BAB II
KAJIAN TEORI DAN KERANGKA PEMIKIRAN

A. Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan tanaman adalah proses di mana ukuran, volume, dan biomassa tanaman bertambah, dan ini bersifat tidak dapat diubah karena melibatkan pembelahan dan pembesaran sel. Proses ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik internal maupun eksternal, yang saling berinteraksi. Faktor internal mencakup aspek genetik dan fisiologis tanaman, termasuk pengaturan hormon pertumbuhan seperti auksin, giberelin, dan sitokinin yang berperan dalam pemanjangan sel dan diferensiasi jaringan (Liu, 2022). Kemampuan genetik suatu tanaman sangat mempengaruhi kapasitas maksimumnya untuk tumbuh dan beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang ada.

Faktor eksternal meliputi intensitas cahaya, suhu, kelembapan, air, dan kondisi tanah yang berfungsi sebagai media tumbuh. Tanah sangat penting karena menyediakan unsur hara dan air, serta mendukung sistem perakaran. Variasi dalam kondisi tanah ternyata memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tinggi tanaman, luas daun, dan biomassa akar pada fase awal pertumbuhan (Kaur *et al.*, 2023). Dalam proses pertumbuhan bibit pohon, fase awal sangat rentan terhadap kondisi lingkungan, terutama kualitas tanah. Ketidakseimbangan unsur hara atau kondisi fisik tanah yang buruk bisa menghambat perkembangan sistem akar, yang pada gilirannya berdampak langsung pada pertumbuhan bagian atas tanaman.

B. Tanah Sebagai Komponen Utama

Tanah merupakan salah satu komponen lahan yang mempunyai peran penting terhadap pertumbuhan tanaman dan produksi tanaman, karena tanah selain berfungsi sebagai media tumbuh tanaman, menahan dan menyediakan air bagi tanaman juga berperan dalam menyediakan unsur hara yang diperlukan tanaman untuk mendukung pertumbuhan tanaman (Biochar *et al*., 2022).

Tanah yang merupakan bagian dari lapisan kerak bumi berupa mineral serta bahan organik. Tanah berperan secara vital bagi kehidupan di bumi, tanah menopang tumbuhan dengan cara menyediakan unsur hara dan air, serta sebagai tempat tegaknya tumbuhan (Mursyid *et al*., 2023). Sebagai sumber daya alam yang esensial, tanah memainkan peran penting sebagai habitat bagi tanaman dan penyimpan unsur hara. Maka dari itu, penting untuk memahami unsur-unsur serta proses pembentukan tanah agar kita bisa mengelola lahan secara berkelanjutan.

Dalam pandangan ilmiah, tanah adalah sistem alami yang terdiri dari batuan induk, partikel mineral seperti pasir, debu, dan liat, serta bahan organik seperti humus. Tanah juga mengandung air, udara, dan berbagai organisme yang saling berinteraksi, membentuk suatu sistem yang dinamis (Food and Agriculture Organization, 2022). Struktur tanah merujuk pada cara partikel-partikel tersusun untuk membentuk agregat. Stabilitas agregat ini sangat penting karena mempengaruhi porositas tanah, kemampuan tanah untuk menyimpan air, dan juga mendukung pertumbuhan akar (No *et al*., 2018).

Batuan induk berfungsi sebagai sumber mineral utama bagi tanah yang telah mengalami pelapukan selama periode yang panjang. Mineral-mineral seperti pasir, debu, dan liat sangat menentukan tekstur tanah, yang berpengaruh pada kemampuan tanah dalam menahan air dan ketersediaan unsur hara. Di samping itu, bahan organik atau humus berperan dalam meningkatkan kapasitas tukar kation serta memperbaiki struktur tanah agar lebih gembur, sehingga akar tanaman dapat tumbuh dengan lebih baik (Ariani, 2025).

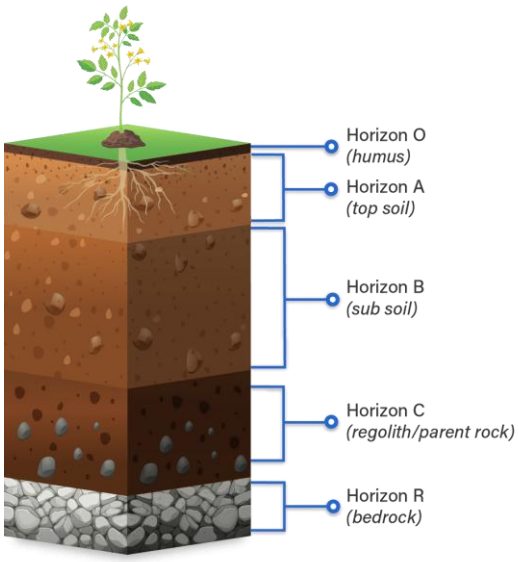
C. Sifat Fisik dan Kimia Tanah serta Distribusi Nutrisi pada Setiap Lapisan Tanah

Sifat fisik dan kimia tanah adalah dua faktor utama yang saling berinteraksi untuk menentukan kesuburan tanah dan keberhasilan pertumbuhan bibit tanaman. Sifat fisik mencakup tekstur, struktur, porositas, kepadatan isi, dan kedalaman efektif, sedangkan sifat kimia meliputi pH, kapasitas tukar kation, kandungan karbon organik, serta ketersediaan unsur hara makro dan mikro.

Keseimbangan antara kedua sifat ini sangat berpengaruh pada kemampuan akar untuk menyerap air dan nutrisi. Tanah yang memiliki struktur remah dan porositas yang baik, tetapi dengan pH yang ekstrem, tetap bisa menghalangi ketersediaan unsur hara bagi tanaman (Isir *et al.*, 2023).

Tekstur tanah yang terdiri dari fraksi pasir, debu, dan liat memiliki dampak yang signifikan, tidak hanya pada kemampuan tanah untuk menahan air, tetapi juga pada kapasitas tukar kationnya. Tanah yang bertekstur liat biasanya memiliki KTK yang lebih tinggi, karena luas permukaan partikel yang besar memungkinkan penyerapan kation seperti K^{+}, Ca^{2+}, dan Mg^{2+}. Di sisi lain, tanah berpasir cenderung memiliki KTK yang rendah, sehingga lebih mudah kehilangan unsur hara melalui proses pencucian. Selain itu, reaksi tanah atau pH juga memengaruhi kelarutan unsur hara; pada pH yang terlalu asam, unsur seperti Al dan Fe bisa menjadi toksik, sementara pada pH yang terlalu basa, fosfor menjadi kurang tersedia bagi tanaman (Faery *et al*., 2024).

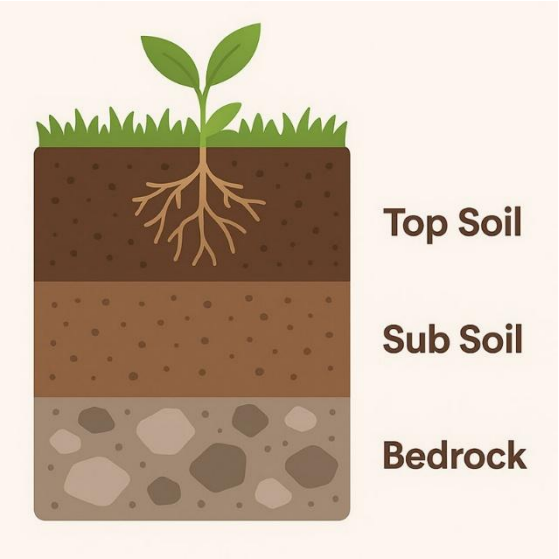
Secara vertikal, sifat fisik dan kimia tanah menunjukkan variasi yang berbeda di setiap horizon. Horizon O, yang merupakan lapisan organik paling atas, memiliki kandungan bahan organik dan karbon organik tertinggi jika dibandingkan dengan lapisan di bawahnya. Tingginya kandungan C-organik ini meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah, yang sangat penting dalam proses mineralisasi nitrogen dan fosfor. Proses ini menghasilkan bentuk unsur hara yang lebih mudah diserap oleh akar tanaman. Selain itu, bahan organik di Horizon O juga berperan dalam memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kapasitas tukar kation (Salam, 2020).



Gambar 2. 1 Lapisan Tanah

Sumber : https://l1nq.com/eP2YB

Horizon A yang juga disebut sebagai topsoil, merupakan lapisan yang paling vital bagi pertumbuhan bibit tanaman karena mengandung kombinasi optimal antara sifat fisik dan kimia tanah. Secara fisik, lapisan ini umumnya memiliki struktur agregat yang stabil dan porositas yang baik, yang mendukung perkembangan akar muda. Dalam hal kimia, Horizon A memiliki kandungan unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang lebih tinggi dibandingkan dengan lapisan di bawahnya. Kapasitas tukar kation pada lapisan ini juga relatif tinggi karena adanya humus, sehingga mampu mempertahankan unsur hara dalam bentuk yang tersedia bagi tanaman. Nilai pH pada lapisan topsoil biasanya lebih netral dibandingkan dengan lapisan bawah, sehingga meningkatkan efisiensi serapan unsur hara oleh akar (Sapina *et al*., 2023).



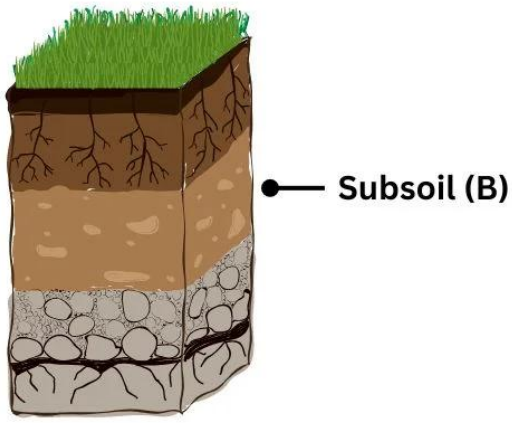
Gambar 2. 2 Lapisan Tanah Top Soil dan Sub Soil

Sumber : https://www.oasisteknik.co.id/edukasi-air-tanah-sumur/tanah-top-soil-adalah/

Pada tahap pertumbuhan bibit, sistem akar masih berada di kedalaman yang dangkal dan sebagian besar terletak pada lapisan tanah atas. Oleh karena itu, kualitas fisik seperti aerasi tanah dan kualitas kimia seperti ketersediaan nitrogen serta kandungan karbon organik pada Horizon O dan A sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tinggi tanaman dan perkembangan biomassa akar (Sukarman, 2021) Peningkatan kadar karbon organik dalam tanah secara signifikan mendorong pertumbuhan biomassa tanaman di lahan yang terdegradasi, yang menegaskan pentingnya kualitas lapisan permukaan tanah.

Horizon B yang juga dikenal sebagai subsoil, memiliki sifat fisik yang lebih padat dan kandungan bahan organik yang lebih rendah jika dibandingkan dengan Horizon A. Dari segi kimia, lapisan ini sering kali berfungsi sebagai zona akumulasi mineral tertentu akibat proses pencucian dari lapisan atas. Meskipun masih berperan sebagai penyimpan air dan beberapa unsur hara, kapasitas biologisnya cenderung lebih rendah. Apabila terjadi pemadatan pada

Horizon B, penetrasi akar dapat terhambat, yang pada gilirannya mengurangi akses tanaman terhadap cadangan air dan nutrisi di lapisan yang lebih dalam. Sementara itu, Horizon C, yang merupakan bahan induk, memiliki aktivitas biologis yang sangat minim dan ketersediaan unsur hara yang terbatas karena proses pelapukan belum sepenuhnya terjadi (Ahmada, 2021).



Gambar 2. 3 Lapisan Tanah Top Soil dan Sub Soil

Sumber : https://earthhow.com/soil-horizons/

Dapat disimpulkan bahwa sumber nutrisi utama untuk pertumbuhan bibit tanaman berada pada Horizon O dan Horizon A (topsoil). Kedua lapisan ini memiliki kandungan bahan organik yang tinggi, aktivitas mikroorganisme yang aktif, kapasitas tukar kation yang baik, serta kondisi fisik yang mendukung pertumbuhan akar. Ketebalan topsoil yang memadai dan struktur tanah yang gembur merupakan indikator penting dalam menilai kondisi tanah di area rehabilitasi.

D. Hubungan Kondisi Tanah dan Pertumbuhan Tanaman

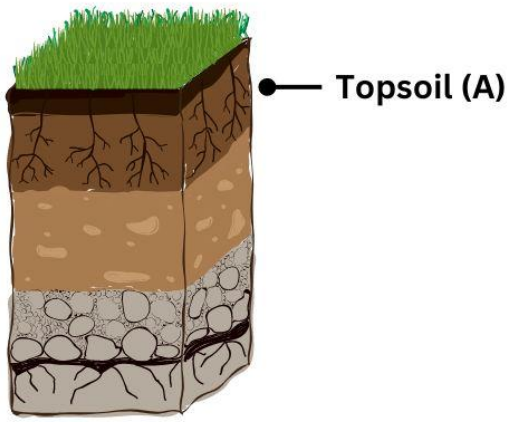
Kondisi tanah memiliki dampak langsung pada pertumbuhan tanaman melalui mekanisme ketersediaan ruang untuk pertumbuhan akar, pasokan air,

dan penyediaan unsur hara. Struktur tanah yang stabil dengan porositas yang seimbang memungkinkan akar untuk berkembang secara optimal serta meningkatkan difusi oksigen dan pergerakan air dalam tanah. Sebaliknya, kepadatan tanah yang tinggi dapat menghambat penetrasi akar dan mengurangi efisiensi penyerapan nutrisi, sehingga pertumbuhan vegetatif terhambat (C. S. Zebua et al., 2024).

Secara kimia, reaksi tanah (pH) dan ketersediaan unsur hara berperan penting dalam menentukan intensitas proses fisiologis tanaman. pH mempengaruhi kelarutan serta bentuk unsur hara, kondisi yang terlalu asam dapat meningkatkan toksisitas Al^{3+}, sementara kondisi yang terlalu basa akan mengurangi ketersediaan fosfor. Ketersediaan nitrogen, fosfor, dan kalium sangat berkaitan dengan pembentukan klorofil, perkembangan sistem akar, serta pengaturan tekanan osmotik tanaman (Sari *et al*., 2022).

Kapasitas tukar kation (KTK) dan kandungan bahan organik memperkuat hubungan ini karena mempengaruhi kemampuan tanah dalam menyimpan dan melepaskan unsur hara di zona perakaran. Tanah yang memiliki kandungan bahan organik tinggi cenderung menunjukkan KTK yang lebih besar serta aktivitas mikroorganisme yang lebih intensif, sehingga proses mineralisasi berlangsung lebih efektif dan unsur hara tersedia dalam bentuk yang dapat diserap oleh akar (Faery *et al*., 2024).

Kualitas topsoil atau lapisan atas tanah sangat penting untuk pertumbuhan awal tanaman. Lapisan ini mengandung lebih banyak karbon organik dan unsur hara dibandingkan dengan lapisan di bawahnya. Ketebalan dan kualitas topsoil berhubungan positif dengan peningkatan tinggi tanaman serta biomassa akar pada fase awal pertumbuhan pohon (Syahriadiman, 2020).



Gambar 2. 4 Lapisan Topsoil

Sumber : https://earthhow.com/soil-horizons/

Secara keseluruhan, kondisi tanah sangat berpengaruh terhadap kemampuan tanaman dalam menyerap air dan nutrisi dengan baik. Hal ini, memengaruhi pembentukan biomassa, tinggi tanaman, dan diameter batang. Jadi, variasi pertumbuhan bibit pohon di lokasi penelitian bisa dijelaskan oleh perbedaan kualitas fisik dan kimia tanah di setiap titik pengamatan.

E. Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Monde (2024) berjudul "Pengaruh Komposisi Media Tanam terhadap Sifat Fisika Tanah dan Pertumbuhan Bibit Gaharu (Aquilaria malaccensis)" mengungkapkan bahwa variasi dalam komposisi media tanam memiliki dampak yang signifikan terhadap sifat fisika tanah, seperti bobot isi, porositas, dan kapasitas air lapang. Semua ini, pada gilirannya, memengaruhi pertumbuhan bibit gaharu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi tanah top soil, sekam padi bakar, dan pupuk kandang dalam proporsi tertentu dapat meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat kering bibit gaharu. Penelitian ini menekankan pentingnya kualitas media tanam, terutama sifat fisik tanah, dalam mendukung pertumbuhan awal bibit tanaman (Monde *et al*., 2024)

Penelitian yang dilakukan oleh Aisyah Hutasuhut (2023) berjudul "Kualitas Tanah di Lahan Pertanian Organik: Studi Analisis Kimia dan Mikrobiologi Tanah". Dalam penelitian ini, mereka menganalisis kualitas tanah dari segi kimia dan biologi di lahan pertanian organik, termasuk pengukuran pH, kandungan bahan organik, dan aktivitas mikroba tanah. Hasilnya menunjukkan bahwa nilai pH, kadar bahan organik, dan aktivitas mikrobiologi tanah memiliki hubungan erat dengan ketersediaan unsur hara serta pertumbuhan tanaman. Ini menegaskan betapa pentingnya evaluasi sifat kimia tanah untuk mendukung produktivitas vegetasi (Hutasuhut, 2023).

Penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh (Riskawati, 2022) dengan judul Analisis Indeks Kualitas Fisik Tanah dan Hubungannya Terhadap Produktivitas. Dalam penelitian ini menjelaskan bahwa parameter fisik tanah di lokasi penelitian yang paling berpengaruh terhadap kualitas tanah yaitu tekstur, pori drainase cepat (aerasi), air tersedia, permeabilitas.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Cindy., 2023) yang berjudul Evaluasi Kesehatan Tanah Pada Perkebunan Kopi Robusta Yang Dikembangkan Secara Agroforestri (Studi kasus: Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung). Menunjukan bahwa Perbedaan jenis tanah juga berpengaruh terhadap sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Perkebunan kopi pada jenis tanah Andosol memiliki parameter Kesehatan tanah yaitu sifat fisik dan kimia tanah yang lebih baik dibandingkan perkebunan kopi pada tanah Latosol.

Penelitian lanjutan oleh tim yang sama dipublikasikan pada jurnal *iForest Biogeosciences and Forestry* (2023) berjudul *"Effects on Soil Physicochemical Properties and Seedling Growth in Mixed High Forests Caused by Cable Skidder Traffic"*, yang meneliti pengaruh intensitas lalu lintas alat sarad terhadap sifat fisikokimia tanah dan pertumbuhan bibit alder (*Alnus subcordata*) dan maple (*Acer velutinum*) di hutan campuran Hyrcania, Iran Utara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi intensitas lalu lintas dan kelas kemiringan lahan memberikan pengaruh signifikan terhadap sifat

fisikokimia tanah, yang secara langsung memengaruhi keberhasilan pertumbuhan bibit pohon pada tahap regenerasi alami (Naghdi Ramin, 2022).

Penelitian yang dilakukan oleh Franklin berjudul "Soil Inoculation Improves Tree Seedling Growth in Substrates Containing Bitumen, but the Effect Varies by Species and Inoculum Source" yang dipublikasikan pada jurnal Journal of Applied Ecology, mengevaluasi pengaruh inokulasi mikroba tanah terhadap pertumbuhan bibit pohon pada substrat tanah bekas tambang yang mengandung residu bitumen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa inokulasi tanah dapat meningkatkan pertumbuhan bibit pada beberapa jenis substrat, namun efektivitasnya sangat bergantung pada jenis spesies pohon serta sumber inokulum yang digunakan. Penelitian ini memperkuat pemahaman bahwa keberhasilan rehabilitasi lahan terdegradasi tidak hanya ditentukan oleh sifat fisik dan kimia tanah, tetapi juga oleh komponen biologis tanah yang mendukung pertumbuhan bibit pohon (Franklin *et al*., 2025).

Penelitian yang dilakukan oleh tim peneliti (dipublikasikan dalam jurnal Biology, MDPI, 2024) berjudul "Significant Differences in Microbial Soil Properties, Stoichiometry and Tree Growth Occurred within 15 Years after Afforestation on Different Parent Material", mengkaji pengaruh sifat fisikokimia, mikrobiologi, dan stoikiometri tanah yang berasal dari batuan induk berbeda terhadap parameter pertumbuhan bibit pohon pasca-reboisasi. Penelitian ini menemukan bahwa karakteristik tanah yang diwariskan dari jenis batuan induk memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan vegetasi dalam kurun waktu 15 tahun setelah penanaman, sehingga menegaskan pentingnya evaluasi kualitas tanah sebagai dasar keberhasilan program aforestasi jangka panjang (Babur, 2024).

F. Kerangka Pemikiran

Kegiatan penghijauan di kawasan Taman Kehati Nagrog merupakan bagian dari usaha pemulihan dan perbaikan kualitas lingkungan. Keberhasilan dari program penanaman ini sangat bergantung pada seberapa baik bibit pohon yang ditanam dapat tumbuh. Pada tahap awal, perkembangan bibit pohon

sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, terutama keadaan tanah yang menjadi media pertumbuhan utama.

Tanah memiliki fungsi penting sebagai penyedia nutrisi, air, area untuk akar, serta sebagai dukungan mekanis untuk tanaman. Keadaan biofisik tanah, termasuk karakteristik fisik dan kimia tanah seperti pH, Kelembapan, Tekstur, Jumlah bahan organik, dan kepadatan, memiliki dampak yang signifikan pada ketersediaan nutrisi dan air bagi tanaman. Di samping itu, faktor lingkungan seperti suhu dan intensitas cahaya juga berperan dalam mendukung proses fisiologis tanaman.

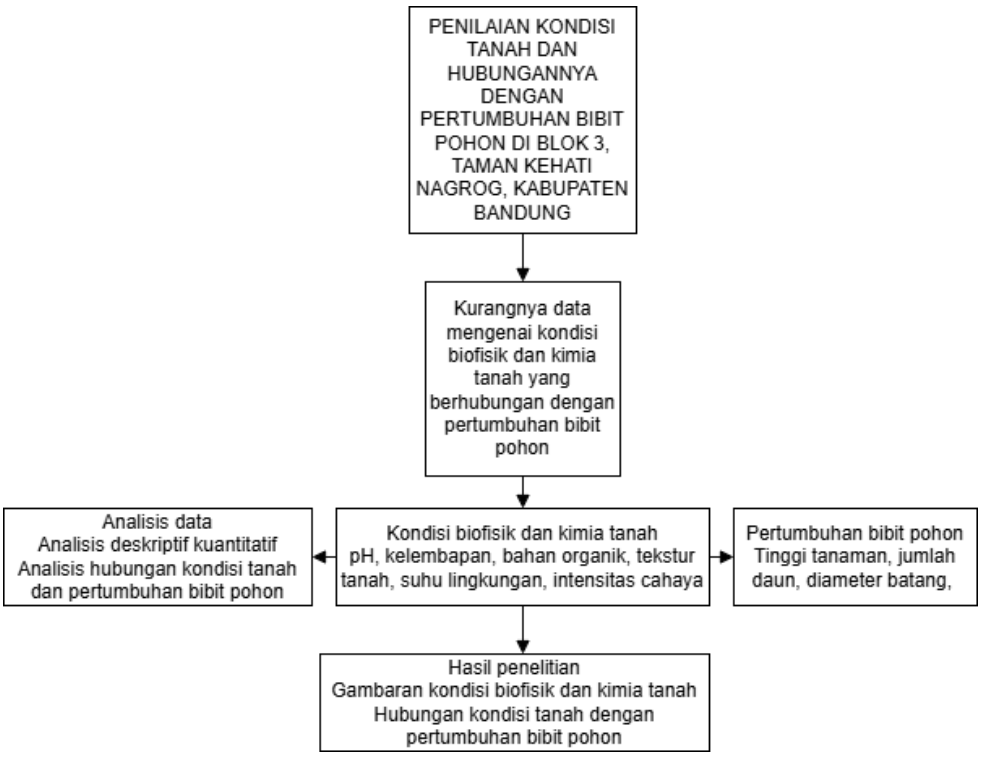
Saat ini belum ada data kuantitatif tentang gambaran mengenai kondisi biofisik tanah dan keterkaitannya dengan pertumbuhan bibit pohon dilokasi penelitian. Ketiadaan informasi ilmiah ini dapat menjadi penghalang dalam menilai efektivitas program penghijauan serta perencanaan pengelolaan lahan yang lebih sesuai. Dengan demikian, evaluasi kondisi tanah yang terukur sangat diperlukan untuk memahami sejauh mana kesesuaian lahan sebagai tempat tumbuh.

Dalam penelitian ini, kondisi biofisik tanah dianggap sebagai variabel independen yang mencakup berbagai parameter seperti pH tanah, kelembapan tanah, tekstur tanah, kandungan bahan organik, dan intensitas tanah. Parameter ini berperan dalam menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan bibit pohon dengan menyediakan air dan unsur hara, serta menentukan kesesuaian media tanam. Selain itu, pertumbuhan bibit pohon dinyatakan sebagai variabel dependen yang dievaluasi melalui indikator seperti tinggi tanaman, diameter batang, serta jumlah daun yang dimiliki.

Secara teori, semakin baik keadaan biofisik tanah (seperti pH yang hampir netral, tinggi kandungan bahan organik, struktur tanah yang gembur, dan kelembapan yang tepat), maka ketersediaan air dan nutrisi untuk tanaman akan semakin meningkat. Kondisi ini akan memfasilitasi proses fotosintesis, pembelahan sel, dan pembentukan jaringan tanaman, yang pada gilirannya

meningkatkan pertumbuhan bibit secara optimal. Di sisi lain, keadaan tanah yang kurang mendukung dapat mengakibatkan hambatan dalam pertumbuhan.

Dengan demikian, penelitian ini dimulai dari asumsi bahwa ada keterkaitan antara karakteristik fisik tanah dan perkembangan bibit pohon di Blok 3 Taman Kehati Nagrog. Penelitian dilakukan dengan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk memaparkan keadaan tanah serta secara analitis untuk memahami hubungan antara faktor kondisi tanah dan perkembangan bibit pohon. Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan ilmiah dalam menilai dan mengelola program reboisasi yang lebih efisien dan berkelanjutan.



Gambar 2. 5 Kerangka Pemikiran Penilaian Kondisi Tanah dan Hubungannya dengan Pertumbuhan Bibit Pohon di Blok 3, Taman Kehati Nagrog, Kabupaten Bandung