

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Penutup Tanah (*Mucuna bracteata*)

Dalam sistem pertanian dan perkebunan berkelanjutan, tanaman penutup tanah atau *cover crop* seperti *Mucuna bracteata* memegang peranan yang cukup penting. Berbeda dengan tanaman budidaya pada umumnya, jenis tanaman ini tidak dibudidayakan untuk diambil hasil panennya, melainkan difungsikan sebagai pelindung permukaan tanah dari berbagai bentuk kerusakan, baik secara fisik, kimia, maupun biologis. Manfaat yang diberikan antara lain menekan laju erosi, memperbaiki daya serap air ke dalam tanah, menjaga kelembapan, menghambat pertumbuhan gulma, sekaligus menambah kandungan bahan organik dalam tanah (Basche & DeLonge, 2021).

Adaptasi *Mucuna bracteata* terhadap lingkungan tumbuh tergolong luas, karena tanaman ini dapat dijumpai baik di wilayah dataran rendah maupun dataran tinggi. Meski begitu, proses pembungaan atau fase generatifnya baru dapat berlangsung apabila ditanam pada ketinggian minimal 1000 meter di atas permukaan laut. Dari segi jenis tanah, *Mucuna bracteata* tergolong toleran dan mampu tumbuh hampir di semua jenis tanah, meskipun hasil pertumbuhan yang optimal lebih sering ditemukan pada tanah dengan kandungan bahan organik tinggi, tekstur gembur, serta drainase yang baik. Tingkat keasaman tanah yang paling sesuai berada pada kisaran pH 4,5 hingga 6,5. Menariknya, tanaman ini juga dapat berkembang di tanah berpasir yang bersifat asam, walau

kemampuannya bertahan di lahan yang tergenang air relatif rendah (Nusyiran, 2014).

Tanaman penutup tanah, khususnya *Mucuna bracteata*, menyimpan potensi besar untuk mengatasi berbagai persoalan degradasi lahan yang sudah dibahas sebelumnya. Di samping berfungsi sebagai pelindung fisik permukaan tanah, tanaman ini turut berkontribusi menambah kandungan bahan organik lewat biomassa yang dihasilkannya, sekaligus memperbaiki struktur tanah melalui sistem perakarannya. Tak hanya itu, *Mucuna bracteata* juga mampu melakukan fiksasi nitrogen secara biologis, sehingga ketersediaan nitrogen dalam tanah bisa meningkat dan ketergantungan terhadap pupuk nitrogen sintetis pun berkurang. Meski begitu, seberapa efektif tanaman penutup tanah ini bekerja tetap bergantung pada beberapa faktor, seperti jenis tanaman yang dipakai, kondisi tanah setempat, hingga teknik pengelolaan yang diterapkan (SARE, 2022).

2.2.Karakteristik Tanaman *Mucuna bracteata*

Tanaman *Mucuna bracteata* merupakan salah satu leguminosa penutup tanah yang memiliki karakteristik yang membedakannya dari jenis tanaman penutup tanah lainnya. Karakteristik ini meliputi laju pertumbuhan yang cepat, kemampuan menekan pertumbuhan gulma, memperbaiki kesuburan tanah serta membentuk biomassa tinggi. Karakteristik seperti ini menjadikan *Mucuna bracteata* sebagai tanaman penutup tanah pada areal perkebunan kelapa sawit, khususnya pada fase tanaman belum menghasilkan (TBM) (Nuraini dkk., 2021).

2.2.1. Laju pertumbuhan yang Cepat

Salah satu keunggulan *Mucuna bracteata* terletak pada kemampuannya memanjangkan sulur secara aktif sehingga dalam waktu yang tidak terlalu lama, tajuknya sudah terbentuk rapat dan menutup tanah. Bahkan pada kondisi lingkungan yang mendukung, tanaman ini bisa menutupi hingga 90% permukaan tanah dalam rentang waktu 18 sampai 24 bulan setelah ditanam. Kecepatan pertumbuhan seperti ini nggak lepas dari peran ketersediaan hara di dalam tanah, khususnya nitrogen, yang memang dibutuhkan untuk membentuk jaringan vegetatif seperti batang dan daun. Karena itu, pemberian pupuk urea sering dilakukan untuk mempercepat pertumbuhan, terutama di fase-fase awal sebelum kemampuan fiksasi nitrogen tanamannya sendiri berjalan optimal (Rahmawati dkk., 2022).

Dari sisi iklim, tanaman ini cenderung tumbuh baik pada suhu rata-rata tahunan 19-27°C dan cukup fleksibel menghadapi variasi curah hujan, mulai dari 400 hingga 3000 mm per tahun. Namun begitu, karena akarnya tergolong dangkal, *Mucuna bracteata* jadi kurang tahan bila menghadapi kekeringan panjang atau sebaliknya, genangan air yang berlangsung lama. Soal media tanam, tanaman ini masih bisa tumbuh di tanah berpasir, ultisol, maupun tanah liat, asalkan drainasenya baik dan pH tanahnya berada di kisaran 5,0-6,5 (Nusyiran, 2014).

2.2.2. Kemampuan Menekan Pertumbuhan Gulma

Ciri khas lain yang dimiliki *Mucuna bracteata* adalah kemampuannya menekan pertumbuhan gulma, berkat kanopi rapat yang terbentuk di permukaan

tanah. Kanopi yang rapat ini membuat penetrasi cahaya matahari ke permukaan tanah berkurang, sehingga pertumbuhan gulma pun ikut terhambat. Di samping itu, tumpukan biomassa dari daun dan batang yang gugur juga berperan sebagai mulsa alami, yang turut menekan perkecambahan biji-biji gulma. Manfaat ini cukup signifikan, terutama dalam mengurangi ketergantungan pada herbisida sekaligus menekan biaya pemeliharaan di perkebunan kelapa sawit (SARE, 2022).

2.2.3. Produksi Biomassa yang Tinggi

Salah satu karakteristik utama *Mucuna bracteata* adalah kemampuannya menghasilkan biomassa dalam jumlah besar. Biomassa tanaman berupa daun, batang, dan sulur yang menutupi permukaan tanah berfungsi sebagai sumber bahan organik yang dapat meningkatkan kesuburan tanah setelah mengalami dekomposisi. Produksi biomassa yang tinggi berkontribusi dalam meningkatkan kandungan bahan organik tanah, memperbaiki struktur tanah, serta meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah. Selain itu, biomassa tanaman juga membantu menjaga kelembapan tanah dan mengurangi kehilangan air melalui evaporasi (Siregar dkk., 2020).

2.3. Morfologi Tanaman *Mucuna bracteata*

Taksonomi dari tanaman *Mucuna bracteata* adalah sebagai berikut:

- Kingdom : Plantae
- Divisi : Spermatophyta/Angiosperms
- Class : Eudicots
- Sub Class : Rosids
- Ordo : Fabales

- Famili : Fabaceae
- Sub famili : Faboideae
- Genus : *Mucuna*
- Spesies : *Mucuna bracteata* DC.

Kedudukan taksonomi ini memiliki arti penting secara agronomis. Sebagai anggota famili *Fabaceae* dan sub famili *Faboideae*, *Mucuna bracteata* dapat digolongkan sebagai leguminosa sejati yang mampu menjalin simbiosis dengan bakteri *Rhizobium* melalui bintil akarnya, sehingga proses fiksasi nitrogen dari udara dapat berlangsung secara biologis. Kemampuan inilah yang menjadi pembeda utama antara *Mucuna bracteata* dengan tanaman penutup tanah dari kelompok non-legum, sekaligus menjadi pertimbangan utama di balik pemanfaatannya secara luas sebagai tanaman penutup tanah di perkebunan kelapa sawit.

Sebagai tanaman leguminosa penutup tanah, *Mucuna bracteata* punya ciri morfologi yang cukup khas, yaitu pertumbuhannya yang menjalar dan mampu membentuk kanopi yang rapat. Secara umum, morfologinya terdiri dari akar, batang, daun, bunga, serta biji, yang masing-masing bagian punya peran tersendiri dalam mendukung pertumbuhan dan proses adaptasi tanaman ini ketika ditanam di lingkungan perkebunan kelapa sawit. (Nurhadi dkk., 2021).

2.3.1. Akar

Meski sistem perakarannya tergolong dangkal, akar *Mucuna bracteata* tetap berkontribusi dalam memperbaiki struktur tanah, baik lewat aktivitas biologis maupun mekanisnya. Seperti tanaman leguminosa pada umumnya, di

bagian akar *Mucuna bracteata* terbentuk bintil akar (nodul) hasil simbiosis dengan bakteri *Rhizobium*. Bintil inilah yang menjalankan fungsi fiksasi nitrogen, yakni mengubah nitrogen dari udara menjadi bentuk yang bisa diserap oleh tanaman (Nurhadi dkk., 2021).

2.3.2. Batang



Gambar 1. Batang *Mucuna bracteata*

Sumber: Dokumentasi pribadi, 2026

Batang *Mucuna bracteata* bersifat menjalar (*creeping*) dan memanjang. Batang tanaman ini berbentuk silindris, berwarna hijau hingga cokelat muda, serta memiliki ruas yang jelas. Pada kondisi optimal, batang dapat tumbuh hingga beberapa meter dan membentuk sulur yang merambat di permukaan tanah.

Batang tanaman *Mucuna bracteata* memiliki jaringan yang cukup kuat namun tetap fleksibel, sehingga memungkinkan tanaman untuk menutupi permukaan tanah secara merata. Diameter batang merupakan salah satu indikator pertumbuhan vegetatif yang mencerminkan kekuatan dan ketahanan tanaman terhadap tekanan lingkungan. Semakin besar diameter batang, maka kemampuan tanaman dalam menopang daun dan sulur semakin baik (Widianto dkk, 2021).

2.3.3. Daun



Gambar 2. Daun *Mucuna bracteata*

Sumber: iStock, 2021

Mucuna bracteata memiliki bentuk daun berbentuk oval hingga bulat dengan ujung meruncing dan tepi daun rata. Permukaan daun berwarna hijau tua dan memiliki tekstur yang relatif tebal serta permukaan yang halus. Dalam satu tangkai daun *Mucuna bracteata*, memiliki tiga anak daun atau disebut daun majemuk trifoliolate. Daun tanaman ini memiliki ukuran yang cukup besar sehingga mampu membentuk kanopi yang rapat dan efektif dalam menekan pertumbuhan gulma. Jumlah daun juga menjadi salah satu parameter penting dalam pengamatan pertumbuhan tanaman. Semakin banyak jumlah daun, maka semakin tinggi kemampuan tanaman menghasilkan energi melalui fotosintesis. (Hawkesford dkk.,2021).

2.3.4. Bunga

Mucuna bracteata memiliki bunga berwarna ungu tua bentuk khas seperti bunga tanaman leguminosa lainnya. Namun, pembungaan tanaman ini relatif

jarang terjadi pada kondisi dataran rendah dan umumnya terjadi pada ketinggian tertentu yang mendukung perkembangan generatif tanaman.

Proses pembungaan merupakan tahap penting dalam siklus hidup tanaman karena berkaitan dengan pembentukan biji sebagai alat perkembangbiakan generatif. Akan tetapi, pada penggunaan *Mucuna bracteata* sebagai tanaman penutup tanah di perkebunan kelapa sawit, fase vegetatif lebih diutamakan dibandingkan fase generatif (Nusyiran, 2014).

2.3.5. Biji



Gambar 3. Biji *Mucuna bracteata*

Sumber: Plantamor, 2026

Biji *Mucuna bracteata* memiliki cadangan makanan yang cukup besar sehingga mendukung pertumbuhan awal tanaman setelah perkecambahan. Perkecambahan biji *Mucuna bracteata* umumnya berlangsung dalam waktu beberapa hari hingga satu minggu setelah tanam, tergantung pada kondisi lingkungan seperti kelembapan tanah, suhu, dan ketersediaan air. Biji berperan penting dalam perbanyakan tanaman serta menentukan keberhasilan pertumbuhan awal tanaman (Nusyiran, 2014).

2.4. Habitat dan Kondisi Tanah untuk Penanaman *Mucuna bracteata*

Mucuna bracteata merupakan salah satu jenis tanaman penutup tanah yang banyak digunakan pada perkebunan kelapa sawit karena memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap berbagai kondisi lingkungan. Tanaman ini tumbuh optimal pada daerah beriklim tropis dengan curah hujan yang cukup serta kondisi tanah yang mendukung pertumbuhan vegetatif. *Mucuna bracteata* dapat tumbuh pada daerah dengan suhu udara berkisar antara 25-32°C dan curah hujan tahunan sekitar 1.500-3.000 mm. Tanaman ini membutuhkan intensitas cahaya matahari yang cukup dalam mendukung proses fotosintesis. Oleh karena itu, *Mucuna bracteata* cocok digunakan sebagai tanaman penutup tanah pada fase awal pertumbuhan kelapa sawit (Siregar dkk., 2020).

2.4.1. Jenis Tanah

Mucuna bracteata dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah yang memiliki struktur baik dan drainase yang lancar. Jenis tanah yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman ini ialah tanah ultisol, latosol dan tanah bertekstur lempung hingga lempung berpasir. Tanah ultisol merupakan jenis tanah yang banyak ditemukan di areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Tanah ini memiliki tingkat kesuburan relatif rendah, namun masih dapat mendukung pertumbuhan *Mucuna bracteata* dengan pengelolaan yang baik, terutama melalui pemberian pupuk yang mengandung unsur hara penting seperti nitrogen, fosfor dan kalium (Fauzi dkk., 2021).

2.4.2. Tingkat Keasaman Tanah (pH)

Tingkat keasaman tanah juga merupakan salah satu faktor penting dalam pertumbuhan *Mucuna bracteata*. Tanaman ini mampu tumbuh pada kisaran pH tanah 4,5-6,5, namun pertumbuhan optimal biasanya terjadi pada pH tanah sekitar 5,0-6,0. Pada kondisi tanah yang terlalu asam, ketersediaan unsur hara menjadi terbatas sehingga dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, pada tingkat keasaman tinggi, diperlukan pengapuran untuk meningkatkan pH tanah sehingga mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih baik (Siregar dkk., 2021).

Selain itu, kondisi pH tanah yang sesuai juga mendukung aktivitas bakteri penambat nitrogen (*Rhizobium*) yang berperan dalam pembentukan bintil akar pada tanaman *Mucuna bracteata*. Aktivitas bakteri ini sangat penting dalam menyediakan nitrogen secara alami bagi tanaman.

2.4.3. Kondisi Drainase dan Kelembapan Tanah

Mucuna bracteata membutuhkan kondisi tanah dengan sistem drainase yang baik agar pertumbuhan akar dapat berlangsung secara optimal. Tanaman ini tidak tahan terhadap genangan air yang berkepanjangan karena dapat menyebabkan pembusukan akar serta menghambat penyerapan unsur hara (Kumar dkk., 2022).

Kelembapan tanah yang cukup diperlukan untuk mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman, terutama pada fase awal pertumbuhan. Tanah yang terlalu kering dapat menyebabkan pertumbuhan sulur menjadi lambat serta jumlah daun yang berkurang. Sebaliknya, tanah yang basah atau tergenang dapat menghambat

perkembangan akar dan meningkatkan risiko serangan penyakit (Putri dkk., 2023).

2.5.Pertumbuhan Tanaman dan Nutrisi Tanaman

Secara sederhana, pertumbuhan tanaman bisa dipahami sebagai bertambahnya ukuran dan bobot tanaman yang sifatnya tidak bisa kembali ke kondisi semula (*irreversibel*), akibat adanya pembelahan dan pembesaran sel di dalamnya. Proses ini berlangsung terus-menerus, mulai dari tanaman berkecambah sampai akhirnya mencapai fase dewasa, dan sepanjang perjalanannya sangat dipengaruhi oleh faktor genetik bawaan tanaman itu sendiri maupun kondisi lingkungan tempatnya tumbuh (Taiz dkk., 2021).

Untuk mengukur sejauh mana tanaman tumbuh, biasanya digunakan beberapa indikator, seperti panjang sulur, jumlah daun, luas daun, diameter batang, hingga biomassa yang dihasilkan. Semua indikator ini pada dasarnya sangat bergantung pada ketersediaan nutrisi, dan di antara berbagai unsur hara yang ada, nitrogen (N) termasuk salah satu unsur makro yang paling esensial bagi tanaman (Marschner, 2022). Unsur hara sendiri terbagi menjadi dua kelompok besar, yakni makro dan mikro. Kelompok makro seperti nitrogen, fosfor, dan kalium dibutuhkan dalam jumlah relatif banyak, sementara unsur mikro meski dibutuhkan dalam jumlah kecil, tetap punya peran yang tidak bisa diabaikan dalam mendukung fungsi fisiologis tanaman. (Hawkesford dkk., 2021).

Ketika unsur hara tersedia cukup di dalam tanah, pertumbuhan tanaman pun jadi lebih terdukung, terutama di fase vegetatifnya. Sebaliknya, kalau ada

unsur hara tertentu yang kurang, tanaman bisa menunjukkan gejala defisiensi, misalnya daun yang menguning, sulur yang tumbuh lambat, atau ukuran daun yang lebih kecil dari biasanya. Di sisi lain, bila unsur hara tersedia dengan cukup dan seimbang, pertumbuhan tanaman pun berjalan lebih optimal (Kumar dkk., 2021).

2.6. Nitrogen (N) dan Pupuk Urea

2.6.1. Nitrogen (N)

Nitrogen (N) merupakan unsur hara yang memiliki peranan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Nitrogen berperan penting dalam sintesis protein, asam nukleat, dan klorofil, sehingga berpengaruh langsung terhadap fotosintesis dan pertumbuhan tanaman (Taiz & Zeiger, 2021). Nitrogen juga berperan dalam pembentukan protein, asam amino dan enzim yang diperlukan dalam proses metabolisme tanaman. Protein dan asam amino merupakan komponen utama dalam pembentukan jaringan tanaman (Widiastuti dkk., 2022). Tanaman legum seperti *Mucuna bracteata* memiliki kemampuan fiksasi nitrogen biologis melalui simbiosis dengan bakteri rhizobium, namun kebutuhan nitrogen tambahan melalui pupuk juga dapat meningkatkan pertumbuhan dan biomassa tanaman (Graham & Vance, 2020).

2.6.2. Pupuk Urea

Pupuk urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) menjadi sumber nitrogen sintetis yang paling banyak dipakai dalam dunia pertanian, terutama karena kandungan nitrogennya yang tinggi, mencapai 46% N, serta biaya produksinya yang relatif terjangkau

(FAO, 2020). Secara fisik, pupuk ini berbentuk butiran berwarna putih yang mudah larut dalam air, sehingga nitrogen di dalamnya cepat tersedia bagi tanaman.(Zhang dkk., 2021).

Begitu diaplikasikan ke tanah, urea akan melalui proses hidrolisis oleh enzim urease yang ada di dalam tanah. Melalui proses ini, urea diubah menjadi amonia (NH_3), yang kemudian bertransformasi lagi menjadi amonium (NH_4^+). Selanjutnya, amonium tersebut diubah menjadi nitrat (NO_3^-) lewat proses nitrifikasi yang dilakukan oleh mikroorganisme tanah (Widianto dkk., 2021).

2.7.Pengaruh Aplikasi Pupuk Urea terhadap Pertumbuhan Tanaman Legum

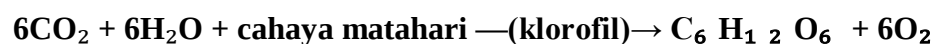
Ketersediaan unsur hara, terutama nitrogen, menjadi faktor yang sangat memengaruhi pertumbuhan *Mucuna bracteata*, mengingat perannya yang krusial dalam pembentukan jaringan vegetatif tanaman. Sebagai komponen utama penyusun klorofil, asam amino, dan protein, nitrogen berdampak langsung terhadap laju fotosintesis maupun akumulasi biomassa. Meski *Mucuna bracteata* tergolong tanaman leguminosa yang mampu melakukan fiksasi nitrogen secara biologis lewat simbiosis dengan bakteri *Rhizobium*, kemampuan tersebut ternyata tidak selalu cukup untuk memenuhi kebutuhan nitrogen tanaman terutama di fase awal pertumbuhan atau saat kondisi tanah kurang subur. (Siregar dkk., 2020).

Sejumlah penelitian terbaru memperlihatkan bahwa pemberian pupuk urea mampu mendorong pertumbuhan tanaman legum, termasuk *Mucuna bracteata*, yang tercermin dari peningkatan panjang sulur, jumlah daun, hingga

biomassa kering (Rahmawati dkk., 2022; Wijaya dkk., 2023). Namun begitu, pemberian dosis yang berlebihan justru berisiko menurunkan efektivitas fiksasi nitrogen biologis, karena tanaman cenderung lebih mengandalkan nitrogen dari pupuk sintetis, sehingga aktivitas *Rhizobium* pun ikut menurun. (Zhou dkk., 2020).

2.8.Fotosintesis: Reaksi Kimia dan Fungsinya bagi Tanaman

Fotosintesis dapat didefinisikan sebagai suatu rangkaian proses biokimia yang terjadi di dalam kloroplas, di mana tanaman memanfaatkan energi cahaya matahari untuk diubah menjadi energi kimia yang kemudian disimpan dalam bentuk glukosa. Berlangsungnya proses ini sangat bergantung pada keberadaan klorofil, yang berperan sebagai pigmen utama penangkap energi cahaya. Adapun reaksi fotosintesis secara sederhana dapat digambarkan melalui persamaan berikut:

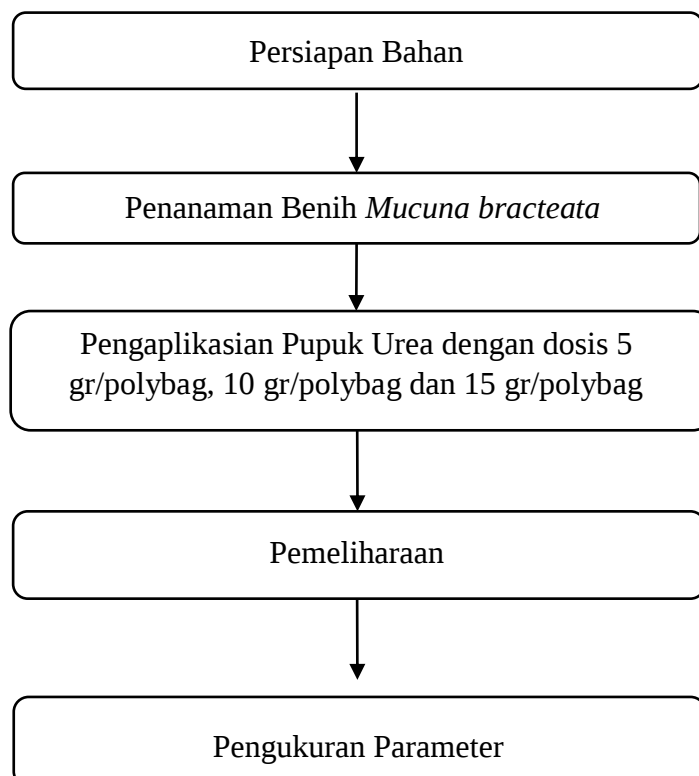


Persamaan reaksi tersebut memperlihatkan bahwa karbon dioksida dan air, dengan bantuan energi cahaya serta klorofil, dikonversi menjadi glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), sementara oksigen dilepaskan sebagai produk sampingan. Secara garis besar, proses fotosintesis terbagi ke dalam dua tahapan pokok. Tahap pertama adalah reaksi terang, yang berlangsung pada membran tilakoid dan menghasilkan ATP maupun NADPH, diiringi pelepasan oksigen akibat terurainya molekul air. Tahap kedua adalah reaksi gelap atau siklus *Calvin*, yang terjadi di stroma kloroplas, di mana ATP dan NADPH yang telah dihasilkan tersebut

dimanfaatkan untuk mengikat CO₂ dan mengubahnya menjadi glukosa. (Campbell & Reece, 2021; Taiz & Zeiger, 2021).

Bagi pertumbuhan *Mucuna bracteata*, keberadaan fotosintesis memegang peranan yang sangat vital, mengingat glukosa yang dihasilkan berfungsi sebagai sumber energi untuk respirasi sel sekaligus menjadi bahan dasar pembentukan selulosa dan jaringan baru pada sulur, batang, maupun daun. Adapun laju berlangsungnya fotosintesis dipengaruhi oleh sejumlah faktor, antara lain ketersediaan cahaya, karbon dioksida, air, serta unsur hara, khususnya nitrogen, mengingat nitrogen merupakan penyusun utama klorofil. Dengan demikian, terpenuhinya kebutuhan nitrogen melalui pemupukan turut berperan dalam menentukan efisiensi proses fotosintesis, yang pada gilirannya akan berdampak pada laju pertumbuhan serta akumulasi biomassa tanaman.

2.9. Kerangka Berpikir



Penelitian ini disusun berdasarkan serangkaian tahapan, mulai dari persiapan bahan, penanaman benih *Mucuna bracteata*, hingga pengaplikasian pupuk urea pada tiga taraf dosis berbeda, yaitu 5 gram, 10 gram, dan 15 gram per polybag. Penentuan taraf dosis tersebut mengacu pada penelitian sebelumnya mengenai respons pertumbuhan *Mucuna bracteata* terhadap variasi dosis pupuk (Irawan dkk., 2025; Nugroho & Wijaya, 2023), dengan mempertimbangkan pula bahwa pemberian dosis nitrogen yang terlalu tinggi berpotensi menekan efektivitas fiksasi nitrogen biologis oleh bakteri *Rhizobium* (Zhou dkk., 2020).

Tahapan ini kemudian dilanjutkan dengan kegiatan pemeliharaan serta pengukuran parameter pertumbuhan tanaman, sehingga secara keseluruhan penelitian ini dirancang untuk mengetahui secara ilmiah bagaimana perbedaan dosis urea memengaruhi pertumbuhan *Mucuna bracteata*. Dari rangkaian tahapan tersebut, diduga bahwa pemberian dosis urea yang berbeda-beda akan memunculkan respons pertumbuhan yang berbeda pula, sehingga pada akhirnya dapat diketahui dosis mana yang paling optimal dan efisien untuk diterapkan.

Dengan kerangka berpikir seperti ini, penelitian ini tidak sekadar mengejar data empiris tentang respons pertumbuhan tanaman terhadap variasi dosis urea, melainkan juga menjadi langkah awal yang mendukung penerapan prinsip pertanian berkelanjutan pertanian yang tetap memperhatikan aspek lingkungan sekaligus produktivitas.