk tanaman pangan. Kesuburan tanah bersifat *site specific dan crop specific*, sehingga suatu areal pertanian memiliki kesuburan tertentu dan cocok untuk budidaya tanaman tertentu.

Penggunaan unsur hara, tanaman dapat melakukan kegiatan metabolismenya. Kegiatan metabolisme akan berjalan dengan baik apabila unsur hara dalam tanah tersedia dengan cukup. Tanaman yang kekurangan suatu unsur hara akan menampilkan gejala pada suatu organ tertentu. Unsur hara yang diperlukan tanaman dibagi menjadi dua golongan, yaitu unsur hara makro dan unsur hara mikro. Unsur hara makro diperlukan tanaman dan terdapat dalam jumlah besar dibandingkan dengan unsur hara mikro. Walaupun unsur hara mikro pada suatu areal tempat tumbuh tanaman ketersediaannya dalam jumlah kecil, namun keberadaannya dapat membantu dalam pertumbuhan (Mpapa, 2016).

Unsur hara makro yang penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman yaitu : Kalsium (Ca), Fosfor (P), Kalium (K) dan Nitrogen (N) Sumarna (2007) . Sumber hara juga ditentukan oleh potensi dan kapasitas bahan organik dari serasah tanamann serta tingkat kecepatan proses humufikasi. Lebih lanjut disebutkan oleh (Tini et al., 2002) bahwa salah satu Unsur hara yang diserap dalam jumlah besar dan menentukan kualitas berdasarkan komponen hasil adalah kalsium (Ca). Unsur hara makro yang dibutuhkan seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), Magnesium (Mg), dan sulfur (S). Sedangkan unsur hara mikro dibutuhkan relatif sedikit seperti boron (B), besi (Fe), Mangan (Mn) dan seng (Zn). Kandungan unsur

N yang rendah tidak dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif. unsur P memberikan hubungan positif hanya pada jumlah anakan, kandungan P dalam tanah mempercepat pertumbuhan akar dan jumlah anakan Unsur K dalam tanah yang cukup membantu dalam metabolisme pertumbuhan tanaman (Triadiawarman et al., 2022).

Unsur hara mikro Cu memiliki fungsi dan peranan antara lain: mengaktifkan enzim sitokromoksidase, askorbit-oksidadase, asam butirrat-fenolase dan laktase. Iqbal (2021). Berperan dalam metabolisme protein dan karbohidrat, berperan terhadap perkembangan tanaman generatif, berperan terhadap fiksasi nitrogen secara simbiotis dan penyusunan lignin. Ketersediaan Zn di dalam tanah akan menurun seiring dengan peningkatan pH. Pada tanah ber-pH 5-6, Zn banyak tersedia. Pada tanah ber-pH 6-9, ketersediaan Zn semakin menurun. Pada pH diatas 9, Zn tidak lagi dapat diserap oleh tanaman. Dalam keadaan yang sedikit Zn sudah cukup untuk tanaman dan apabila kelebihan dapat menjadi racun bagi tanaman. Kekurangan Zn terjadi pada tanah yang asam sampai sedikit netral. Peningkatan pH tanah berpengaruh kuat terhadap penurunan ketersediaan Zn.

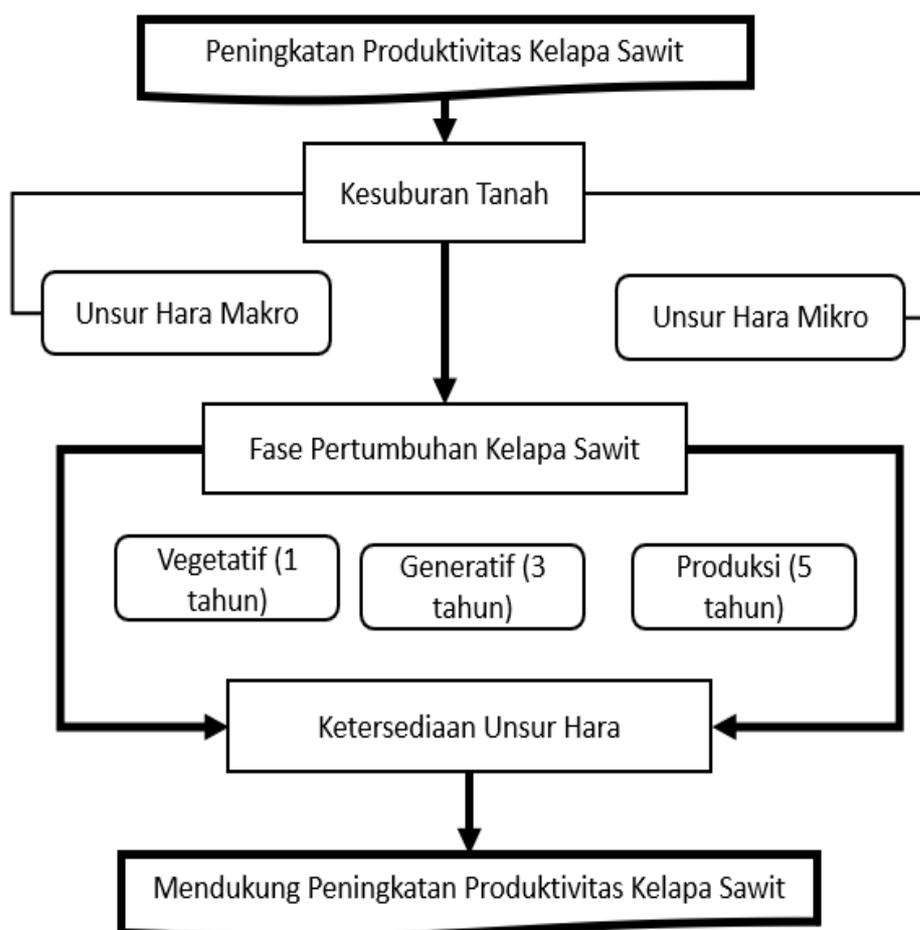
Apabila kekurangan unsur Zn akan menyebabkan tanaman menjadi khlorosis (Indrianingsih, 2018). Sari (2011) juga menambahkan Zn lebih dibutuhkan pada tajuk (daun) dibandingkan akar tanaman karena berperan dalam fotosintesis di daun karena kekurangan Zn dapat menghambat pertumbuhan batang karena Zn diperlukan untuk membuat hormon tumbuh indolasetat (auksin) yang berguna untuk memacu pertumbuhan batang. Unsur Zn adalah unsur hara mikro

yang sangat berguna untuk pertumbuhan Tanaman, walaupun dalam jumlah yang kecil karna Zn dapat berfungsi membentuk hormon tumbuh. Fungsi Zn antara lain sebagai katalisator dalam pembentukan protein, mengatur asam indol asetat adalah auxin endogen atau auxin yang terdapat dalam tanaman (Nursida et al., 2019).

BAB III. KERANGKA PIKIR

3.1 Kerangka Pikir Penelitian

Adapun kerangka pikir pada penelitian ini dapat kita lihat pada gambar berikut:



Gambar skema alur kerangka Pikir Penelitian

BAB IV. METODE PENELITIAN

4.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di lokasi perkebunan kelapa sawit PTPN dan milik petani rakyat Kecamatan Maiwa Kabupaten Enrekang, pada bulan November – Desember 2024. Pengambilan sampel tanah diambil di beberapa lokasi berdasarkan fase pertumbuhan. Analisis tanah dilaksanakan di Laboratorium Tanah dan Tanaman, Badan Standardisasi dan Instrumen Pertanian (BSIP) Kabupaten Maros.

4.2. Bahan dan Alat

Bahan yang diperlukan adalah sampel tanah, kantong plastik, tali rafia, kertas label, serta bahan-bahan kimia yang dibutuhkan untuk menganalisis sifat kimia tanah di laboratorium. Peralatan yang digunakan antara lain : kamera, cangkul, parang, ring sampel, meteran tanah, oven, timbangan analitik, gelas ukur dan aplikasi GPS (*Global Positioning System*).

4.3. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah *Purposive Sampling*, yaitu dengan menyesuaikan kondisi lahan, luas lahan tanaman kelapa sawit di Kabupaten Enrekang lebih dari 400 ha, untuk penentuan titik sampel diambil secara acak, dimana penentuan titik menggunakan aplikasi Global Positioning Sistem (GPS) pada handphone (HP), masing masing titik pengambilan sampel pada lokasi penelitian mewakili untuk ketiga fase pertumbuhan kelapa sawit, yaitu fase

vegetatif, dimana pada fase ini umur tanaman sudah mencapai satu tahun, fase generatif umur tiga tahun, dan fase produksi umur lima tahun atau sudah menghasilkan buah. Kemudian dilakukan pengambilan sampel sebanyak 3 titik sampel untuk masing-masing lokasi pada setiap fase pertumbuhan, sehingga terdapat 9 sampel tanah pada masing-masing fase pertumbuhan, dimana masing-masing sampel tanah nantinya akan digabung menjadi satu pada setiap fase masing-masing, sehingga hanya terdapat 3 sampel disetiap masing-masing fase pertumbuhan. Sampel diambil pada kedalaman 0-30 cm, kemudian sampel dianalisis di balai laboratorium tanah berdasarkan unsur hara makro dan mikro yang tersedia. Data yang dikumpulkan berupa data primer yaitu hasil analisis sifat kimia tanah hara makro N,P,K dan hara mikro Cu, Zn. C-organik, dan pH tanah.

4.3.1. Persiapan

Persiapan meliputi pengurusan legalitas lokasi pengambilan sampel dan persiapan peralatan dan bahan untuk kegiatan survey.

4.3.2. Observasi Pendahuluan

Survei pendahuluan lokasi penelitian (setelah mendapatkan legalitas), mencari informasi dan pengumpulan data lokasi tempat yang akan diteliti. Wawancara secara langsung kepada masyarakat atau petani tentang informasi berupa jenis tanah, kondisi lahan (vegetasi, kontur) dan kondisi luapan yang dipengaruhi oleh kondisi perkebunan.

4.3.3. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan pada lahan kelapa sawit berdasarkan fase pertumbuhan yaitu vegetatif, generatif, dan produksi. Penentuan lokasi pengambilan sampel menggunakan aplikasi *Global Positioning System* (GPS) dari handphone (HP).

Masing-masing lokasi penelitian diambil sampel tanah sebanyak tiga titik sampel dengan kedalaman masing-masing lubang sampel 0-30 cm (Sulistiyani, 2014). Tanah yang diambil setiap titik sampel yaitu 1 kg, kemudian tanah digabungkan menjadi 3 sampel tanah. Setelah itu dilakukan pengeringan untuk mengurangi partikel selain tanah, diantaranya yaitu akar, sampel tanah disebar di atas penampakan yang dialasi masing-masing plastik label. Selanjutnya dilakukan pembersihan akar-akar yang ada didalam sampel dan sampel tanah yang sudah bersih kemudian dikering anginkan didalam ruangan.

Penumbukan atau pengayakan sampel tanah dilakukan dengan cara menumbuk dalam lumpang porselen dan diayak dengan ayakan yang memiliki ukuran lubang 2 mm. Tanah yang sudah diayak kemudian disimpan dalam plastik label yang sudah diberi nomor sampel tanah.

4.3.4. Pengamatan

Adapun pengamatan sampel tanah ini dianalisis di Laboratorium tanah, tanaman, pupuk, dan air di Kabupaten Maros untuk mengidentifikasi unsur hara makro N,P,K dan unsur hara mikro Cu, dan Zn, kadar air tanah, C-organik, pH tanah, dan KTK tanah.

4.3.5. Analisis Data

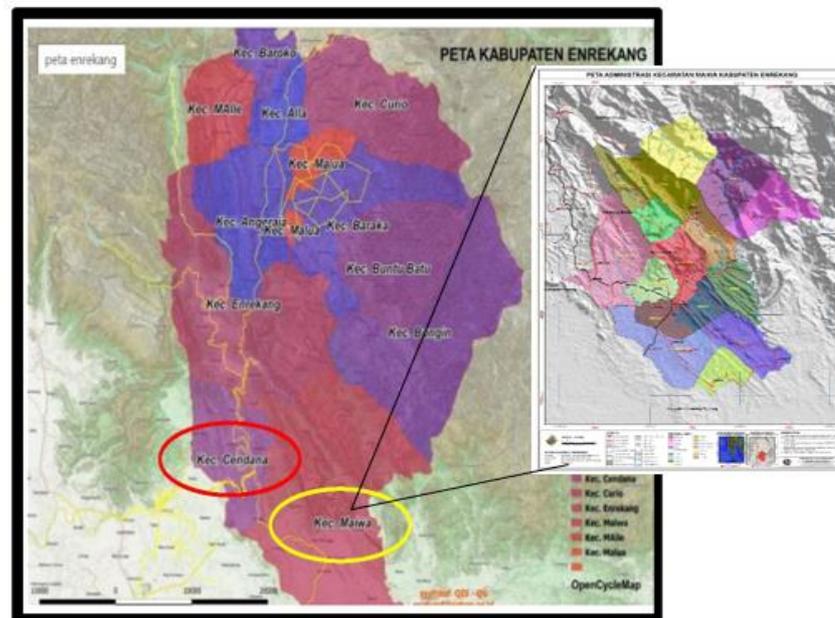
Analisis data menggunakan metode deskriptif kuantitatif yang mendeskripsikan dan menjelaskan hasil analisis laboratorium berdasarkan kriteria kesuburan tanah untuk lahan kelapa sawit yang merujuk pada Balai Penelitian tanah (2005), dan pusat penelitian tanah dalam Wirayuda (2022).

BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Kondisi Kabupaten Enrekang dan Kecamatan Maiwa

Kabupaten Enrekang adalah salah satu Daerah Tingkat II di provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia. Ibu kota kabupaten ini terletak di Kota Enrekang ± 236 Km sebelah utara Makassar. Secara administratif terdiri dari 12 kecamatan defenitif terdapat 129 kelurahan/desa, yaitu 17 kelurahan dan 112 desa, dengan luas wilayah sebesar 1.786,01 Km². Terletak pada koordinat antara 3°14' 36" sampai 3°50' 00" Lintang Selatan dan 119° 40' 53" sampai 120°06' 33" Bujur Timur. Batas wilayah kabupaten ini adalah sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Tana Toraja, sebelah selatan dengan Kabupaten Luwu, sebelah timur dengan Kabupaten Sidrap dan sebelah barat dengan Kabupaten Pinrang.

Kabupaten ini pada umumnya mempunyai wilayah Topografi yang bervariasi berupa perbukitan, pegunungan, lembah dan sungai dengan ketinggian 47 - 3.293 m dari permukaan laut serta tidak mempunyai wilayah pantai. Secara umum keadaan Topografi wilayah didominasi oleh perbukitan/pegunungan yaitu sekitar 84,96% dari luas wilayah Kabupaten Enrekang sedangkan yang datar hanya 15,04%.

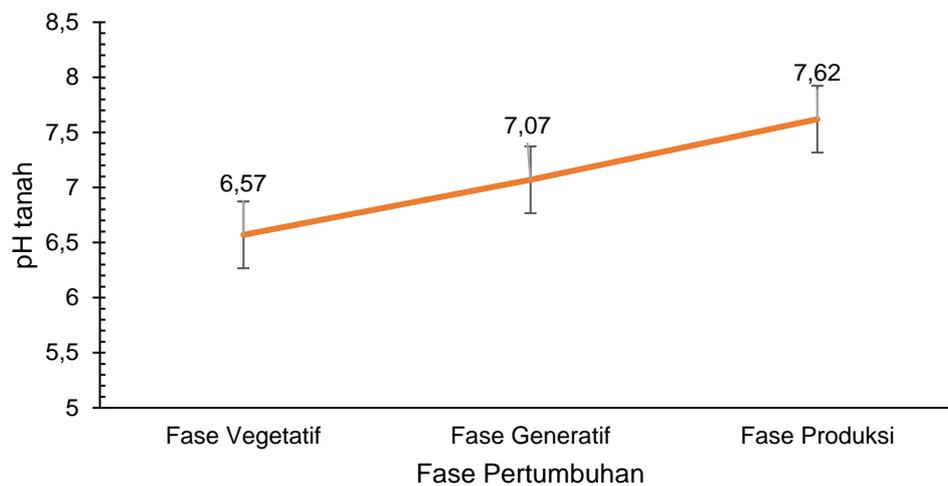


Gambar 1. Peta Kabupaten Enrekang dan lokasi pertanaman kelapa sawit di Kecamatan Maiwa.

5.2. Karakteristik Kesuburan Tanah Lahan Sawit

Ketersediaan unsur hara dalam tanah untuk produktivitas kelapa sawit merupakan hal yang penting guna mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman kelapa sawit. Saat ini, tingkat produktivitas kelapa sawit belum mampu memenuhi tingkat impor dan ekspor kelapa sawit yang diduga disebabkan oleh ketersediaan unsur hara di dalam tanah belum optimal untuk produktivitas (Fazrin et al., 2014).

5.2.1. Kemasaman tanah (pH)

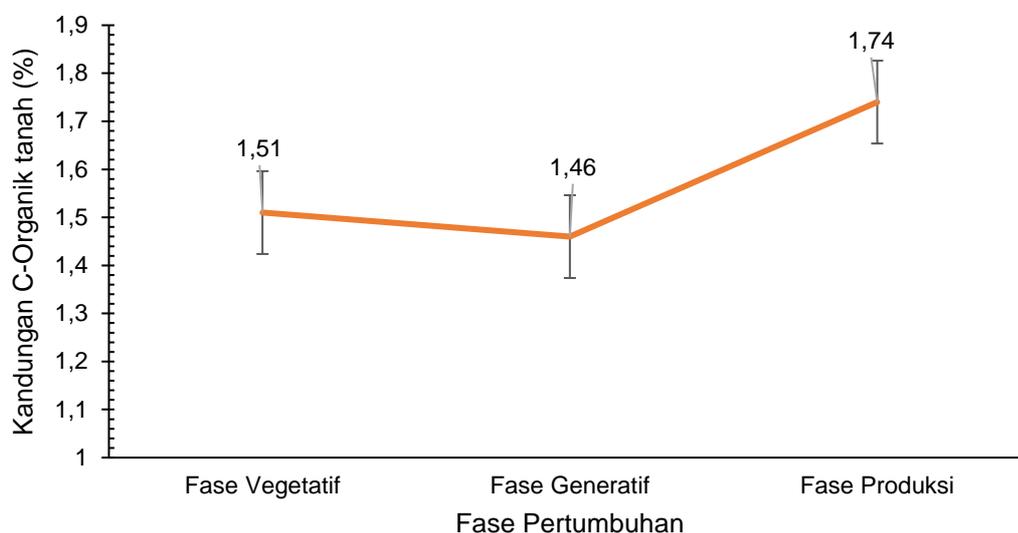


Gambar 2. pH tanah lahan kelapa sawit berdasarkan fase pertumbuhan tanaman

Berdasarkan pada Gambar 2, tingkat kemasaman tanah (pH) lahan kelapa sawit berbeda pada setiap fase pertumbuhan. Dimana pH tanah pada fase vegetatif (6,56) lebih rendah dibandingkan pH di lahan sawit pada fase generatif (7,07) dan produktif (7,62). Walaupun demikian nilai pH tanah pada kisaran ini termasuk kategori netral. Menurut Eviati et al (2009), kisaran pH tanah antara 6,6 - 7,5 termasuk kategori netral. Sesuai dengan hasil penelitian Hayadi et al. (2014) untuk meningkatkan pH tanah dapat dilakukan pemberian amelioran seperti kapur, dan peningkatan pH tanah berkaitan dengan dekomposisi bahan organik yaitu berupa asam-asam organik yang didalamnya termasuk asam humat dan fulvat. Gindo T et. Al. (2022), melaporkan bahwa kriteria pH tanah secara umum yang diperlukan pada tanah mineral dalam pertumbuhan dan produksi tanaman kelapa sawit membutuhkan kemasaman tanah (pH) optimum yaitu 5,0 - 7,0. Kondisi pH tanah

yang memenuhi kriteria dapat membantu ketersediaan unsur hara makro relatif tinggi, dan unsur hara mikro relatif rendah. Sebaliknya apabila pH tanah tidak memenuhi kriteria ($<5,0$) dapat menyebabkan ketersediaan unsur hara makro relatif lebih rendah dan unsur hara mikro lebih tinggi, sehingga dapat berpotensi menjadi racun bagi tanaman kelapa sawit (Winarso, 2005).

5.2.2. Kandungan bahan organik tanah



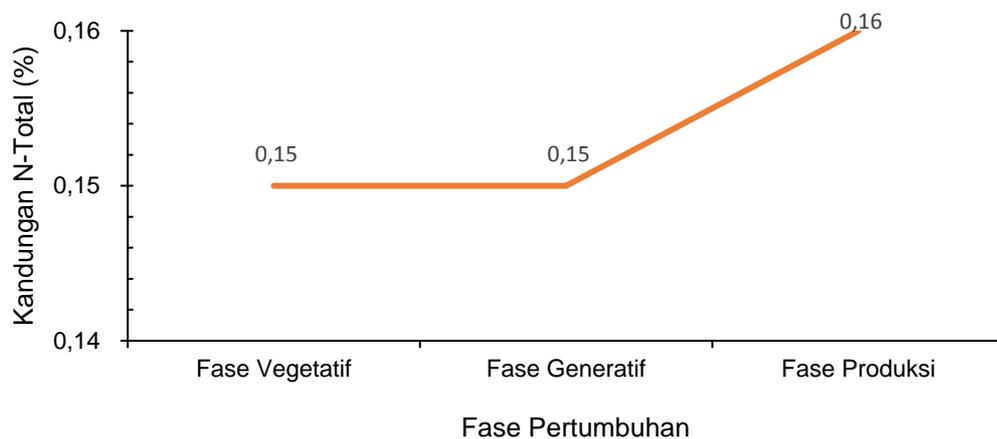
Gambar 3. Kandungan C-organik lahan kelapa sawit berdasarkan fase pertumbuhan tanaman

Berdasarkan pada Gambar 3, kandungan C-organik tanah berbeda pada setiap lahan berdasarkan fase pertumbuhan kelapa sawit. Kandungan C-organik tanah tertinggi terdapat pada lahan dengan fase produksi (1,74%) dan terendah pada fase generatif (1,46%). Menurut Eviati et al. (2009) kisaran C-organik tanah antara 1-2 % tergolong rendah. Bahan organik sangat penting untuk meningkatkan

efisiensi dan efektivitas pemupukan di perkebunan kelapa sawit (Ginting, 2020). Menurut Winarso (2005) dan Hardjowigeno (2010) pada umumnya kandungan bahan organik tanah ideal pada top soil (lapisan atas) adalah 5%, pada kondisi tersebut pertumbuhan tanaman optimum. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan dalam alokasi dan pengelolaan carbon yang terkait dengan pertumbuhan dan proses produksi buah kelapa sawit. Pada fase generatif, tanaman kelapa sawit lebih banyak mengalokasikan karbon untuk pertumbuhan vegetatif (akar, batang, dan daun), dan pengembangan sistem akar, sehingga lebih sedikit karbon yang disimpan dalam tanah. Sebaliknya, pada fase produksi, sebagian besar karbon yang diserap melalui fotosintesis dialokasikan untuk pembentukan buah dan minyak sawit.

Meningkatnya persentase carbon dalam tanah berasal dari sisa buah yang jatuh ke tanah dan bahan tanaman yang terdekomposisi menambah kandungan karbon di dalam tanah, sehingga meningkatkan stok karbon pada fase produksi dibandingkan dengan fase generatif (Ruegg et al., 2019). Terjadinya peningkatan karbon organik tanah diperoleh dari tambahan biomassa tanaman yang lebih tinggi sebagai masukan bahan organik segar pada fase produksi (Murphy, 2024). ketersediaan unsur hara esensial bagi pertumbuhan tanaman seperti N, P, S, Ca, Mg, Zn dan Fe juga memiliki keterkaitan dengan kandungan karbon sebagai reservoir hara dari hasil dekomposisi bahan organik (Powlson et al. 2015). Upaya mempertahankan C-organik tanah di perkebunan kelapa sawit adalah sistem pengendalian gulma dan bangunan konservasi tanah dan air yang tepat (Ashton-Butt et al. 2018).

5.2.3. Ketersediaan Unsur Hara Nitrogen dalam Tanah

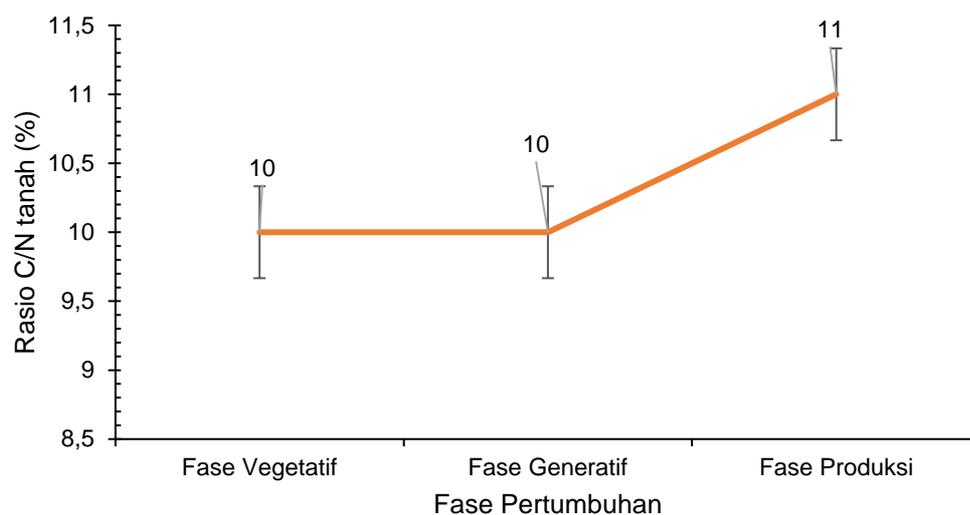


Gambar 4. Kandungan Nitrogen (%) lahan kelapa sawit berdasarkan fase pertumbuhan tanaman

Gambar 4 menunjukkan perbedaan ketersediaan unsur hara nitrogen pada berbagai fase pertumbuhan. Kandungan nitrogen tertinggi terdapat pada fase produksi, yaitu 0,16% dan yang terendah pada fase vegetatif (0,15%) serta fase generatif (0,16%). Sesuai dengan laporan Eviati et.al (2009), bahwa kandungan nitrogen pada rentang 0,1- 0,2% terasuk kategori rendah. Rendahnya kandungan N dalam tanah dapat terjadi karena diserap oleh tanaman, menguap, atau tercuci. Ketidak tersediaan N dari dalam tanah dapat melalui proses pencucian NO_3^- menjadi N_2 Volatilisasi menjadi NH_3^- , terfiksasi oleh mineral liat atau konsumsi oleh mikroorganisme tanah (Utami & Handayani, 2003). Selain itu kelapa sawit membutuhkan nitrogen untuk mendukung sintesis protein dalam jaringan tanaman yang berperan dalam pembentukan buah dan minyak sawit. Selain itu ketersediaan nitrogen tinggi guna peningkatan aktivitas fotosintesis yang lebih intensif dalam produksi klorofil. Secara umum, kandungan nitrogen dalam

tanah bervariasi tergantung pada beberapa faktor seperti jenis tanah, pengelolaan tanah, dan kondisi lingkungan. Ketersediaan unsur hara nitrogen (N) dalam tanah sangat bergantung pada berbagai faktor yang mempengaruhi proses fiksasi nitrogen, dekomposisi bahan organik, serta aktivitas mikroorganisme tanah yang berperan dalam mengubah nitrogen menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tanaman.

5.2.4. Rasio C/N dalam Tanah



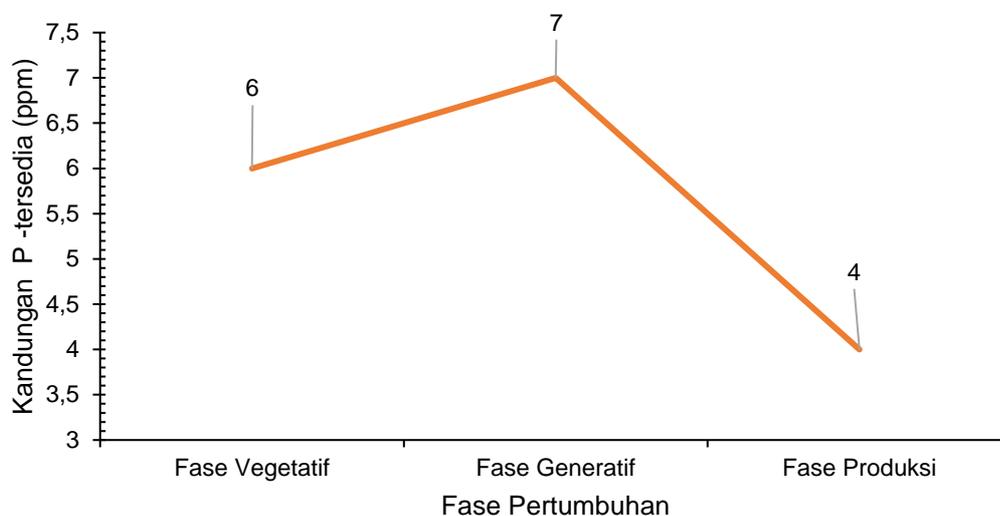
Gambar 5. Rasio C/N lahan kelapa sawit berdasarkan pada fase pertumbuhan

Gambar 5 menunjukkan persentase rasio C/N tertinggi yaitu pada fase produktif (11,00%) dibandingkan dengan fase vegetatif dan generatif. Rasio C/N dalam rentang 11-15 termasuk kategori sedang, sedangkan rentang 5-10 termasuk kategori rendah (eviati, et al 2009). Hal ini disebabkan karena pada fase produktif, kelapa sawit memerlukan lebih banyak nitrogen untuk mendukung pembentukan

buah dan minyak. Nitrogen berperan penting dalam proses fotosintesis, pembentukan klorofil, dan sintesis protein yang mendukung produksi buah yang optimal. Selain itu, tingginya rasio C/N pada fase produksi disebabkan pula karena lebih banyaknya bahan organik, proses dekomposisi yang lebih lambat, tahap pemupukan yang lebih intensif dan alokasi karbon serta nitrogen lebih tinggi guna mendukung pembentukan buah dan minyak kelapa sawit.

Rasio C/N dalam tanah adalah faktor kunci yang memengaruhi ketersediaan nitrogen bagi tanaman. Rasio yang ideal berada di antara 20:1 hingga 30:1, dengan kondisi dekomposisi yang seimbang, sehingga unsur hara dapat tersedia bagi tanaman. Dalam budidaya kelapa sawit, pengelolaan rasio C/N yang tepat melalui pemupukan, penggunaan bahan organik yang tepat, dan pemeliharaan mikroorganisme tanah yang sehat sangat penting untuk mendukung produksi buah dan minyak sawit yang optimal. Salah satu aspek terpenting dalam keseimbangan unsur hara adalah rasio organik karbon dengan nitrogen (Rasio C/N). (Rahmawati, Asriany dan Hasan, 2014).

5.2.5. Ketersediaan Unsur Hara Fosfor dalam Tanah



Gambar 6. Kandungan P-tersebut lahan sawit berdasarkan fase pertumbuhan tanaman

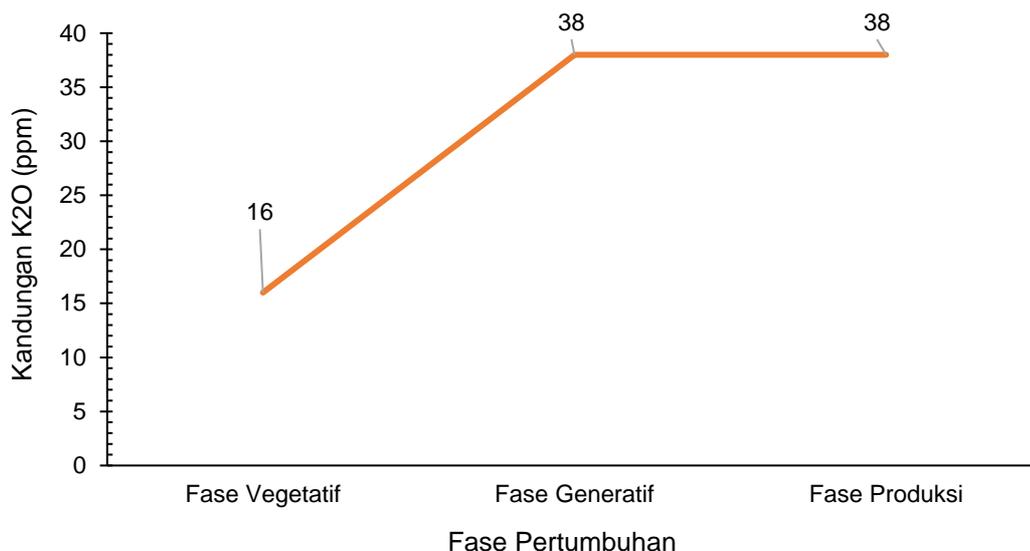
Gambar 6 menunjukkan ketersediaan fosfor dalam tanah yang berfluktuasi. Dimana ketersediaan fosfor paling tinggi terdapat pada fase generatif yakni 7 ppm, sementara pada fase vegetatif hanya 6,00 ppm dan fase produksi 4,00 ppm. Rentang nilai fosfor antara 5-7 menunjukkan kriteria rendah (Eviati, et al 2009). Hal ini menunjukkan bahwa unsur hara fosfor digunakan untuk metabolisme tanaman kelapa sawit. Unsur hara fosfor berperan dalam proses fotosintesis, metabolisme karohidrat, pembentukan inti sel, pembelahan dan perbanyakan sel, pembentukan lemak dan albumin, organisasi sel, dan pengalihan sifat - sifat keturunan (Albari & Sudradjat, 2018; Manurung et al., 2024).

Defisiensi unsur hara fosfor sebagai faktor penting yang mempengaruhi produksi kelapa sawit yang dapat disimulasikan seperti terjadinya penurunan indeks luas daun atau perubahan rasio pucuk, akar, yang berdampak langsung terhadap produksi minyak pada biji kelapa sawit (Kvakic et al., 2018; Thompson-

Morrison et al., 2023), berdampak terhadap kesenjangan produksi tanaman kelapa sawit berkontribusi terhadap keterbatasan hasil panen kelapa sawit. Namun, kandungan fosfor yang lebih tinggi di tanah bersifat toksik bagi lingkungan karena mampu memicu eutrofikasi (Adli & Nurdin, 2025).

Fosfor (P) merupakan salah satu unsur hara makro esensial yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah yang relatif banyak, karena unsur ini mempunyai peranan terhadap proses metabolisme maupun sebagai penyusun struktural molekul, sehingga kekurangan unsur P sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Fosfor dalam tanah nisbi sulit untuk tersedia bagi tanaman, diduga fosfor merupakan unsur pembatas pertumbuhan tanaman yang menempati urutan ketiga setelah air dan nitrogen, khususnya di daerah tropik (Putri et al., 2018).

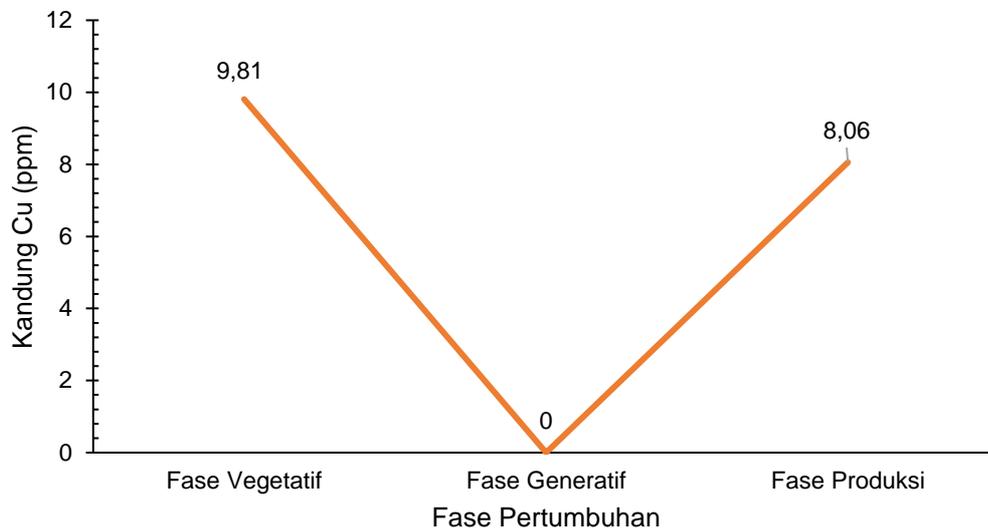
5.2.6. Ketersediaan Unsur Hara Kalium dalam Tanah



Gambar 7. Kandungan K₂O lahan kelapa sawit berdasarkan fase pertumbuhan

Berdasarkan pada Gambar 7 kandungan kalium tanah lahan sawit berbeda pada setiap fase pertumbuhan. Kandungan kalium tertinggi terdapat pada lahan sawit pada fase generatif dan produksi (38 ppm), sedangkan terendah terdapat pada fase vegetatif (16 ppm). Kalium memegang peranan yang sangat penting dalam pertumbuhan dan produksi tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis jacq*) (Naquiuddin et al., 2020). Sebagai unsur hara yang penting, kalium berfungsi dalam berbagai aspek fisiologis tanaman kelapa sawit, yang dapat memengaruhi hasil dan kualitas produksinya (Irawan & Putra, 2020). Beberapa peranan kalium untuk produktivitas kelapa sawit yaitu pembentukan dan pengangkutan karbohidrat, pengaturan keseimbangan air, peningkatan ketahanan terhadap stres, pengaturan metabolisme dan pembentukan protein, peningkatan kualitas buah, dan peningkatan hasil produksi. Terjadinya peningkatan kalium pada tanah menunjukkan adanya penambahan unsur hara kalium melalui tahap pemupukan. (Serikat Petani Kelapa Sawit, 2016). Khalida dan Adolf (2019), tahap pemupukan mampu substitusi unsur hara yang diabsorpsi tanaman atau hilang akibat terjadinya pencucian serta menjaga kondisi tanah yang ideal bagi produktivitas kelapa sawit.

5.2.7. Ketersediaan Unsur Hara Tembaga (Cu) dalam Tanah



Gambar 8. Kandungan Cu Lahan Kelapa sawit berdasarkan fase pertumbuhan tanaman

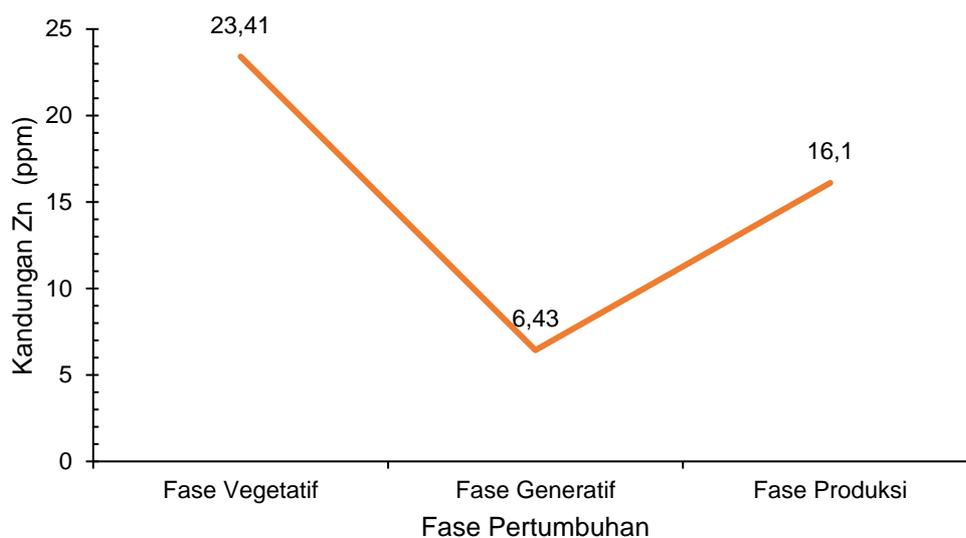
Ketersediaan unsur hara tembaga dalam tanah untuk pertanaman kelapa sawit disajikan pada Gambar 8. Ketersediaan unsur hara Cu terbanyak pada fase vegetatif. Sementara untuk fase generatif, ketersediaan unsur hara Cu tidak terdeteksi saat dilaksanakan analisis tanah sedangkan saat memasuki fase produksi mencapai 8,06.

Unsur hara Cu adalah tembaga, yang merupakan salah satu unsur hara mikro yang penting. Meskipun dibutuhkan dalam jumlah kecil, tembaga berperan dalam proses fotosintesis, metabolisme, serta pembentukan klorofil pada tanaman. Menurut Daljit et al., (2020) tembaga (Cu) termasuk mikronutrien yang berperan dalam pembentukan dinding sel, metabolisme tanaman, sintesis protein, transpor elektron dalam fotosintesis, respirasi mitokondria, dan sekresi hormon tanaman. Kekurangan tembaga pada tanaman dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan,

seperti kelainan pada daun dan batang, serta mengurangi kemampuan tanaman untuk mengatasi stres.

Peranan Cu dalam tanah khususnya untuk produksi kelapa sawit mampu menghasilkan hasil panen mencapai 8 ton minyak/ha/tahunnya dengan mengaplikasikan manajemen pupuk yang tepat sehingga mampu memproduksi kelapa sawit 4 ton/ha/tahun (Din et al., 2014; Corley, 2015; Woittiez et al., 2019; (Thompson-Morrison et al., 2023).

5.2.8. Ketersediaan Unsur Hara Zink (Zn) dalam Tanah



Gambar 9. Kandungan Zn lahan kelapa sawit berdasarkan fase pertumbuhan

Gambar 9 menunjukkan ketersediaan Cu yang berbeda pada lahan sawit berdasarkan fase pertumbuhan. Ketersediaan unsur hara Zn tertinggi pada fase vegetatif yakni 23.41 ppm, sedangkan fase generatif kandungan Zn menurun 6,43 ppm, dan meningkat pada fase produksi menjadi 16,1 ppm. Kriteria unsur Zn pada lahan sawit termasuk tinggi (Eviati et al 2009). Zn berperan untuk pembentukan

karbohidrat dan penting dalam produksi klorofil pada daun kelapa sawit. Selain itu, kekurangan Zn akan mempengaruhi efisiensi penyerapan air oleh tanaman. Selain itu, Zn dapat membantu tanaman dalam pertumbuhan akar (Daljit et al., 2020).

Zink adalah salah satu mikronutrien penting yang dibutuhkan oleh tanaman dan makhluk hidup, termasuk manusia. Meskipun hanya dibutuhkan dalam jumlah kecil, zink berperan dalam berbagai proses biologis, seperti sintesis protein, pembelahan sel, dan pembentukan enzim yang penting untuk metabolisme. Pada tanaman, zink juga berperan dalam pertumbuhan akar, sintesis klorofil, serta proses fotosintesis. Kekurangan zink dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan tanaman dan menurunnya kualitas hasil pertanian. Ketersediaan unsur hara zink di dalam tanah sangat penting bagi pertumbuhan kelapa sawit, karena zink berperan dalam banyak proses fisiologis tanaman, seperti sintesis protein, pengaturan enzim, dan metabolisme karbon. Namun, ketersediaan zink di dalam tanah dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu pH tanah, tekstur tanah, kandungan bahan organik.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Unsur hara makro maupun mikro berbeda pada lahan kelapa sawit di Kecamatan Maiwa pada setiap fase pertumbuhan tanaman.
2. Penyerapan unsur hara makro di lahan kelapa sawit Kecamatan Maiwa sangat tinggi yang dibuktikan oleh ketersediaan unsur hara makro yang rendah, walaupun pH tanah termasuk netral.
3. Ketersediaan unsur hara mikro tidak mengalami defisiensi dan tersedia cukup untuk pertumbuhan tanaman
4. Peningkatan ketersediaan unsur hara makro dapat diimbangi melalui pemupukan dan penambahan bahan organik tanah secara berkesinambungan

6.2. Saran

Sebaiknya untuk penelitian selanjutnya, dilakukan menggunakan replikasi untuk memperoleh unsur hara tersedia yang terbaik dalam mendukung produktivitas tanaman. Selain itu, sebaiknya dilakukan analisis tanpa penggunaan pupuk sebagai pembanding dan mampu memperoleh informasi terkait berapa persen kehilangan unsur hara tersebut untuk masing-masing fase pertumbuhan pada tanaman kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Adli, I., & Nurdin, J. (2025). *The Impact of Oil Palm Plantation Management on Soil Fertility Dynamics*. 17(3), 303-313.
- Afandi, A. M., Zulkifli, H., Nur Zuhaili, H. A. Z. A., Norliyana, Z. Z., Hisham, H., Saharul, A. M., Dzulhelmi, M. N., & Vu Thanh, T. A. (2023). Oil Palm Water Requirement And The Need For Irrigation In Dry Malaysian Areas. *Journal of Oil Palm Research*, 35(3), 391-405. <https://doi.org/10.21894/jopr.2022.0052>
- Agustina, R. M. (2022). *Kajian Unsur Hara Makro dan Mikro Pada Pertumbuhan Tanaman*. Universitas Islam Negeri Raden Intan .
- Ashton-Butt A, Aryawan AAK, Hood ASC, Naim M, Purnomo D, Suhardi, Wahyuningsih R, Willcock S, Poppy GM, Caliman JP, Turner EC, Foster WA, Peh KSH, Snaddon JL. 2018. Understory vegetation in oil palm plantations benefits soil biodiversity and decomposition rates. *Frontiers in Forests and Global Change*, 1(December). <https://doi.org/10.3389/ffgc.2018.00010>.
- Ai, N. S., & Torey, P. (2013). Karakter Morfologi Akar Sebagai Indikator Kekurangan Air Pada Tanaman (Root morphological characters as water-deficit indicators in plants). *Jurnal Bioslogos*, 3(1), 31-39.
- Albari, J., & Sudradjat, dan. (2018). Peranan Pupuk Nitrogen dan Fosfor pada Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Belum Menghasilkan Umur Tiga Tahun Role of Nitrogen and Phosphorus Fertilizer on Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Three Years Old Immature Tree. In *Bul. Agrohorti* (Vol. 6, Issue 1).
- Balai Penelitian Tanah. (2005). *Kriteria Penilaian Hasil Analisis Tanah*.
- BPS. (2024). *Produksi Tanaman Perkebunan (Ribu Ton), 2019-2023*.
- Daljit, S. K., Zaharah, A. R., Farrah, M. M., Dzarifah, Z., Keeren, S. R., Arifin, A., & Rosazlin, A. (2020). Effects of Copper and Zinc Application on the Oil Palm Root Morphology and Epidermis Cell Size. *Journal of Natural Products and Resources*, 06(01), 242-245 <https://doi.org/10.30799/jnpr.086.20060102>
- Darlan, N. H., Listia, E., Pradiko, I., & Sucipto, T. (2017). Karakteristik Tanaman Kelapa Sawit Di Dataran Tinggi. *Jurnal Warta PPKS*, 22(3), 122-132. <https://www.researchgate.net/publication/350441164>
- Eko Noviandi Ginting, (2020). Pentingnya bahan organik untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemupukan di perkebunan kelapa sawit. *Warta PPKS*, 2020, 25(3): 139-154
- Goswami, G., Bora, R., & Rathore, M. S. (2015). Oxidation Of Cooking Oils Due To Repeated Frying And Human Health. *Internasional Journal of Science Technology and Management*, 4(1), 495-501.

- Gindo T, Suryanto, Ovanny T., (2022). Kandungan Bahan Organik Tanah Dan Ph Serta Produksi Tandan Buah Segar Pada Sistem Pengelolaan Tanaman Kelapa Sawit Menghasilkan. *Jurnal Silva Tropika* Vol. 6 No. 1.
- Hasriyanti, H., Abbas, I., & Leo, M. N. Z. (2016). Aplikasi Peta Jenis Tanah dalam Mengidentifikasi Lahan Berpotensi untuk Perkebunan Kelapa Sawit Di Kecamatan Cendana Kabupaten Enrekang. *Jurnal Pendidikan Geografi*, 21(1), 12-22.
- Hasyyati, N. A., Nurmi, N., & Ilahude, Z. (2023). Analisis Kandungan Unsur Hara Mikro (Mn, Fe, Zn), C-organik dan Kadar Air Pada Lahan Jagung (*Zea mays* L.) Di Kecamatan Tabongo Kabupaten Gorontalo. *Jurnal Lahan Pertanian Tropis (JLPT)*, 2(2), 104-109. <https://doi.org/10.56722/jlpt.v2i2.21707>
- Hayadi D, Wawan, dan AI Amir. 2014. Sifat Kimia Ultisol di Bawah Tegakan Berbagai Umur Tanaman Kelapa Sawit. Jurusan Agroteknologi Universitas Riau, 0 (0) : 01 11.
- Hidayah, T. (2018). *Analisis Kebutuhan Air Tanaman Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis Jacq) Pada Tahap Pembibitan Utama (Main Nursery) dengan Media Ultisol*. Universitas Andalas.
- Idris, I., Mayerni, R., & Warnita, W. (2020). Karakterisasi Morfologi Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis jacq.*) Di Kebun Binaan PPKS Kabupaten Dharmasraya. *Jurnal Riset Perkebunan (JRP)*, 1(1), 45-53.
- Indrianingsih, A. A. (2018). *Kandungan Total Unsur Mikro Residu Dekomposisi Pelepah Kelapa Sawit Berdasarkan Beberapa Kedalaman Pembenanaman*. Institut Pertanian Bogor.
- Iqbal, M. (2021). *Kandungan Hara Mikro Lahan Kelapa Sawit Yang Dipengaruhi Air Pasang Surut*. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Baru.
- Irawan, W., & Putra, E. T. S. (2020). The Effect of Potassium Addition on Oil Palm (*Elaeis guineensis Jacq.*) Roots Anatomic Properties under Drought Stress. *Caraka tani journal of Sustainable Agriculture*, 35 (1), 54 <https://doi.org/10.20961/carakatani.v35i1.32578>
- Jovita, D. (2018). *Analisis Unsur Makro (K, Ca, Mg) Mikro (Fe, Zn, Cu) Pada Lahan Pertanian Dengan Metode Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrofotometry (ICP-OES)*. Universitas Lampung.
- Kvakic, M., Pellerin, S., Ciaais, P., Achat, D. L., Augusto, L., Denoroy, P., Gerber, J. S., Goll, D., Mollier, A., Mueller, N. D., Wang, X., & Ringeval, B. (2018). Quantifying the Limitation to World Cereal Production Due To Soil Phosphorus Status Global Biogeochemical Cycles, 32 (1), 143 – 157 *Global Biogeochemical Cycles*, 32 (1), 143-157 <https://doi.org/10.1002/2017GB005754>
- Manurung, A. N. H., Suwanto, Yahya, S., & Nugroho, B. (2024). Phosphorus Uptake

- Model of Oil Palm Seedlings in the Main Nursery. *Current Applied Science and Technology*, 24(4).<https://doi.org/10.55003/cast.2024.257604>
- Maryani, A. T. (2012). Pengaruh Volume Pemberian Air Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit Di Pembibitan Utama. *Jurnal Agroecotania*, 1(2), 64-75.
- Mpapa, B. L. (2016). Analisis Kesuburuan Tanah Tempat Tumbuh Pohin Jati (*Tectona grandis* L.) Pada Keitnggian yang Berbeda. *Jurnal Agrista*, 20(3), 135-139.
- Murgianto, F., Edyson, E., Ardiyanto, A., Putra, S. K., & Prabowo, L. (2021). Potential Content of Palm Oil at Various Levels of Loose Fruit in Oil Palm Circle. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 91-98.<https://doi.org/10.25181/jaip.v9i2.2161>
- Murphy, D. J. (2024). Carbon Sequestration by Tropical Trees and Crops: A Case Study of Oil Palm. In *Agriculture (Switzerland)* (Vol. 14, Issue 7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/agriculture14071133>
- Naquiuddin, M., Ma, N. L., & Ong-Abdullah, M. (2020). Potassium Nutrition In The Oil Palm: A Molecular Perspective. *Journal of Oil Palm Research*, 32(1), 139-144. <https://doi.org/10.21894/JOPR.2019.0029>
- Nursida, N., Hayati, Z., & Imuliany, I. (2019). Pengaruh Ameliorasi Abu Janjang Kelapa Sawit Terhadap Ketersediaan dan Serapan Unsur Hara Zn Pada Produksi Beberapa Varietas Kedelai Di Tanah Gambut. *Jurnal Agro Indragiri*, 4(1), 13-23.
- Utami, S. N. H., & Handayani, S. (2003). Sifat Kimia Entisol Pada Sistem Pertanian Organik. *Ilmu Pertanian*, 10(2), 63–69.
- Pahan, I. (2010). *Kelapa Sawit, Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir*. Penebar Swadaya.
- Powlson DS, Cai Z, Lemanceau P. 2015. Soil carbon dynamics and nutrient cycling, dalam Banwart, S.A., E. Noellemeyer, E. Milne (Editor), *Soil carbon: science, management and policy for multiple benefits*. SCOPE series. 71: 98-107
- Pratiwi, M., & Pinem, L. J. (2020). Karakteristik Petani Kelapa Sawit Di Kabupaten Labuhan Batu Utara. *Jurnal Agriprimatech*, 3(2), 2621-6566.
- Purba, I. R., Irsal, I., & Meiriani, M. (2017). Hubungan Fraksi Kematangan Buah dan Ketinggian Tandan terhadap Jumlah Buah Memberondol pada Panen Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) di Kebun Rambutan PTPN III. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*, 5(2), 315-328.
- Putri, U. D., Peniwiratri, L., & Widodo, R. A. (2018). Potensi Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Memasok Fosfor Pada Podsolik Merah Kuning dan Serapannya oleh Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Tanah Dan Air (Soil and Water Journal)*, 15(2), 83-

92. <http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/jta/index>

- Ramadhan, S., & Nasrul, B. (2022). Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*elaeis guineensis jacq.*) dengan Pemberian Pupuk NPK dan Kompos Sekam Padi Pada Media Inceptisol. *Jurnal Agrotek*, 6(1), 1-14.
- Rahmawati, A. Asriany, S. Hasan Kandungan Kalium Dan Rasio C/N Pupuk Organik Cair (Poc) Berbahan Daun-Daunan Dan Urine Kambing Dengan Penambahan Bioaktivator Ragi Tape /Buletin Nutrisi dan Makanan Ternak 14(2) : 50-60
- Rangkuti, I. U. P. (2018). Rendemen dan Komponen Minor Minyak Sawit Mentah Berdasarkan Tingkat Kematangan Buah pada Elevasi Tinggi. *Agrotekma: Jurnal Agroteknologi Dan Ilmu Pertanian*, 3(1), 9. <https://doi.org/10.31289/agr.v3i1.1933>
- Ruegg, J., Quezada, J. C., Santonja, M., Ghazoul, J., Kuzyakov, Y., Buttler, A., & Guillaume, T. (2019). Drivers of soil carbon stabilization in oil palm plantations. *Land Degradation and Development*, 30(16), 1904-1915. <https://doi.org/10.1002/ldr.3380>
- Sari, I. (2011). *Studi Ketersediaan dan Serapan Hara Mikro serta Hasil Beberapa Varietas Kedelai pada Tanah Gambut yang Diameliorasi Abu Janjang Kelapa Sawit*. Universitas Andalas.
- Siswati, L., Harly, R., & Afrijon, A. (2017). Manajemen Produksi Dan Pemeliharaan Kebun Kelapa Sawit Rakyat. *Jurnal Agribisnis*, 19(2), 95-102.
- Sumarna, Y. (2007). *Budidaya Jati*. Penebar Swadaya.
- Thompson-Morrison, H., Ariantiningih, F., Arief, S. M., Gaw, S., & Robinson, B. (2023). Nutrients and Contaminants in Soils of Current and Former Oil Palm Production Systems from Indonesia. *Land*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/land12122144>
- Tini, N., Amri, A., & Khairul, K. (2002). *Mengebunkan Jati Unggul Pilihan Investasi Prospektif*. Agromedia Pustaka.
- Triadiawarman, D., Aryanto, D., & Krisbiyantoro, J. (2022). Peran Unsur Hara Makro Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Bawang Merah (*Allium cepa L.*). *Jurnal Agrifor*, 21(1), 27-32.
- Vidanarko. (2011). *Buku Pintar Kelapa Sawit*. Agromedia Pustaka.
- Winarso S. 2005. Kesuburan Tanah; Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah. Gava Media. Yogyakarta, hal 01-263