

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Landasan Teoritis

2.1.1. Morfologi Kelapa Sawit

Pada tahun 1763, Jacquin memberikan nama untuk tanaman kelapa sawit, yang dikenal sebagai *Elaeis guineensis* Jacq. Observasi yang dilakukan pada kelapa sawit yang tumbuh di Martinique sekitaran Hindia Barat, Amerika Tengah. Nama *Elaeis* memiliki makna minyak, sedangkan istilah *guineensis* digunakan karena kepercayaan Jacquin jika Guinea (Afrika) adalah tempat asal kelapa sawit (Nazar, 2021). Kelapa sawit dapat ditemukan melimpah di hutan tropis di negara-negara seperti Kamerun, Pantai Gading, Ghana, Liberia, Nigeria, Sierra Leone, Togo, Angola dan Kongo. Masyarakat lokal memanfaatkan kelapa sawit sebagai bahan masakan selain itu juga dimanfaatkan dalam keperluan kosmetik (Lubis & Widanarko, 2018).

Kelapa sawit termasuk tanaman monokotil yang mengalami regenerasi sekitar dua puluh tahun dengan proses perkawinan yang berlangsung lambat. Secara umum, usia tanam kelapa sawit berkisar antara 20–25 tahun. Tinggi tanaman ini dapat tumbuh hingga 13–18 meter. Pada usia 0-3 tahun kelapa sawit belum menghasilkan produksi. Menurut Suriana (2019) kelapa sawit dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Divisi	: Embryophyta Siphonogama
Kelas	: Angiospermae
Ordo	: Monocotyledonae
Famili	: Aracaceae
Subfamili	: Corcoideae
Genus	: <i>Elaeis</i>
Spesies	: <i>Elaeis guineensis</i> Jacq

Morfologi tanaman kelapa sawit dibagi menjadi dua komponen yang utama, yaitu bagian vegetatif dan bagian generatif. Bagian vegetatif mencakup akar, batang dan daun, yang berfungsi untuk mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup tanaman. Di sisi lain, bagian generatif berperan dalam proses

reproduksi, terdiri dari bunga dan buah yang memungkinkan tanaman untuk berkembang biak (Sulardi, 2022).

Bagian vegetatif pada kelapa sawit yaitu akar, batang, dan daun, memiliki peran penting dalam menunjang pertumbuhan. Akar memiliki peran untuk menghisap air dan mengangkut unsur hara dari dalam tanah, sedangkan batang berperan sebagai penopang struktur tanaman dan jalur transportasi berbagai zat penting ke seluruh bagian tanaman. Daun, tempat fotosintesis, menghasilkan energi untuk pertumbuhan. Bagian generatif, yang berfungsi untuk reproduksi, juga menghasilkan buah yang kaya minyak, komoditas utama dalam industri kelapa sawit. Kedua bagian ini saling melengkapi dan berkontribusi pada keberhasilan tanaman kelapa sawit dalam menghasilkan produk bernilai tinggi (Sulardi, 2022). Berikut adalah morfologi tanaman kelapa sawit.

a. Akar

Tanaman kelapa sawit adalah tanaman monokotil berbiji tunggal dan memiliki jenis perakaran serabut. Saat fase awal pertumbuhannya, yaitu fase perkecambahan, perkembangan tanaman dimulai dari radikula. Setelah fase ini, radikula akan berhenti tumbuh dan mati, kemudian digantikan oleh akar utama (primer). Selanjutnya, akar primer kemudian berkembang lebih lanjut dengan membentuk akar sekunder, tersier, hingga kuartener (Lubis & Widanarko, 2018).

Akar pohon kelapa sawit biasanya berada di dekat permukaan, namun pada keadaan tertentu akarnya dapat menembus lebih dalam. Kelapa sawit merupakan tanaman yang akar dangkal, atau akar serabut, sehingga rentan terhadap cekaman kekeringan. Faktor penyebabnya kekeringan tanaman antara lain peningkatan transpirasi selama musim kemarau dan mengakibatkan kurangnya pasokan air tanah (Idris *et al.*, 2020).

Akar kelapa sawit dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis berdasarkan ukurannya. Akar primer merupakan akar utama yang tumbuh secara vertikal (radikula) maupun horizontal (akar adventif) dengan diameter antara 6 hingga 10 mm. Akar primer ini membentuk akar sekunder yang berkembang ke samping atau ke bawah dengan diameter berkisar 2 hingga 4 mm. Selanjutnya, akar tersier tumbuh dari akar sekunder dengan arah pertumbuhan mendatar dan memiliki diameter antara 0,7 hingga 2 mm. Cabang dari akar tersier dikenal sebagai akar

kuarter, yang berukuran lebih kecil dengan diameter sekitar 0,1 hingga 0,3 mm dan panjang rata-rata mencapai 3 cm. Keempat tipe akar ini memiliki peran penting dalam mendukung tumbuh dan penyerapan unsur hara pada tanaman kelapa sawit (Sutarta *et al.*, 2017).

Distribusi perakaran kelapa sawit cukup luas, baik secara horizontal maupun vertikal. Perakaran kelapa sawit dapat meluas secara horizontal hingga lebih dari 6 meter dari pangkal batang, sedangkan secara vertikal dapat mencapai kedalaman 1,5–5 meter, tergantung kondisi tanah dan kelembapan. Akar yang paling aktif dalam penyerapan hara dan air umumnya berada pada kedalaman 0–40 cm dengan radius 0–1,5 meter dari pangkal batang. Kepadatan akar tertinggi biasanya ditemukan pada kedalaman sekitar 30 cm dan jarak 2,5 meter dari pangkal batang, terutama pada tanaman berumur 2–6 tahun (Intara *et al.*, 2018).

b. Batang

Batang berperan sebagai penopang bagi daun, bunga, serta buah, sekaligus menjadi saluran dalam mengalirkan air dan hara mineral dari akar menuju bagian atas tanaman, dan mengangkut hasil fotosintesis dari daun menuju bagian bawah tanaman. Selain itu, batang juga berperan sebagai wadah penyimpanan cadangan makanan. Tinggi batang meningkat setiap tahun hingga 35-75 cm, dengan panjang buku batang (*internode*) 14-33 mm. Pada usia 11–15 tahun, pangkal pelepah daun tua masih menutupi batang. Setelah periode tersebut, bekas pangkal pelepah mulai lepas, umumnya bermula dari bagian tengah batang kemudian berlanjut ke arah atas dan bawah. (Sulardi, 2022).

c. Daun

Untuk tanaman, daun berfungsi sebagai sumber energi dan bahan makanan. Bentuk dan jumlah daun mempengaruhi daya tangkap sinar matahari, yang penting untuk proses fotosintesis. Pada saat kecambah, calon daun pertama ialah plumula. Pada umur satu bulan, anak daun akan terbagi menjadi dua helai daun seiring bertambahnya daun dan pada tiga hingga empat bulan, anak daun mulai membelah hingga membentuk daun yang utuh. Kumpulan anak daun (*leaflet*) daun ini terdiri dari tulang anak daun (*midrib*) dan helai anak daun (*lamina*) (Lubis & Widanarko, 2018).

Sedangkan pelepah sawit tumbuh dari bagian tangkai daun (*rachis*), yang berfungsi sebagai tempat melekatnya anak daun. Duri (*spine*) yang muncul di bagian pangkal pelepah berasal dari seludang yang tidak berkembang sempurna menjadi daun. Seludang ini kemudian menyempit dan berubah bentuk menjadi duri (Lubis & Widanarko, 2018).

Pelepah kelapa sawit memiliki 250 hingga 400 helai anak daun. Bakal daun kelapa sawit tumbuh mengikuti pola spiral genetik. Pola susunan pelepah daun ini dikenal sebagai *filotaksis*. Daun pertama muncul ketika telah membuka dengan sempurna, sedangkan daun kedua dihitung berdasarkan pola spiral atau *filotaksis* dengan sudut divergen sebesar 137,5 derajat (dikenal sebagai sudut *Fibonacci*). Pola duduk daun ini memiliki rumus $1/8$, yang berarti setiap lingkaran batang kelapa sawit memuat delapan pelepah daun. Pertumbuhan spiral pelepah dapat bergerak ke arah kanan atau kiri, namun arah tersebut tidak mempengaruhi hasil produksi kelapa sawit (Sulardi, 2022).

d. Bunga

Kelapa sawit adalah jenis tanaman yang berumah satu (*monoecious*), Artinya, dalam satu individu terdapat bunga jantan dan bunga betina yang keduanya tersusun dalam tandan terpisah. Bunga tersebut tumbuh pada bagian pangkal pelepah atau ketiak daun, setiap ketiak daun akan menghasilkan satu bunga majemuk (*infloresens*) (Lubis & Widanarko, 2018).

Tandan bunga jantan terbungkus oleh seludang bunga, serta pada saat memasuki fase *anthesis*, seludang tersebut akan pecah. Sementara itu, tandan bunga betina terbungkus oleh 100 hingga 250 spikelet dengan panjang 10 hingga 20 cm serta diameter 1 hingga 1,5 cm, di mana seludang bunganya akan pecah 15 hingga 30 hari sebelum *anthesis*. Tandan ini memiliki 100 hingga 200 spikelet, dan setiap spikelet mengandung 15 hingga 20 bunga betina (Sulardi, 2022).

e. Buah

Buah sawit secara umum terdiri dari tiga bagian utama, bagaian tersebut ialah eksokarp, mesokarp serta endokarp. Eksokarp ialah lapisan terluar dari buah sawit, berupa kulit yang licin dan berwarna merah jingga saat matang. Di bawahnya terdapat mesokarp, yaitu bagian berserat yang berwarna kuning terang dan menjadi tempat utama penyimpanan minyak sawit (*crude palm oil*). Setelah

mesokarp, terdapat endokarp, berupa cangkang keras yang melindungi inti buah sawit. Inti ini disebut kernel, di mana terdapat embrio sawit. Kernel juga menjadi bahan baku minyak inti sawit (*palm kernel oil*), yang memiliki nilai jual yang tinggi (Nugroho, 2019).

Buah kelapa sawit menghasilkan minyak nabati yang sangat bermanfaat bagi kehidupan. Minyak nabati sangat bermanfaat sebagai bahan dalam pembuatan minyak makan, bahan dasar berbagai industri antara lain farmasi, kosmetik serta sumber energi alternatif (Setyawan, 2018).

2.1.2. Syarat Tumbuh Kelapa Sawit

Iklim berperan penting dalam pertumbuhan tanaman, karena setiap jenis tanaman memerlukan kondisi tertentu untuk mencapai pertumbuhan optimal. Kelapa sawit berkembang paling baik di daerah tropis yaitu pada titik koordinat 12° LU hingga 12° LS, pada ketinggian 0 hingga 250 mdpl. Kelapa sawit membutuhkan penyinaran matahari selama 5 hingga 7 jam per hari, dengan curah hujan 1.750 hingga 3.000 mm per tahun dengan distribusi merata, serta suhu rata-rata 25–28°C. Kombinasi faktor-faktor tersebut menciptakan kondisi yang ideal bagi pertumbuhan kelapa sawit (Listia *et al.*, 2020).

Kondisi tanah berpengaruh besar terhadap pertumbuhan dan produktivitas kelapa sawit, yang dapat berkembang pada beragam jenis tanah, seperti Podsolik, Latosol, Hidromorfik Kelabu, Regosol, Andosol, maupun Aluvial. Masing-masing jenis tanah memiliki karakteristik yang mendukung kebutuhan kelapa sawit, seperti kandungan bahan organik, kapasitas menahan air, dan struktur tanah yang baik. pH tanah juga menjadi faktor penting, di mana kelapa sawit dapat tumbuh pada kisaran pH 4,0 hingga 6,0, dengan pH optimal 5,0 hingga 5,5. Pada kisaran pH tersebut, unsur hara yang terkandung dalam tanah lebih mudah untuk diserap oleh tanaman hingga dapat mendukung pertumbuhan dengan optimal (Sulardi, 2022).

2.1.3. Tanaman Penutup Tanah

Tanaman penutup tanah adalah jenis tanaman yang dibudidayakan untuk menjaga permukaan tanah agar tidak mengalami erosi sekaligus meningkatkan kualitas serta memperbaiki sifat-sifat tanah. Selain itu, tanaman ini juga berfungsi untuk menutupi area lahan guna menghambat pertumbuhan gulma yang dapat

mengganggu tanaman kelapa sawit. Biasanya, tanaman penutup tanah digunakan pada areal kelapa sawit yang masih dalam fase belum menghasilkan (TBM) (Husaini & Iswahyudi, 2019).

Tanaman penutup tanah banyak sekali manfaatnya bagi tanaman utama. penutup tanah memiliki peran dalam berbagai aspek yaitu:

- a) Mencegah erosi dan kehilangan unsur hara.
- b) Meningkatkan kualitas sifat fisik dan kimia tanah.
- c) Menambah kandungan bahan organik serta unsur hara bagi tanaman.
- d) Meningkatkan pertumbuhan tanaman (Yardha, 2018)

Di areal perkebunan kelapa sawit, terdapat berbagai jenis tanaman penutup tanah yang umum digunakan, setiap jenis memiliki manfaat sekaligus keterbatasannya masing-masing. Jenis-jenis yang umum ditemukan di antaranya adalah *Mucuna bracteata* (MB), *Calopogonium caeruleum* (CC), *Calopogonium mucunoides* (CM), *Centrosema pubescens* (CP), *Psophocarpus palustris* (PP), *Pueraria javanica* (PJ), serta *Nephrolepis biserrata* (Nora & Mual, 2018).

Di area perkebunan kelapa sawit, sering dijumpai tanaman penutup tanah yang tumbuh secara alami, salah satunya adalah *Nephrolepis biserrata*. Tanaman ini termasuk dalam kelompok paku-pakuan (*Pteridophyta*) dan cukup umum ditemukan di berbagai perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Salah satu keunggulan *Nephrolepis biserrata* adalah kemampuannya untuk tumbuh dengan baik di lahan-lahan yang kurang subur, seperti lahan gambut dan tanah berpasir. Oleh sebab itu, tanaman ini memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai penutup tanah yang efektif di lingkungan perkebunan kelapa sawit (Setyawan, 2018).

a. *Nephrolepis biserrata*

Menurut Ceri *et al*, (2014) *Nephrolepis biserrata* dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Divisi	: Pteridophyta
Kelas	: Pteridopsida

Sub kelas : Polypoditae
Ordo : Polypodiales
Famili : Nephrolepidaceae
Genus : *Nephrolepis*
Spesies : *Nephrolepis biserrata*

Di lahan perkebunan kelapa sawit, terdapat tumbuhan bermanfaat yang tumbuh secara alami, salah satunya adalah *Nephrolepis biserrata*. Tumbuhan ini merupakan jenis paku-pakuan (*Pteridophyta*) yang mudah dijumpai di Indonesia. *Nephrolepis biserrata* memiliki kemampuan untuk tumbuh di berbagai lingkungan dan termasuk tumbuhan terestrial yang umumnya ditemukan di area lembab dan tertutup. Umumnya, tumbuhan ini ditemukan tumbuh di gawangan mati, area pembuangan pelepah kelapa sawit, serta di sekitar piringan tanaman. *Nephrolepis biserrata* berkembang dengan baik pada tanah atau lahan yang kaya bahan organik (Saputra *et al.*, 2023).

Pada beberapa perusahaan, tanaman *Nephrolepis biserrata* sering disemprot untuk dibasmi karena dianggap sebagai gulma yang merugikan tanaman utama. Namun, tanaman ini juga sering dimanfaatkan sebagai penutup tanah. Penelitian Asbur *et al.*, (2018) menunjukkan bahwa *Nephrolepis biserrata* dapat menyumbangkan unsur hara N, P dan K yang bermanfaat bagi kelapa sawit. Selain itu, tanaman ini membantu mengikat karbon, menjaga kelembaban tanah (Satriawan *et al.*, 2021). *Nephrolepis biserrata* juga menjadi sarang predator hama ulat api yaitu *Sycanus* sp.



Gambar 1. *Nephrolepis biserrata*
Sumber. Dokumentasi pribadi

Tanaman *Nephrolepis biserrata* lebih menyukai tumbuh di area yang teduh dengan paparan sinar matahari rendah serta lingkungan yang lembab. Oleh karena itu, tumbuhan ini keralawap ditemukan di perkebunan kelapa sawit, terutama pada lahan dengan pohon sawit yang sudah dewasa atau berusia tua dan telah memasuki masa produksi (Bagas, 2018 dalam Saputra *et al.*, 2023).

Nephrolepis biserrata tumbuh berumpun dengan akar coklat tua dan batang hijau kecoklatan yang tegak. Daunnya hijau terang, majemuk, tersusun rapat di sepanjang batang, dengan ujung runcing, tepi bergelombang, dan pangkal berlekuk. Daun muda berwarna hijau muda, menggulung, serta tertutup bulu halus putih. Sporangium terdapat di bagian bawah tepi daun. Selain itu, daun pada bagian atas berukuran lebih kecil dibandingkan dengan daun yang berada di bagian bawah (Setyawan, 2018).

2.1.4. Tanah

Tanah merupakan bagian teratas yang menyelimuti bumi kita ini. Tanah sudah ada sejak berjuta tahun yang lalu. Kata tanah berasal dari kata Yunani yaitu *pedon* (Asril *et al.*, 2022). Proses pembentukan tanah berlangsung begitu lama hingga tanah tersebut dapat terbentuk sempurna kemudian menjadi tempat tinggal makhluk hidup. Pembentukan tersebut akibat adanya peran dari faktor iklim, manusia, makhluk hidup, vegetasi dan lainnya.

Perkembangan tanah diawali dengan proses pelapukan batuan induk yang selanjutnya berubah menjadi bahan induk tanah. Struktur dasar penyusun tanah pada dasarnya terdiri atas air, udara, mineral, serta bahan organik. Setiap komponen tanah memiliki porsi masing-masing, air dan udara memiliki porsi masing-masing yaitu sebesar 25%. Untuk bahan mineral memiliki bagian terbesar terdiri dari 45% mineral, sedangkan bahan organik hanya sekitar 5%. Komposisi tersebut dianggap ideal untuk kegiatan budidaya tanaman dalam mencapai pertumbuhan yang optimal (Lubis & Widanarko, 2018).

Tanah adalah komponen penting dalam ekosistem tumbuhan, berperan sebagai media pertumbuhan dan perkembangan akar, serta menyediakan nutrisi serta sebagai penyedia air yang diperlukan oleh tanaman. Tanah juga berperan sebagai penopang, menjaga agar tanaman tetap kokoh. Kualitas tanah, seperti kandungan hara, daya serap air, serta struktur dan teksturnya, mempengaruhi

pertumbuhan tanaman. Setiap jenis tanaman memiliki kemampuan adaptasi yang berbeda terhadap kondisi tanah, dengan beberapa tanaman mampu tumbuh di tanah miskin nutrisi, sementara yang lain memerlukan tanah kaya unsur hara untuk berkembang optimal (Khalil *et al.*, 2015).

Menurut Asril *et al.*, (2022) Peranan tanah bagi pertumbuhan tanaman adalah sebagai berikut:

- a. Tanah sebagai penyedia sumber bahan organik.
- b. Penyedia rumah bagi organisme.
- c. *Water Holding Capacity* atau penyedia air tanah.
- d. Tanah sebagai tempat pertumbuhan akar tanah sebagai habitat mikroba pemacu tumbuh tanaman

2.1.5. Kesuburan Tanah

Kesuburan tanah adalah kapasitas tanah untuk dalam menyediakan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman dalam proses tumbuh serta berkembang. Akar menyerap unsur hara tersebut dalam wujud nutrisi, yaitu zat-zat yang dibutuhkan tanaman (Asril *et al.*, 2022). Pada dasarnya tingkat kesuburan tanah akan berkaitan dengan karakteristik fisik tanah, sifat kimianya dan biologi tanahnya.

Faktor-faktor yang membentuk kondisi fisik tanah termasuk meliputi kedalaman efektif, tekstur, struktur, kadar kelembaban, serta aerasi tanah. Aspek kimia tanah mencakup pH tanah, kapasitas tukar kation (KTK), kejenuhan basa, kandungan bahan organik, jumlah unsur hara, cadangan unsur hara, serta ketersediaan unsur hara yang semuanya berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Selain itu, biologi tanah mencakup tindakan mikroba yang merombak bahan organik selama proses pembentukan humus serta fiksasi nitrogen dari udara. Kesuburan tanah sangat bergantung pada keseimbangan dan ketersediaan unsur hara (Kusumawati, 2021).

Informasi mengenai kondisi tanah sangat penting dalam perencanaan dan pengelolaan budidaya tanaman secara optimal. Kesuburan tanah memiliki dampak signifikan terhadap pertumbuhan dan kesehatan tanaman sehingga potensi dukungannya perlu dikelola secara berkelanjutan. Menurut Rachmadiyahanto *et al* (2020) penentuan tingkat kesuburan tanah dapat dilihat berdasarkan kriteria yang tercantum dalam tabel berikut :

Tabel 1. Kriteria kesuburan tanah

Parameter Tanah	Nilai				
	sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
C organik (%)	<1	1 – 2	2,1 – 3	3,1 – 5	>5
N total (%)	<0,1	0,1 – 0,2	0,21 – 0,5	0,51 – 0,75	>0,75
Nisbah C/N	<5	5 – 10	11 – 15	16 – 25	> 25
P ₂ O ₅ tersedia (ppm P)	<10	10 -15	16 -25	26 – 35	> 35
K (me/ 100 g)	< 0,1	0,1 – 0,2	0,3- 0,5	0,6- 1	>1
Parameter pH tanah	Sangat masam	Masam	Agak masam	Netral	Agak alkalis
pH	< 4,5	4,5 – 5,5	5,6 – 6,5	6,6 – 7,5	7,6 – 8,5

Sumber : (Sutarman & Miftakhurrohmat, 2019)

Unsur hara yang terkandung dalam tanah diserap oleh tanaman untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangannya. Tanaman kemudian menjadi sumber makanan bagi hewan, yang selanjutnya dikonsumsi oleh manusia. Siklus ini memungkinkan manusia hidup, bertumbuh, berkembang dan menghasilkan keturunan, semuanya berawal dari ketersediaan unsur hara di tanah (Salam, 2020).

Agar dapat tumbuh secara optimal, tanaman membutuhkan unsur hara esensial dapat digolongkan menjadi dua kategori utama, yakni unsur hara makro serta unsur hara mikro. Kedua jenis unsur ini memiliki fungsi dan peranan yang berbeda.

Unsur hara makro adalah nutrisi yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang relatif banyak, yakni sekitar 0,1% hingga 0,5%. Unsur-unsur yang tergolong dalam kelompok ini meliputi karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), sulfur (S), serta magnesium (Mg). Keberadaan unsur-unsur tersebut bersifat esensial dan Tidak bisa disubstitusi oleh unsur lainnya, meskipun kebutuhannya dapat bervariasi tergantung pada jenis tanaman dan potensi hasil yang diharapkan. Kekurangan salah satu unsur hara makro dapat mengakibatkan terhambatnya proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara keseluruhan (Budianta, 2022)

Unsur hara mikro adalah nutrisi yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah sangat sedikit, yakni kurang dari 0,0025%. Unsur-unsur yang tergolong ke dalam kelompok ini meliputi besi (Fe), tembaga (Cu), seng (Zn), mangan (Mn),

molibdenum (Mo), boron (B), natrium (Na), dan klorin (Cl). Keberadaan unsur-unsur ini bersifat mutlak bagi kelangsungan hidup tanaman, karena masing-masing memiliki fungsi spesifik yang tidak dapat digantikan oleh unsur lain. Meskipun kebutuhan setiap unsur berbeda tergantung pada jenis tanaman dan potensi hasil yang diharapkan, kekurangan salah satu unsur hara mikro dapat menyebabkan hambatan dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara keseluruhan (Budianta, 2022).

Seiring perkembangan ilmu pengetahuan, kebutuhan unsur hara tanaman terus berubah. Selain itu, budidaya tanaman berulang tanpa pengolahan tanah yang baik dapat menyebabkan kekurangan unsur. Salah satu indikator kesuburan tanah ialah kandungan bahan organik. Bahan organik memegang peranan penting dalam meningkatkan kesuburan tanah. Bahan organik memiliki banyak manfaat karena dapat meningkatkan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Selain itu, bahan organik juga berfungsi meningkatkan aktivitas senyawa pengatur tumbuh (ZPT), menjadi sumber enzim yang membantu proses metabolisme dan bahkan dapat digunakan sebagai bahan alami untuk mengendalikan penyakit serta hama pada tanaman (Lubis & Widanarko, 2018).

1) Unsur Hara Nitrogen (N)

Nitrogen (N) merupakan unsur esensial bagi pertumbuhan tanaman, berperan dalam dalam sintesis protein, hormon, klorofil, vitamin, serta enzim esensial. Unsur ini membentuk sekitar 40% hingga 50% dari bobot kering protoplasma tanaman. Sebanyak 98% nitrogen secara global, nitrogen berasal dari litosfer dalam bentuk mineral maupun amonium, sedangkan 2% berasal dari atmosfer dengan konsentrasi 78%, namun hanya dapat diserap setelah diurai. Nitrogen tersedia bagi tanaman melalui mekanisme seperti penambatan oleh bakteri *Rhizobia*, mikroorganisme bebas, petir, atau proses industri yang menghasilkan pupuk nitrogen seperti amoniak dan NO₃ (Nurhayati, 2021).

Menurut Kusumawati (2021) peran atau fungsi unsur hara N bagi tanaman dapat dijelaskan sebagai berikut: :

- a) sebagai bahan pembentuk inti molekul klorofil (zat hijau daun) yang dibantu oleh unsur hara Mg
- b) Berperan dalam pembentukan protein

- c) Penyusun asam amino
- d) Bersama dengan hara P menyusun asam nukleat
- e) Mendorong pertumbuhan vegetatif tanaman
- f) Penyerapan nitrat dapat menghasilkan biomassa yang lebih besar, memperluas permukaan daun, meningkatkan pertumbuhan akar, serta mendukung efisiensi penggunaan N (Kusumawati, 2021)

2) Unsur Hara Fosfor (P)

Fosfor (P) adalah salah satu unsur hara makro yang memiliki peran vital dalam berbagai proses fisiologis tanaman, seperti penyimpanan dan transfer energi, pembelahan sel, serta perkembangan akar. Kekurangan unsur hara P dapat memberikan gejala yang mudah diamati pada tanaman. Tanaman yang mengalami defisiensi P akan menunjukkan pertumbuhan yang lebih lambat dibandingkan dengan kondisi normal, daun berwarna hijau gelap dan perkembangan akar yang terhambat. Jika kekurangan fosfor berlangsung lebih parah, gejala seperti daun berwarna beraneka ragam, batang yang kurus, serta penundaan perkembangan biji atau buah akan terlihat. Oleh karena itu, ketersediaan fosfor sangat penting untuk mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman secara optimal (Kusumawati, 2021).

Menurut Ukwattage *et al.*, (2020) peran unsur hara P bagi tanaman dapat diuraikan sebagai berikut :

- a) Berperan sebagai komponen enzim dan beberapa protein tertentu, ATP (transfer energi), serta RNA dan DNA yang membawa sifat genetik atau keturunan
- b) Berfungsi sebagai penyusun beberapa jenis asam amino tertentu
- c) Mendorong pertumbuhan dan berperan aktif dalam proses pembelahan sel
- d) Terlibat dalam metabolisme karbohidrat serta pembentukan bunga, buah, dan biji
- e) Membantu memperkuat kestabilan dan tegaknya tanaman
- f) Meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan penyakit (Ukwattage *et al.*, 2020)

3) Unsur Hara Kalium (K)

Kalium (K) merupakan unsur hara esensial primer yang diserap tanaman dalam jumlah besar berupa ion K^+ . Ketersediaannya dipengaruhi oleh kadar lengas tanah, KTK, kation lain, pH, aerasi dan jenis tanaman. Pada tanah masam, Al^{3+} mendominasi kompleks jerapan, membuat K lebih mudah tersedia di larutan tanah. Sebaliknya, peningkatan pH melalui pengapuran menyebabkan Al^{3+} mengendap menjadi $Al(OH)_3$ sehingga K lebih terikat pada tanah dan ketersediaannya menurun (Nurhayati, 2021).

4) Unsur Hara Karbon Organik

Karbon (C) organik adalah unsur hara yang mencerminkan keberadaan bahan organik dalam tanah. Kandungan karbon (C) organik memiliki peran penting dalam menunjukkan tingkat kesuburan tanah, dengan kadar ideal berkisar antara 1–2%. Peran bahan organik, yang bersumber dari tumbuhan dan tanaman, sangat berpengaruh terhadap produktivitas tanah, seperti yang terlihat pada vegetasi yang tumbuh di atasnya. Selain itu, karbon organik juga berfungsi sebagai salah satu indikator utama untuk menilai kualitas tanah. Sayangnya, Kurangnya penambahan kembali bahan organik ke tanah telah menyebabkan menurunnya kualitas fisik dan kimia tanah, sehingga tanah menjadi “lelah” atau mengalami degradasi lahan (*land fatigue*) (Darma *et al.*, 2020).

Kadar C organik di dalam tanah sangat terpengaruh oleh aktivitas mikroorganisme. Keberadaan C organik, yang merupakan komponen dari bahan organik, timbul dari hasil proses dekomposisi yang dilakukan oleh mikroorganisme tanah. Semakin tinggi aktivitas mikroorganisme, semakin besar pula peluang meningkatnya kandungan C organik. Aktivitas mikroba ini berperan dalam mempercepat laju penguraian bahan organik, sehingga berkontribusi pada ketersediaan C organik di dalam tanah (Setiawati *et al.*, 2018)

Bahan organik tanah berfungsi sebagai sumber nutrisi, mempertahankan kelembaban tanah dan berperan sebagai penyangga dengan unsur-unsur penyebab salinitas, sehingga meningkatkan ketersediaan nutrisi. Tanah yang kandungan karbon organiknya rendah memerlukan pemberian pupuk dalam jumlah lebih besar karena pencucian yang lebih tinggi dengan efisiensi yang berkurang (Budianta, 2022).

5) Nisbah C/N

Nisbah C/N adalah rasio antara kandungan karbon organik dan total nitrogen yang terdapat dalam tanah, yang berfungsi sebagai indikator sejauh mana bahan organik mengalami penguraian. Nilai rasio ini berpengaruh pada ketersediaan unsur hara; semakin rendah rasio C/N, semakin besar jumlah unsur hara yang dapat diserap oleh tanaman karena bahan organik terdekomposisi lebih cepat (Setiawati *et al.*, 2018)

Rasio C/N juga menunjukkan dinamika mineralisasi dan imobilisasi nitrogen. Nilai rasio di bawah 20 menandakan bahwa mineralisasi nitrogen mendominasi, sedangkan rasio di atas 30 menunjukkan terjadinya imobilisasi nitrogen, di mana nitrogen terkunci dalam bentuk organik. Jika rasio berada di antara 20 hingga 30, maka proses mineralisasi dan imobilisasi berlangsung seimbang (Hanafiah, 2005; Setiawati *et al.*, 2018)

Selain itu, rasio C/N berkaitan erat dengan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah. Karbon menjadi sumber energi utama bagi mikroorganisme, sementara nitrogen digunakan untuk sintesis protein. Ketersediaan karbon dan nitrogen yang seimbang mendukung pertumbuhan mikroorganisme dan mempercepat dekomposisi bahan organik. Jika karbon terbatas (rasio rendah), nitrogen berlebih dapat terlepas ke atmosfer sebagai gas amonia (NH_3). Sebaliknya, rasio yang terlalu tinggi menandakan karbon berlebih dan nitrogen terbatas, sehingga pertumbuhan mikroorganisme terhambat (Sagiarti *et al.*, 2020)

6) pH tanah

pH tanah adalah ukuran untuk menentukan tingkat keasaman atau kebasaan suatu lahan. Dengan mengetahui pH tanah, kita dapat menentukan jenis tanaman yang sesuai untuk dibudidayakan, karena setiap tanaman memiliki kebutuhan pH yang berbeda. Nilai pH mencerminkan rasio konsentrasi ion H^+ dan OH^- yang terdapat dalam tanah. Jika konsentrasi ion H^+ lebih tinggi, tanah menjadi lebih asam. Sebaliknya, jika konsentrasi ion OH^- lebih dominan, tanah akan bersifat basa (alkalis). Jika konsentrasi kedua ion tersebut seimbang, tanah bersifat netral dengan pH berkisar antara 6 hingga 7 (Trisnawati *et al.*, 2022).

Pengukuran pH tanah dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti penggunaan kertas lakmus, menggunakan alat digital atau pH meter digital dan

mengukur pH tanah dengan melakukan uji sampel tanah yang dilakukan di laboratorium. Pada kegiatan pertanian apabila tanah yang akan digunakan untuk ditanami tanaman tidak cocok atau tidak sesuai dengan pH tanah yang diinginkan maka akan dilakukan penurunan atau kenaikan pH tanah agar sesuai dengan yang diinginkan. Penurunan pH tanah dapat dilakukan dengan pemberian sulfur pada tanah. Sedangkan pada tanah yang akan dinaikkan pH tanahnya akan diberikan kalsium karbonat atau dolomit (Budianta, 2022).

7) Kelembaban tanah

Kelembaban tanah merupakan dimana nilai jumlah air yang terkandung dalam tanah. Menurut definisi lain, kelembaban tanah menunjukkan jumlah air yang tersimpan di pori-pori tanah, yang bersifat sangat dinamis karena dipengaruhi oleh proses penguapan dan perkolasi. Karena tanah yang terlalu lembab dapat membuat pertanian lebih sulit, tingkat kelembaban yang tinggi dapat menjadi masalah. Kelembaban tanah memiliki peran yang penting dalam mengatur sumber daya air, memberikan peringatan dini terhadap kekeringan, membantu penjadwalan irigasi, serta mendukung perkiraan cuaca. Pengukuran kelembaban tanah secara akurat dan tepat waktu sangatlah penting (Marcos & Muzaki, 2022).

2.1.6. Analisis Hara Tanah

Untuk mengetahui kesuburan tanah secara lebih mendalam, analisis tanah sangat dibutuhkan untuk menentukan tingkat ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Gejala pertumbuhan tanaman, seperti pertumbuhan yang kerdil, bentuk roset, daun kecil, daun menggulung atau tampak seperti terbakar, dapat menjadi indikator awal kekurangan hara. Melalui analisis tanah dan jaringan tanaman, tingkat kecukupan hara yang dibutuhkan tanaman dapat diidentifikasi, sehingga memberikan informasi penting untuk pengelolaan nutrisi tanah secara tepat (Budianta, 2022)

Mengukur nilai kandungan unsur hara yang terkandung dalam tanah dapat dilakukan dengan pengujian tanah menggunakan Perangkat Uji Tanah Kering (PUTK). Mengukur unsur hara dengan menggunakan PUTK cepat dan mudah. Selain itu penilaian status kesuburan tanah juga dapat dilakukan dengan Pemeriksaan unsur hara di laboratorium. Analisis unsur hara dengan uji

laboratorium merupakan pemeriksaan yang modern sehingga hasil dari pemeriksaan unsur hara didapatkan berupa angka kandungannya dan lebih akurat. Pengukuran sifat kimia tanah sebagai indikator kesuburan ditetapkan berdasarkan standar kesuburan tanah (Trisnawati *et al.*, 2022).

Analisis tanah melalui uji laboratorium memberikan data yang lebih akurat mengenai kandungan unsur hara. Hasil ini penting untuk menentukan langkah lanjutan, seperti perencanaan pemupukan yang tepat. Penelitian oleh Harahap *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa karakteristik kimia tanah pada kebun kelapa sawit dapat diketahui melalui hasil uji laboratorium, yang memberikan angka pasti dari setiap parameter yang diuji. Data tersebut kemudian dapat digunakan sebagai dasar evaluasi kondisi lahan.

2.2. Kajian Terdahulu

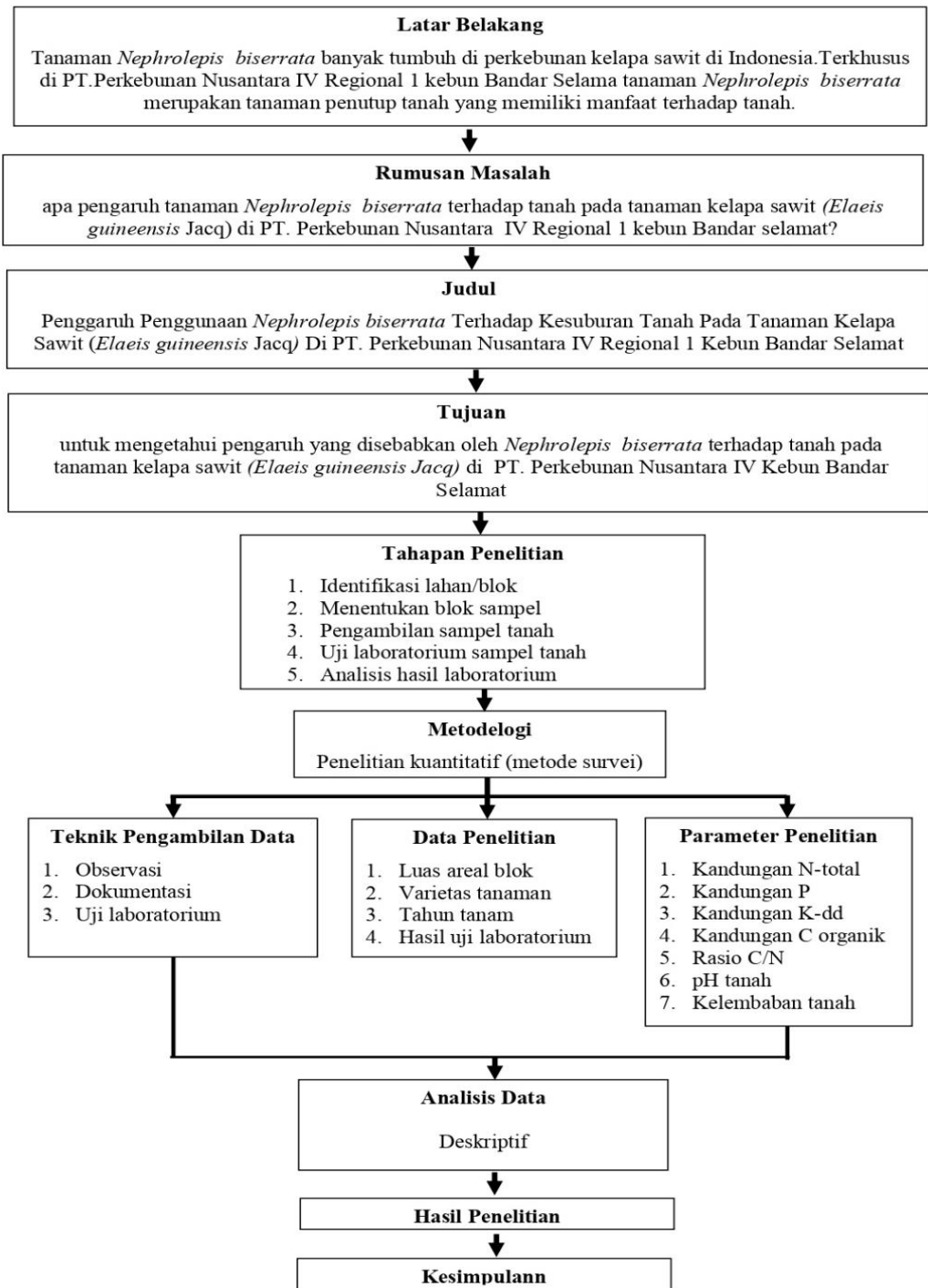
Tabel 2. Kajian Terdahulu

No	Judul pengkajian dan penulis	Metode	Hasil penelitian
1.	Peran Konservasi Tanah Terhadap Cadangan Karbon Tanah, Bahan Organik, Dan Pertumbuhan Kelapa Sawit (<i>Elaeis guineensis</i> jacq) (Asbur & Ariyanti, 2017)	Metode yang digunakan adalah rancangan tersarang dengan enam ulangan, menguji dua perlakuan utama yaitu pembuatan teras gulud (dengan dan tanpa teras) Serta pemanfaatan tanaman penutup tanah, seperti <i>Nephrolepis biserrata</i> dan <i>Asystasia gangetica</i> . Pengambilan sampel tanah dilakukan pada tanah dengan kedalaman 0 hingga 10 cm, kemudian dianalisis kandungan karbon organik dan bahan organik tanah, serta pengamatan pertumbuhan kelapa sawit.	Penggunaan <i>Nephrolepis biserrata</i> Sebagai tanaman penutup tanah, hal ini dapat meningkatkan cadangan karbon serta kandungan bahan organik dalam tanah, terutama saat dikombinasikan dengan teras gulud, yaitu mencapai 10,45 ton C/ha dan 1,64%. Selain itu, tanaman ini juga mendukung pertumbuhan kelapa sawit dengan mengurangi pelepah sengkleh selama musim kering.
2.	Potensi Beberapa Gulma Sebagai Tanaman Penutup Tanah Di Perkebunan Kelapa Sawit Menghasilkan (Asbur <i>et al.</i> , 2018)	Penelitian oleh Yenni Asbur dkk. (2018) bertujuan mengkaji Potensi beberapa jenis gulma untuk dimanfaatkan sebagai tanaman penutup tanah pada perkebunan kelapa sawit yang sudah	Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh gulma memiliki daya tumbuh tinggi dan mampu menutup lahan dalam waktu 8–12 minggu setelah tanam. <i>A. gangetica</i> menutup lahan paling cepat,

Lanjutan Tabel 2. Kajian Terdahulu

No	Judul pengkajian dan penulis	Metode	Hasil penelitian
		<p>produktif Penelitian dilakukan di Deli Serdang, Sumatera Utara dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) satu faktor, yang mencakup empat jenis gulma sebagai perlakuan: <i>Nephrolepis biserrata</i>, <i>Asystasia gangetica</i>, <i>Paspalum conjugatum</i>, dan <i>Ageratum conyzoides</i>.. Pertumbuhan gulma, kandungan dan serapan hara, dan perubahan dalam sifat kimia tanah adalah semua parameter yang diamati.</p>	<p>sedangkan <i>Nephrolepis biserrata</i> menunjukkan kandungan nitrogen dan bobot kering tertinggi. Penanaman <i>Nephrolepis biserrata</i> juga mampu meningkatkan kandungan C-organik dan N-total tanah secara signifikan. Dengan demikian, gulma-gulma tersebut dinilai berpotensi sebagai tanaman penutup tanah, terutama <i>Nephrolepis biserrata</i> dan <i>A. gangetica</i>, karena efektif memperbaiki kualitas tanah dan menunjang konservasi lahan</p>
3.	<p>Perspektif Baru: Manajemen Vegetasi Bawah Tegakan pada Budidaya Kelapa Sawit Berkelanjutan (Yahya <i>et al.</i>, 2022)</p>	<p>Penelitian yang dilakukan oleh Yahya (2022) merupakan kajian pustaka yang menganalisis berbagai sumber ilmiah dan hasil penelitian terdahulu. Kajian ini bertujuan mengevaluasi peran vegetasi bawah tegakan, khususnya <i>Nephrolepis biserrata</i>, dalam mendukung budidaya kelapa sawit berkelanjutan. Pendekatan yang digunakan bersifat deskriptif kualitatif, dengan fokus pada fungsi ekologis vegetasi terhadap tanah, air, dan keseimbangan ekosistem kebun..</p>	<p>Hasil kajian menunjukkan bahwa <i>Nephrolepis biserrata</i> berperan penting sebagai tanaman penutup tanah alami yang efektif mencegah erosi dan menambah kandungan bahan organik tanah, serta menyediakan habitat bagi musuh alami hama. Tanaman ini tumbuh baik di bawah naungan, tidak mengganggu tanaman pokok, dan berkontribusi terhadap konservasi agroekosistem. Karena itu, pengelolaan gulma di kebun sawit disarankan untuk diarahkan menjadi manajemen vegetasi yang fungsional, bukan pembasmian total</p>

2.3. Kerangka Pikir



Gambar 2. Kerangka Pikir

