

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah adalah sumber daya alam yang bervariasi, terdiri dari komponen padat, cair, dan gas, yang menunjukkan karakteristik dan perilaku yang berubah-ubah. Salah satu hal menarik dalam penggunaan tanah dan di indikasikan memiliki banyak permasalahan lingkungan adalah kegiatan pertambangan. Pertambangan adalah serangkaian aktivitas yang meliputi pencarian, penggalian, pengolahan, pemanfaatan, dan penjualan mineral. Industri pertambangan tidak hanya menghasilkan dampak positif, tetapi juga menimbulkan dampak negatif yang signifikan, terutama bagi para penambang yang tidak melakukan atau mengabaikan analisis mengenai dampak lingkungan (Akib, 2019).

Adanya kegiatan pertambangan nikel laterit di Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan, menjadi salah satu kegiatan strategis yang dikelola oleh PT Vale Indonesia Tbk. Pertambangan nikel tersebut telah berlangsung sejak tahun 1968 dimana awalnya PT *International Nickel Indonesia* (INCO) kini menjadi PT Vale Indonesia Tbk memperoleh kontrak karya generasi pertama dimana kegiatan operasi produksinya dimulai pada tahun 1977. Seiring waktu, PT Vale Indonesia Tbk mendapatkan perpanjangan izin pengelolaan hingga 2035 (Vale Indonesia, 2024). Operasi pertambangan ini telah berlangsung selama puluhan tahun dan memberikan kontribusi besar terhadap pembangunan ekonomi nasional. Namun, di balik manfaat ekonominya yang tinggi, aktivitas penambangan terbuka (*open pit mining*) di mana pembukaan dan pengupasan hutan alam tidak dapat dihindari, hal yang dilakukan tersebut telah meninggalkan permasalahan lingkungan yang cukup serius. Salah satunya adalah kerusakan tanah yang ditandai dengan hilangnya lapisan atas tanah, perubahan sifat fisik maupun kimia tanah. Mustafa et al., (2022) mengatakan aktivitas penambangan bijih nikel laterit berkontribusi terhadap penurunan kualitas sifat fisik kimia tanah, selain itu juga menyebabkan penurunan kualitas lingkungan.

Karakteristik tanah merupakan salah satu faktor yang berdampak langsung pada perkembangan vegetasi. Karakteristik tanah sendiri mencakup aspek fisik dan kimia, di mana kedua komponen ini memainkan peran penting dalam menunjang kelangsungan tumbuh tanaman. Berdasarkan Nurhartanton et al., (2021) sifat fisik tanah memiliki keterkaitan erat dengan kapasitas penyerapan air dan nutrisi, yang pada gilirannya memengaruhi pertumbuhan vegetasi. Sementara itu, sifat kimia tanah, seperti tingkat keasaman dan kandungan nutrisi, merupakan faktor penentu utama dalam hasil produksi tanaman.

Untuk mengurangi dampak kerusakan dari adanya pertambangan terbuka tersebut berbagai upaya dilakukan dalam mengendalikan kondisi lahan bekas tambang, salah satunya yaitu memodifikasi dan mengoptimalkan tanah bekas tambang melalui program reklamasi/rehabilitasi. Maka PT Vale Indonesia Tbk telah melakukan kegiatan reklamasi/rehabilitasi lahan pasca penambangan yang mencakup perbaikan kondisi sifat fisik dan sifat kimia tanah, penanaman kembali vegetasi, baik jenis pionir maupun lokal serta pengendalian erosi/drainase. Kehadiran *nursery modern* sejak 2006 dengan kapasitas 700.000 bibit per tahun memperkuat upaya revegetasi berbasis

jenis pionir maupun endemik (Vale Indonesia, 2024). Secara dasar, reklamasi dan revegetasi merupakan upaya yang dilaksanakan untuk memperbaiki kondisi lahan setelah aktivitas penambangan (Larang et al., 2024). Kegiatan reklamasi diharapkan mampu memberikan manfaat tambahan bagi lingkungan dan menghasilkan kondisi yang secara signifikan lebih baik dari pada keadaan lingkungan sebelumnya (Munir, 2017).

Reklamasi ini dilakukan secara bertahap sejak lama, sehingga memberikan lahan reklamasi dengan usia yang cukup lama. Reklamasi tidak hanya berfungsi untuk memperbaiki kondisi lahan pasca tambang agar dapat dimanfaatkan kembali, tetapi juga menjadi upaya pemulihan ekosistem agar mendekati kondisi alaminya. Menurut Sheoran et al., (2010) Tahap reklamasi akan dilaksanakan setelah kegiatan penambangan selesai, dengan tujuan memulihkan fungsi lahan. Proses ini mencakup stabilisasi topografi melalui pengembalian tanah lapisan atas (top soil) untuk menimbun area dasar zona penambangan (*non ore*). Aktivitas pertambangan memegang peranan besar serta memiliki kewajiban terhadap lingkungan setelah eksploitasi wilayah pertambangan selesai (Rachman et al., 2020).

Mengelolah kembali lahan bekas penambangan nikel menuju pada arah pemulihan dan perbaikan dalam bentuk reklamasi membutuhkan proses panjang untuk merehabilitasinya. Lahan bekas tambang nikel memiliki ciri-ciri umum, antara lain pemadatan tanah tinggi akibat penggunaan alat berat, kemampuan menahan air rendah penurunan unsur hara, toksisitas lahan dan kemasaman tanah, serta menurunnya kemampuan tanah dalam mendukung kehidupan vegetasi. Neswati et al., (2020) mengatakan bahwa pada tanah bekas tambang sangat jarang ditemukan horizon asli. kebanyakan tanah yang telah dikembalikan telah bercampur dan membentuk horizon baru yang mungkin sulit dikenali batasnya. Lebih lanjut Allo (2016) menyebutkan bahwa produktifitas lahan serta hubungan ekosistem membutuhkan waktu yang sangat panjang bahkan sulit dipulihkan, meskipun upaya penanaman kembali telah dilakukan.

Berdasarkan dari uraian diatas, maka penelitian ini perlu dilakukan dengan tujuan menganalisis karakteristik fisik dan kimia tanah pada lahan reklamasi pasca tambang nikel serta diharapkan dapat memberikan gambaran nyata mengenai perubahan sifat tanah dari tahun reklamasi yang berbeda serta memberikan informasi ilmiah yang dapat mendukung strategi pengelolaan lahan pasca tambang secara berkelanjutan.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui karakteristik fisik pada lahan reklamasi pasca tambang di PT. Vale Indonesia Tbk.
2. Untuk mengetahui karakteristik kimia pada lahan reklamasi pasca tambang di PT. Vale Indonesia Tbk

Kegunaan dari penelitian ini yaitu agar mendapatkan informasi terkait kualitas tanah secara fisik dan kimia yang ada pada lahan reklamasi pasca tambang PT Vale Indonesia Tbk di kabupaten Luwu Timur. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat para praktisi di lapangan, khususnya dapat mendukung program pengembangan ilmu tanah serta pada bidang tata guna lahan.

1.3 Landasan Teori

Tanah merupakan bagian dari tubuh alam yang menutupi permukaan bumi dan terletak di atas bahan serta batuan induk. Keberadaannya terbentuk melalui proses pelapukan batuan yang dipengaruhi oleh interaksi berbagai faktor pembentuk tanah, yaitu iklim, organisme, bahan induk, relief, serta waktu. Faktor-faktor tersebut pada dasarnya merupakan kondisi lingkungan yang berperan dalam mendorong berlangsungnya proses pembentukan tanah (Hartono & Hadun, 2021).

Kualitas tanah dapat diartikan sebagai kemampuan tanah dalam mendukung pertumbuhan serta produktifitas tanaman dan hewan, sekaligus menjaga kelestarian lingkungan. Oleh karena itu, pengelolaan tanah harus disesuaikan dengan kondisi lahan agar kerusakan dapat diminimalisir. Padmawati et al., (2017) menyatakan bahwa kualitas tanah ditentukan melalui sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, atau indikator yang mencerminkan proses-proses penting yang berlangsung di dalamnya sebagai pengelolaan penggunaan tanah. Lebih lanjut Agustina et al., (2020) menjelaskan bahwa penilaian kualitas tanah dapat dilakukan dengan melihat perubahan fungsi tanah sebagai respon terhadap praktik pengelolaan tanah. Hasil pengukuran indikator kualitas tanah kemudian dirangkum dalam suatu indeks kualitas tanah, yaitu nilai yang diperoleh berdasarkan perhitungan bobot dan skor masing-masing indikator. Indikator tersebut dipilih dari sifat-sifat tanah yang mampu menunjukkan kapasitas tanah dalam menjalankan fungsinya (Wulandari et al., 2015).

Sifat tanah memiliki peran penting terutama dalam menentukan ketersediaan air dalam matriks tanah, mengatur sirkulasi udara, memengaruhi sifat reaktif koloid. Sifat fisik tanah memiliki pengaruh terhadap sifat kimia dan biologi tanah, serta berdampak pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Salah satu fungsi utama tanah sebagai media tanam adalah menyediakan ruang bagi akar untuk menembus tanah, baik secara horizontal maupun vertikal. Kemudahan penetrasi akar tergantung pada kondisi pori-pori tanah yang terbentuk di antara partikel-partikelnya yang dipengaruhi oleh tekstur, struktur, berat volume, dan berat jenis tanah (Wulandari et al., 2015). Sementara itu, sifat kimia tanah menjadi indikator penting untuk menilai tingkat produktivitas lahan. Jika salah satu parameter kimia tidak terpenuhi, hal ini dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan hasil yang kurang optimal. Oleh karena itu, tanah yang memiliki sifat kimia yang baik tidak akan mampu menghasilkan produksi optimal tanpa didukung dengan sifat fisik yang memadai. Sifat kimia tanah sendiri merupakan aktifitas ion yang tidak dapat diamati secara langsung oleh mata (Kilimandang et al., 2024).

Sifat fisik tanah mencakup karakteristik yang berkaitan dengan kesuburan tanah serta berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman. Faktor-faktor fisik tanah yang mempengaruhi pertumbuhan, produktivitas, kualitas tanah antara lain tekstur, warna, struktur, porositas, dan permeabilitas. Menurut Setiawan (2023) tekstur tanah merupakan salah satu faktor esensial yang mempengaruhi berbagai proses fisik dan kimia, termasuk retensi air, drainase, erosi, serta ketersediaan nutrisi. Tekstur tanah juga berdampak pada ketersediaan unsur hara yang pada gilirannya mempengaruhi produktivitas tanah dan strategi pengelolaan tanah. Sementara itu warna tanah mencerminkan komposisi semua komponen penyusunnya yang terbentuk melalui proses alami termasuk oksidasi dan gley. Warna tanah dapat bervariasi, misalnya putih, merah, coklat, abu-abu, kuning, hitam, kebiruan hingga kehijauan dan sering dijadikan indikator

kesuburan atau produktivitas lahan, kandungan bahan organik dalam tanah juga turut mempengaruhi warna tanah (Esculenta et al., 2019).

Struktur tanah adalah sifat fisik yang menggambarkan susunan ruang antar partikel tanah yang saling terikat membentuk agregat. Struktur ini muncul sebagai gumpalan kecil yang terbentuk dari butir-butiran tanah, gumpalan tersebut terjadi karena partikel pasir, debu, dan liat saling berikatan melalui perekat seperti liat itu sendiri serta bahan organik dan faktor pengikat lainnya (Nurhuda et al., 2021). Kemudahan tanah ditembus oleh akar tanaman dipengaruhi oleh pori-pori antar partikel tanah yang terkait dengan struktur, tekstur, berat volume, dan berat jenis tanah. Sirkulasi air dan udara dalam tanah atau drainase dan aerasi ditentukan oleh kerapatan pori-pori tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa untuk menetapkan indeks kualitas tanah, pemahaman terhadap sifat fisik tanah sangat penting (Purba, 2021). Permeabilitas tanah dapat diartikan sebagai kemampuan tanah untuk menerima dan mengalirkan air. Aliran air dalam tanah umumnya berlangsung secara linier melalui jalur yang teratur (*smooth curve*) sesuai dengan hukum Darcy, rembesan air terjadi terutama karena pengaruh gravitasi atau dorongan dari kondisi tertentu. (Jarwanto et al., 2024).

Sifat kimia tanah mencakup karakteristik yang berkaitan dengan kandungan kimia, reaksi kimia, perilaku ion dan senyawa terlarut dalam air, serta ketersediaan unsur hara yang secara langsung mempengaruhi kesuburan tanah. Beberapa sifat kimia utama tanah meliputi pH tanah, kandungan C-organik, nitrogen, fosfor, kalium, dan kapasitas tukar kation. pH tanah merupakan ukuran konsentrasi ion hidrogen dalam larutan tanah dan memiliki pengaruh besar terhadap kesuburan yang berdampak pada pertumbuhan dan kelangsungan hidup tanaman. Larutan dengan pH rendah bersifat asam sedangkan pH tinggi bersifat basa. Secara umum, pH tanah berkisar antara 3,0 hingga 9,0 namun di Indonesia tanah umumnya bersifat asam dengan pH antara 4,0 hingga 5,5 sehingga tanah dengan pH 6,0 hingga 6,5 dianggap cukup netral. Nilai pH tanah bervariasi tergantung komposisinya dan asam nitrat dari air hujan bersama bahan organik dan jaringan tanah dapat mempengaruhi perubahan pH. (Jafar et al., 2022). Selain itu, morfologi tanah nikel laterit turut mempengaruhi sifat tanah dimana semakin landai morfologi tanah semakin mempengaruhi ketebalan tanah.

Bahan organik tanah merupakan komponen penting yang menentukan kesuburan tanah, terutama di wilayah tropis seperti Indonesia yang memiliki suhu udara dan curah hujan yang tinggi. Tanah yang subur ditandai dengan kandungan unsur hara yang tinggi, salah satunya adalah karbon organik (C-organik). Kandungan C-organik berperan dalam mengatur jumlah karbon dalam tanah untuk mendukung produktivitas tanaman dan mempertahankan umur tanama, karena dapat meningkatkan kesuburan tanah serta memaksimalkan efisiensi penggunaan unsur hara (Risma, 2023).

Menurut Siswanto (2018) nitrogen adalah unsur hara makro yang dibutuhkan hampir semua jenis tanaman. Nitrogen diserap oleh tanaman dalam bentuk ion nitrat, karena ion ini bermuatan negatif tetap berada dalam larutan dan mudah diserap oleh akar. Berbeda dengan unsur hara lainnya, nitrogen tidak tersedia secara alami dalam bentuk mineral, sumber utama nitrogen berasal dari atmosfer dan dapat masuk ke dalam tanah melalui hujan atau melalui proses pengikatan udara.

Fosfor (P) dalam tanah dapat ditemukan dalam berbagai bentuk atau fraksi kimia. Pada tanah masam seperti Ultisol dan Oxisol, unsur P umumnya terikat oleh Fe dan Al

(baik dalam bentuk kation, oksida, maupun hidroksida) serta fraksi liat yang terkandung (Duana & Munawar, 2018). Kandungan P potensial dan aktual pada tanah tersebut bervariasi dari rendah hingga tinggi tergantung pada bahan induk serta intensitas pengelolaan lahannya. Tanah dengan kandungan mineral P tinggi seperti apatit dan fluoroapatit yang dikelola secara intensif biasanya memiliki kadar P yang tinggi. Sebaliknya, tanah yang miskin mineral P dan belum dikelola secara optimal umumnya memiliki kadar P yang lebih rendah (Nursyamsi & Setyorini, 2009).

Dalam sifat kimia tanah dilakukan pengukuran kadar kalium sebagai salah satu unsur hara yang penting yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan kualitas tanah. Kalium berfungsi dalam mengatur keseimbangan air pada tanaman, meningkatkan ketahanan terhadap kekeringan, memperkuat struktur tanaman yang kemudian berperan dalam menjaga kesuburan dan produktivitas tanah. Punuindoong et al., (2021) menyatakan bahwa kalium juga bertindak sebagai katalis yang mempercepat ketersediaan unsur hara lain bagi tanaman. Kapasitas Tukar Kation (KTK) merupakan salah satu sifat kimia tanah yang memiliki keterkaitan kuat dengan kesuburan tanah. KTK didefinisikan sebagai kemampuan koloid tanah dalam mengikat kation tanpa disertai dengan anion. Peran bahan organik terhadap kesuburan tanah sangat signifikan sehingga semakin tinggi kandungan bahan organik didalam tanah, maka semakin besar pula nilai KTK-nya (Saida et al., 2023).

Reklamasi lahan pasca tambang pada dasarnya dilakukan melalui beberapa tahapan yang bertujuan untuk mengembalikan fungsi lahan serta mendukung keberlanjutan lingkungan. Umumnya tahapan awal reklamasi meliputi kegiatan penataan lahan seperti pembentukan kontur, perataan untuk memperoleh kemiringan lereng yang stabil, serta penyediaan sarana pengendali erosi, drainase, dan kolam retensi. Menurut Tambunan (2022) pada sistem penambangan terbuka salah satu metode yang umum digunakan adalah *back fill*, yaitu menimbun kembali lubang bekas tambang dengan material tanah penutup (*over burden*) dari lokasi terdekat.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret hingga Juni 2025 dengan lokasi pengambilan sampel tanah dilakukan di wilayah PT Vale Indonesia Tbk yang berlokasi di Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. Selanjutnya, sampel tanah dianalisis di Laboratorium Silvikultur dan Fisiologi Pohon, Fakultas Kehutanan, serta di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin Makassar.

2.2 Alat dan Bahan Penelitian

2.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Roll meter, digunakan untuk membuat plot.
2. Tali rafia, digunakan untuk membatasi areal plot.
3. Pita meter, digunakan untuk mengukur pada lapisan profil tanah dan mengukur keliling pohon.
4. *Clinometer*, digunakan untuk mengukur tinggi total pohon dan tinggi bebas pohon.
5. Aplikasi *Timestamp*, digunakan untuk mengambil titik koordinat lokasi penelitian.
6. Cangkul, digunakan untuk menggali tanah.
7. Sekop, digunakan untuk mengambil sampel tanah.
8. Bor tanah, digunakan untuk menggali tanah.
9. *Cooper ring*, digunakan untuk mengambil sampel tanah tidak terusik.
10. Timbangan, digunakan untuk menimbang berat sampel tanah.
11. Alat tulis menulis dan *tally sheet* digunakan sebagai alat dan media mencatat data pengukuran dan analisis keadaan dilapangan.
12. Kamera digital, digunakan untuk dokumentasi kegiatan.
13. Alat-alat laboratorium, digunakan untuk pengujian sampel tanah.

2.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tanah, sebagai sampel yang akan dianalisis.
2. Plastik sampel, sebagai tempat penyimpanan sampel tanah.
3. Kertas label, sebagai penanda setiap sampel yang telah dimasukkan kedalam plastik sampel.
4. Bahan Laboratorium, digunakan untuk bahan analisis sampel tanah.

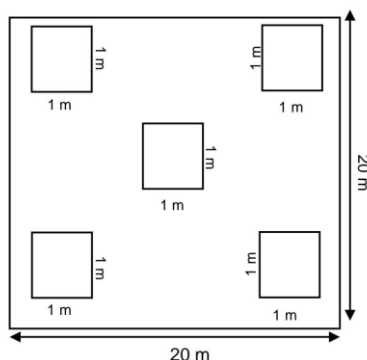
2.3 Metode Pelaksanaan Penelitian

2.3.1 Survei Lapangan dan Pengambilan Sampel

Kegiatan lapangan dimulai dengan survei untuk menetapkan lokasi plot pengambilan sampel tanah. Penentuan plot dilakukan menggunakan metode *purposive sampling* yaitu penunjukan langsung lokasi pembuatan profil tanah yang dianggap paling mewakili dengan melihat beberapa faktor seperti topografi, umur reklamasi, jarak dari gangguan,

kondisi tanah dan batuan lahan reklamasi pasca tambang di PT. Vale Indonesia Tbk. Pengambilan sampel tanah dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan kimia tanah dimana sifat yang diamati dalam penelitian ini yaitu tekstur, warna, struktur, porositas, permeabilitas, *bulk density*, pH, C-organik, N-total, P-tersedia, K, dan KTK. Langkah-langkah pengambilan sampel tanah yaitu antara lain:

1. Membuat plot pengukuran dan pengambilan sampel tanah dengan ukuran plot sebesar 20 m x 20 m masing-masing sebanyak 3 plot pada lahan reklamasi pasca tambang.
 2. Pengambilan sampel tanah terusik pada masing-masing lahan reklamasi dilakukan pada dua lapisan yaitu lapisan I dengan kedalaman 30cm dan lapisan II dengan kedalaman 60cm dengan 5 titik pengambilan sampel tanah terusik dalam plot dengan bentuk diagonal yaitu setiap sisi sudut plot dan pada bagian tengah plot dan pengambilan profil tanah terletak pada titik di tengah plot.
 3. Pengambilan profil tanah dilakukan dengan menggali tiga lapisan, yaitu lapisan I pada kedalaman 30 cm, lapisan II dengan kedalaman 60 cm, dan lapisan III dengan kedalaman 90 cm. Sampel tanah diambil menggunakan ring, yang diletakkan di atas profil tanah lalu di dorong masuk ke dalam tanah menggunakan besi pendorong. Setelah itu, bagian atas, bawah, dan seluruh sisi ring dibersihkan kemudian tanah di dalam ring dimasukkan ke dalam plastik sampel dan diikat rapat.
 4. Pengambilan sampel tanah terusik pada 5 titik kemudian akan dikompositkan pada masing-masing lapisan, dengan jumlah total keseluruhan sampel yaitu 12 sampel tanah terusik dan 18 sampel ring, masing-masing 6 sampel tanah terusik dan 9 sampel ring tiap umur. yang akan digunakan sebagai subjek penelitian.
 5. Selanjutnya sampel tanah yang telah diambil dimasukkan ke dalam plastik sampel sesuai Lapisan pada setiap plot, lalu diberi tanda dengan kode reklamasi (R), kode plot (P) dan kode lapisan (L), contohnya R2015P1L30, R15 sebagai tanda lahan reklamasi tahun 2015, P1 sebagai tanda plot 1 dan L30 sebagai tanda lapisan 30 cm.
 6. Memberi tanda pada setiap sampel dengan kertas label.
 7. Melakukan pengukuran keliling dan tinggi pada setiap pohon yang ada dalam plot.
- Gambar sketsa plot pengambilan sampel tanah di lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Sketsa plot pengambilan sampel tanah

2.3.2 Tahap Analisis Laboratorium

1. Penentuan Tekstur Tanah

Penentuan tekstur tanah ditetapkan dengan metode hydrometer yang pada prinsipnya terlebih dahulu dilakukan pengukuran berat partikel tanah dengan menggunakan hydrometer. Hasil pengukuran menggunakan metode hydrometer memungkinkan identifikasi presentasi pasir, debu, dan liat sehingga kelas tekstur tanah dapat ditentukan melalui segitiga tekstur tanah yang disediakan oleh *United State Departement of Agriculture* (USDA).

2. Penentuan Warna Tanah

Penentuan warna tanah dilakukan secara langsung di lapangan dengan membandingkan sampel tanah dengan standar warna yang terdapat dalam buku *Munsell Soil Color Chart*. Penentuan warna tanah berdasarkan tiga komponen utama, yaitu *Hue* yang menunjukkan spektrum warna dominan atau corak utama sesuai panjang gelombangnya, *Value* yang merepresentasikan tingkat kecerahan warna berdasarkan jumlah cahaya yang dipantulkan, dan *Chroma* yang mencerminkan kemurnian atau intensitas warna spektrum (Astiningrum et al., 2018).

3. Penentuan Struktur Tanah

Penentuan struktur tanah dilakukan secara langsung di lapangan dengan metode kualitatif yaitu mengambil contoh tanah utuh (berupa bongkahan tanah). Selanjutnya, gumpalan tanah dipecahkan dengan menekannya menggunakan jari, dimana setiap pecahan dari gumpalan tersebut disebut sebagai agregat atau gabungan agregat. Bentuk struktur tanah yang terbentuk kemudian dibandingkan dengan kriteria yang tercantum dalam buku pedoman pengamatan tanah.

4. Penentuan Porositas Tanah (*Bulk Density*)

Analisis porositas tanah dilakukan dengan cara menimbang ring sampel berisi tanah, kemudian mengoven sampel tanah selama 24 jam pada suhu 105°C, setelah dioven ring sampel berisi tanah kering ditimbang. Menyiapkan labu ukur dan menimbang labu ukur dalam keadaan kosong. Setelah itu keluarkan sampel tanah dari dalam ring, kemudian timbang berat ring kosong dan ukur diameter serta tinggi ring. Tumbuk sampel tanah sebanyak 50 gram, kemudian masukkan dalam labu ukur dan timbang labu ukur yang berisi sampel tanah. Setelah ditimbang tambahkan air yang telah dididihkan hingga mencapai leher labu ukur, kemudian panaskan hingga mendidih dengan menggunakan hot plate. Setelah mendidih rendam labu ukur di dalam baskom berisi air, kemudian tambahkan aquades hingga garis yang terdapat pada batang labu ukur dan aduk menggunakan batang pengaduk tunggu hingga dingin. Setelah dingin, cek kembali jumlah aquades pada labu ukur, kemudian timbang. Adapun klasifikasi porositas tanah berdasarkan Herviana et al., (2021) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi porositas tanah

Porositas tanah %	Kategori
100	Sangat Porous
80 – 60	Porous
60 – 50	Baik
50 – 40	Kurang Baik
40 – 30	Jelek
< 30	Sangat Jelek

5. Penentuan Permeabilitas

Analisis yang dilakukan untuk penentuan permeabilitas yaitu terlebih dahulu melakukan perendaman terhadap ring sampel tanah selama 24 jam, kemudian dilakukan uji permeabilitas dengan melihat berapa banyak air yang lolos, pengamatan dilakukan sebanyak 3 kali dalam rentang waktu 15 menit sekali (0,25/jam). Adapun klasifikasi permeabilitas tanah berdasarkan Kharisma et al., (2023) dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi permeabilitas tanah

Laju Permeabilitas (cm/jam)	Kategori
< 0,13	Sangat Lambat
0,13 – 0,51	Lambat
0,51 – 2,00	Agak Lambat
2,00 – 6,35	Sedang
6,35 – 12,70	Agak cepat
12,70 – 25,40	Cepat
> 25,40	Sangat Cepat

6. Penentuan pH Tanah

Penentuan ini dilakukan dengan menyiapkan 5 g contoh sampel tanah kering yang dimasukkan ke dalam roll film, setelah itu tambahkan 12,5 ml aquades lalu sampel dikocok selama 30 menit, kemudian amati pH masing-masing sampel tanah dengan pH meter. Adapun klasifikasi pH tanah berdasarkan Balai Penelitian Tanah (2005), terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi pH tanah

pH	Kategori
< 4,5	Sangat Masam
4,5 – 5,5	Masam
5,5 – 6,5	Agak Masam
6,6 – 7,5	Netral
7,6 – 8,5	Agak Alkalis
> 8,5	Alkalis

7. Penentuan Bahan Organik (C-Organik)

Analisis C-Organik ditentukan dengan metode Walkey dan Black. Penetapan dengan metode ini dilakukan dengan sampel tanah sebanyak 1 g ditimbang, lalu masukkan kedalam labu ukur 100 ml. Tambahkan 5 ml kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$), lalu dihomogenkan. Asam sulfat pekat (H_2SO_4) kemudian ditambahkan sebanyak 5 ml, lalu dihomogenkan hingga tercampur rata dan didiamkan selama 30 menit. Kemudian aquades ditambahkan hingga campuran mencapai 100 ml. Selanjutnya, ditambahkan 3-5 tetes indikator difenilamin ($C_{12}H_{11}N$), kemudian dilakukan titrasi menggunakan larutan amonium ferro sulfat ($(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) hingga terjadi perubahan warna. Adapun klasifikasi C-organik tanah berdasarkan Balai Penelitian Tanah (2005), terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi C-organik tanah

C %	Kategori
< 1,00	Sangat Rendah
1,00 – 2,00	Rendah
2,00 – 3,00	Sedang
3,00 – 5,00	Tinggi
> 5,00	Sangat Tinggi

8. Penentuan Kadar Nitrogen Tanah

Penentuan ini dilakukan dengan metode Kjeldahl yang pada prinsipnya sampel tanah sebanyak 2 gr dimasukkan ke dalam labu destilasi, kemudian ditambahkan 2 gr magnesium oksida (MgO) dan natrium hidroksida (NaOH) 10N, lalu didestilasikan dengan penampung Erlenmeyer berisi asam borat (H_3BO_3) 10 ml ditambahkan 5 tetes indikator Conway. Ketika terjadi perubahan warna pemanasan dihentikan lalu Erlenmeyer dilepaskan dan alat destilasi dibilas. Hasil destilasi lalu dititrasi dengan HCl 0,05 N, lalu volume Me HCl yang digunakan, yang setara dengan Me NH_4 yang terdestilasi, dicatat. Adapun klasifikasi kadar nitrogen berdasarkan Balai Penelitian Tanah (2005), terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5. Klasifikasi Kadar Nitrogen tanah

N (%)	Kategori
< 0,10	Sangat Rendah
0,10 – 0,20	Rendah
0,21 – 0,50	Sedang
0,51 – 0,75	Tinggi
> 0,75	Sangat Tinggi

9. Penentuan Kadar Fosfor

Penentuan fosfor tanah dilakukan menggunakan metode P-olsen. Prinsipnya, sebanyak 2 gram sampel tanah berukuran <2mm ditimbang, ditambahkan 25 ml pengekstrak bray dan kurt I dan dihomogenkan selama 5 menit. Larutan keruh yang dihasilkan kemudian disaring, bilasannya dikembalikan ke saringan semula (proses penyaringan maksimal 5 menit). Sebanyak 2 ml ekstrak yang telah jernih dipipet kedalam tagung reaksi lalu sampel tanah dan deret standar masing-masing diberi larutan pewarna fosfat, dihomogenkan, dan didiamkan 30 menit. Selanjutnya, absorbansi larutan diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm.. Adapun klasifikasi kadar fosfor tanah berdasarkan Balai Penelitian Tanah (2005), terdapat pada Tabel 6.

Tabel 6. Klasifikasi Kadar Fosfor Tanah

P₂O₅ Olsen (ppm)	Kategori
< 10	Sangat Rendah
10 – 25	Rendah
26 – 45	Sedang
46 – 60	Tinggi
> 60	Sangat Tinggi

10. Penentuan Kadar Kalium

Penentuan ini dilakukan menggunakan metode P-bray, yaitu 2 gram sampel tanah ditimbang dan dimasukkan ke dalam botol kocok, kemudian ditambahkan 10 ml HCl 25 % dan dikocok menggunakan mesin kocok selama 5 jam. Larutan hasil ekstraksi dimasukkan ke tabung reaksi dan dibiarkan semalam atau disentrifugasi. Sebanyak 0,5 ml ekstrak jernih dipipet kedalam tabung reaksi, ditambahkan 9,5 ml air bebas ion (pengenceran 20x) lalu dikocok. Selanjutnya, 2 ml ekstrak encer dari sampel dan deret standar masing-masing dimasukkan ke tabung reaksi ditambahkan 10 ml larutan pereaksi pewarna fosfat, dikocok, dan didiamkan selama 30 menit sebelum absorbansi diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm, lalu menentukan kadar kalium dengan ekstrak encer sampel dan larutan standat K diukur secara langsung

dengan alat flamefotometer.. Adapun klasifikasi kadar kalium tanah berdasarkan Balai Penelitian Tanah (2005), dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Klasifikasi kadar kalium tanah

K (cmol/kg)	Kategori
< 0,1	Sangat Rendah
0,1 – 0,3	Rendah
0,4 – 0,5	Sedang
0,6 – 1,0	Tinggi
> 1,0	Sangat Tinggi

11. Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Kapasitas Tukar Kation (KTK) ditentukan menggunakan metode pencucian dan ekstraksi. Sebanyak 2,5 gram sampel tanah ditimbang dan dimasukkan ke dalam tabung kocok, lalu ditambahkan 50 ml larutan aminium asetat 1 M, dikocok menggunakan mesin shaker selama 2 jam, dan disaring ke tabung kocok menggunakan kertas saring Whatman nomor 42. Tanah yang tertinggal pada kertas saring dibersihkan dengan 150 ml alkohol 76% ke dalam erlenmeyer 125 ml. Selanjutnya, tanah yang telah dibersihkan dan dikeringkan kemudian tambahkan 50 ml larutan KCl 0,1 M, dikocok menggunakan mesin shaker selama 1 jam, disaring kembali dengan kertas Whatman nomor 42 ke dalam labu ukur 50 ml, dan ditambahkan larutan KCl 0,1 M hingga batas tanda garis. Larutan dalam labu ukur kemudian dimasukkan dalam tabung digester untuk didestilasi menggunakan alat kjeldahl. Larutan hasil destilasi yang berwarna biru tertampung dalam erlenmeyer 250 ml, dititrasi menggunakan larutan asam sulfat (H_2SO_4) 0,02 N. Catat volume larutan asam sulfat (H_2SO_4) 0,02 N yang digunakan. Adapun klasifikasi kapasitas tukar kation (KTK) tanah berdasarkan Balai Penelitian Tanah (2005) terdapat pada Tabel 8.

Tabel 8. Klasifikasi Kapasitas Tukar Kation (KTK)

KTK (cmol/kg)	Kategori
< 5	Sangat Rendah
5 – 16	Rendah
17 – 24	Sedang
25 – 40	Tinggi
> 40	Sangat Tinggi

2.4 Analisis Data

2.4.1 Sifat fisik tanah

1. Tekstur tanah

Tekstur tanah mencerminkan tingkat kekasaran dan kehalusan butiran tanah. Penentuan tekstur tanah dilakukan dengan menggunakan segitiga tekstur tanah, berdasarkan presentasi fraksi pasir, debu, dan liat yang terkandung di dalam tanah. Presentasi masing-masing fraksi tanah dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:



Gambar 2. Segitiga tekstur tanah

$$\begin{aligned} \% \text{ Liat} &= \frac{\text{Berat liat}}{\text{Berat debu liat} + \text{Pasir}} \times 100\% \\ \% \text{ Debu} &= \frac{\text{Berat Debu}}{\text{Berat debu liat} + \text{Pasir}} \times 100\% \\ \% \text{ Pasir} &= \frac{\text{Berat Pasir}}{\text{Berat debu liat} + \text{Pasir}} \times 100\% \end{aligned}$$

2. Kerapatan Bongkah (*Bulk Density*)

Bulk density atau kerapatan massa tanah merupakan perbandingan antara bobot kering tanah dengan volume total tanah, termasuk volume pori-porinya. Satuan yang umum digunakan adalah (g/cm^3). Penentuan *bulk density* dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kerapatan bongkah} = \frac{\text{Berat tanah kering (g)}}{\text{Volume Tanah (g}/\text{cm}^3)}$$

Keterangan :

r : Jari-jari ring (cm)

t : Tinggi ring (cm)

Volume Tanah: Volume ring ($\pi r^2 t$)

3. Kerapatan Partikel (*Particle Density*)

Kerapatan partikel merupakan ukuran massa partikel dalam suatu volume tertentu. Biasanya dinyatakan dalam satuan massa per volume, seperti (kg/m^3) atau (g/cm^3). Penentuan *particle Density* dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kerapatan partikel} = \frac{\text{Massa Tanah (g}/\text{cm}^3)}{\text{Volume partikel padat (g}/\text{cm}^3)}$$

4. Porositas

Porositas tanah merupakan perbandingan antara volume pori-pori dengan volume total tanah, yang dinyatakan dalam bentuk persen. Pori-pori tersebut dapat terisi oleh udara maupun air. Penentuan porositas tanah dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Porositas} = 1 - \frac{\text{Kerapatan bongkah (g}/\text{cm}^3)}{\text{Kerapatan partikel (g}/\text{cm}^3)} \times 100\%$$

5. Permeabilitas Tanah

Permeabilitas merupakan salah satu indikator penting dalam menentukan laju infiltrasi dan pergerakan air dalam profil tanah. Penentuan permeabilitas tanah dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Permeabilitas} = \frac{X}{\frac{1}{4} \pi d^2} ; X = \frac{\text{Vol.tiap lapisan}}{0,25}$$

Keterangan:

X = Debit aliran (cm³/jam)

d = Diameter ring (cm)

2.4.2 Sifat kimia tanah

1. Bahan Organik Tanah

Bahan organik tanah memainkan peran penting dalam kesuburan dan produktivitas tanah. Penentuan bahan organik tanah dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\%C = \frac{(B - T) \times N \times 3 \times 1,33}{\text{Berat Sampel Tanah}} \times 100\%$$

Keterangan:

B = blanko (larutan tanpa sampel)

T = titrasi (sampel + larutan)

N = normalitas (penitar 0,2)

3 = Berat equivalen

1,33 = Faktor koreksi

2.4.3 Inventarisasi pohon

1. Tinggi Pohon

Pengukuran tinggi pohon dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Clinometer*. Menghitung tinggi total dengan menggunakan rumus:

$$T_{\text{tot}} = \tan \alpha \times j_p + t_m$$

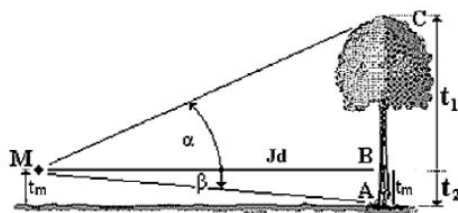
Keterangan:

T_{tot} = Tinggi Total (m)

α = Sudut tinggi pohon menggunakan *abney level* (°)

j_p = Jara pengamat ke pohon (m)

t_m = Tinggi mata pengamat (10m)



Gambar 3. Ilustrasi pengukuran tinggi pohon

2. Volume Pohon

Volume pohon dihitung dengan rumus:

$$V_{\text{tot}} = \text{LBDS} \times T_{\text{tot}} \times F$$

Keterangan:

V = Volume Pohon

LBDS = Luas Bidang Dasar

T_{tot} = Tinggi Total

F = Faktor koreksi (0,7 hutan alam dan 0,8 hutan tanaman)

3. Diameter pohon

Pengukuran diameter pohon dilakukan pada ketinggian 1,3 meter dari permukaan tanah (setinggi dada) menggunakan pita ukur atau penggaris diameter. Diameter pohon ditentukan dengan terlebih dahulu mengukur keliling batang, kemudian dikonversi menjadi diameter menggunakan rumus:

$$\text{Diameter} = k/\pi$$

Keterangan:

K = Keliling

π = 3,14

4. LBDS (Luas Bidang Dasar)

Luas bidang dasar pohon merupakan ukuran dari penampang melintang batang, yang memiliki kaitan erat dengan pertumbuhan diameter pohon. Perhitungan luas bidang dasar pohon dapat dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{LBDS} = \frac{1}{4} \pi d^2$$

Keterangan:

LBDS = Luas bidang dasar

π = 3,14

d = Diameter

5. Kerapatan Tegakan

Kerapatan tegakan adalah ukuran yang menggambarkan jumlah pohon atau volume pohon per satuan area dalam suatu hutan atau lahan. Untuk mengetahui kerapatan tegakan dapat dilakukan dengan rumus berikut:

$$\text{Kerapatan Tegakan} = \frac{\text{Jumlah pohon}}{\text{Luas area (Ha)}}$$