

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit merupakan komoditas perkebunan strategis yang memiliki peranan sangat penting dalam sistem agribisnis nasional dan regional. Dalam konteks pembibitan, pemahaman mendalam mengenai aspek botani, fase pertumbuhan, serta kebutuhan hara tanaman kelapa sawit menjadi landasan utama dalam penyusunan penelitian, khususnya pada fase *pre-nursery*. Fase ini merupakan tahapan awal yang sangat menentukan kualitas bibit sebelum dipindahkan ke tahap pembesaran berikutnya (Anhar *et al.*, 2021).

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan tanaman perkebunan penghasil minyak nabati utama yang berasal dari Afrika Barat dan telah berkembang luas di wilayah tropis, termasuk Indonesia. Secara botani, kelapa sawit termasuk tanaman monokotil dengan sistem perakaran serabut yang kuat dan menyebar luas. Batangnya tidak bercabang, berbentuk silindris, dan ditutupi bekas pelepah daun yang gugur seiring pertumbuhan. Daun kelapa sawit tersusun majemuk menyirip dengan anak daun yang panjang dan kaku, berwarna hijau tua, serta berfungsi sebagai organ fotosintesis utama (Tobing *et al.*, 2018).

Dalam sistematika tumbuhan, kelapa sawit diklasifikasikan sebagai berikut: *Kingdom Plantae*, *Divisio Magnoliophyta*, *Classis Liliopsida*, *Ordo Arecales*, *Familia Arecaceae*, *Genus Elaeis*, dan *Spesies Elaeis guineensis* Jacq. Klasifikasi ini menunjukkan bahwa kelapa sawit masih satu famili dengan tanaman palma lainnya seperti kelapa dan aren. Secara agronomis, kelapa sawit memiliki daya adaptasi yang

tinggi terhadap kondisi iklim tropis dengan curah hujan dan suhu yang relatif stabil sepanjang tahun(Hidayat *et al.*, 2017).

2.2. Fase Pertumbuhan Kelapa Sawit (*Pre-nursery*)

Fase *pre-nursery* merupakan tahap awal pertumbuhan kelapa sawit yang dimulai sejak benih berkecambah hingga bibit berumur sekitar 3–4 bulan. Pada fase ini, bibit ditanam pada wadah kecil seperti polybag berukuran kecil atau tray semai dengan media tanam khusus. Tahap *pre-nursery* berfungsi sebagai fase adaptasi awal tanaman terhadap lingkungan tumbuh, sekaligus pembentukan sistem perakaran primer dan daun awal yang sehat(Rosnina *et al.*, 2019).

Pertumbuhan bibit pada fase *pre-nursery* sangat sensitif terhadap kondisi lingkungan, terutama media tanam, ketersediaan air, intensitas cahaya, serta ketersediaan unsur hara. Bibit yang mengalami cekaman pada fase ini cenderung menunjukkan pertumbuhan yang kurang optimal pada fase selanjutnya, bahkan hingga fase tanaman menghasilkan. Oleh karena itu, fase *pre-nursery* sering disebut sebagai fase penentu kualitas bibit kelapa sawit(Putra & Ekawati, 2023).

Secara fisiologis, pada fase *pre-nursery* terjadi pembelahan sel yang intensif, pembentukan jaringan akar dan daun, serta peningkatan aktivitas fotosintesis awal. Kondisi media tanam yang kurang subur atau miskin bahan organik dapat menghambat proses-proses tersebut. Dengan demikian, pengelolaan media tanam yang baik dan penambahan amelioran tanah menjadi sangat penting untuk menunjang pertumbuhan optimal bibit kelapa sawit pada fase *pre-nursery*. Fase *pre-nursery* merupakan tahap awal pertumbuhan kelapa sawit yang dimulai sejak benih berkecambah hingga bibit berumur sekitar 3–4 bulan. Pada fase ini, bibit ditanam pada wadah kecil seperti

polybag berukuran kecil atau tray semai dengan media tanam khusus. Tujuan utama fase *pre-nursery* adalah menghasilkan bibit yang sehat, seragam, dan memiliki sistem perakaran yang baik sebelum dipindahkan ke fase *main nursery*(Waruwu *et al.*, 2018).

Pertumbuhan bibit pada fase *pre-nursery* sangat sensitif terhadap kondisi lingkungan, terutama media tanam, ketersediaan air, cahaya, dan unsur hara. Kesalahan pengelolaan pada fase ini dapat menyebabkan pertumbuhan bibit terhambat, tidak seragam, bahkan meningkatkan risiko kematian bibit. Oleh karena itu, pemilihan media tanam yang subur dan pengelolaan nutrisi yang tepat menjadi faktor kunci keberhasilan fase *pre-nursery*(Effendy *et al.*, 2019).

2.3. Kebutuhan Media Tanam dan Hara pada Fase *Pre-nursery*

Media tanam pada fase *pre-nursery* harus memiliki sifat fisik yang baik, seperti struktur remah, porositas tinggi, dan kemampuan menahan air yang cukup. Selain itu, media tanam juga harus kaya bahan organik dan memiliki ketersediaan unsur hara makro dan mikro yang seimbang. Unsur hara utama yang dibutuhkan bibit kelapa sawit pada fase ini meliputi nitrogen (N) untuk pertumbuhan vegetatif, fosfor (P) untuk perkembangan akar, dan kalium (K) untuk ketahanan tanaman(Halim *et al.*, 2019).

Ketersediaan hara dalam media tanam sering kali menjadi kendala, terutama apabila menggunakan tanah mineral dengan kandungan bahan organik rendah. Oleh sebab itu, penambahan bahan amelioran seperti biochar dan abu TKKS diharapkan dapat meningkatkan kualitas media tanam, memperbaiki kesuburan tanah, serta meningkatkan efisiensi pemupukan pada fase *pre-nursery*(Bella & Padrikal, 2018).

Bahan organik berperan penting dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Penambahan bahan organik dapat meningkatkan kapasitas menahan air,

memperbaiki struktur tanah, serta meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK). Selain itu, bahan organik menjadi sumber energi bagi mikroorganisme tanah sehingga aktivitas biologis tanah meningkat(Kusumarini *et al.*, 2022).

Dalam media tanam *pre-nursery*, bahan organik sangat dibutuhkan untuk mendukung pertumbuhan awal bibit kelapa sawit. Namun, ketersediaan bahan organik di lapangan sering kali terbatas, sehingga diperlukan alternatif sumber bahan organik yang berasal dari limbah perkebunan, seperti tandan kosong kelapa sawit(Putri *et al.*, 2020).

2.4. Biochar TKKS

Biochar merupakan bahan padat berwarna hitam yang dihasilkan melalui proses pirolisis bahan organik pada suhu tinggi dengan ketersediaan oksigen yang sangat terbatas. Proses ini menyebabkan sebagian besar komponen volatil bahan organik hilang, sementara struktur karbonnya menjadi lebih stabil(Evizal & Prasmatiwati, 2023). Sifat stabil tersebut menjadikan biochar mampu bertahan dalam tanah dalam waktu yang relatif lama dibandingkan bahan organik segar. Biochar yang berasal dari tandan kosong kelapa sawit memiliki karakteristik fisik berupa pori-pori mikro dan makro yang cukup banyak(Widowati *et al.*, 2020). Struktur poros ini berperan penting dalam memperbaiki aerasi media tanam, sehingga akar tanaman dapat berkembang dengan baik. Kondisi aerasi yang optimal sangat dibutuhkan pada fase pembibitan kelapa sawit, khususnya pada tahap *pre-nursery*, karena sistem perakaran masih relatif sederhana dan sensitif terhadap kondisi lingkungan(Lubis *et al.*, 2019).

Selain memperbaiki aerasi, porositas biochar juga berkontribusi terhadap peningkatan kapasitas tanah dalam menahan air. Media tanam yang mengandung

biochar mampu menyimpan air lebih lama, sehingga ketersediaan air bagi tanaman menjadi lebih stabil. Hal ini sangat bermanfaat dalam pembibitan kelapa sawit, karena bibit membutuhkan kelembapan yang cukup dan merata untuk mendukung pertumbuhan vegetatif awal (Febriyanti *et al.*, 2019). Biochar juga memiliki kemampuan dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara di dalam tanah. Permukaan biochar yang luas dan bermuatan memungkinkan terjadinya penyerapan unsur hara, sehingga kehilangan hara akibat pencucian dapat diminimalkan. Dengan demikian, unsur hara yang tersedia dapat dimanfaatkan secara lebih efisien oleh tanaman selama proses pertumbuhan (Wahyuni *et al.*, 2023).

Selain berperan dalam aspek fisik dan kimia tanah, biochar juga berpengaruh terhadap aktivitas biologi tanah. Pori-pori biochar dapat menjadi habitat bagi mikroorganisme tanah, sehingga mendukung peningkatan aktivitas mikroba yang berperan dalam proses dekomposisi dan siklus hara. Keberadaan mikroorganisme yang aktif dapat memperbaiki kesuburan tanah secara berkelanjutan. Pemanfaatan biochar dari tandan kosong kelapa sawit juga memiliki nilai strategis dari sisi lingkungan dan pengelolaan limbah. Limbah TKKS yang melimpah di perkebunan kelapa sawit dapat diolah menjadi biochar yang bermanfaat bagi media tanam. Dengan demikian, penggunaan biochar tidak hanya mendukung pertumbuhan tanaman kelapa sawit pada fase *pre-nursery*, tetapi juga menjadi solusi ramah lingkungan dalam pemanfaatan limbah perkebunan (Rezki *et al.*, 2024).

Langkah-Langkah Pembuatan

- Siapkan bahan baku organik yang kering agar mudah diproses.
- Masukkan bahan ke dalam drum atau susun di dalam lubang tanah.
- Bakar biomassa dengan oksigen terbatas supaya tidak menjadi abu putih.
- Jaga suhu pembakaran berkisar antara 250 hingga 500 °C selama 2 jam.
- Awasi hingga seluruh bahan berubah warna menjadi hitam merata.
- Siram dengan air untuk menghentikan proses pembakaran saat bahan sudah matang.
- Keringkan dan haluskan biochar sebelum dicampur ke dalam tanah

2.5. Abu TKKS

Abu tandan kosong kelapa sawit merupakan hasil akhir dari proses pembakaran tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang banyak dihasilkan oleh industri perkebunan kelapa sawit. Proses pembakaran tersebut menyebabkan bahan organik terdegradasi, sementara unsur-unsur mineral yang terkandung di dalam TKKS tetap tersisa dalam bentuk abu. Oleh karena itu, abu TKKS berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber unsur hara bagi tanaman (Harahap *et al.*, 2020). Kandungan unsur hara dalam abu tandan kosong kelapa sawit umumnya didominasi oleh unsur hara basa, terutama kalium (K), serta unsur kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) dalam jumlah tertentu. Kalium merupakan unsur esensial yang berperan penting dalam proses fisiologi tanaman, seperti pembentukan jaringan, pengaturan keseimbangan air, dan peningkatan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan. Dengan demikian, keberadaan kalium dalam abu TKKS sangat mendukung pertumbuhan tanaman (Putri *et al.*, 2020).

Sifat abu tandan kosong kelapa sawit yang bersifat alkalis menjadikannya berfungsi sebagai bahan amelioran untuk tanah masam. Pada tanah dengan tingkat keasaman tinggi, pemberian abu TKKS dapat meningkatkan nilai pH tanah sehingga menciptakan kondisi yang lebih sesuai bagi pertumbuhan tanaman. Peningkatan pH

tanah juga berpengaruh terhadap ketersediaan unsur hara lain yang sebelumnya terikat pada kondisi tanah masam. Selain memengaruhi pH tanah, pemberian abu TKKS juga dapat memperbaiki kesuburan kimia media tanam(ALFIAN *et al.*, 2015). Unsur hara yang terkandung dalam abu dapat dilepaskan secara bertahap ke dalam tanah dan dimanfaatkan oleh tanaman. Hal ini membantu meningkatkan efisiensi pemupukan serta mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman, khususnya pada fase pembibitan(Effendy *et al.*, 2019).

Pada fase *pre-nursery*, tanaman kelapa sawit membutuhkan kondisi media tanam yang mendukung perkembangan akar dan pertumbuhan daun secara optimal. Pemberian abu tandan kosong kelapa sawit pada media tanam berpotensi menciptakan lingkungan yang lebih kondusif bagi bibit kelapa sawit. Media tanam yang lebih subur akan mempercepat adaptasi bibit dan meningkatkan vigor tanaman(Agung *et al.*, 2019). Pemanfaatan abu tandan kosong kelapa sawit juga memiliki nilai tambah dari sisi lingkungan dan pengelolaan limbah perkebunan. Limbah TKKS yang selama ini kurang dimanfaatkan dapat diolah menjadi abu yang berguna bagi media tanam. Dengan demikian, penggunaan abu TKKS tidak hanya berkontribusi terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman kelapa sawit, tetapi juga mendukung prinsip pertanian berkelanjutan dan ramah lingkungan(Rezki *et al.*, 2024).

2.6. Perbandingan Biochar dan Abu TKKS

Biochar dan abu TKKS memiliki perbedaan mendasar dalam sifat fisik dan kimianya. Biochar kaya akan karbon stabil dan memiliki porositas tinggi, sedangkan abu TKKS lebih kaya unsur mineral dan bersifat basa. Perbedaan ini memengaruhi mekanisme kerja masing-masing bahan dalam tanah(Kabir *et al.*, 2023).

Biochar bekerja terutama dengan memperbaiki sifat fisik tanah dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan hara, sedangkan abu TKKS berperan dalam meningkatkan pH tanah dan menyediakan unsur hara mineral secara langsung. Kombinasi atau perbandingan keduanya perlu dikaji secara ilmiah untuk menentukan efektivitas terbaik bagi pertumbuhan bibit kelapa sawit (Halim *et al.*, 2019).

2.7. Penelitian terdahulu

Biochar dari limbah pertanian dapat digunakan untuk mendukung pertumbuhan bibit kelapa sawit. Penelitian ini bertujuan untuk menilai efektivitas pelet biochar yang terbuat dari limbah tandan buah kosong kelapa sawit (OPEFB) dan kayu karet terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit. Penelitian dilakukan di rumah kaca menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan dua faktor perlakuan, yaitu jenis pelet biochar (OPEFB dan kayu karet) dan dosis 0%, 5%, 10% dengan 10 ulangan. Observasi meliputi tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, dan berat kering total. Hasil penelitian menunjukkan Pelet biochar OPEFB menunjukkan hasil yang lebih tinggi daripada biochar kayu karet, tetapi pada dosis yang sama, perbedaannya kecil. Hasil ini menunjukkan bahwa pelet biochar dari limbah pertanian memiliki potensi untuk secara efektif mendukung pertumbuhan bibit kelapa sawit dengan cara yang ramah lingkungan (Prayoga *et al.*, 2025).

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas perkebunan dengan nilai ekonomi tinggi. Pengolahan pasca panen dalam skala industri menghasilkan limbah yang cukup besar, sehingga memerlukan pengelolaan yang tepat untuk mencegah pencemaran lingkungan. Limbah kelapa sawit mengandung bahan organik yang dapat dimanfaatkan untuk membantu meningkatkan kesuburan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk

mengetahui efektivitas aplikasi limbah kelapa sawit dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit. Penelitian ini menggunakan Rancangan Faktorial Acak Lengkap ($3 \times 3 \times 3$), yang menunjukkan adanya tiga faktor, masing-masing terdiri dari tiga tingkatan. Faktor 1 adalah Tandan Buah Kosong (EFB) kelapa sawit, Faktor 2 adalah dosis abu boiler, dan Faktor 3 adalah dosis unsur nitrogen dari pupuk urea, sehingga menghasilkan 27 kombinasi perlakuan. Setiap perlakuan diulang lima kali, sehingga jumlah total tanaman dalam penelitian ini adalah 135. Data dianalisis dengan uji F; pada tingkat signifikansi 5%, analisis lebih lanjut menggunakan Uji Jarak Berganda Baru Duncan (DNMRT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi limbah padat kelapa sawit, seperti EFB, abu boiler, dan suplementasi nitrogen, tidak berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tanaman. Dosis paling efektif dan optimal untuk mendorong pertumbuhan bibit kelapa sawit ditemukan pada perlakuan N2P2Q1 (30 g EFB + 30 g abu boiler + 2 g nitrogen). Berdasarkan temuan ini, peningkatan dosis EFB direkomendasikan untuk lebih memaksimalkan pertumbuhan bibit kelapa sawit. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh industri kelapa sawit untuk mengintegrasikan limbah seperti tandan buah kosong (EFB) dan abu boiler ke dalam sistem pemupukan berkelanjutan yang spesifik lokasi, sehingga membantu mengurangi ketergantungan pada pupuk anorganik, meningkatkan kesuburan tanah, dan mendukung pengelolaan lingkungan yang lebih baik (Amalia, *et al* 2022).