

# BAB 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris dengan potensi sektor pertanian yang besar dan berperan penting dalam menjaga ketahanan pangan nasional. Salah satu komoditas unggulan yang memiliki nilai ekonomi tinggi adalah kedelai (*Glycine max*), yang memiliki permintaan global yang terus meningkat. Kabupaten Jember merupakan salah satu sentra produksi kedelai di Indonesia dengan kontribusi ekspor mencapai 4.500–5.000 ton per tahun dan menghasilkan devisa sekitar USD 10 juta (Umbara, 2021). Kondisi ini menjadikan kedelai sebagai salah satu komoditas strategis dalam mendukung perekonomian daerah maupun nasional.

Namun, keberhasilan produksi kedelai tidak terlepas dari berbagai tantangan, terutama serangan hama seperti ulat grayak (*Spodoptera litura*) dan penggerek polong (*Etiella zinckenella*). Serangan hama yang tidak terkendali dapat menyebabkan penurunan hasil panen secara signifikan, bahkan hingga 75% yang berpotensi mengakibatkan gagal panen (Fauziyah, 2022). Untuk mengatasi permasalahan tersebut, petani umumnya menggunakan pestisida kimia. Di wilayah Jember, penggunaan pestisida mencapai 1000 ton per tahun, sebagai bagian dari total penggunaan di Jawa Timur sebesar 4000 ton per tahun (Salim, 2020). Penggunaan pestisida kimia secara berlebihan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, menurunkan keanekaragaman hayati, serta berpotensi membahayakan kesehatan manusia (Utoyo & Sudarti, 2022).

Sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan, metode *Light Trap* telah diterapkan dalam pengendalian hama. *Light Trap* memanfaatkan sifat fototaksis positif serangga yang tertarik terhadap cahaya. Dengan menggunakan sumber cahaya tertentu, hama dapat ditarik dan dikendalikan tanpa penggunaan bahan kimia berbahaya. Meskipun demikian, implementasi *Light Trap* konvensional masih memiliki kelemahan, terutama dari sisi keamanan fisik. Perangkat sering ditempatkan di lahan terbuka yang luas dan terpencil sehingga sangat rentan terhadap gangguan fisik berupa kerusakan perangkat, maupun risiko kehilangan akibat pemindahan posisi secara tidak sah oleh pihak luar. Kondisi ini menyebabkan

kerugian finansial bagi petani serta terganggunya proses pengendalian hama secara berkelanjutan.

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) membuka peluang untuk meningkatkan efektivitas dan keamanan sistem *Light Trap*. Integrasi sensor dan sistem komunikasi memungkinkan perangkat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh secara *real-time*. Dalam penelitian ini, dikembangkan *Smart Light Trap* berbasis IoT yang dilengkapi dengan sistem keamanan menggunakan sensor GY-521 untuk mendeteksi gangguan fisik berupa guncangan, perubahan sudut kemiringan, atau pergerakan posisi pada perangkat secara tidak sah. Apabila terdeteksi gangguan tersebut, sistem secara otomatis akan mengirimkan notifikasi peringatan (*security alert*) kepada pengguna melalui platform Telegram. Selain itu, mengingat lahan pertanian terbuka sering kali memiliki keterbatasan jangkauan sinyal internet seluler, maka diperlukan infrastruktur komunikasi lokal jarak jauh yang andal dan hemat daya.

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengimplementasikan IoT dalam bidang pertanian untuk *monitoring* dan otomatisasi sistem. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada aspek *monitoring* lingkungan atau pengendalian jarak jauh tanpa mengintegrasikan sistem keamanan fisik perangkat. Hingga saat ini, belum banyak penelitian yang menggabungkan sistem *Light Trap* berbasis IoT dengan fitur deteksi gangguan berbasis sensor IMU serta komunikasi jarak jauh menggunakan arsitektur *Master-Slave* berbasis LoRa dalam satu sistem terintegrasi yang tetap dapat beroperasi secara mandiri (*offline*) ketika koneksi internet terputus.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan *Smart Light Trap Master-Slave* Berbasis LoRa. Sistem ini dirancang tidak hanya berfungsi sebagai alat pengendali hama yang adaptif, tetapi juga sebagai sistem proteksi keamanan fisik perangkat keras di lapangan. Diharapkan sistem ini mampu meningkatkan efektivitas pengendalian hama, meminimalisir risiko kehilangan atau kerusakan alat akibat gangguan eksternal, serta mendukung praktik pertanian yang lebih berkelanjutan, dan efisien di Kabupaten Jember.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun Rumusan Masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana sistem IoT dapat mendeteksi gangguan fisik dan perubahan posisi (*security alert*) *Light Trap* secara *real-time* serta mendukung *monitoring* dan kontrol perangkat melalui integrasi sensor GY-521 dan Telegram?
2. Bagaimana kinerja sistem *Smart Light Trap* berbasis IoT dalam mengontrol dan memonitor perangkat secara *real-time* melalui komunikasi *Master-Slave* dan Telegram Bot?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Meningkatkan keamanan *Light Trap* dengan notifikasi dan monitoring dan kontrol via Telegram saat terjadi gangguan, serta menyediakan solusi pengendalian hama ramah lingkungan berbasis IoT.
2. Meningkatkan efisiensi pemantauan *Light Trap* secara *real-time* untuk mendukung produktivitas pertanian berkelanjutan.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini diharapkan adalah:

1. Manfaat bagi Petani: Solusi pengendalian hama efektif, ramah lingkungan, berkelanjutan, serta mengurangi risiko pencurian *Light Trap*.
2. Manfaat bagi Lingkungan: Mengurangi dampak pestisida kimia berlebihan terhadap lingkungan dan kesehatan dengan teknologi IoT.

## 1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Penelitian ini hanya mencakup pengembangan *Smart Light Trap* berbasis IoT dan fitur keamanan menggunakan sensor GY-521 untuk mendeteksi pencurian atau pergeseran posisi alat.
2. Pengujian fungsi keamanan pada sensor GY-521 dilakukan dengan pendekatan berbasis kejadian (*event-based detection*) untuk memicu alarm, bukan untuk mengukur nilai sudut orientasi atau percepatan secara presisi menggunakan alat ukur eksternal.

3. Arsitektur jaringan nirkabel lokal pada penelitian ini dibatasi pada pemodelan *Master-Slave* dengan menggunakan maksimal 2 (dua) unit *Slave* yang terhubung ke 1 (satu) unit *Master*.
4. Komunikasi nirkabel antar mikrokontroler dibatasi menggunakan modul LoRa SX1278 *point-to-point* (P2P) yang bekerja pada frekuensi *Industrial, Scientific, and Medical* (ISM) 433 MHz.
5. Implementasi IoT terbatas pada Telegram dan bergantung pada koneksi internet stabil. Gangguan sinyal dapat mempengaruhi notifikasi *real-time*.
6. Apabila koneksi internet tidak tersedia, sistem tetap dapat beroperasi dalam mode *offline*, di mana fungsi utama seperti pengendalian *relay*, pembacaan sensor, komunikasi LoRa antar perangkat, serta penjadwalan berbasis RTC tetap berjalan, namun notifikasi dan kontrol melalui Telegram tidak dapat digunakan.