

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Tanaman kopi (*Coffea sp.*) merupakan salah satu komoditas perkebunan strategis yang memiliki peranan penting dalam perekonomian global maupun nasional. Tanaman ini termasuk dalam famili Rubiaceae dan genus *Coffea*, yang memiliki lebih dari 100 spesies (Sitanggang & Sembiring, 2013). Beberapa spesies yang dibudidayakan secara komersial, yaitu *Coffea arabica* (Arabika), *Coffea canephora* (Robusta), dan *Coffea liberica* (Liberika). Di Indonesia, kopi arabika dan Robusta merupakan jenis yang paling banyak dikembangkan karena nilai ekonomi dan permintaan pasar yang tinggi.

Berdasarkan laporan dari *Food and Agriculture Organization* dan *International Coffee Organization*, produksi kopi dunia pada periode 2023–2024 mencapai lebih dari 170 juta kantong (60 kg), dengan tren konsumsi yang terus meningkat sekitar 2–3% per tahun (FAO, 2023; ICO, 2024). Peningkatan konsumsi ini menunjukkan bahwa kebutuhan terhadap komoditas kopi akan terus meningkat sehingga menuntut peningkatan produktivitas dan efisiensi sistem budidaya.

Data dari Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa produksi kopi Indonesia pada tahun 2023 mencapai sekitar 794 ribu ton, mengalami peningkatan dibandingkan tahun sebelumnya (BPS, 2023). Namun demikian, produktivitas kopi nasional masih tergolong rendah, yaitu berkisar antara 0,8–1,0 ton/ha, jauh di bawah potensi optimal yang dapat mencapai lebih dari 2 ton/ha pada sistem budidaya intensif (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2022). Kondisi ini

menunjukkan adanya kesenjangan antara potensi produksi dan realisasi di lapangan yang dipengaruhi oleh berbagai faktor teknis budidaya.

Salah satu faktor utama yang mempengaruhi produktivitas tanaman kopi adalah kualitas pembibitan. Permasalahan yang selalu terjadi di tempat pembesaran bibit yakni tingkat kematian bibit yang mencapai 10%. Kondisi bibit kopi yang mati antara lain menunjukkan gejala daun menguning, layu dari bawah, gugur, dan tanaman mati. Bibit tanaman kopi yang dibongkar menunjukkan keadaan akar yang membusuk dan media tanam yang sangat lembab (Swibawa et al., 2019). Pengelolaan yang kurang optimal dapat menyebabkan pertumbuhan bibit tidak maksimal, sehingga diperlukan penerapan teknik budidaya yang lebih presisi pada tahap awal pertumbuhan tanaman. Pengelolaan air merupakan faktor penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman kopi, terutama pada fase pembibitan.

Selain pengelolaan air, faktor pemupukan juga memiliki peranan penting dalam meningkatkan produktivitas tanaman. Penggunaan pupuk kimia secara berlebihan dalam jangka panjang dapat menyebabkan degradasi kualitas tanah, penurunan aktivitas mikroorganisme, serta pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan alternatif pupuk yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satu alternatif yang potensial adalah pemanfaatan limbah cair biogas (*bio-slurry*). *Bioslurry* biogas merupakan *by-product* akhir pengolahan limbah biogas berbahan kotoran sapi yang berbentuk padat dan cair yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi (Fadilah et al., 2019). Penelitian oleh Anita. (2024) menunjukkan bahwa pengaplikasian *bio-slurry* mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman serta memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah.

Seiring dengan perkembangan teknologi, sektor pertanian mulai mengadopsi konsep pertanian presisi berbasis teknologi digital. Salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah *Internet of Things* (IoT), yang memungkinkan pengumpulan data secara *real-time* melalui sensor serta pengendalian sistem secara otomatis. Dalam bidang pertanian, IoT telah banyak digunakan untuk mengoptimalkan sistem irigasi dan pemupukan melalui konsep *smart agriculture*. Salah satu implementasinya adalah sistem *smart* fertigasi, yaitu integrasi antara irigasi dan pemupukan yang dikendalikan secara otomatis berdasarkan kondisi lingkungan.

Penelitian oleh Garcia et al. (2020) menunjukkan bahwa sistem *smart* fertigasi berbasis IoT mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air dan pupuk secara signifikan, serta meningkatkan pertumbuhan tanaman dibandingkan metode konvensional. Selain itu, sistem ini juga mampu mengurangi penggunaan tenaga kerja dan meningkatkan akurasi pemberian input produksi. Pada penelitian oleh Hermantoro et al. (2026) mengatakan bahwa sistem AI-IoT mampu menurunkan konsumsi air sebanyak 31,4%, konsumsi energi sebanyak 22,7%, memiliki kestabilan kelembapan tanah lebih baik daripada sistem irigasi konvensional serta produktivitas panen naik mencapai 14,2%. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terkait *smart* fertigasi masih berfokus pada tanaman hortikultura, sedangkan penerapannya pada tanaman perkebunan seperti kopi masih relatif terbatas.

Di sisi lain integrasi antara penggunaan pupuk organik seperti *bio-slurry* dengan sistem berbasis IoT juga masih jarang dikaji secara mendalam. Padahal

kombinasi antara teknologi digital dan input pertanian ramah lingkungan memiliki potensi besar dalam mendukung sistem pertanian berkelanjutan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mengintegrasikan pengelolaan air, pemupukan organik, dan teknologi IoT dalam satu sistem yang terpadu.

Mengatasi permasalahan tersebut, upaya yang dapat dilakukan adalah dengan mengoptimalkan sistem irigasi melalui pompanisasi yang terintegrasi dengan sebuah sistem operasi internet yang bekerja menerima, memproses dan menghasilkan luaran secara *real time* atau sistem IoT. Adanya sistem IoT penggunaan tenaga manusia dalam pekerjaan yang berat dapat berkurang secara drastis dan berdasarkan data informasi yang tersedia pada *smartphone*/komputer akan memudahkan untuk melakukan penyiraman tanaman ataupun pemupukan tanaman. Maka penelitian ini mengimplementasikan “Budidaya Tanaman Kopi Melalui *Smart* Fertigasi Berbasis *Internet of Things* dengan Pemanfaatan Limbah Cair Biogas”.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, permasalahan yang dapat dirumuskan antara lain:

1. Belum tersedianya rancang bangun sistem *smart* fertigasi berbasis IoT yang mampu mengintegrasikan pengelolaan irigasi dan pemupukan cair *bio-slurry* secara otomatis dan terukur pada pembibitan tanaman kopi.
2. Belum diketahuinya pengaruh frekuensi pemberian pupuk cair *bio-slurry* melalui sistem *smart* fertigasi berbasis IoT terhadap pertumbuhan bibit kopi,

mengingat penentuan dosis air dan pupuk secara manual sulit disesuaikan secara presisi dengan kebutuhan tanaman.

3. Belum diketahuinya frekuensi pemberian *bio-slurry* yang menghasilkan pertumbuhan bibit tanaman kopi terbaik berdasarkan parameter pertumbuhan yang diamati.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

1. Merancang dan membangun sistem *smart* fertigasi berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mengendalikan irigasi dan pemupukan cair secara otomatis dan real-time pada pembibitan tanaman kopi.
2. Mengaplikasikan sistem *smart* fertigasi tersebut untuk pemberian pupuk organik cair *bio-slurry* limbah cair biogas pada bibit tanaman kopi dengan beberapa frekuensi pemupukan yang berbeda.
3. Menganalisis pengaruh frekuensi pemberian *bio-slurry* melalui sistem *smart* fertigasi berbasis IoT terhadap pertumbuhan bibit tanaman kopi.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis. Secara teoritis, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi pertanian, khususnya terkait penerapan sistem *smart* fertigasi berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan pemanfaatan pupuk organik dari limbah cair biogas (*bio-slurry*).

Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi inovatif bagi petani dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air dan pupuk, serta

mengurangi ketergantungan terhadap metode budidaya konvensional yang kurang efisien. Selain itu, penggunaan *bio-slurry* sebagai pupuk organik diharapkan dapat mendukung praktik pertanian berkelanjutan yang lebih ramah lingkungan dengan mengurangi dampak negatif penggunaan pupuk kimia.

Bagi peneliti selanjutnya, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan dasar pengembangan penelitian lebih lanjut terkait integrasi teknologi IoT dalam sistem pertanian presisi serta pemanfaatan limbah organik sebagai input produksi yang bernilai guna. Diharapkan penggunaan air, pupuk serta penggunaan tenaga manusia pada budidaya tanaman kopi menjadi lebih efisien.