

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman kedelai (*Glycine max L. Merrill*) merupakan salah satu komoditas pangan strategis di Indonesia yang memegang peranan esensial dalam ketahanan pangan. Namun, dalam upaya peningkatan produksinya, khususnya pada lahan percobaan Politeknik Negeri Jember, hambatan terbesar yang kerap dihadapi adalah fluktuasi serangan hama serangga nokturnal. Spesies perusak utama dari *ordo Lepidoptera*, seperti ngengat ulat grayak (*Spodoptera litura*), secara langsung mengancam produktivitas tanaman pada fase vegetatif hingga generatif. Selama ini, intervensi pengendalian hama masih sangat bergantung pada penggunaan pestisida kimia secara masif. Padahal, aplikasi bahan kimia yang tidak terukur telah terbukti berisiko tinggi memicu resistensi hama, meninggalkan residu berbahaya pada hasil panen, serta merusak keseimbangan ekosistem pertanian (Jannah *et al.*, 2023).

Penerapan teknologi perangkap cahaya (*Light Trap*) saat ini mulai banyak diimplementasikan di sektor agroteknologi sebagai solusi pengendalian hama yang adaptif dan ramah lingkungan. Sistem ini bekerja dengan memanipulasi insting biologis serangga nokturnal yang memiliki sifat fototaksis positif. Intervensi cahaya buatan di tengah kegelapan malam bertindak sebagai titik disorientasi visual, yang memaksa serangga membelokkan jalur navigasi alaminya dan terbang mendekati sumber cahaya (Boyes *et al.*, 2021). Dalam penerapannya, spesifikasi optik memegang peranan krusial. Penelitian oleh Andani & Nasirudin (2021) membuktikan bahwa fotoreseptor mata majemuk serangga hama merespons jauh lebih agresif terhadap spektrum gelombang pendek, seperti Ultraviolet (UV), dibandingkan dengan spektrum cahaya tampak. Keberhasilan interaktivitas optik tersebut sayangnya masih sulit dipenuhi oleh perangkat *light trap* konvensional di lapangan akibat pengabaian terhadap kombinasi parameter panjang gelombang dan geometri spasial. Perangkat konvensional umumnya dirakit menggunakan lampu biasa yang tidak selaras dengan efisiensi puncak reseptor visual hama, serta ditempatkan pada elevasi acak tanpa mengukur batas jalur terbang aktif (*active*

flight path) serangga di atas kanopi daun. Ketiadaan akurasi spektrum dan penempatan ketinggian ini mengakibatkan rendahnya efisiensi pencegahan hama harian, sekaligus memicu risiko *blind trapping* (tangkapan buta) yang turut menjerat serangga non-target atau predator alami secara tidak selektif.

Meskipun pemilihan spektrum cahaya terbukti berpengaruh, masih terdapat celah penelitian yang krusial terkait optimasi geometri penempatan alat di lahan terbuka. Efektivitas *Light Trap* tidak hanya bergantung pada seberapa terang atau apa warna cahayanya, melainkan pada seberapa presisi elevasi lampu tersebut mampu mencegat hama sasaran (Yadav & Patel, 2020). Dalam ilmu entomologi, ngengat memiliki perilaku *flight altitude* - ketinggian terbang, yang sangat spesifik saat berburu lokasi peletakan telur (*oviposition*) (Pramudi *et al.*, 2022). Hama umumnya mempertahankan jalur terbang horizontal yang sejajar atau sedikit di atas pucuk kanopi daun kedelai. Pemasangan sumber cahaya yang melampaui batas *flight altitude* akan membuat pendaran cahaya berada di luar lintasan aktif serangga, sementara elevasi yang terlalu rendah akan terhalang oleh rimbunnya dedaunan (Pan *et al.*, 2021).

Untuk menjawab permasalahan tersebut, dikembangkan sebuah inovasi terintegrasi berupa sistem *Smart Light Trap Master-Slave*. Terminologi "*Smart*" pada purwarupa sistem ini menitikberatkan pada aspek rekayasa arsitektur jaringan *Internet of Things* (IoT) dan manajemen kestabilan kelistrikan mandiri yang tersinkronisasi, sehingga memudahkan pelacakan status operasional serta identifikasi lokasi kerusakan identitas (ID) perangkat secara real-time pada area lahan terbuka berskala luas. Sistem ini dirancang bukan untuk menggunakan pemindaian cerdas berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dalam mengklasifikasikan jenis serangga secara langsung, melainkan merepresentasikan fungsionalitas otomatisasi kendali siber-fisik pada jaringan koordinasi keteknikan perangkat di lapangan. Mengingat efektivitas pencegahan hama di area kanopi dipengaruhi secara kompleks oleh interaksi visual dan ruang gerak serangga, penelitian ini dirancang untuk mengevaluasi kinerja fisis alat secara utuh. Pendekatan komparatif diterapkan tidak dengan mengisolasi parameter optik dan spasial secara terpisah, melainkan dengan membandingkan beberapa paket

purwarupa perangkat—yang memadukan variasi spektrum cahaya dan penyesuaian elevasi pemasangan secara simultan. Hal ini bertujuan untuk menguji interaksi dinamis antara desain fisik alat dan perilaku terbang hama di lingkungan nyata.

Berdasarkan urgensi untuk menemukan kombinasi rancangan sistem yang paling presisi dalam mencegat hama di atas kanopi tanaman kedelai, maka penelitian ini difokuskan pada evaluasi efektivitas atraktansi hama terhadap ragam konfigurasi perangkat tersebut. Oleh karena itu, penulis mengambil judul penelitian “Analisis Efektivitas Spektrum Cahaya dan Elevasi Perangkat pada *Smart Light Trap Master-Slave* Terhadap Tangkapan Hama Kedelai

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini diarahkan pada beberapa fokus permasalahan berikut:

1. Apakah terdapat perbedaan tingkat efektivitas penarikan hama secara signifikan antara tiga paket konfigurasi perangkat (perpaduan spektrum UV-A dan spektrum Biru) pada rentang zona intersepsi kanopi kedelai?
2. Apakah penempatan elevasi perangkat yang melampaui batas jalur terbang aktif memberikan dampak terhadap tingkat akumulasi dan spesifisitas tangkapan hama?

1.3 Tujuan Penelitian

Sejalan dengan rumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Membandingkan dan menganalisis perbedaan tingkat efektivitas penarikan hama antara tiga paket konfigurasi perangkat (paduan spektrum UV-A dan spektrum Biru) yang beroperasi pada rentang zona intersepsi kanopi kedelai.
2. Mengevaluasi dan membuktikan dampak penempatan elevasi perangkat yang melampaui batas jalur terbang aktif terhadap tingkat akumulasi dan spesifisitas tangkapan hama nokturnal.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoretis maupun praktis sebagai berikut:

1. Bagi Akademisi: Memberikan literatur dan referensi baru di bidang Teknologi Rekayasa Mekatronika, khususnya terkait optimasi spesifikasi optik - spektrum dan geometri spasial pada instrumen pengendalian hama terpadu.
2. Bagi Politeknik Negeri Jember: Menghadirkan solusi teknologi tepat guna yang teruji efektivitas intervensi visualnya untuk menekan populasi hama di lahan percobaan produksi pertanian secara ramah lingkungan.
3. Bagi Penulis: Mengaplikasikan ilmu instrumentasi, fisika optik, dan pengolahan data analitik dalam memecahkan permasalahan nyata di sektor agroteknologi.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian tetap terukur, mendalam, dan tidak tumpang tindih dengan ranah penelitian anggota tim lainnya, maka ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Pengujian performa perangkat difokuskan secara eksklusif pada parameter efektivitas penarikan berdasarkan rekayasa spektrum cahaya dan elevasi perangkat terhadap hama target utama yakni *ordo Lepidoptera, Coleoptera, Orthoptera, dan Hemiptera*.
2. Penelitian ini tidak melakukan perekaman instrumen maupun analisis kuantitatif terhadap dinamika data iklim mikro harian (seperti presipitasi curah hujan, kecepatan angin, suhu, dan kelembapan udara) di lahan uji. Variabel lingkungan eksternal yang dianalisis pengaruhnya terhadap fluktuasi tangkapan dibatasi pada siklus fase bulan (iluminasi astronomis).
3. Lokasi pengujian diimplementasikan pada lahan budidaya kedelai milik Politeknik Negeri Jember dengan kondisi iklim mikro yang seragam untuk seluruh unit pengujian.

4. Penelitian ini tidak membahas mengenai proses perancangan sistem mekanikal/kerangka alat, pembuatan arsitektur jaringan komunikasi berbasis *Internet of Things* (IoT), maupun perhitungan konsumsi daya elektrikal perangkat.
5. Penelitian ini tidak mengevaluasi efektivitas tingkat kematian dari kisi-kisi kawat sengat listrik pada unit Master, melainkan berfokus penuh pada dampak dari letak elevasinya terhadap jalur terbang hama