**BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini akan diidentifikasi permasalahan yang akan diangkat yang terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan relevansi penelitian.

* 1. **Latar Belakang**

Pertanian menyandang peran strategis dalam menjaga ketahanan pangan nasional dan mendukung kesejahteraan masyarakat Indonesia. Berdasarkan studi oleh Afriyanti et al. (2023), sektor ini bukan hanya menyumbang pasokan pangan, tetapi juga berfungsi sebagai alat pengentasan kemiskinan dan penguat stabilitas ekonomi pedesaan. Selain itu, Undang‑Undang No. 41 Tahun 2009 menegaskan bahwa perlindungan lahan pertanian pangan berkelanjutan adalah salah satu upaya negara dalam mencapai kedaulatan dan ketahanan pangan nasional. Dengan landasan akademik dan regulasi ini, sektor pertanian perlu dipandang tidak hanya sebagai mata pencaharian, tetapi juga sebagai aset nasional yang harus dijaga dan dikembangkan untuk masa depan.

Tantangan terhadap sektor pertanian akan semakin besar seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, jumlah penduduk Indonesia pada pertengahan tahun 2025 telah mencapai 284 juta jiwa. Proyeksi BPS tahun 2023 menunjukkan bahwa angka ini akan terus meningkat hingga sekitar 330 juta jiwa pada tahun 2050, dengan pertumbuhan rata-rata sekitar 0,67% per tahun pada skenario tren. Pertambahan populasi ini tentu berdampak langsung terhadap meningkatnya kebutuhan pangan nasional, baik dari sisi kuantitas maupun kualitas. Untuk menjawab tantangan tersebut, sektor pertanian dituntut untuk meningkatkan kapasitas produksi secara signifikan dalam kondisi sumber daya yang terbatas.

Sistem pertanian konvensional sering menggunakan praktik seragam tanpa mempertimbangkan variasi kondisi lingkungan di tiap titik lahan. Di tengah tantangan seperti penurunan kualitas lahan dan perubahan iklim, pendekatan tersebut terbukti tidak lagi optimal. *Precision agriculture* atau pertanian presisi merupakan pendekatan ilmiah yang memanfaatkan sensor berteknologi tinggi dan perangkat analitik untuk mendukung pengambilan keputusan dalam manajemen pertanian serta meningkatkan produktivitas hasil panen (Sharma & Srushtideep, 2022). Pendekatan ini melibatkan penggunaan sensor, sistem navigasi satelit (GPS/GNSS), sistem informasi geografis (GIS), serta teknologi IoT yang mampu meningkatkan efisiensi penggunaan input dan keberlanjutan sistem pertanian (Mansoor et al., 2025).

*Precision agriculture* membutuhkan alat yang mampu mengambil data kondisi lahan dan tanaman secara cepat dan akurat. Salah satu teknologi yang banyak digunakan untuk tujuan ini adalah *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), atau biasa disebut *drone*. UAV memungkinkan akuisisi citra udara beresolusi tinggi secara efisien, sehingga dapat mendeteksi kondisi tanaman seperti stres air, serangan hama, atau defisiensi nutrisi. Selain itu, UAV jauh lebih fleksibel dan terjangkau dibandingkan dengan pesawat berawak, serta cocok digunakan untuk monitoring lahan pertanian yang luas dan sulit dijangkau (Velusamy et al., 2022).

Salah satu fungsi utama UAV dalam *precision agriculture* adalah untuk memantau area tanaman yang mengalami gangguan, seperti kekurangan air, serangan hama, atau penyakit. UAV dapat mengambil gambar dari atas lahan pertanian, lalu gambar tersebut dianalisis untuk mengetahui kondisi tanaman secara keseluruhan. Teknologi ini memanfaatkan sensor optik dan termal untuk melihat tanda-tanda awal stres pada tanaman (Khanal et al., 2017). Dengan informasi ini, petani bisa segera mengambil tindakan yang tepat sebelum kerusakan menyebar. Namun, untuk mendapatkan hasil yang akurat, pemantauan harus dilakukan secara berkala di banyak titik lahan. Hal ini menimbulkan tantangan tersendiri, karena UAV perlu menempuh rute yang panjang, dan rute tersebut sering kali belum diatur secara efisien.

Dalam praktiknya, pemantauan menggunakan UAV tidak hanya dilakukan sekali, tetapi perlu diulang secara berkala untuk memastikan kondisi tanaman tetap stabil. Hal ini membuat UAV harus mengunjungi banyak titik di lahan pertanian dalam satu kali penerbangan. Jika rute yang ditempuh tidak direncanakan dengan baik, maka waktu tempuh akan lebih lama, penggunaan energi meningkat, dan efisiensi kerja menurun. Permasalahan ini dikenal sebagai *Travelling Salesman Problem* (TSP), yaitu tantangan untuk menentukan rute terpendek yang mengunjungi sejumlah titik tertentu tanpa ada yang terlewat, lalu kembali ke titik awal. Dalam konteks pertanian presisi, TSP menjadi relevan untuk membantu UAV menempuh rute seefisien mungkin saat menangani area yang mengalami stres.

Untuk mengatasi permasalahan rute UAV pada *precision agriculture*, dibutuhkan algoritma optimasi yang cepat dan efisien. Salah satu algoritma yang telah dikembangkan dan digunakan dalam konteks pertanian adalah *Lovebird Algorithm*. Studi oleh Utamima et al. (2025) menunjukkan bahwa algoritma ini mampu menghasilkan rute yang lebih efisien dibandingkan *Genetic Algorithm* (GA) dan *Ant Colony Optimization* (ACO), baik dari segi waktu komputasi maupun jarak tempuh. Berdasarkan potensi tersebut, penelitian ini mengimplementasikan algoritma *Lovebird* untuk mengoptimasi rute UAV dalam pemantauan dan penanganan area tanaman yang mengalami stres pada sistem pertanian presisi. Algoritma ini kemudian diubah menjadi algoritma *local search* yang kemudian dihibrida dengan *Iterated Local Search* (ILS). Hibrida dengan algoritma ILS sebagai bagian dari algoritma *global search* dilakukan karena ILS termasuk salah satu algoritma optimasi yang memiliki performa yang menjanjikan di beberapa masalah optimasi seperti *routing problem* dan *scheduling problem* (Yahiaoui et al., 2023).

* 1. **Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan permasalahan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membangun algoritma ILS dengan *Lovebird Algorithm* sebagai algoritma *local search* untuk menemukan rute optimal UAV dalam penyemprotan pestisida pada tanaman yang berada di *stressed region* di suatu lahan pertanian?
2. Bagaimana performa algoritma ILS dengan *Lovebird Algorithm* sebagai algoritma *local search* untuk menemukan rute optimal UAV dalam penyemprotan pestisida pada *stressed region* yang diukur dalam jarak (m) dan waktu (s)?
   1. **Batasan Masalah**

Untuk memfokuskan pengerjaan tugas akhir agar lebih terarah, berikut beberapa batasan masalah yang ditetapkan dalam penelitian ini:

1. Data ladang pertanian dan *stressed region* yang digunakan merupakan data sekunder yang didapat dari penelitian terdahulu.
2. Penelitian ini hanya mencakup penggunaan algoritma hibrida ILS dan *Lovebird Algorithm* untuk menemukan rute optimal UAV dalam penyemprotan pestisida dan tidak mencakup penggunaan UAV untuk fungsi lain di sektor pertanian.
3. Faktor lain seperti suhu, kecepatan angin, kelembapan udara, dan ketinggian lahan tidak diperhitungkan dalam penelitian ini.
   1. **Tujuan**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, maka tujuan yang dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membangun algoritma ILS dengan *Lovebird Algorithm* sebagai algoritma *local search* untuk menemukan rute optimal UAV dalam penyemprotan pestisida pada tanaman yang berada di *stressed region* di suatu lahan pertanian.
2. Mengevaluasi performa algoritma ILS dengan *Lovebird Algorithm* sebagai algoritma *local search* untuk menemukan rute optimal UAV dalam penyemprotan pestisida pada *stressed region* yang diukur dalam jarak (m) dan waktu (s).
   1. **Manfaat**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan kontribusi dalam peningkatan produktivitas perencanaan rute UAV di sektor pertanian melalui pengoptimalan jarak tempuh UAV pada suatu lahan pertanian menggunakan algoritma hibrida *Iterated Local Search* dan *Lovebird Algorithm*.
2. Menjadi referensi ataupun landasan untuk pengembangan teknologi UAV dan *precision agriculture* dalam merumuskan solusi permasalahan jarak tempuh dalam rute pemupukan melalui algoritma hibrida *Iterated Local Search* dan *Lovebird Algorithm*.
   1. **Relevansi**

Penelitian ini relevan salah satu domain riset dari laboratorium Rekayasa Data dan Intelegensi Bisnis (RDIB) yaitu *ICT for Rural Development*. Dalam *roadmap* penelitian laboratorium RDIB, tugas akhir ini mengambil topik *Agricultural Route Planning* seperti yang tertera pada Gambar 1.1.

A screenshot of a computer screen

AI-generated content may be incorrect.

Gambar 1.1 Roadmap Laboratorium Rekayasa Data dan Intelegensi Bisnis

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini akan dibahas penelitian terdahulu yang terkait dengan topik tugas akhir ini dan dasar teori yang menjadi landasan tugas akhir ini.

1. **Hasil Penelitian Terdahulu**
2. **Dasar Teori**

Afriyanti, G., Mariya, A., Natalia, C., Nispuana, S., Wijaya, M. F., & Phalepi, M. Y. (2023). *The role of the agricultural sector on economic growth in Indonesia*. *Indonesian Journal of Multidisciplinary Sciences*, 2(1), 167–179. <https://doi.org/10.59066/ijoms.v2i1.325>

Republik Indonesia. (2009). *Undang‑Undang Nomor 41 Tahun 2009 tentang Perlindungan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan.* Jakarta: BPK.

<https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTk3NSMy/jumlah-penduduk-pertengahan-tahun--ribu-jiwa-.html>

<https://www.bps.go.id/id/publication/2023/05/16/fad83131cd3bb9be3bb2a657/proyeksi-penduduk-indonesia-2020-2050-hasil-sensus-penduduk-2020.html>

Gebbers, R., & Adamchuk, V. I. (2010). *Precision agriculture and food security*. **Science**, 327(5967), 828–831. <https://doi.org/10.1126/science.1183899>

Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). *The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: A review*. Precision Agriculture, 13, 693–712. <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9274-5>

Sharma, S., & Srushtideep, A. (2022). Precision Agriculture and Its Future. International Journal of Plant & Soil Science, 200–204. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2022/v34i242630>

Mansoor, S., Iqbal, S., Popescu, S. M., Kim, S. L., Chung, Y. S., & Baek, J. H. (2025). Integration of smart sensors and IOT in precision agriculture: trends, challenges and future prospectives. *Front. Plant Sci.* 16:1587869. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1587869>

Velusamy, P., Rajendran, S., Mahendran, R. K., Naseer, S., Shafiq, M., & Choi, J.-G. (2022). Unmanned Aerial Vehicles (UAV) in precision agriculture: Applications and challenges. *Energies*, 15(1), 217. <https://doi.org/10.3390/en15010217>

Khanal, S., Fulton, J., & Shearer, S. (2017). An overview of current and potential applications of thermal remote sensing in precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture, 139*, 22–32. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.05.001>

Utamima, A., Sulastri, M. J., Yuniarti, L., & Ansaripoor, A. H. (2025). Optimizing multi-machine path planning for crop precision seeding with Lovebird Algorithm. *Computers and Electronics in Agriculture, 235*, 110207. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2025.110207>

<https://doi.org/10.1016/j.cor.2023.106385>