

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teoritis

2.1.1 Morfologi Kelapa Sawit

Menurut Sulardi (2022) nama ilmiah kelapa sawit, *Elaeis guineensis* Jacq. diberikan dari Jacquin pada tahun 1763 setelah ia mengamati pohon tersebut di Martinique, Hindia Barat, Amerika Tengah. Nama "*Elaeis*" berasal dari bahasa Yunani yang memiliki arti minyak, sementara "*guineensis*" merujuk pada dugaan Jacquin bahwa tanaman ini berasal dari Guinea, Afrika. Tanaman kelapa sawit di klasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Embryophyta siphonagama</i>
Kelas	: <i>Angiospermae</i>
Ordo	: <i>Monocotyledonae</i>
Famili	: <i>Arecaceae</i>
Sub Famili	: <i>Cocoideae</i>
Genus	: <i>Elaeis</i>
Spesies	: <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.

Morfologi tumbuhan adalah kajian mengenai bentuk dan struktur bagian luar tanaman yang dapat diamati secara langsung. Melalui pemahaman morfologi, suatu tumbuhan dapat dideskripsikan secara visual sehingga memudahkan pengenalan, pengelompokan, dan penamaan berbagai jenis tumbuhan (Riastuti dan febrianti, 2021), morfologi tanaman kelapa sawit sebagai berikut:

a) Akar

Tanaman kelapa sawit memiliki akar serabut yang terdiri dari akar primer berdiameter 5–10 mm, akar sekunder 2–4 mm, akar tersier 1–2 mm, dan akar kuaterner 0,1–0,3 mm. Penyerapan nutrisi dan air paling aktif terjadi pada akar tersier dan kuaterner, yang umumnya terletak pada kedalaman 0–60 cm dan sekitar 2–3 meter dari batang kelapa sawit. Akar kelapa sawit tidak memiliki buku, ujung akarnya berbentuk runcing, serta berwarna putih hingga kekuningan. Selain berperan sebagai penopang batang di atas permukaan tanah, akar juga berfungsi

menyerap air dan unsur hara dari dalam tanah serta berperan dalam proses respirasi tanaman. Sistem perakaran kelapa sawit mampu menembus tanah hingga kedalaman sekitar 8 meter dan berkembang ke arah horizontal dengan radius mencapai 16 meter (Didimus *et al.*, 2017).

b) Batang

Batang merupakan bagian utama yang menopang daun, bunga, dan buah, serta mengangkut air dan nutrisi dari akar ke bagian atas pohon. Selain itu, batang berperan dalam mendistribusikan produk fotosintesis dari daun ke bagian bawah pohon dan dapat digunakan sebagai tempat penyimpanan nutrisi. Tinggi batang kelapa sawit meningkat 35–75 cm per tahun, dengan panjang ruas batang (internode) sekitar 14–33 mm. Selama tahap pertumbuhan muda, batang kelapa sawit tetap tertutup oleh pangkal selubung daun tua hingga pohon mencapai usia sekitar 11–15 tahun (Sulardi, 2022).

c) Daun

Daun pada tanaman kelapa sawit tersusun sebagai daun majemuk dengan bentuk menyirip genap dan memiliki tulang daun yang sejajar. Setiap daun ditopang oleh pelepah yang panjangnya dapat mencapai sekitar 9 meter. Pada tiap pelepah terdapat kira-kira 250–300 anak daun, tergantung varietas kelapa sawit. Daun yang masih muda dan belum membuka umumnya berwarna kuning pucat. Pelepah-pelepah ini menempel pada batang dalam pola melingkar yang tersusun spiral. Tanaman kelapa sawit yang sehat biasanya memiliki 40–50 pelepah. Pada kelapa sawit yang berumur 5–6 tahun, jumlah pelepah umumnya berkisar antara 30–40 helai, sedangkan pada tanaman yang telah berumur lebih tua jumlahnya sekitar 20–25 helai. Pelepah yang berukuran lebih pendek memungkinkan peningkatan populasi tanaman per hektar, sehingga pemanfaatan lahan menjadi lebih efisien dan berpotensi meningkatkan produktivitas areal perkebunan (Banowati *et al.*, 2024).

d) Bunga

Kelapa sawit akan mulai berbunga saat berumur sekitar 12–14 bulan setelah ditanam di lahan, tergantung pada varietas, umur bibit saat tanam, serta kondisi lingkungan. Pada setiap ketiak pelepah daun, tanaman ini menghasilkan tandan bunga jantan dan tandan bunga betina. Pada tanaman muda, terutama saat fase awal

berbunga, sering ditemukan bunga *hermaprodit* atau bunga banci, di mana dalam satu tandan terdapat bunga jantan dan betina (Sulardi, 2022).

e) Buah

Buah kelapa sawit memiliki tiga susunan komponen utama, yaitu *eksokarp*, *mesokarp*, dan *endokarp*. *Eksokarp* merupakan bagian terluar berupa kulit licin yang berwarna merah jingga ketika buah mencapai kematangan. Di bawahnya terdapat *mesokarp*, yaitu jaringan berserat berwarna kuning terang yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan utama minyak sawit (*crude palm oil*). Bagian terdalam adalah *endokarp*, berupa cangkang keras yang melindungi inti buah. Inti tersebut disebut kernel, yang di dalamnya terdapat embrio tanaman. Kernel juga dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan minyak inti sawit (*palm kernel oil*) yang memiliki nilai ekonomi tinggi (Nugroho, 2019).

2.1.2 Evaluasi Lahan

Suatu kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui dan menilai potensi sumber daya lahan sehingga dapat dimanfaatkan sesuai dengan tujuan penggunaannya adalah evaluasi lahan. Kegiatan ini tidak hanya berfokus pada kondisi lahan yang terlihat secara langsung, tetapi juga mempertimbangkan berbagai karakteristik yang memengaruhi kemampuan lahan dalam mendukung suatu kegiatan tertentu. Dalam pelaksanaannya, evaluasi lahan dilakukan dengan menggunakan metode dan pendekatan yang telah dikembangkan serta diuji secara ilmiah sehingga hasil yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan. Melalui evaluasi lahan, dapat diketahui tingkat kesesuaian suatu lahan terhadap penggunaan yang direncanakan dengan cara membandingkan karakteristik lahan yang ada dengan persyaratan yang dibutuhkan oleh jenis penggunaan lahan tersebut. Hasil dari proses ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat sebagai dasar dalam pengambilan keputusan terkait pemanfaatan, pengelolaan, dan pengembangan lahan agar penggunaannya lebih efektif, efisien, serta mampu memberikan manfaat yang optimal dalam jangka panjang (Salim, 2025).

Evaluasi lahan menurut Vera dan Sinaga (2025), merupakan suatu proses yang dilakukan secara sistematis untuk menilai kemampuan lahan dalam mendukung berbagai bentuk pemanfaatan, baik untuk kegiatan pertanian, kehutanan, konservasi sumber daya alam, maupun perencanaan wilayah. Proses

tersebut diawali dengan pengumpulan berbagai data yang berkaitan dengan kondisi lahan, kemudian dilanjutkan dengan pengukuran dan analisis terhadap sifat fisik, kimia, serta biologis tanah yang berperan penting dalam menentukan produktivitas dan daya dukung lahan. Selain itu, faktor lingkungan lainnya yang dapat memengaruhi keberhasilan penggunaan lahan juga menjadi bagian yang tidak terpisahkan dalam proses evaluasi. Data yang telah diperoleh selanjutnya dibandingkan dengan kriteria atau standar yang telah ditetapkan sehingga dapat diketahui tingkat kesesuaian dan kemampuan lahan untuk penggunaan tertentu. Dengan adanya evaluasi lahan, pemanfaatan sumber daya lahan dapat direncanakan secara lebih tepat dan berkelanjutan, sehingga risiko terjadinya kerusakan atau penurunan kualitas lahan akibat penggunaan yang tidak sesuai dapat diminimalkan, sekaligus mendukung pengelolaan lahan yang lebih produktif dan ramah lingkungan.

2.1.3 Syarat Tumbuh Kelapa Sawit

Kelapa sawit menurut Iyung Pahan, (2015) akan baik pertumbuhannya pada beragam jenis tanah seperti *podzolik*, *latosol*, *hidromorf kelabu*, *aluvial*, *regosol*, maupun *ultisol*. Tanaman ini membutuhkan tanah yang subur, datar, dan gembur memiliki kemampuan menginfiltrasi air dengan baik, serta memiliki solum yang dalam dan tidak mengandung lapisan padas. Kondisi lahan yang dianjurkan adalah dengan kemiringan lahan tidak lebih dari 25%, artinya perbedaan elevasi antara dua titik yang berjarak 100 meter tidak melebihi 25 meter.

Keberhasilan budidaya kelapa sawit disebabkan oleh berbagai interaksi antara faktor genetik, praktik budidaya, kondisi iklim, dan karakteristik lahan. Menurut Ritung *et al.*, (2011) kesesuaian lahan ditentukan berdasarkan jumlah serta tingkat keparahan faktor pembatas yang ada, kemudian dikelompokkan ke dalam lima kelas, yaitu Sangat Sesuai (S1), Sesuai (S2), Agak Sesuai (S3), Tidak Sesuai Bersyarat (N1), dan Tidak Sesuai Permanen (N2). Kesesuaian lahan aktual menggambarkan kondisi lahan yang terdapat di lapangan saat ini, sedangkan kesesuaian lahan potensial menunjukkan peluang perbaikan lahan guna meningkatkan produktivitasnya, seperti pengairan, pemupukan, atau terasering, tergantung pada faktor pembatas yang terdapat pada lahan tersebut. Nilai

kesesuaian lahan untuk tanaman kelapa sawit dapat ditentukan berdasarkan kriteria yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 1. Nilai Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman Kelapa Sawit

Persyaratan penggunaan/ karakteristik lahan	Kelas kesesuaian lahan			
	S1	S2	S3	N
Temperatur (tc)				
Temperatur rerata (°C)	25 - 28	22 - 25 28 - 32	20 - 22 32 - 35	< 20 > 35
Ketersediaan air (wa)				
Curah hujan (mm)	1.700 - 2.500	1.450 - 1.700 2.500 - 3.500	1.250 - 1.450 3.500 - 4.000	< 1.250 > 4.000
Lama bulan kering (bulan)	< 2	2 - 3	3 - 4	> 4
Ketersediaan oksigen (oa)				
Drainase	baik, sedang	agak terhambat	terhambat, agak cepat	sangat terhambat, cepat
Media perakaran (rc)				
Tekstur	halus, agak halus, sedang	halus, agak halus, sedang	agak kasar	kasar
Bahan kasar (%)	< 15	15 - 35	35 - 55	> 55
Kedalaman tanah (cm)	> 100	75 - 100	50 - 75	< 50
Gambut:				
Ketebalan (cm)	< 100	100 - 200	200 - 300	> 300
Kematangan	saprik	Saprik, hemik	hemik	fibrik
Retensi hara (nr)				
KTK tanah (cmol)	> 16	5 - 16	< 5	
Kejenuhan basa (%)	> 20	≤ 20		
pH H ₂ O	5,0 - 6,5	4,2 - 5,0 6,5 - 7,0	< 4,2 > 7,0	
C-organik (%)	> 0,8	≤ 0,8		
Hara Tersedia (na)				
N total (%)	Sedang	Rendah	Sgt rendah	-
P ₂ O ₅ (mg/100 g)	Tinggi	Sedang	Rendah-sangat rendah	-
K ₂ O (mg/100 g)	Sedang	Rendah	Sgt rendah	-
Toksisitas (xc)				
Salinitas (dS/m)	< 2	2 - 3	3 - 4	> 4
Sodisitas (xn)				
Alkalinitas/ESP (%)	-	-	-	-

Lanjutan Tabel 1. Nilai Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman Kelapa Sawit

Persyaratan penggunaan/ karakteristik lahan	Kelas kesesuaian lahan			
	S1	S2	S3	N
Bahaya sulfidik (xs)				
Kedalaman sulfidik (cm)	> 125	100 - 125	60 - 100	< 60
Bahaya erosi (eh)				
Lereng (%)	< 8	8 - 15	15 - 40	> 40
Bahaya erosi	sangat ringan	Ringan - sedang	berat	sangat berat
Bahaya banjir/genangan pada masa tanam (fh)				
- Tinggi (cm)	-	25	25-50	>50
- Lama (hari)	-	<7	7-14	>14
Penyiapan lahan (lp)				
Batuan di permukaan (%)	< 5	5 - 15	15 - 40	> 40
Singkapan batuan (%)	< 5	5 - 15	15 - 25	> 25

Sumber: (Ritung *et al.*, 2011)

Evaluasi lahan menurut Nurihsani *et al* (2023) dapat dilakukan melalui beberapa pendekatan yang berbeda, seperti metode penjumlahan parameter, perkalian parameter, maupun metode seperti pencocokan (*matching*) antara karakteristik serta kualitas dari pada lahan dengan persyaratan tumbuh tanaman. Pendekatan tersebut dimanfaatkan untuk menentukan tingkat kesesuaian suatu lahan terhadap komoditas tanaman tertentu.

Kelas kesesuaian lahan menurut Ritung, (2011), kelas kesesuaian lahan S1 atau sangat sesuai (*highly suitable*) merupakan lahan yang memiliki faktor pembatas sangat sedikit atau hampir tidak ada untuk dimanfaatkan secara berkelanjutan. Apabila terdapat faktor pembatas, pengaruhnya tergolong sangat ringan sehingga tidak memberikan dampak nyata terhadap produktivitas tanaman dan tidak memerlukan tambahan masukan (input) yang tinggi.

Kelas S2 atau cukup sesuai (*moderately suitable*) adalah lahan yang memiliki beberapa faktor pembatas dengan tingkat sedang. Kondisi ini dapat menyebabkan penurunan produktivitas dan keuntungan usaha tani serta membutuhkan tambahan input atau pengelolaan tertentu agar tanaman dapat tumbuh dengan baik.

Kelas S3 atau sesuai marginal (*marginally suitable*) merupakan lahan yang memiliki faktor pembatas cukup berat. Pembatas tersebut dapat mengurangi

produktivitas tanaman secara signifikan sehingga diperlukan usaha pengelolaan dan input yang lebih besar untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal.

Kelas N atau tidak sesuai saat ini (*currently not suitable*) adalah lahan yang memiliki faktor pembatas sangat berat sehingga belum dapat dimanfaatkan secara optimal pada kondisi saat ini. Namun, pembatas tersebut sebenarnya masih dapat diperbaiki, hanya saja pemulihannya belum memungkinkan dilakukan secara rasional dengan teknologi dan biaya yang tersedia saat ini.

2.1.4 Replanting Kelapa Sawit

Replanting adalah istilah yang umum digunakan di bidang perkebunan yang merujuk pada kegiatan menanam ulang tanaman kelapa sawit yang sama karena tanaman lama sudah terlalu tinggi, berumur tua, atau tidak lagi produktif. Tindakan ini dilakukan untuk meningkatkan kembali hasil produksi dengan cara meremajakan tanaman, sekaligus memudahkan proses pemanenan yang menjadi sulit seiring bertambahnya tinggi batang. Pada usia sekitar 25 tahun, tanaman kelapa sawit tinggi pohon dapat lebih dari 12 meter, sehingga panen menjadi tidak efisien dan membutuhkan biaya tambahan. *Replanting* juga bertujuan mengganti tanaman lama dengan bibit unggul yang memiliki potensi hasil lebih tinggi, serta memperbaiki kerapatan tanam apabila jumlah pohon per hektare sudah berkurang. Pelaksanaan *replanting* direncanakan dengan baik dan dilakukan secara bertahap, bukan sekaligus dalam satu kebun, agar suplai buah ke pabrik pengolahan tetap stabil dan tidak mengalami gangguan (Memet dan Suherman, 2018).

Proses *replanting* kelapa sawit perlu diawali dengan menilai kondisi tanah sangat penting untuk menentukan keadaan dan kesuburan tanah saat ini. Langkah ini penting karena sepanjang siklus pertumbuhan, perkebunan kelapa sawit dapat menyebabkan perubahan pada sifat fisik dan kimia tanah, sehingga memengaruhi kesuburannya. Untuk mencapai hasil produksi yang optimal, ketersediaan unsur hara harus mencukupi. Selain itu, tanah sebaiknya memiliki reaksi masam dengan pH sekitar 4,0–6,0, sementara pH ideal bagi pertumbuhan kelapa sawit berada pada kisaran 5,0–6,0 (Pradana *et al.*, 2025).

2.1.5 Tanah Entisol

Tanah entisol merupakan salah satu jenis tanah mineral yang tergolong masih muda dalam proses pembentukannya. Tanah ini berasal dari bahan induk

yang belum terkonsolidasi, seperti sedimen vulkanik, batuan metamorf, dan batuan kapur. Umumnya, tanah entisol belum memperlihatkan perkembangan horizon genetik yang jelas selain horizon A, sedangkan padanannya dalam sistem klasifikasi tanah lain dikenal sebagai regosol, litosol, dan aluvial (Hakim, 2019). Tanah padanan entisol seperti aluvial adalah tanah yang terbentuk dari material endapan aluvial maupun koluvial yang masih tergolong muda sehingga perkembangan profil atau lapisan tanahnya masih sangat terbatas, bahkan hampir tidak terbentuk. Dalam sistem klasifikasi tanah nasional, tanah aluvial memiliki kesetaraan dengan kelompok tanah entisol (Ara *et al.*, 2022). Jenis tanah ini menunjukkan berbagai macam tekstur, dari lempung berpasir hingga lempung berpasir. pH tanah berkisar dari sedikit asam hingga sedikit basa. Kandungan karbon organik rendah hingga sangat rendah. Konsentrasi P_2O_5 dan K_2O_5 , berdasarkan ekstraksi HCl 25%, tinggi, sedangkan konsentrasi P_2O_5 yang mudah diserap, berdasarkan ekstraksi Olsen, sedang hingga tinggi. Jenis tanah ini biasanya memiliki kapasitas pertukaran kation (KTK) yang rendah tetapi kejenuhan basa yang tinggi. Pembentukan tanah aluvial sangat dipengaruhi oleh bahan induk sedimen dan kondisi topografi (Mangunsong *et al.*, 2020).

Pemanfaatan tanah aluvial sering menghadapi hambatan, antara lain tingginya keasaman tanah, struktur dari tanah yang kurang mendukung, serta rendahnya kandungan bahan organik. Untuk menjaga kualitas tanah aluvial, diperlukan penerapan beberapa teknik budidaya yang tepat, salah satunya melalui pemberian bahan organik.

2.1.6 Kesuburan Tanah

Kesuburan tanah biasanya dinilai menggunakan beberapa unsur kimia utama seperti nitrogen, fosfor, kalium, dan karbon organik. Nilai kesuburan ini mencerminkan kondisi tanah di suatu daerah tertentu, dan setiap wilayah seringkali memiliki karakteristik tanah yang berbeda, sehingga status unsur haranya juga tidak sama. Tanah yang subur menjadi syarat penting untuk mendukung pertumbuhan serta produktivitas tanaman yang dibudidayakan. Oleh karena itu, kesuburan tanah perlu diperhatikan secara serius dalam setiap kegiatan budidaya, termasuk pada lokasi penelitian ini (Sariani dan Ladonu, 2025).

Informasi mengenai kondisi tanah sangat diperlukan dalam merencanakan dan mengelola budidaya tanaman secara optimal. Kesuburan tanah berperan besar dalam mempengaruhi pertumbuhan dan kesehatan tanaman, sehingga kemampuan tanah dalam mendukung tanaman perlu dikelola dengan baik dan berkelanjutan. Menurut (Rachmadiyanto *et al.*, 2020), tingkat kesuburan tanah dapat ditentukan berdasarkan kriteria yang seperti yang disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2. 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
Rasio 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/100g)	<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 dan Miftakhurrohmat, 2019)

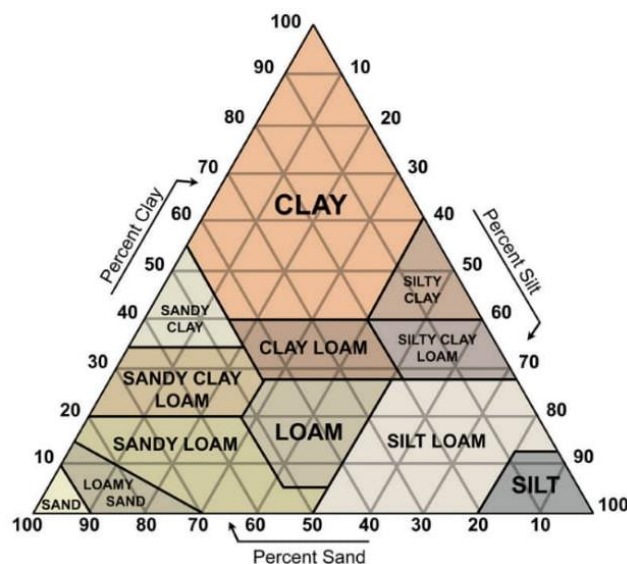
2.1.7 Sifat Fisika Tanah

Sifat fisika adalah karakteristik tanah yang dapat diamati secara fisik. Faktor lingkungan sangat memengaruhi kemampuan tanah untuk menyediakan air, udara, dan nutrisi bagi tanaman. Sifat fisika yang baik dapat mendukung kemampuan tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman dan memaksimalkan hasil panen. Kemudahan akar pohon menembus tanah sangat dipengaruhi oleh ruang kosong yang terbentuk di antara partikel tanah, yang sebagian ditentukan oleh struktur tanah. Sementara itu, stabilitas ukuran pori bergantung pada ketahanan tanah terhadap tekanan eksternal. Lebih lanjut, sifat fisik tanah juga memengaruhi sirkulasi air dan udara di dalam tanah, yang sangat penting untuk proses fisiologis tanaman. (Puspitorini dan Iqbal, 2024). Sifat fisika tanah seperti:

a) Tekstur Tanah

Tekstur tanah menurut Salam (2020) tekstur tanah adalah rasio komponen pasir, debu, dan liat di dalam tanah. Rasio ini memperlihatkan kekasaran atau kehalusan tanah. Setiap jenis tanah akan memiliki persentase pasir, debu, dan liat

yang berbeda. Jika tanah sebagian besar terdiri dari pasir, maka tanah tersebut memiliki tekstur tanah berpasir. Jika kandungan debu lebih tinggi, tanah akan memiliki tekstur berdebu, sedangkan tanah dengan kandungan liat yang tinggi akan memiliki tekstur berliat. Beberapa tanah memiliki komposisi fraksional yang cukup seimbang, sehingga menghasilkan struktur campuran, seperti lempung berpasir, lempung berdebu, atau lempung liat. Penentuan jenis struktur tanah dapat dilakukan di laboratorium atau di lapangan. Di laboratorium, penentuan dilakukan menggunakan hidrometer untuk mendapatkan persentase komponen pasir, debu, dan liat. Persentase ini kemudian digunakan untuk menentukan jenis tekstur tanah menggunakan segitiga tekstur tanah, seperti segitiga tekstur yang dikembangkan oleh *United States Department of Agriculture (USDA)*. Segitiga tekstur tanah dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Segitiga Tekstur Tanah

Sumber: Pradana *et al*, (2025)

Sementara itu, penentuan di lapangan dapat dilakukan secara sederhana berdasarkan indra peraba untuk merasakan sifat fisik tanah teknik ini sering juga disebut dengan *tekstur by feeling*, dimana tanah dibentuk bulat dan memanjang menggunakan tangan dan disesuaikan dengan kriteria yang ada.

b) Berat Isi Tanah

Berat isi atau yang lebih dikenal sebagai *bulk density* merupakan sifat fisik tanah yang umum digunakan dalam penilaian kondisi tanah karena berkaitan erat dengan penetrasi akar, serta memengaruhi drainase, aerasi, dan banyak sifat fisik

tanah lainnya. Nilai kepadatan seringkali bervariasi antara lokasi dan waktu pengamatan, dan oleh karena itu tidak selalu sama di setiap titik di suatu area. Perbedaan nilai ini dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk kandungan bahan organik, tekstur dan struktur tanah, perkembangan sistem akar, dan aktivitas organisme tanah. Selain faktor alami, pengelolaan tanah juga memainkan peran penting dalam menentukan kepadatan tanah. Umumnya, tanah yang baru diolah memiliki nilai kepadatan yang lebih rendah karena lebih berpori dan memiliki lebih banyak ruang kosong. Di sisi lain, tanah yang sering terkena alat berat seperti traktor cenderung menjadi padat, sehingga menghasilkan nilai kepadatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis tanah lainnya.. (Kurnia *et al.*, 2022). Kriteria berat isi tanah dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Kriteria Berat Isi/volume Tanah

Berat Volume	Kriteria
< 0,66	Rendah
0,66 – 1,14	Sedang
> 1,14	Tinggi

Sumber: *United States Department of Agriculture* (2020) dalam Gilang *et al* (2024)

2.1.8 Sifat Kimia Tanah

Sifat kimia tanah memiliki pengaruh besar untuk menentukan ketersediaan hara bagi tanaman, menjaga kesehatan tanah, serta mendukung fungsi ekosistem. Kondisi kimia tanah yang baik akan berpengaruh langsung terhadap tingkat kesuburan tanah dan optimalnya pertumbuhan tanaman (Ashaq *et al.*, 2024). Sifat kimia tanah dapat menilai indeks kimia dan tingkat kesuburan tanah, sehingga sangat membantu dalam pengambilan keputusan yang tepat terkait upaya pemulihan, dan pengelolaan lahan (Al-Soghir *et al.*, 2022). Parameter sifat kimia tanah seperti:

a) pH

pH (*Power of Hydrogen*) tanah merupakan parameter yang diukur untuk mengetahui tingkat keasaman maupun kebasaan suatu tanah. Melalui informasi nilai pH dapat dengan mudah untuk menentukan jenis tanaman yang sesuai untuk dibudidayakan karena setiap tanaman memiliki kisaran pH optimum yang tidak sama. Nilai pH menunjukkan konsentrasi relatif ion H^+ dan OH^- dalam tanah. Semakin tinggi konsentrasi ion H^+ , semakin asam tanah tersebut, dan jika konsentrasi ion OH^- lebih dominan, tanah akan bersifat basa. Jika kedua ion ini

seimbang, tanah akan memiliki reaksi netral, biasanya dalam kisaran pH 6–7 (Trisnawati, 2022). Menurut Nopriani *et al.*, (2023) penggunaan pupuk anorganik secara terus menerus dapat menurunkan pH tanah.

b) C–organik

Karbon organik pada tanah (C organik) adalah komponen utama bahan organik tanah, yang terdiri dari senyawa karbon yang berasal dari limbah tumbuhan dan hewan serta produk aktif mikroorganisme. Karbon organik merupakan sumber energi bagi komunitas mikroba tanah dan bahan baku untuk pembentukan humus yang berkelanjutan (Saidy, 2018).

Kandungan C-organik menentukan banyak sifat penting tanah seperti mendukung tanah untuk dapat menahan air dan nutrisi, memperbaiki struktur dan porositas sehingga memudahkan penetrasi akar serta meningkatkan aerasi dan drainase, serta menurunkan berat isi tanah yang terlalu padat. Akumulasi C-organik membantu kestabilan agregat tanah melalui pembentukan perekat humus dan bahan lengket lainnya, sehingga mengurangi risiko erosi dan meningkatkan ketahanan lahan terhadap degradasi. Oleh karena itu, pengelolaan yang mempertahankan atau meningkatkan C-organik seperti pemberian pupuk organik, residu tanaman, dan praktik konservasi tanah menjadi strategi kunci untuk memulihkan kesuburan dan fungsi ekosistem tanah (Saidy, 2021).

c) Nitrogen

Nitrogen adalah unsur penting yang bagi tanaman untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangannya. Unsur ini berperan besar dalam berbagai proses metabolisme tanaman. Selain itu, nitrogen merupakan komponen utama penyusun klorofil, yaitu pigmen yang berperan dalam penangkapan cahaya untuk fotosintesis. Kandungan nitrogen dalam tanaman sangat berkaitan dengan jumlah klorofil yang terbentuk. Semakin tinggi kandungan klorofil, semakin optimal proses fotosintesis berlangsung, sehingga produksi tanaman juga dapat meningkat (Fathi, 2022).

Nitrogen menjadi unsur hara yang sangat penting untuk diperhatikan karena jumlahnya di dalam tanah relatif rendah, sementara tanaman mengambil nitrogen dalam jumlah besar setiap musim panen. Selain itu, bentuk nitrogen anorganik sangat mudah larut sehingga mudah hilang terbawa air drainase atau menguap ke atmosfer. Di sisi lain, pengaruh nitrogen terhadap pertumbuhan tanaman

tampak jelas dan cepat, sehingga ketersediaannya sangat menentukan perkembangan tanaman (Hakim dan Hermansah, 2025).

d) Fosfor

Fosfor (P) merupakan nutrisi yang cukup esensial bagi tanaman dalam berbagai proses fisiologis tanaman, antara lain penyimpanan dan transfer energi, pembelahan sel, serta pertumbuhan sistem perakaran. Tanaman yang mengalami defisiensi fosfor akan menunjukkan gejala pertumbuhan yang lebih lambat dibandingkan tanaman normal, daun berwarna hijau tua, serta perkembangan akar yang kurang optimal. Gejala lain yang dapat muncul meliputi perubahan warna daun yang tidak seragam, batang yang relatif lebih kecil, serta keterlambatan dalam perkembangan biji maupun buah (Kusumawati, 2021).

Fosfor (P) berasal dari berbagai sumber, seperti bahan organik dalam bentuk pupuk kandang dan sisa tanaman, pupuk anorganik, dan mineral dalam tanah yang mengandung apatit. Selain itu, tanaman dapat memanfaatkan fosfor dalam bentuk P organik, yang dihasilkan melalui dekomposisi bahan organik. Meskipun bentuk fosfor ini dapat langsung dimanfaatkan oleh tanaman, penyerapannya di dalam tanah seringkali rendah karena tidak stabil dalam kondisi aktivitas mikroba yang tinggi. Kekurangan fosfor yang umum terjadi disebabkan oleh kandungan P tanah yang relatif rendah, sementara sebagian besar fosfor dapat tidak tersedia bagi tanaman. Lebih lanjut, fosfor mudah diimobilisasi, artinya terikat oleh aluminium (Al) dalam tanah asam atau oleh kalsium (Ca) dalam tanah basa, sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman (Asril *et al.*, 2022).

e) Kalium

Kalium merupakan nutrisi penting yang dibutuhkan oleh tanaman sama halnya seperti nitrogen dan fosfor. Tanaman menyerap kalium dengan jumlah yang hampir sama, dan terkadang bahkan lebih tinggi, daripada nitrogen. Namun, jumlah kalium yang tersedia di tanah seringkali terbatas. Jika jumlah kalium di tanah tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan tanaman, hal itu akan menyebabkan pertumbuhan terhambat dan hasil panen rendah (Puspitorini dan Iqbal, 2024).

Kalium memiliki peran penting dalam struktur dan fungsi tanaman. Unsur ini menjadi bagian dari komponen utama sel tumbuhan, termasuk protoplasma, lemak, dan selulosa. Kalium juga berfungsi membantu proses pengangkutan hasil

fotosintesis, terutama gula, ke seluruh bagian tanaman untuk mendukung pertumbuhan atau disimpan dalam organ seperti buah dan akar. Selain itu, bersama nitrogen, kalium berperan dalam proses pembentukan protein yang dibutuhkan untuk perkembangan tanaman secara optimal (Purba *et al.*, 2021).

f) Rasio C/N

Rasio C/N merupakan rasio antara karbon organik dan total nitrogen dalam tanah. Rasio ini digunakan sebagai indikator laju dekomposisi dari bahan organik dalam tanah. Rasio C/N memengaruhi ketersediaan nutrisi pada tanah. Rasio C/N yang lebih rendah berarti dekomposisi bahan organik terjadi lebih cepat, sehingga nutrisi lebih mudah diserap oleh tanaman (Sari *et al.*, 2023). Selain itu, rasio C/N sangat berkaitan dengan aktivitas mikroorganisme tanah. Karbon berfungsi sebagai sumber energi utama bagi mikroorganisme, sedangkan nitrogen diperlukan untuk pembentukan protein. Keseimbangan antara karbon dan nitrogen mendukung pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme tanah, mempercepat dekomposisi bahan organik. Jika karbon terbatas (rasio rendah), kelebihan nitrogen dapat dilepaskan ke atmosfer sebagai amonia (NH_3). Sebaliknya, rasio yang terlalu tinggi menunjukkan bahwa kelebihan karbon dan nitrogen dibatasi, sehingga menghambat pertumbuhan mikroba (Sagiarti *et al.*, 2020).

Nilai C/N pada bahan organik segar memengaruhi respons tanah terhadap proses dekomposisi. Jika rasio C/N tinggi, mikroorganisme tanah membutuhkan nitrogen yang banyak untuk menguraikan bahan organik tersebut. Akibatnya, terjadi persaingan nitrogen antara mikroba dan tanaman, sehingga nitrogen menjadi terikat (terimobilisasi) dan tidak tersedia bagi tanaman. Sebaliknya, apabila proses nitrifikasi berlangsung dengan baik, rasio C/N akan menurun karena bahan organik terurai lebih cepat. Oleh karena itu, untuk menjaga ketersediaan bahan organik di dalam tanah, diperlukan pasokan nitrogen yang cukup. Bahan organik yang sudah terdekomposisi lanjut umumnya memiliki rasio C/N rendah, sedangkan rasio C/N yang tinggi menunjukkan bahwa proses penguraiannya masih awal atau belum berlangsung jauh. Secara umum, bahan tanaman segar memiliki rasio C/N sekitar 20:1 hingga 30:1, pupuk kandang dapat mencapai sekitar 90:1, sedangkan organisme tanah memiliki rasio C/N yang jauh lebih rendah, yaitu 4:1 hingga 9:1. (Hakim dan Hermansah, 2025).

2.1.9 Metode Pemulihan Lahan

Rehabilitasi (Pemulihan) lahan mineral terdegradasi menurut Silahooy *et al.*, (2025) merupakan upaya untuk mengembalikan fungsi produktif tanah melalui pemulihan sifat fisik, kimia, dan biologis yang mengalami penurunan akibat aktivitas manusia maupun faktor alami. Degradasi tanah umumnya ditandai oleh rusaknya struktur, berkurangnya ketersediaan unsur hara, serta menurunnya aktivitas organisme tanah. Strategi rehabilitasi lahan dikelompokkan ke dalam tiga pendekatan utama yang masing-masing memiliki teknik berbeda seperti:

a) Vegetatif

Peranan vegetasi pada rehabilitasi tanah yang terdegradasi sangat penting. Vegetasi dapat melindungi permukaan tanah dan dapat meningkatkan kualitas tanah serta keberlanjutan ekosistem. Lahan yang direhabilitasi dengan vegetasi mengandung bahan organik yang lebih tinggi, selain itu vegetasi mampu mencegah erosi dengan mengurangi laju aliran air yang dapat mengikis lapisan permukaan tanah. Tanaman yang dapat dijadikan penutup tanah seperti tanaman *leguminosa* selain mengurangi dari faktor daya perusak jenis tanaman ini juga mampu mengikat unsur nitrogen dari atmosfer menjadi bentuk tersedia oleh tanaman. Selain itu juga terdapat jenis tanaman lain seperti pohon *eukaliptus* dan lainnya yang dimana mempunyai kelebihan adaptif dan cepat tumbuh. Dengan menanam tanaman jenis ini dapat meningkatkan peluang keberhasilan rehabilitasi lahan.

b) Mekanik

Metode mekanik dalam pemulihan lahan menitik beratkan pada pemulihan kondisi meliputi struktur, tingkat kepadatan, porositas, serta kemampuan tanah dalam menyerap dan meloloskan air agar lebih mendukung pertumbuhan tanaman. Penerapannya dapat berupa pengolahan tanah seperti pengaturan kontur lahan, subsoiling atau olah tanah ringan untuk mengatasi pemadatan, pembangunan sistem drainase, serta tindakan konservasi untuk menekan erosi. Metode ini sering digunakan sebagai tahap awal dalam proses restorasi tanah mineral karena bertujuan untuk memperbaiki kondisi tanah yang telah rusak secara fisik atau mengalami pemadatan.

c) Kimia

Metode perbaikan tanah secara kimiawi berfokus pada peningkatan sifat kimia tanah sehingga pH, kapasitas pertukaran kation (KTK), dan ketersediaan unsur hara berada dalam kisaran yang mendukung pertumbuhan tanaman. Pada tanah mineral yang terdegradasi, kondisi umum meliputi keasaman tinggi, kandungan bahan organik rendah, dan kekurangan unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Upaya perbaikan dapat dicapai melalui aplikasi bahan organik seperti kompos, pupuk kandang, dan unsur hara lainnya., selain itu upaya secara anorganik seperti penggunaan dolomit, kapur untuk meningkatkan dan menetralkan pH, pemberian pupuk anorganik lainnya guna memenuhi kebutuhan hara. Pendekatan ini umumnya memberikan dampak yang relatif cepat dalam meningkatkan ketersediaan hara sekaligus mengurangi faktor pembatas pertumbuhan tanaman.

d) Biologis

Pemulihan lahan terdegradasi dengan pendekatan biologi bertujuan untuk meningkatkan kesehatan tanah, meningkatkan keragaman hayati tanah, dan mengurangi erosi. Tujuan ini dapat ditempuh dengan beberapa metode antara lain bioremediasi, fitoremediasi, mikoremediasi, pembenah tanah. Pembenah tanah (*Soil Amendment*) merupakan upaya pemulihan lahan terdegradasi dengan menambahkan bahan organik kedalam tanah, umumnya berupa kompos, biochar, pupuk kandang dan bahan organik lainnya. Secara fisik, bahan organik berperan dalam memperbaiki struktur tanah, mengurangi kepadatan, dan meningkatkan stabilitas partikel tanah. Kandungan karbon organik dalam bahan organik juga membantu meningkatkan kapasitas penahan air tanah. Secara kimia, bahan organik bertindak sebagai sumber nutrisi dan meningkatkan kapasitas pertukaran kation. Secara biologis, bahan organik dapat meningkatkan jumlah dan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah. Penggunaan bahan organik bahkan dapat memberikan manfaat ganda sebagai sumber karbon dan sumber nutrisi. Melalui dekomposisi mikroba, kualitas tanah, termasuk sifat fisik, kimia, dan biologis, dapat secara bertahap dipulihkan pada tanah yang terdegradasi.

Bahan organik adalah setiap material yang berasal dari limbah tumbuhan atau hewan yang terurai secara alami dan menghasilkan nutrisi yang dapat

dimanfaatkan oleh tumbuhan. Material ini mencakup berbagai macam bahan yang telah melalui proses khusus dan tersedia dalam bentuk padat dan cair. Keberadaan bahan organik sangat penting karena berperan dalam menjaga ketersediaan nutrisi tanah. Selain meningkatkan kandungan nutrisi, bahan organik dapat memperbaiki kondisi fisik tanah dan mendukung aktivitas mikroorganisme dan organisme tanah lainnya. Hingga saat ini, peningkatan kualitas dan produktivitas tanah sebagian besar telah dicapai melalui penggunaan bahan organik, seperti kompos dan pupuk, dalam jumlah yang cukup (Kombo dan Firmansyah, 2021).

2.1.10 Analisis Tanah

Penilaian terhadap tanah dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai tingkat kesuburan lahan serta sifat dan kondisi tanah yang dimiliki, termasuk kandungan hara, keberadaan kontaminan, komposisi, tingkat keasaman, kandungan mineral, dan aspek lainnya (Fitriani *et al.*, 2018). Pengukuran kadar unsur hara dalam tanah dapat dilakukan menggunakan Perangkat Uji Tanah Kering (PUTK), yang menawarkan proses pengujian yang cepat dan praktis. Selain itu, status kesuburan tanah juga dapat dinilai melalui analisis unsur hara di laboratorium. Pemeriksaan laboratorium bersifat lebih modern dan mampu memberikan hasil berupa angka kandungan unsur hara secara lebih akurat. Penentuan sifat kimia tanah sebagai indikator kesuburan dilakukan berdasarkan standar penilaian kesuburan tanah yang berlaku (Trisnawati, 2022). Analisis tanah dilakukan untuk menilai kesuburan tanah dan menentukan kondisi serta karakteristik tanah, termasuk kandungan unsur hara, keberadaan kontaminan, komposisi tanah, keasaman, kandungan mineral, dan banyak sifat lainnya (Fitriani *et al.*, 2018). Informasi yang diperoleh dari analisis tersebut sangat penting sebagai dasar dalam pengelolaan lahan dan penyusunan rekomendasi perbaikan tanah sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Pengukuran kandungan unsur hara tanah yang dilakukan menggunakan Perangkat Uji Tanah Kering (PUTK) yang memiliki keunggulan berupa proses pengujian yang relatif cepat, praktis, dan mudah diterapkan di lapangan. Metode ini dapat memberikan gambaran awal mengenai kondisi hara tanah sehingga mendukung pengambilan keputusan dalam kegiatan budidaya. Selain itu, penilaian status kesuburan tanah yang dilakukan melalui analisis unsur hara di

laboratorium merupakan metode yang lebih modern dan mampu menghasilkan data kandungan unsur hara dalam bentuk angka dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi. Hasil analisis tersebut dapat digunakan untuk mengetahui tingkat ketersediaan unsur hara secara lebih akurat serta mengidentifikasi faktor-faktor yang berpotensi membatasi pertumbuhan tanaman. Penentuan sifat kimia tanah sebagai indikator kesuburan dilakukan dengan mengacu pada standar penilaian kesuburan tanah yang berlaku sehingga hasil evaluasi yang diperoleh dapat digunakan sebagai dasar dalam penyusunan rekomendasi pengelolaan lahan yang tepat (Nadhifah *et al.*, 2022).

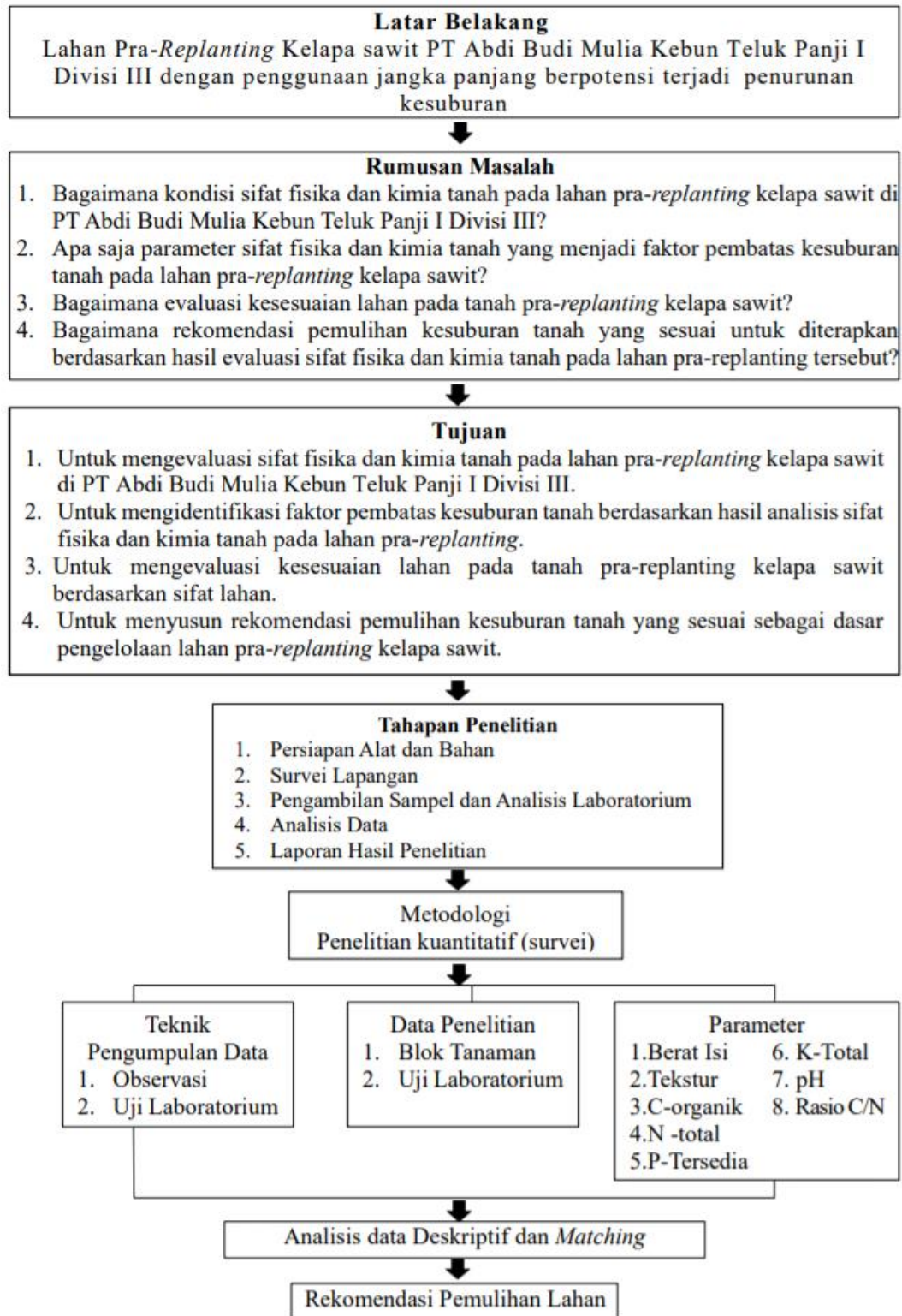
2.2 Kajian Terdahulu

Tabel 4. Kajian terdahulu

No	Judul Pengkajian dan Penulis	Metode	Hasil Penelitian
1	Evaluasi Kesuburan Tanah Untuk <i>Replanting</i> Kelapa Sawit (<i>Elaeis guineensis</i> Jacq) Di Desa Belonsat, Kecamatan Belimbing, Kabupaten Melawi (Pradana <i>et al.</i> , 2025)	Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif untuk mengevaluasi status kesuburan tanah berdasarkan beberapa sifat fisik dan kimia tanah. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada kedalaman 0–30 cm dalam bentuk sampel komposit yang digunakan untuk analisis parameter kimia tanah. Sampel tanah dikumpulkan menggunakan metode diagonal lima titik. Data berasal dari pengamatan lapangan dan hasil analisis laboratorium kemudian dicocokkan dengan kriteria penilaian sifat tanah dan status kesuburan tanah yang mengacu pada Pusat Penelitian Tanah, Bogor (1983).	Kondisi tanah di area tersebut menunjukkan hasil yang bervariasi dalam sifat fisik dan kimia. Tekstur tanah di ketiga lokasi didominasi oleh fraksi debu dan liat dengan kelas tekstur lempung. Penilaian status kesuburan tanah menunjukkan berbagai parameter yang diukur semua sampel tanah menunjukkan status kesuburan yang rendah.
2	Evaluasi Status Kesuburan Tanah di Masa <i>Replanting</i> Perkebunan Kelapa Sawit	Metode penelitian yang diterapkan dalam penelitian ini adalah survei. Sampel tanah terganggu yang diambil pada kedalaman 0 cm – 30 cm dan 30 cm – 60	Penelitian menunjukkan status kesuburan tanah yang rendah selama masa <i>replanting</i> kelapa sawit di lokasi penelitian. Rekomendasi pemupukan diperlukan untuk meningkatkan

No	Judul Pengkajian dan Penulis	Metode	Hasil Penelitian
	Pada Tanah Mineral Provinsi Jambi (Ferry <i>et al.</i> , 2024)	cm. Penentuan titik sampel menggunakan metode stratified random sampling berdasarkan jenis tanah.	kesuburan tanah antara lain penambahan pupuk dolomit, urea, sp36, kcl, dan pemberian bahan organik untuk memperbaiki

2.3 Kerangka Pikir



Gambar 2. Kerangka Pikir Evaluasi Sifat Fisika dan Kimia Tanah Serta Rekomendasi Pemulihan Kesuburan lahan