

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pusat Penelitian Teh dan Kina (PPTK) Gambung telah mengidentifikasi penggunaan *Drone* sebagai solusi efektif untuk pemupukan tanaman. Penggunaan *Drone* menawarkan potensi untuk memantau kawasan pertanian secara efisien (Murugan dkk., 2017). Saat ini, survei lapangan dilakukan dengan memindai kebun secara berkala menggunakan *Drone* untuk menganalisis kesuburan tanah.

Untuk mengatasi tantangan ini, PPTK Gambung bekerja sama dengan pihak ketiga sebagai operator *Drone*. Kerja sama ini didasari oleh pemahaman bahwa PPTK Gambung tidak memiliki sumber daya internal yang cukup. Operator *Drone* pihak ketiga menyediakan *Drone* dengan spesifikasi yang lebih baik, menghindari biaya *Overhead* pelatihan dan pengadaan personel internal. Dengan demikian, fleksibilitas dan efisiensi operasional *Drone* dapat ditingkatkan, mendukung upaya PPTK Gambung dalam meningkatkan efisiensi pemindaian kebun teh dan kina.

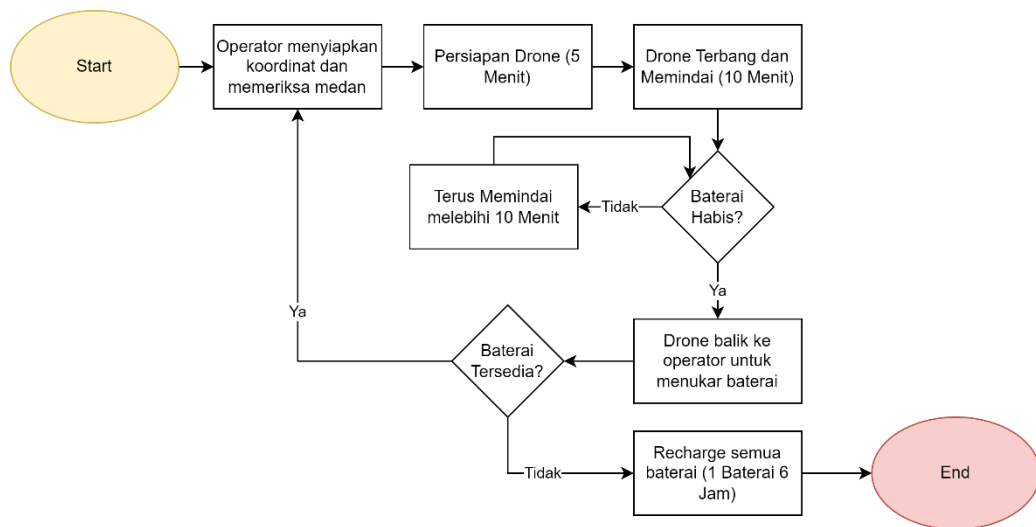
Namun, ada beberapa kendala yang menghambat efisiensi operasional PPTK Gambung dalam pemindaian kebun teh dan kina. Keterbatasan daya baterai dan jumlah baterai yang tersedia menjadi hambatan utama, membatasi jumlah operasi dan cakupan pemindaian harian. *Drone* hanya mampu terbang selama 15 menit per baterai, dengan ketersediaan 3-4 baterai. Setiap blok kebun memerlukan waktu pemindaian sekitar 10 menit, yang merupakan waktu paling cepat dan efektif dalam memindai satu blok. Namun, dengan sisa baterai 5 menit setelah pemindaian satu blok, waktu tersebut sering kali terbuang percuma. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memaksimalkan penggunaan sisa baterai tersebut agar lebih efisien. Baterai *Drone* akan di-*Recharge* setelah semua baterai terpakai.

Selain itu, data topografi juga belum terdata secara baik dan belum ada alat bantu yang secara eksklusif membantu dalam pengumpulan data topografi secara visual dengan informasi yang memadai. Kekurangan ini menghambat efisiensi pemindaian dan mengurangi kemampuan *Drone* untuk menjangkau seluruh area

yang diperlukan. Hal ini membuat proses perancangan rute masih bersifat manual atau berdasarkan intuisi, yang sering kali kurang akurat dan memakan waktu.

Penerapan algoritma optimasi dalam perencanaan rute *Drone* memungkinkan *Drone* untuk merencanakan rute yang optimal, meminimalkan jarak tempuh, dan mengoptimalkan penggunaan baterai. Hasilnya, PPTK Gambung dapat memperluas cakupan pemindaian kebun dalam waktu yang lebih singkat dan dengan biaya yang lebih rendah. Penggunaan algoritma ini juga membantu mengurangi kesalahan manusia dan meningkatkan presisi dalam aplikasi pupuk, mengurangi kerugian akibat pemupukan yang tidak merata. Teknologi ini berkontribusi pada lingkungan yang lebih sehat dan produksi tanaman yang lebih optimal. Saat ini, PPTK Gambung memiliki 21 area kebun yang tersebar di wilayah utara dan selatan. Dengan kondisi saat ini, *Drone* hanya mampu memindai 4 titik per hari dalam kondisi percobaan, meskipun potensinya bisa lebih dari 4 titik per hari dengan optimalisasi penggunaan baterai dan metode *Swapping Battery*.

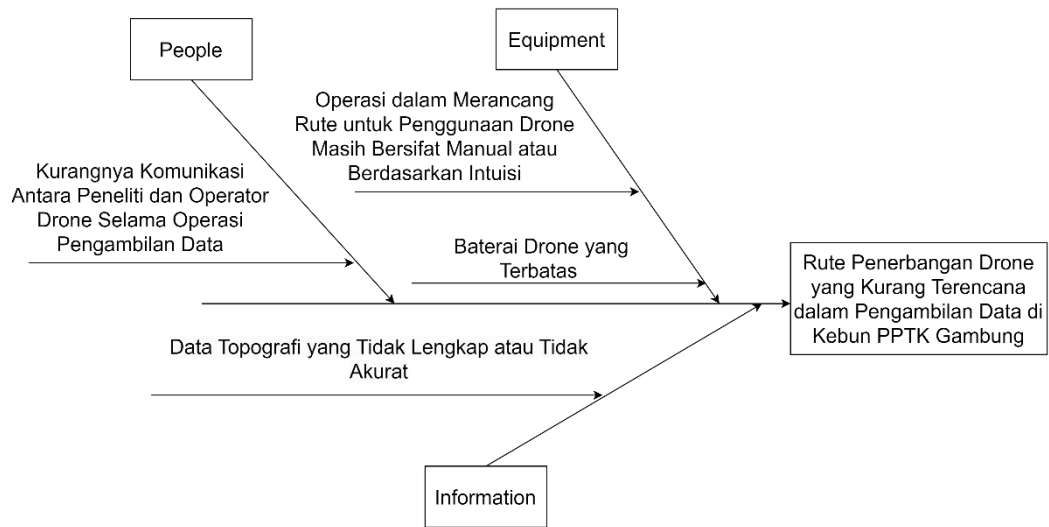
Untuk lebih memahami dan mengatasi faktor-faktor yang menyebabkan ketidakefisienan dalam penentuan rute pengambilan data menggunakan *Drone*, berikut pada Gambar I.1 merupakan *Flowchart* operasional *Drone* yang akan membantu dalam menggambarkan operasional *Drone*.



Gambar I.1 *Flowchart* Operasional *Drone*

Diagram ini menunjukkan alur operasional *Drone*, mulai dari menyiapkan koordinat dan memeriksa medan, persiapan *Drone*, penerbangan dan pemindaian selama 10 menit per blok kebun, hingga penggantian baterai dan pengisian daya setelah semua baterai terpakai. Dengan memanfaatkan algoritma optimasi, *Drone* dapat digunakan lebih efisien, meningkatkan cakupan area yang dapat dipindai dalam satu operasi.

Gambar I.2 di bawah ini adalah *Fishbone Diagram* yang menunjukkan faktor-faktor utama yang menyebabkan rute penerbangan *Drone* kurang terencana dalam pengambilan data di Kebun PPTK Gambung. Berikut adalah penjelasan rinci mengenai faktor-faktor tersebut.



Gambar I.2 *Fishbone Diagram*

Gambar I.2 merupakan *Fishbone Diagram* yang poin tulang utamanya diambil dari aspek yang ada pada IISE (*Institute of Industrial and Systems Engineers, 2017*). *Fishbone Diagram* adalah alat yang digunakan untuk mengidentifikasi berbagai faktor penyebab dari suatu masalah dengan mengelompokkan faktor-faktor tersebut ke dalam kategori-kategori utama. Dalam kasus PPTK Gombang, ketiga faktor utama yang diambil dari IISE adalah *People* (manusia), *Equipment* (peralatan), dan *Information* (informasi), yang merupakan elemen-elemen kunci dari sistem terpadu yang mempengaruhi efisiensi rute penerbangan *Drone*.

Faktor-faktor ini dapat dijelaskan dengan menggunakan poin tulang *Fishbone* dari IISE. Gambar I.2 menunjukkan faktor-faktor utama yang menyebabkan rute penerbangan *Drone* yang kurang terencana dalam pengambilan data di Kebun PPTK Gombang. Rute penerbangan *Drone* yang kurang terencana mengacu pada inefisiensi dalam perencanaan rute, yang berakibat pada penggunaan waktu dan sumber daya yang tidak optimal serta kualitas data yang kurang memadai. Faktor-faktor tersebut meliputi kurangnya komunikasi antara peneliti dan operator *Drone* selama operasi pengambilan data, perancangan rute yang masih manual atau berdasarkan intuisi, keterbatasan baterai *Drone*, dan data topografi yang tidak lengkap atau tidak akurat.

Kurangnya komunikasi antara peneliti dan operator *Drone* dapat menyebabkan miskomunikasi yang berujung pada pengulangan tugas dan pemanfaatan *Drone*

yang tidak efisien. Misalnya, instruksi yang tidak jelas dapat membuat operator *Drone* melakukan pemindaian berulang di area yang sama, menghabiskan waktu dan baterai tanpa hasil yang optimal. Operasi manual atau berdasarkan intuisi dalam merancang rute sering kali kurang akurat dan memakan waktu, sehingga rute yang dipilih mungkin lebih panjang dan menghabiskan lebih banyak waktu serta energi. Keterbatasan baterai *Drone* sangat mempengaruhi durasi penerbangan dan jangkauan area yang dapat dipindai dalam satu misi. Dengan durasi penerbangan yang terbatas, *Drone* harus sering kembali ke pangkalan untuk penggantian atau pengisian baterai, mengurangi waktu efektif yang dapat digunakan untuk pemindaian.

Selain itu, data topografi yang tidak lengkap atau tidak akurat menghambat *Drone* dalam menjangkau seluruh area yang diperlukan. Data topografi yang tidak memadai dapat menyebabkan kesalahan dalam perencanaan rute, seperti memilih jalur yang sulit diakses atau tidak optimal, yang mengakibatkan pemindaian yang tidak menyeluruh dan membutuhkan waktu lebih lama untuk menyelesaikan tugas.

Fokus pada rute penerbangan *Drone* yang kurang terencana dalam pengambilan data di Kebun PPTK Gambung sebagai kepala *Fishbone* sangat penting karena rute penerbangan yang tidak efisien berdampak langsung pada waktu, biaya, dan kualitas data yang diperoleh. Rute yang tidak efisien mengakibatkan waktu pemindaian yang lebih lama, biaya operasional yang lebih tinggi karena penggunaan baterai dan energi yang berlebihan, serta kualitas data yang kurang akurat dan tidak lengkap. Oleh karena itu, diperlukan algoritma otomatisasi dan sistem yang dapat mendukung aktivitas operasi pengambilan sampel agar lebih efisien dan efektif.

Penelitian ini berfokus untuk mengatasi tantangan signifikan dalam pemantauan pertanian akibat keterbatasan daya baterai *Drone*, yang menghambat efisiensi pemindaian ladang tanaman dan kebun teh. Untuk mengurangi biaya operasional dan meningkatkan efektivitas pemindaian, PPTK Gambung berkolaborasi dengan operator *Drone* pihak ketiga yang memiliki teknologi *Drone*. Selain itu, untuk mengatasi kurangnya efisiensi dalam merancang rute dan keterbatasan baterai, penelitian ini mengintegrasikan *Geographic Information System* (GIS) dan

algoritma NNH. Integrasi ini diharapkan dapat merancang rute *Drone* secara lebih optimal, meningkatkan efisiensi pemindaian, dan mengurangi biaya operasional.

GIS menyediakan data spasial yang akurat dan memungkinkan analisis kompleks yang membantu dalam perencanaan rute *Drone* yang lebih efisien. Penggunaan GIS memungkinkan pemetaan dan analisis data geografis yang tepat, serta berfungsi sebagai alat efektif untuk pengumpulan data, menyediakan informasi berharga bagi *Drone*. Dengan memanfaatkan GIS, operator dapat merencanakan rute secara efektif, memastikan navigasi yang efisien, dan mengurangi risiko *Drone* kehabisan daya saat operasi. Algoritma NNH mengoptimalkan rute penerbangan *Drone* dengan meminimalkan jarak tempuh dan waktu penerbangan, menghemat baterai, dan memperpanjang waktu operasional *Drone*.

Kombinasi GIS dan NNH memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data *real-time*, meningkatkan ketepatan dalam pemetaan dan pemantauan kondisi lapangan. Perencanaan rute yang tepat melalui integrasi GIS mempertimbangkan fitur geografis dan hambatan, sehingga mengurangi jarak dan waktu perjalanan yang tidak perlu. Ini mengurangi keausan pada *Drone*, mengurangi biaya, dan memperpanjang umur peralatan. Integrasi ini juga membantu mengidentifikasi dan menghindari hambatan geografis, seperti pepohonan atau bangunan dan elevasi, yang dapat mengganggu rute *Drone*. Dengan menggabungkan data GIS, pemantauan posisi *Drone* dan kondisi lingkungan secara *real-time* dapat dilakukan, memungkinkan penyesuaian rute dinamis berdasarkan analisis data waktu nyata (Ouchra dkk., 2022).

Penyesuaian ini penting untuk meningkatkan produktivitas pertanian dengan memungkinkan cakupan perkebunan yang luas dan memfasilitasi pengambilan keputusan yang lebih baik. Dengan demikian, penggunaan GIS dan NNH diharapkan dapat mengoptimalkan rute penerbangan *Drone*, mengurangi biaya operasional, dan meningkatkan presisi pemetaan. Dengan memanfaatkan teknologi canggih dan pendekatan strategis, penelitian ini mengusulkan metode komprehensif yang menggabungkan NNH dan integrasi GIS untuk desain rute guna meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan pertanian. Pendekatan ini relevan dengan data yang dikumpulkan dari PPTK Gambung, yang berfungsi sebagai studi

kasus berharga untuk menunjukkan efektivitas teknologi ini dalam skenario pemantauan pertanian dunia nyata.

Penelitian ini signifikan dalam kerangka *Sustainable Development Goal 2 (SDG2)* - Zero Hunger, terutama target 2.4 yang bertujuan untuk memastikan sistem produksi pangan yang berkelanjutan dan menerapkan praktik pertanian yang tangguh pada tahun 2030 (sdgs.bappenas.go.id, 2022). Dengan mengoptimalkan rute *Drone* dan mengintegrasikan GIS untuk perencanaan rute yang tepat, penelitian ini berkontribusi pada efisiensi dan keberlanjutan sistem pemantauan pertanian. Pendekatan teknologi ini tidak hanya meningkatkan produktivitas tetapi juga mendukung ketahanan sistem pertanian terhadap berbagai tekanan lingkungan. Optimalisasi rute *Drone* dan integrasi GIS untuk perencanaan rute dan analisis data *real-time* dapat membuat pemantauan pertanian lebih efisien dan efektif. Hal ini dapat berkontribusi positif terhadap pencapaian target SDG2 dengan mempromosikan sistem produksi pangan yang berkelanjutan, praktik pertanian yang tangguh, serta peningkatan keberlanjutan dan ketahanan terhadap perubahan iklim dan tantangan lingkungan lainnya.

I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang ada pada latar belakang di atas, maka dirumuskan masalah sebagai berikut “Bagaimana penggunaan sistem informasi geografis yang memanfaatkan algoritma *Nearest Neighbor Heuristic (NNH)* untuk memetakan rute *Drone* guna memastikan pemupukan dilakukan dengan waktu yang tepat dan efisiensi biaya yang optimal?”

I.3 Tujuan Tugas Akhir

Berdasarkan perumusan masalah yang ada, maka tujuan dari tugas akhir ini adalah Menerapkan sistem informasi geografis yang memanfaatkan algoritma *Nearest Neighbor Heuristic (NNH)* untuk merancang rute *Drone* yang optimal dalam operasi pemupukan di Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung.

I.4 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat dari membuat sistem informasi geografis pada kegiatan pemupukan di Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung:

1. Meningkatnya efisiensi penggunaan *Drone* dalam kegiatan pemupukan akan menghasilkan pemupukan yang tepat waktu, mengurangi keterlambatan dan mengoptimalkan penjadwalan operasional.
2. Implementasi algoritma *Nearest Neighbor Heuristic (NNH)* dalam sistem informasi geografis akan membantu dalam meminimalkan biaya operasional melalui perencanaan rute yang optimal dan efisien.
3. Meningkatnya kerjasama antara Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung dengan pihak ketiga sebagai operator *Drone* akan memastikan integrasi yang lebih baik, mendukung operasional yang lebih mulus dan terencana.
4. Peningkatan Kualitas Pemupukan: Dengan rute yang terencana secara efisien, diharapkan kualitas pemupukan tanaman teh dan kina akan meningkat, berdampak pada hasil panen yang lebih baik.
5. Operator *Drone* akan meningkatkan keterampilan dan pemahaman terkait GIS dan teknologi *Drone*, membuka peluang peningkatan profesionalisme dalam bidang terkait.

I.5 Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini diuraikan dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB 1 Pendahuluan

Pada bab ini menjelaskan latar belakang permasalahan yang dialami oleh PPTK Gambung, yang kemudian mengarah pada perumusan masalah, tujuan akhir, dan manfaat dari tugas akhir ini.

BAB II Landasan Teori

Pada bab ini berisikan teori-teori yang menjadi landasan dalam penulisan tugas akhir. Studi literatur yang relevan digunakan untuk mendukung alasan pemilihan metode yang akan dipakai, yaitu *Nearest Neighbor Heuristic (NNH)* untuk merancang rute *Drone* pemupukan, serta metode *Rapid Application Development (RAD)* untuk membantu proses pengembangan sistem informasi.

BAB III Metodologi Perancangan

Pada bab ini menguraikan langkah-langkah yang digunakan dalam Tugas Akhir dengan pendekatan model konseptual untuk memudahkan pemahaman terhadap permasalahan yang ada. Pendekatan ini bertujuan membentuk pola pikir yang lebih terfokus terhadap permasalahan yang sedang dibahas.

BAB IV Perancangan Sistem Terintegrasi

Pada bab ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu Identifikasi Kebutuhan dan Perancangan. Dalam bagian Identifikasi Kebutuhan, dijelaskan mengenai identifikasi kebutuhan bisnis termasuk identifikasi *Stakeholder*, pengumpulan kebutuhan pengguna, identifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional, model pengembangan prototipe dalam RAD, serta kesimpulan analisis kebutuhan. Sementara itu, dalam bagian Perancangan, diuraikan tentang desain konseptual aplikasi, desain arsitektur sistem, desain *Database*, desain antarmuka pengguna (UI), rencana pengujian prototipe, kesimpulan perancangan, pengembangan prototipe, dan implementasi fungsionalitas utama.

BAB V Validasi dan Evaluasi Hasil Rancangan

Pada bab ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu Pengujian Sistem dan Evaluasi dan Analisis. Dalam bagian Pengujian Sistem, dijelaskan mengenai pengujian fungsionalitas prototipe, evaluasi prototipe oleh pengguna, hasil pengujian dan evaluasi, serta kesimpulan implementasi dan pengujian. Dalam bagian Evaluasi dan Analisis, diuraikan mengenai evaluasi kesesuaian aplikasi dengan kebutuhan, evaluasi fungsi dan kinerja aplikasi, analisis hasil evaluasi dan penggunaan, pembahasan temuan dan implikasi, serta kesimpulan evaluasi dan analisis.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini menyimpulkan hasil yang diperoleh dari Tugas Akhir yang telah dilakukan serta memberikan rekomendasi untuk peneliti berikutnya.