

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu sektor penting dalam perekonomian Indonesia. Pada tahun 2023 luasan kebun kelapa sawit Indonesia berkisar 16,38 juta ha, dengan hasil *Crude Palm Oil* (CPO) berkisar 49 juta ton/th. Volume buah yang diangkut dari satu blok kebun 20 ha dengan Berat Jenjang Rata (BJR) 20 kg dapat mencapai 8 hingga 13 ton/hari. Pada perkebunan kelapa sawit, manajemen panen dan transport sangat menentukan kuantitas maupun kualitas Tandan Buah Segar (TBS) yang diolah oleh pabrik. Beberapa sistem mekanis yang sudah diterapkan guna menunjang manajemen dan infrastruktur panen perusahaan kelapa sawit antara lain sistem jaring (*net system*) dan *bin system* yang didukung dengan *grabber*. Sistem-sistem ini memerlukan investasi yang cukup besar dan mensyaratkan kondisi kebun yang terkelola dengan baik, sehingga masih banyak perusahaan kecil-menengah dan petani kelapa sawit termasuk koperasi petani yang belum menerapkannya [1].

Pada kebun perusahaan, dan terutama kebun petani yang belum menerapkan aplikasi pencatat digital, pencatatan jumlah TBS yang dipanen dan dimuat masih mendasarkan hitungan krani yang juga secara manual, dimana berpotensi adanya kesalahan manusia (*human error*). Selain pencatatan manual, di sistem pembelian TBS petani oleh tengkulak, penimbangan sering menggunakan timbangan yang tidak terkalibrasi, sehingga tidak dapat dijamin transparansinya [1]. Sehingga, salah satu permasalahan yang sering terjadi adalah penggelapan sawit selama proses pengangkutan. Saat ini, banyak perusahaan hanya melakukan penimbangan TBS ketika tiba di pabrik, tanpa ada verifikasi berat di tingkat kebun. Kasus pencurian TBS masih sering terjadi di perkebunan kelapa sawit Indonesia, khususnya pada area perkebunan yang dekat dengan kebun masyarakat, jalan raya, dan jalur air [2]. Kondisi ini menciptakan celah bagi oknum untuk mengambil sebagian sawit selama perjalanan, sehingga menyebabkan kerugian finansial yang signifikan.

Permasalahan ini diperparah oleh sulitnya memantau posisi truk secara *real-time* di lokasi perkebunan yang luas dan sering kali tidak memiliki sinyal internet yang stabil. Ketidaksesuaian data berat antara kebun dan pabrik bisa dimanfaatkan untuk melakukan penggelapan, karena tidak ada data yang membandingkan berat awal TBS di kebun dengan berat yang diterima di pabrik.

Dalam mengatasi masalah ini, diperlukan sistem yang mampu melakukan penimbangan TBS sejak di kebun, menyimpan data secara aman, dan memantau pergerakan truk secara *real-time*. Teknologi *embedded system* dan Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat menjadi solusi efektif untuk meningkatkan transparansi dan akurasi dalam proses ini. Dengan menggunakan timbangan pintar yang terintegrasi dengan perangkat GPS, data berat TBS dapat dicatat sejak di kebun dan dikirim ke pusat, memastikan tidak ada perubahan berat yang mencurigakan selama pengangkutan.

Selain itu, solusi ini harus mampu mendata setiap TBS secara individual, termasuk lokasi pengambilannya dari Tempat Pengumpulan Hasil (TPH), blok, dan afdeling yang terintegrasi dalam SIG. Dengan pendekatan ini, setiap TBS dapat ditelusuri asalnya secara detail, mulai dari TPH hingga ke pabrik, menciptakan transparansi penuh dalam rantai pasokan sawit. Pendekatan ini sejalan dengan konsep *Precision Farming*, yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas perkebunan dengan memanfaatkan data geografis dan sensor secara lebih presisi.

Dalam sistem yang mampu meningkatkan transparansi dan akurasi dalam pengelolaan distribusi TBS, terutama dalam aspek pencatatan berat dan pelacakan perjalanan truk dari kebun hingga ke pabrik. Pemanfaatan teknologi seperti timbangan pintar dan Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat menjadi langkah awal dalam menanggulangi permasalahan tersebut. Dengan adanya sistem yang mampu merekam data secara akurat sejak dari kebun, diharapkan penggelapan sawit dapat diminimalisir dan efisiensi rantai pasok dapat ditingkatkan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem terintegrasi untuk meningkatkan efisiensi dan transparansi dalam manajemen data perkebunan kelapa sawit. Permasalahan utama yang akan dipecahkan dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem untuk mengelola data perkebunan kelapa sawit, termasuk data master kebun (Afdeling, Blok, TPH) dan data pemanenan, mulai dari pencatatan di Tempat Pengumpulan Hasil (TPH) hingga proses penimbangan di pabrik, guna memastikan akurasi, validitas, dan integritas data?
2. Bagaimana mengembangkan sistem pelacakan pengangkutan Tandan Buah Segar (TBS) dari kebun hingga pabrik, untuk meningkatkan transparansi dan *traceability*?
3. Bagaimana menyajikan data hasil panen yang terintegrasi dengan data spasial untuk mendukung evaluasi produktivitas dan pengambilan keputusan strategis?

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan fokus pada tujuan yang telah ditetapkan, maka ruang lingkup permasalahan dibatasi sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada perancangan dan pembangunan aplikasi berbasis web *backend* dan *frontend*. Penelitian ini tidak mencakup pengembangan perangkat keras timbangan pintar maupun aplikasi *mobile* untuk pengiriman data, melainkan hanya berfokus pada sistem yang menerima dan mengolah data dari perangkat tersebut.
2. Data yang digunakan dalam pengembangan dan pengujian sistem bersifat *dummy*, yang diperoleh dari dua sumber yaitu perangkat timbangan pintar dan perangkat simulasi yang meniru fungsi timbangan. Data yang dikirim oleh timbangan mencakup berat Tandan Buah Segar (TBS) dan lokasi titik panen.

3. Pengolahan data dalam penelitian ini terbatas pada penyajian dan visualisasi data panen yang terintegrasi dengan data spasial untuk mendukung pemantauan produktivitas kebun. Penelitian ini tidak mengembangkan model prediktif.

D. Tujuan Penelitian

Dengan mengacu pada permasalahan yang telah dirumuskan, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui perancangan sistem yang lebih efektif untuk mengelola data perkebunan kelapa sawit, termasuk data master kebun (afdeling, blok, TPH) dan data pemanenan, mulai dari pencatatan di TPH (Tempat Pengumpulan Hasil) hingga proses penimbangan di pabrik, guna memastikan akurasi, validitas, dan integritas data.
2. Memberikan hasil berupa peningkatan transparansi dan *traceability* data dalam rantai pasok, mulai dari kebun hingga pabrik, untuk meminimalisir potensi kehilangan atau ketidaksesuaian data selama proses pengangkutan.
3. Mampu menyajikan data hasil panen yang terintegrasi dengan data spasial untuk mendukung evaluasi produktivitas dan pengambilan keputusan strategi.

E. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Iterative Software Development Lifecycle* (SDLC). Alasan pemilihan metode iteratif dalam pengembangan sistem ini didasarkan pada sifat permasalahan dan kebutuhan sistem yang bersifat kompleks dan dapat berkembang selama proses implementasi. Metode ini memungkinkan pengembangan sistem dilakukan secara bertahap dan berulang, sehingga hasil dari setiap tahap dapat dievaluasi dan disempurnakan pada iterasi berikutnya. Seperti dijelaskan oleh Hossain M [3], model iteratif memungkinkan fleksibilitas dan adaptasi terhadap perubahan kebutuhan, serta meningkatkan kualitas sistem secara progresif melalui evaluasi berkelanjutan. Adapun tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan dilakukan dengan mengidentifikasi permasalahan lapangan, menentukan kebutuhan fungsional dan non-fungsional, serta menetapkan batasan sistem. Proses ini didukung dengan use case diagram dan teknik observasi serta wawancara pengguna, lalu dirumuskan menjadi fitur dan arsitektur sistem yang terstruktur.

2. Perancangan Sistem

Mendesain arsitektur sistem *backend* dan *frontend*, termasuk perancangan basis data dengan PostgreSQL dan ekstensi PostGIS, serta desain API untuk komunikasi antara *backend*, *frontend* dan aplikasi *mobile*. Selain itu, merancang mekanisme sinkronisasi data dari aplikasi *mobile* yang menggunakan pendekatan *offline-first*.

3. Implementasi Sistem

Mengembangkan sistem *backend* menggunakan *framework* .NET dan *database* PostgreSQL, serta aplikasi *frontend* menggunakan Next.js. Implementasi fitur *real-time location tracking* menggunakan SignalR juga dilakukan pada tahap ini.

4. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan dengan cara mencoba langsung sistem dari sisi pengguna, pengguna disini merupakan pihak yang akan menggunakan pencatatan data sawit, pelacakan truk, dan akses *dashboard*. Kemudian memantau apakah semua fungsi berjalan sesuai harapan. Pendekatan ini disebut *black box testing*, karena yang diuji hanya apa yang terlihat dari luar, tanpa memeriksa isi kode program di dalamnya.

5. Evaluasi

Evaluasi dilakukan berdasarkan hasil pengujian fungsional sistem yang telah dilaksanakan. Fokus evaluasi terletak pada tingkat kesesuaian sistem, serta identifikasi potensi pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan kualitas dan fungsionalitas sistem di masa depan.

F. Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini disusun secara sistematis untuk memudahkan pembaca memahami alur penelitian yang dilakukan. Adapun sistematika penulisan pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. BAB I Pendahuluan

Berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan yang menjadi landasan awal penelitian.

2. BAB II Tinjauan Pustaka

Memaparkan teori-teori dan penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian, meliputi Sistem Informasi Geografis (SIG) dan teknik visualisasi data spasial, konsep *embedded system* dan teknologi penimbangan pintar, arsitektur sistem *backend* (dengan fokus pada platform .NET dan basis data PostgreSQL dengan PostGIS), arsitektur sistem *frontend*, serta teknologi komunikasi data *real-time* (seperti SignalR).

3. BAB III Landasan Teori

Membahas dasar-dasar teori yang mendukung pengembangan aplikasi berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dan *embedded system*. Teori-teori ini menjadi fondasi dalam merancang arsitektur sistem, teknologi yang digunakan, serta pendekatan integrasi data dari berbagai komponen perangkat lunak dan perangkat keras.

4. BAB IV Analisis dan Perancangan Sistem

Menguraikan analisis kebutuhan sistem, perancangan arsitektur sistem, basis data, API, serta desain antarmuka pengguna pada aplikasi.

5. BAB V Implementasi dan Pengujian Sistem

Menjelaskan proses pembangunan sistem, pengembangan *backend* dan *frontend*, serta hasil pengujian fungsi dan performa sistem.

6. BAB VI Kesimpulan dan Saran

Berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk pengembangan sistem di masa mendatang.