

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman merupakan pilar utama dalam sektor pertanian yang memegang peranan krusial bagi keberlangsungan ekonomi, kelestarian lingkungan, dan stabilitas ketahanan pangan global. Namun, produktivitasnya sering kali terancam oleh serangan hama yang berisiko menyebabkan gagal panen skala besar. Sebagai organisme yang adaptif, tanaman memiliki kemampuan intrinsik untuk merespons dinamika lingkungan melalui mekanisme fisiologis dan biokimia, khususnya melalui bagian daun yang berfungsi sebagai pusat metabolisme. Daun menjadi garda terdepan yang merespons berbagai tekanan (stres), baik yang bersifat biotik seperti invasi hama dan pathogen maupun faktor abiotik (Alharbi, 2020).

Salah satu bentuk pertahanan diri yang paling signifikan adalah pelepasan senyawa kimia ke atmosfer yang dikenal sebagai *Volatile Organic Compounds* (VOC). Senyawa volatil seperti aseton, etanol, dan tridekan secara konsisten dilepaskan oleh jaringan tumbuhan sebagai instrumen komunikasi, persaingan, dan pertahanan. Intensitas dan komposisi senyawa yang menguap ini sangat bergantung pada kondisi kesehatan tanaman; apakah mereka mendapatkan asupan sinar matahari, air, dan nutrisi yang cukup, ataukah mereka sedang mengalami kerusakan akibat faktor eksternal dan perubahan lingkungan seperti fluktuasi suhu serta kelembaban (Dudareva et al., 2004).

Analisis mendalam terhadap profil senyawa volatil pada daun menunjukkan perbedaan kontras dalam jenis dan konsentrasi senyawa antara tanaman yang sehat dan tanaman yang terinfeksi patogen. Perubahan komposisi VOC ini merupakan representasi akurat dari status stres tanaman secara umum dan dapat diaplikasikan secara luas tanpa terbatas pada satu spesies tanaman tertentu (Niinemets, 2010).

Permasalahan mendasar yang selama ini dihadapi oleh para petani adalah keterbatasan dalam mendeteksi serangan hama pada fase awal secara presisi, karena metode konvensional masih sangat bergantung pada pemantauan visual manual yang melelahkan. Untuk menjembatani celah ini, diperlukan transformasi teknologi melalui pemanfaatan *Internet of Things* (IoT). Dengan mengintegrasikan sensor

kimia yang mampu mendeteksi perubahan kadar VOC secara real-time, data indikasi serangan hama dapat dikirimkan dan dipantau dari jarak jauh. Teknologi ini memungkinkan petani untuk mengambil tindakan preventif yang lebih cepat dan akurat sebelum kerusakan menyebar luas, sehingga menjamin keberlanjutan hasil panen secara lebih efisien (Jawad et al., 2017).

Sistem *electronic nose* (*e-nose*) merupakan pendekatan yang meniru mekanisme penciuman dengan memanfaatkan array sensor gas untuk mengenali pola bau secara keseluruhan, bukan mengidentifikasi satu senyawa tunggal. Pendekatan ini dinilai sesuai untuk mendeteksi perubahan kondisi daun melalui perbedaan profil VOC yang dihasilkan. Studi terbaru menunjukkan bahwa sistem sensor VOC, termasuk sensor portabel dan wearable, mampu digunakan untuk pemantauan kesehatan tanaman dengan mendeteksi perubahan emisi VOC akibat stres biotik maupun abiotik. Selain itu, ketersediaan dataset VOC dari berbagai jenis tanaman menunjukkan bahwa pola emisi VOC dapat dianalisis sebagai fingerprint aroma yang mewakili kondisi fisiologis daun (Loutfi et al., 2015).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini difokuskan pada pengamatan emisi VOC dari daun secara umum sebagai indikator kondisi stres atau serangan hama, tanpa membatasi pada satu jenis tanaman tertentu. Emisi VOC yang dihasilkan daun akan ditangkap dan dianalisis menggunakan sensor gas sebagai dasar pengembangan sistem deteksi berbasis aroma. Pendekatan ini diharapkan dapat menjadi alternatif deteksi dini kondisi stres daun yang bersifat non-destruktif, sederhana, dan berpotensi diaplikasikan secara luas (Spinelle et al., 2017).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perumusan masalah dalam proyek akhir ini adalah:

- 1) Bagaimana merancang dan membangun prototipe alat ukur gas Volatile Organic Compounds (VOC) berbasis ESP32 dan Internet of Things (IoT)?
- 2) Bagaimana melakukan akuisisi data dari sensor SGP30 dan sensor DHT22 menggunakan ESP32?
- 3) Bagaimana menampilkan data hasil pembacaan sensor pada LCD sebagai media alat ukur kondisi tanaman secara langsung?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam pembuatan proyek akhir ini adalah :

- 1) Sistem yang dibangun berbentuk prototipe untuk monitoring perubahan VOC.
- 2) Parameter yang diukur selain konsentrasi senyawa VOC yang dikeluarkan oleh tanaman juga temperature dan kelembaban.
- 3) Pengujian dilakukan menggunakan media ruang tertutup, untuk melihat perubahan VOC.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1) Merancang prototipe sistem monitoring perubahan VOC sebagai alat bantu pendeteksi awal serangan hama.
- 2) Mengimplementasikan teknologi IoT untuk mempermudah akses informasi kondisi tanaman secara cepat dan akurat.

1.4.2 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

- 1) Membantu petani dalam memberikan peringatan dini (*early warning*) terhadap potensi serangan hama pada lahan pertanian.
- 2) Meminimalisir risiko gagal panen melalui deteksi dini yang berbasis data sensor.
- 3) Menjadi referensi pengembangan teknologi pertanian cerdas (*smart farming*) berbasis sensor gas dan IoT.