

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kopi robusta (*Coffea canephora*) merupakan komoditas perkebunan unggulan yang berperan penting dalam perekonomian Indonesia. Jenis kopi ini banyak dibudidayakan karena relatif mudah dibudidayakan dan lebih toleran terhadap kondisi lingkungan yang kurang optimal (Widyasari *et al.*, 2023). Namun, pengembangannya menghadapi tantangan akibat perubahan iklim, terutama fenomena El Niño yang menyebabkan penurunan produksi kopi robusta hingga 60% di Indonesia melalui peningkatan kejadian cekaman kekeringan (Matondang dan Nurhayati, 2022).

Cekaman kekeringan menjadi kendala utama pada fase pembibitan, yaitu tahap yang menentukan keberhasilan pertumbuhan dan produktivitas tanaman di lapangan. Maimunah *et al.* (2018) menyatakan bahwa bibit kopi sangat rentan terhadap kekurangan air. Kondisi ini diperparah oleh peningkatan suhu dan penurunan curah hujan yang menghambat pertumbuhan serta meningkatkan risiko kematian bibit (Venancio *et al.*, 2020). Izzah *et al.* (2020) melaporkan bahwa dari 22 aksesori bibit kopi robusta yang diuji, hanya dua aksesori yang tergolong toleran terhadap kekeringan setelah 75 hari tanpa penyiraman, sedangkan 90,91% bibit mengalami stres yang berujung pada kematian akibat rendahnya ketersediaan air.

Ketersediaan air merupakan faktor utama yang menentukan pertumbuhan tanaman. Air dan unsur hara diserap oleh akar, kemudian diangkut melalui xilem ke daun untuk mendukung fotosintesis (Sembiring *et al.*, 2018). Kekurangan air menyebabkan penutupan stomata, menurunkan fotosintesis, serta memicu perubahan anatomi berupa penurunan ukuran dan jumlah stomata, penebalan kutikula, penebalan dinding sel, peningkatan ketebalan jaringan palisade dan bunga karang, serta berkurangnya luas penampang akar sebagai bentuk adaptasi terhadap cekaman kekeringan (Sari & Putra, 2023; Yavas *et al.*, 2024).

Cekaman kekeringan mengganggu fungsi xilem dan floem sehingga menghambat transportasi air dan unsur hara, yang berakibat pada penurunan pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Qiao *et al.*, 2024). Sebagai respons adaptif, tanaman mengalami perubahan anatomi, seperti penebalan korteks akar

untuk mengurangi kehilangan air, meskipun dapat menurunkan penyerapan hara dan fotosintesis (Melo *et al.*, 2014). Perubahan tersebut akhirnya berdampak pada karakter agronomi, seperti tinggi tanaman, jumlah daun, dan biomassa. Salah satu upaya meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan adalah aplikasi biochar, yaitu bahan hasil pirolisis biomassa yang mampu memperbaiki struktur dan porositas tanah serta meningkatkan kapasitas menahan air dan ketersediaan unsur hara sehingga mendukung pertumbuhan tanaman pada kondisi cekaman kekeringan (Nabila, 2025; Evizal & Prasmatiwati, 2022).

Biochar salah satu alternatif untuk meningkatkan kualitas lahan pertanian sekaligus mengurangi emisi CO₂ dari aktivitas pertanian (Darfis *et al.*, 2023). Biochar kulit buah kopi hasil pirolisis mengandung karbon 60–67%, abu 10–15%, serta unsur hara P 0,39%, K 1,97%, dan N 0,96% yang berpotensi mendukung pertumbuhan tanaman (Kiggundu dan Sittamukyoto, 2019). Reyes *et al.* (2023) melaporkan bahwa aplikasi biochar dosis 300 g memberikan respons fisiologis terbaik pada tanaman, baik dalam kondisi cukup air maupun cekaman kekeringan. Selain itu, kombinasi media tanam dengan interval penyiraman tiga hari sekali menghasilkan diameter batang bibit kopi robusta terbesar pada umur 6 MSPT (Situmorang *et al.*, 2018). Efektivitas biochar dalam meningkatkan toleransi kekeringan dapat semakin dioptimalkan melalui pengayaan unsur mikro, seperti seng (Zn) dan silika (Si) (Mukhtar *et al.*, 2023).

Seng (Zn) berperan dalam menjaga struktur dan fungsi jaringan tanaman melalui pembentukan dinding sel, pemeliharaan integritas sel, peningkatan penyerapan air dan unsur hara, serta pengaturan aktivitas stomata sehingga transpirasi tetap optimal (Hassan *et al.*, 2020). Sementara itu, silika (Si) meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman kekeringan dengan memperkuat dinding sel, meningkatkan efisiensi penggunaan air, mengatur aktivitas stomata, dan menginduksi mekanisme pertahanan tanaman (Zargar *et al.*, 2019). Aplikasi silika juga mampu memperbaiki struktur anatomi daun dan efisiensi penggunaan air (Utami *et al.*, 2020). Selain itu, akumulasi Si membentuk lapisan ganda silika (silica double layer) yang memperkuat jaringan daun, ditandai dengan perkembangan epidermis, palisade, dan spons yang lebih baik serta penurunan laju transpirasi (Yang *et al.*, 2022).

Berbagai penelitian telah melaporkan manfaat biochar maupun peran Zn dan Si secara terpisah dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan. Namun, kajian mengenai penggunaan biochar yang diperkaya Zn dan Si pada bibit kopi robusta masih sangat terbatas. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka penulis melakukan penelitian dengan judul **“Respon Anatomi Dan Agronomi Bibit Kopi Robusta (*Coffea canephora*) Terhadap Cekaman Kekeringan Menggunakan Aplikasi Biochar Yang Diperkaya Zn Dan Si”**. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam pengembangan teknologi pembibitan kopi robusta yang lebih adaptif terhadap keterbatasan air akibat perubahan iklim.

B. Rumusan Masalah

1. Apakah terdapat pengaruh dan interaksi antara dosis biochar kulit buah kopi yang diperkaya Zn dan Si dengan interval penyiraman terhadap respons anatomi dan agronomi bibit kopi robusta pada kondisi cekaman kekeringan?
2. Berapakah kombinasi dosis biochar kulit buah kopi yang diperkaya Zn dan Si dengan interval penyiraman yang menghasilkan respons anatomi dan agronomi terbaik pada bibit kopi robusta dalam menghadapi cekaman kekeringan?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh dan interaksi antara dosis biochar kulit buah kopi yang diperkaya Zn dan Si dengan interval penyiraman terhadap respons anatomi dan agronomi bibit kopi robusta pada kondisi cekaman kekeringan.
2. Menentukan kombinasi dosis biochar kulit buah kopi yang diperkaya Zn dan Si dengan interval penyiraman yang menghasilkan respons anatomi dan agronomi terbaik pada bibit kopi robusta dalam menghadapi cekaman kekeringan.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan informasi mengenai pemanfaatan biochar yang diperkaya Zn dan Si sebagai bahan amelioran untuk meningkatkan ketahanan bibit kopi robusta terhadap cekaman kekeringan serta menentukan dosis yang paling efektif. Selain itu, penelitian ini mendorong pemanfaatan limbah kulit kopi menjadi bahan bernilai tambah yang dapat meningkatkan kualitas dan kesuburan tanah sekaligus memiliki nilai ekonomis.