

BAB I

PENDAHULUAN

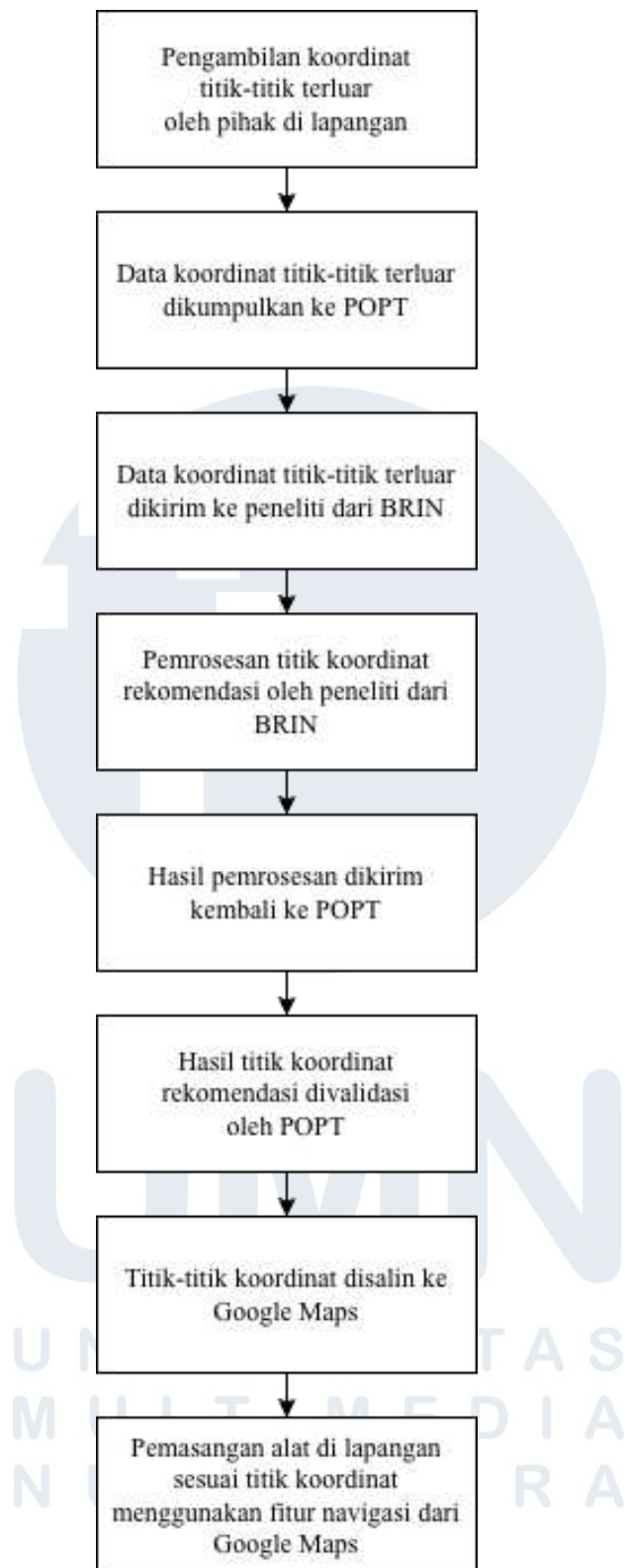
1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan produsen salak terbesar di dunia dengan volume produksi nasional mencapai lebih dari 1 juta ton per tahun [1]. Salak Indonesia, terutama varian Salak Pondoh, telah menembus pasar internasional seperti China, Kamboja, dan Australia [2]. Keberhasilan ekspor ini didukung oleh sentra produksi utama di Jawa Tengah, Yogyakarta, dan Sumatra Utara [1]. Salah satu penggerak utamanya adalah Paguyuban Mitra Turindo di Sleman, Yogyakarta, yang secara konsisten menjadi eksportir salak [3]. Namun, produktivitas petani salak di wilayah Turi, Sleman, saat ini terancam oleh serangan hama lalat buah (*Bactrocera sp.*) yang menurunkan hasil panen hingga 40%–60% [4]. Selain menurunkan produktivitas, serangan lalat buah juga menghambat pemenuhan persyaratan ekspor karena buah salak yang diekspor wajib bebas dari Organisme Pengganggu Tumbuhan (OPT). Dengan demikian, tingginya intensitas serangan lalat buah di wilayah produksi seperti Turi, Sleman, tidak hanya berdampak pada penurunan hasil panen, tetapi juga menjadi ancaman serius terhadap keberlanjutan ekspor salak Indonesia ke pasar internasional [5].

Salah satu strategi mitigasi yang efektif terhadap serangan lalat buah adalah penerapan *Area-Wide Management* (AWM). AWM adalah salah satu pendekatan pengendalian hama yang menargetkan pengendalian total populasi hama dalam suatu area yang telah dibatasi secara geografis [6]. Salah satu metode penerapan AWM terdiri dari teknik pemantauan (*monitoring*) dan penekanan populasi lalat buah (*suppression*) di wilayah yang telah dibatasi. AWM telah diaplikasikan pada kebun mangga di Australia, lalu dijadikan standar untuk pengendalian hama pada inang tersebut oleh Australian Centre for International Agricultural Research [7]. Strategi ini juga sudah mulai diterapkan pada tanaman mangga di Jawa Timur di 2024 [8]. Metode ini kemudian diadopsi untuk diterapkan pada perkebunan salak di Turi, Sleman, dengan menyesuaikan karakteristik tanaman tersebut sebagai inang target pengontrolan hama.

Metode AWM yang diadopsi memanfaatkan dua alat utama, yaitu *Steiner trap* dan *wooden block* yang dilumuri atraktan *methyl eugenol* dan insektisida untuk menarik lalat buah jantan [7]. *Steiner trap* adalah perangkap yang membunuh dan menampung lalat buah untuk dihitung jumlahnya guna keperluan *monitoring* populasi hama. Jumlah lalat buah mati di dalam perangkap akan dihitung setiap minggu dan dirata-ratakan untuk mencari *flies per trap per day* (FTD). Nilai FTD ini akan menentukan layak atau tidaknya hasil panen salak untuk diekspor [9]. Sementara itu, *wooden block* hanya membunuh lalat buah sebagai metode *suppression* untuk mengendalikan populasi lalat buah. Kedua alat ini dipasang di wilayah dengan luas 25 ha atau lebih dalam pola tertentu. Adopsi regulasi AWM disesuaikan untuk perkebunan Salak yang sifatnya lebih berdekatan dan heterogen dibandingkan kebun mangga di Australia. Regulasi ini menyatakan bahwa setiap area 4 ha dipasang 1 *Steiner trap*, sedangkan 1 *wooden block* dipasang setiap jarak 50 m di dalam area perkebunan, dan 1 *wooden block* dipasang setiap jarak 50 m di perbatasan area perkebunan. Pengaturan jarak dan pola pemasangan ini menjadi standar teknis yang harus diterapkan oleh para petani di lapangan.





Gambar 1.1 Tahapan proses AWM manual

Saat ini, penerapan AWM di Turi, Sleman, telah dilaksanakan oleh tiga kelompok tani, di mana dua di antaranya merupakan bagian dari Paguyuban Mitra Turindo, yakni kelompok tani Si Cantik dan Sido Makmur. Penerapan AWM di kelompok-kelompok tani tersebut melibatkan delapan tahapan yang melewati beberapa pihak berbeda, sebagaimana digambarkan pada Gambar 1.1. Proses dimulai dari (1) pengambilan koordinat titik-titik terluar oleh pihak di lapangan, dilanjutkan dengan (2) pengumpulan data koordinat tersebut kepada Pengendali Organisme Pengganggu Tumbuhan (POPT) Kabupaten Sleman, (3) pengiriman data koordinat tersebut dari POPT kepada peneliti dari Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), (4) pemrosesan titik koordinat rekomendasi oleh peneliti BRIN, (5) pengiriman kembali hasil pemrosesan tersebut kepada POPT, (6) validasi hasil titik koordinat rekomendasi oleh POPT, (7) penyalinan titik-titik koordinat yang telah divalidasi ke aplikasi Google Maps, hingga (8) pemasangan alat di lapangan sesuai titik koordinat menggunakan fitur navigasi Google Maps.

Di antara kedelapan tahapan tersebut, tahap 4 hingga 6—yaitu pemrosesan titik koordinat oleh peneliti BRIN, pengiriman kembali hasil pemrosesan kepada POPT, dan validasi hasil oleh POPT—merupakan rangkaian tahap yang paling banyak menyumbang jumlah langkah dalam keseluruhan alur, karena ketiganya tidak selalu dilalui hanya satu kali. Karena ada keterbatasan sumber daya di lapangan—terutama *methyl eugenol*—pelaksanaan AWM tidak dapat dilakukan serentak di keseluruhan area kelompok tani. Oleh karena itu, apabila jumlah titik koordinat yang diproses oleh peneliti melebihi ketersediaan sumber daya di lapangan, ketiga tahap tersebut harus diulang kembali sebagai satu siklus tambahan sebelum hasil akhirnya dapat disalin ke Google Maps dan digunakan di lapangan. Akibatnya, jumlah langkah birokrasi yang harus dilalui pihak di lapangan tidak berjalan satu arah dari data mentah ke titik rekomendasi final, melainkan dapat bertambah berulang kali. Rangkaian tahap 4–6 inilah yang menjadi titik hambatan utama dalam pemerataan AWM, karena ketergantungannya terhadap ketersediaan peneliti serta kemungkinan revisi berulang menjadikan jumlah langkah yang dilalui pihak di lapangan tidak pasti dan berpotensi terus bertambah setiap kali terjadi ketidaksesuaian dengan kondisi sumber daya.

Dalam ekosistem perlindungan tanaman nasional, POPT merupakan pejabat fungsional yang memegang peran operasional krusial. Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 80/Permentan/OT.140/12/2012, POPT bertanggung jawab dalam pengamatan, peramalan, rekomendasi pengendalian OPT di tingkat budidaya, dan dalam pemberdayaan kelembagaan petani [10]. Namun, beban kerja POPT yang sangat luas sering kali terhambat oleh proses analisis spasial yang masih bersifat manual dan birokratis. Hal ini menciptakan kesenjangan antara tingginya urgensi kebutuhan pemetaan area AWM yang luas dengan lambatnya kapasitas penyediaan koordinat spasial secara manual. Oleh karena itu, POPT Kabupaten Sleman memerlukan instrumen teknologi modern untuk mempercepat penentuan regulasi spasial di lapangan secara akurat.

Sebagai upaya mengatasi keterbatasan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *geographical information system* (GIS) yang dapat memberikan rekomendasi titik-titik koordinat untuk peletakan *Steiner trap* dan *wooden block* guna mengoptimalkan penerapan AWM di kelompok tani Paguyuban Mitra Turindo. Secara umum, GIS merupakan sistem berbasis komputer yang dirancang untuk membuat, mengelola, menganalisis, dan memetakan semua jenis data yang terkait erat dengan lokasi spasial atau geografis bumi [11] [12]. Sistem berbasis GIS ini dirancang untuk menampilkan hasil otomatisasi perhitungan spasial penempatan alat berdasarkan regulasi teknis AWM secara *real-time*. Melalui pemetaan digital yang akurat, proses birokrasi penentuan titik koordinat yang sebelumnya rumit dan melibatkan banyak tahapan berulang dapat dipangkas secara signifikan.

Agar hasil analisis spasial ini dapat diakses secara praktis oleh para petani di lapangan, sistem rekomendasi berbasis GIS ini kemudian diimplementasikan ke dalam sebuah aplikasi pintar bernama MySalak. MySalak merupakan sistem pertanian pintar berbasis *Artificial Intelligence of Things* (AIoT) yang dikembangkan oleh tim dari Universitas Multimedia Nusantara (UMN) dan Universitas Gadjah Mada (UGM) untuk membantu petani salak dalam mengatasi serangan hama lalat buah yang sering merugikan, terutama dalam hal kuota ekspor [13]. Saat ini, aplikasi MySalak telah dibekali dengan berbagai kapabilitas

operasional, mencakup fitur manajemen perangkat, sistem penghitung jumlah alat, serta pemantauan tren nilai FTD. Akan tetapi, belum ada fitur yang dapat memberikan rekomendasi titik pemasangan perangkat. Oleh karena itu, pengembangan sistem rekomendasi spasial berbasis GIS ini dirancang untuk menyempurnakan ekosistem aplikasi MySalak. Melalui integrasi antara komputasi lokasi penempatan GIS dengan fitur-fitur yang ada, proses pemantauan dan pengendalian hama diharapkan dapat berjalan secara lebih komprehensif, presisi, dan tepat sasaran.

Implementasi alur kerja GIS pada aplikasi MySalak dirancang secara bertahap demi menyesuaikan dengan kondisi riil dan keterbatasan kapasitas sumber daya para kelompok tani di lapangan. Karena keterbatasan tersebut, pemasangan sistem pengendalian AWM tidak dapat dilakukan secara serentak di seluruh area lahan kelompok tani yang sangat luas. Pertama, sistem GIS mengeksekusi perhitungan dan memunculkan titik-titik rekomendasi penempatan *Steiner trap* dan *wooden block* khusus untuk area zona tersebut. Lalu, pengguna dapat melakukan penentuan zona, yang memungkinkan petani atau pihak POPT untuk memetakan dan membagi wilayah kelompok tani ke dalam zona yang lebih kecil. Pembagian ini mempermudah perencanaan area mana yang akan dipasang perangkat terlebih dahulu.

Setelah zona target ditentukan, model algoritma spasial berbasis Python akan mengeksekusi perhitungan titik rekomendasi penempatan *Steiner trap* dan *wooden block*. Komputasi ini bekerja dengan memproyeksikan sistem koordinat [14] ke dalam bentuk grid datar untuk kalkulasi jarak secara akurat, menentukan orientasi lahan yang optimal [15], membangun pola grid yang mengakomodasi posisi perangkat yang sudah ada, serta menyaring titik berdasarkan batas jarak minimum regulasi spasial [7]. Hasil akhir dari algoritma ini berupa koordinat geografis presisi yang terintegrasi langsung dengan fitur navigasi pada aplikasi MySalak untuk memandu pihak di lapangan.

1.2 Pertanyaan Penelitian

1.2.1 Apakah sistem rekomendasi spasial berbasis GIS pada MySalak dapat mengurangi jumlah langkah birokrasi penentuan titik rekomendasi

koordinat pemasangan *Steiner trap* dan *wooden block*, khususnya pada tahap pemrosesan oleh peneliti BRIN dan validasi oleh POPT, dibandingkan proses manual?

1.3 Batasan Penelitian

- 1.3.1 Studi kasus dan data spasial perbatasan lahan saat ini difokuskan hanya pada area perkebunan milik Kelompok Tani Sumber Mulyo, yang merupakan bagian dari Paguyuban Mitra Turindo.
- 1.3.2 Karena keterbatasan waktu penelitian, pengujian sistem dibatasi pada wawancara dengan personel POPT terkait fungsionalitas aplikasi. Penelitian ini tidak mencakup implementasi pemasangan fisik alat di seluruh lahan nyata dan tidak mengukur dampak fluktuasi penurunan populasi hama lalat buah dalam jangka panjang.

1.4 Tujuan Penelitian

- 1.4.1 Mengembangkan dan mengintegrasikan sistem rekomendasi spasial berbasis GIS ke dalam aplikasi MySalak, yang dapat menghasilkan titik koordinat rekomendasi penempatan *Steiner trap* dan *wooden block* secara otomatis berdasarkan regulasi teknis AWM.
- 1.4.2 Mengevaluasi efektivitas sistem tersebut dalam mengurangi jumlah langkah birokrasi penentuan titik koordinat—khususnya pada tahap pemrosesan oleh peneliti BRIN serta pengiriman dan validasi hasil oleh POPT—dibandingkan dengan proses manual yang sebelumnya dilakukan oleh POPT.

1.5 Manfaat Penelitian

- 1.5.1 Bagi Petani: Mempermudah proses implementasi sistem AWM di tingkat budidaya melalui penyediaan panduan navigasi titik koordinat penempatan alat yang presisi dan sistematis.
- 1.5.2 Bagi Instansi Terkait (Dinas Pertanian/POPT): Meringankan beban kerja administratif dan analitik spasial yang sebelumnya bersifat manual. Otomatisasi ini memungkinkan proses penentuan regulasi spasial tata letak di lapangan menjadi lebih ringkas, terstandarisasi, dan mudah dipantau.

- 1.5.3 Skala Nasional (Pemerintah): Mendukung terjaminnya kualitas komoditas salak yang bebas dari OPT. Dengan penerapan regulasi AWM yang optimal, keberlanjutan ekspor salak Indonesia, khususnya pemenuhan standar fitosanitari yang ketat untuk pasar internasional, dapat terus ditingkatkan dan dipertahankan.
- 1.5.4 Bagi Tim Pengembang MySalak: Berkontribusi dalam menyempurnakan ekosistem fitur pada aplikasi MySalak melalui integrasi modul GIS. Penambahan modul ini meningkatkan kapabilitas sistem menjadi lebih komprehensif.

1.6 Sistematika Penulisan

1.6.1 BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memaparkan latar belakang masalah penelitian, pertanyaan penelitian, batasan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

1.6.2 BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan teori-teori terkait yang menjadi landasan penelitian, meliputi konsep pengendalian hama lalat buah pada tanaman salak, GIS, landasan komputasi algoritma spasial, serta tinjauan terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang relevan.

1.6.3 BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan perancangan solusi dan metode pengujian GIS yang dirancang untuk AWM.

1.6.4 BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini membahas spesifikasi sistem, implementasi solusi, dan pengujian & analisis solusi.

1.6.5 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan simpulan dan saran dari hasil penelitian.