

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor logistik dan jasa pengiriman barang berkembang sangat cepat sejalan dengan meningkatnya transaksi perdagangan elektronik serta tuntutan akan distribusi yang efisien dan terpercaya. Dalam rangkaian proses tersebut, salah satu tahap yang sangat penting adalah Proof of Delivery (POD), yakni dokumentasi yang menyatakan bahwa barang telah diterima oleh pelanggan atau telah diserahkan sesuai dengan standar operasional yang berlaku.

Pada praktiknya, POD biasanya diwujudkan dalam bentuk foto proses pengantaran yang diambil kurir di titik tujuan, lengkap dengan penanda waktu serta koordinat geografis. Dokumentasi tersebut menjadi fondasi kepercayaan antara penyedia layanan logistik dan pelanggan, sekaligus rujukan dalam penanganan keluhan, pelaksanaan audit operasional, serta penilaian performa kurir. Karena itu, keabsahan dan mutu bukti POD sangat menentukan tingkat keandalan layanan logistik secara keseluruhan.

Di lapangan, verifikasi terhadap POD masih kerap dilakukan secara manual. Staf operasional atau auditor perlu meninjau setiap foto secara individual untuk memastikan kesesuaiannya dengan standar yang ditetapkan, seperti tingkat kejernihan foto, keberadaan paket di dalam foto, serta kecocokan lokasi pengambilan foto dengan alamat tujuan. Pendekatan manual ini memiliki berbagai kelemahan, di antaranya memakan waktu, berpotensi menimbulkan perbedaan penilaian antar pemeriksa, dan sulit diperluas ketika jumlah pengiriman meningkat secara signifikan. Permasalahan efisiensi dan skalabilitas dalam sistem logistik juga telah banyak dibahas dalam literatur manajemen rantai pasok yang kredibel, termasuk oleh (Bowersox dkk., 2013), yang menyoroti pentingnya otomasi dan integrasi sistem untuk meningkatkan kinerja operasional.

Data POD juga kerap mengandung berbagai kendala operasional. Di antaranya adalah paket yang salah kirim alamat, foto yang kurang tajam atau terlalu gelap, dokumentasi yang tidak memperlihatkan lokasi paket secara jelas, hingga pengambilan

foto pada titik lokasi yang tidak. Kondisi tersebut bisa disebabkan oleh faktor teknis maupun tidak dijalankan standar operasional yang telah ditetapkan. Tanpa sistem deteksi yang memadai, persoalan ini berisiko mengurangi tingkat kepercayaan pelanggan serta menambah beban kerja tim operasional dalam melakukan pengecekan dan klarifikasi.

Pendekatan berbasis kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) telah banyak diterapkan untuk membantu proses analisis data visual dan spasial secara cepat. Dalam konteks pengolahan citra, berbagai metode computer vision dan deep learning telah digunakan untuk menilai kualitas foto dan mendeteksi objek tertentu (Szeliski, 2011), (Redmon dkk., 2016). Sementara itu, pada data spasial dan koordinat geografis, pendekatan anomaly detection berbasis pembelajaran tidak pengawasan (unsupervised learning), seperti Isolation Forest, telah digunakan untuk mendeteksi pola lokasi yang menyimpang dari kondisi normal (F. T. Liu dkk., 2008).

Namun demikian, penggunaan satu jenis informasi saja (single-modal) sering kali tidak cukup untuk merepresentasikan kompleksitas kondisi dunia nyata. Foto yang terlihat benar secara visual belum tentu diambil pada lokasi yang tepat, dan sebaliknya, anomali lokasi belum tentu menunjukkan pelanggaran jika tidak didukung oleh konteks visual. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang mampu mengintegrasikan berbagai sumber informasi secara komplementer

Penelitian pendekatan multi-modal menawarkan solusi dengan menggabungkan beberapa jenis data, seperti citra dan spasial, untuk meningkatkan ketahanan dan keandalan sistem deteksi (Baltrušaitis dkk., 2019). Dengan mengombinasikan kualitas visual foto dan analisis anomali lokasi, sistem diharapkan mampu memberikan indikasi yang lebih akurat mengenai potensi anomali POD dibandingkan pendekatan single-modal

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini mengusulkan sistem deteksi anomali Proof of Delivery berbasis multi-modal yang mengintegrasikan analisis kualitas visual foto dan anomali lokasi pengambilan foto. Sistem ini dirancang sebagai alat bantu proses verifikasi POD secara lebih efisien dan konsisten, tanpa menggantikan peran manusia sepenuhnya dalam pengambilan keputusan akhir

Dalam praktik operasional logistik modern, Proof of Delivery (POD) tidak hanya berfungsi sebagai indikator bahwa proses pengantaran telah selesai, tetapi juga sebagai bukti yang mendukung akuntabilitas, transparansi, serta evaluasi kinerja layanan. Seiring meningkatnya volume pengiriman dan kompleksitas operasional, proses verifikasi POD yang dilakukan secara manual menjadi semakin tidak efisien dan berpotensi menghasilkan inkonsistensi penilaian. Di sisi lain, pendekatan berbasis analisis visual atau lokasi secara terpisah memiliki keterbatasan dalam menangkap keseluruhan konteks anomali, karena bukti visual dan informasi spasial saling melengkapi dalam menentukan validitas pengantaran. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang mampu mengintegrasikan kedua sumber informasi tersebut secara sistematis dan terukur.

Penelitian ini menjadi penting karena menawarkan evaluasi komprehensif terhadap integrasi multi-modal dalam konteks Proof of Delivery operasional nyata, dengan pembuktian kuantitatif melalui analisis perbandingan single-modal dan multi-modal. Pendekatan ini tidak hanya relevan dari sisi teknis, tetapi juga memiliki implikasi praktis dalam meningkatkan efisiensi proses verifikasi serta menjaga keseimbangan antara sensitivitas deteksi dan beban pemeriksaan lanjutan. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada penguatan praktik verifikasi operasional berbasis data, sekaligus memperkaya kajian penerapan deteksi anomali multi-modal pada domain logistik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan utama dalam penelitian ini adalah belum tersedianya mekanisme otomatis yang mampu mendeteksi kualitas foto bukti pengiriman (Proof of Delivery/POD) dan memvalidasi keakuratan titik lokasi pengantaran secara efektif dan efisien. Proses verifikasi yang masih dilakukan secara manual menyebabkan keterbatasan dalam hal kecepatan, konsistensi, dan skalabilitas, terutama pada volume data pengiriman yang banyak.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini merumuskan beberapa pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana performa pendekatan single-modal berbasis kualitas visual dalam mendeteksi anomali Proof of Delivery?

2. Sejauh mana pendekatan deteksi anomali lokasi berbasis jarak dan pembelajaran tidak terarah mampu mengidentifikasi penyimpangan lokasi pengambilan foto POD?
3. Bagaimana pengaruh integrasi multi-modal antara citra dan lokasi terhadap performa deteksi anomali POD?
4. Bagaimana trade-off antara precision dan recall pada sistem deteksi anomali POD berbasis multi-modal dalam konteks operasional logistik?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan mengevaluasi sebuah sistem berbasis kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) yang mampu melakukan deteksi kualitas foto bukti pengiriman (Proof of Delivery/POD) serta memvalidasi keakuratan titik lokasi pengantaran secara otomatis. Secara khusus, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis performa pendekatan single-modal berbasis kualitas visual dalam mendeteksi anomali Proof of Delivery berdasarkan metrik evaluasi kuantitatif.
2. Mengevaluasi kemampuan pendekatan deteksi anomali lokasi berbasis perhitungan jarak dan pembelajaran tidak terarah (unsupervised learning) dalam mengidentifikasi penyimpangan lokasi pengambilan foto POD.
3. Menganalisis pengaruh integrasi multi-modal antara informasi visual dan lokasi terhadap peningkatan performa deteksi anomali Proof of Delivery.
4. Mengidentifikasi dan mengevaluasi trade-off antara precision dan recall pada sistem deteksi anomali berbasis multi-modal dalam konteks operasional logistik.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik dari sisi akademis maupun praktis, khususnya dalam konteks penerapan kecerdasan buatan pada sistem pengantaran barang. Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1.4.1 Manfaat Akademis

- a. Memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang Ilmu Komputer, khususnya pada penerapan kecerdasan buatan di logistik dan pengantaran barang, melalui pemanfaatan computer vision dan analisis data spasial.
- b. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang membahas deteksi kualitas citra dan validasi data berbasis lokasi, terutama pada kasus penggunaan Proof of Delivery (POD) dalam sistem logistik.
- c. Menyediakan studi kasus berbasis data nyata (real-world data) yang dapat memperkaya literatur terkait implementasi AI pada sistem operasional industri, sehingga menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik.

1.4.2 Manfaat Praktis

- a. Membantu perusahaan jasa pengantaran barang dalam mengotomatisasi proses verifikasi foto POD dan geotag, sehingga dapat mengurangi ketergantungan pada proses pemeriksaan manual yang memakan waktu dan tenaga.
- b. Diharapkan meningkatkan kualitas dan keandalan data Proof of Delivery, sehingga dapat meminimalkan potensi sengketa dan meningkatkan kepercayaan pelanggan terhadap layanan pengantaran barang.
- c. Mendukung penerapan standar operasional prosedur (SOP) pengantaran barang secara konsisten, dengan menyediakan mekanisme deteksi dini terhadap data pengantaran yang tidak sesuai standar.
- d. Menyediakan dasar objektif untuk evaluasi dan penilaian kinerja kurir, yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam proses pembinaan, pelatihan, atau penilaian kinerja berbasis data.
- e. Meningkatkan efisiensi operasional perusahaan, baik dari sisi waktu verifikasi maupun pengelolaan sumber daya, melalui penerapan sistem berbasis kecerdasan buatan yang skalabel dan adaptif.

1.5 Ruang Lingkup Masalah

Ruang lingkup masalah dalam penelitian ini ditetapkan untuk membatasi pembahasan agar penelitian dapat dilakukan secara terarah dan fokus sesuai dengan

tujuan yang telah ditetapkan. Adapun ruang lingkup masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Penelitian ini difokuskan pada data Proof of Delivery (POD) berupa foto bukti pengiriman barang yang diunggah oleh kurir, beserta metadata pendukung yang tersimpan dalam sistem pengantaran barang.
- b. Analisis yang dilakukan pada foto POD dibatasi pada pendeteksian tingkat keburaman (blur) sebagai indikator kualitas foto, tanpa mempertimbangkan aspek kualitas citra lainnya seperti pencahayaan, sudut pengambilan foto, atau komposisi objek.
- c. Validasi lokasi pengambilan foto POD dibatasi pada analisis kesesuaian koordinat geotag terhadap lokasi tujuan pengiriman.
- d. Penelitian ini tidak membahas aspek keamanan atau manipulasi data GPS, seperti spoofing lokasi atau perubahan metadata secara sengaja, dan hanya berfokus pada deteksi ketidaksesuaian lokasi berdasarkan data yang tersedia.
- e. Sistem yang dikembangkan menggunakan pendekatan pemrosesan data secara batch (batch processing) melalui mekanisme penjadwalan (cron), sehingga penelitian ini tidak membahas pemrosesan data secara real-time.
- f. Penelitian ini hanya membahas proses deteksi dan klasifikasi kualitas foto serta validitas geotag, tanpa membahas kebijakan lanjutan perusahaan, seperti pemberian sanksi atau keputusan manajerial terhadap kurir.
- g. Data yang digunakan dalam penelitian merupakan data internal perusahaan jasa pengantaran barang yang telah disesuaikan dan dianonimkan, sehingga penelitian ini tidak membahas aspek privasi atau identitas pelanggan secara spesifik.
- h. Implementasi sistem dalam penelitian ini dibatasi pada lingkungan pengembangan (development environment) dan tidak mencakup aspek penerapan penuh pada lingkungan produksi (production environment).
- i. Format foto Proof of Delivery (POD) yang digunakan dalam penelitian ini merupakan format yang berlaku pada saat data dikumpulkan. Perubahan format foto yang terjadi setelah periode pengumpulan data tidak menjadi bagian dari ruang lingkup penelitian dan tidak mempengaruhi hasil serta kesimpulan yang diperoleh.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tesis ini disusun untuk memberikan gambaran umum mengenai alur pembahasan pada setiap bab sehingga memudahkan pembaca dalam memahami isi penelitian secara keseluruhan. Adapun sistematika penulisan tesis ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup masalah, serta sistematika penulisan sebagai dasar dan arah pelaksanaan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi landasan teori yang mendukung penelitian, meliputi konsep Proof of Delivery (POD), kualitas citra digital, deteksi keburaman citra, data geolokasi dan geotag, serta penerapan kecerdasan buatan dalam sistem logistik. Selain itu, bab ini juga memuat penelitian-penelitian terdahulu yang relevan sebagai dasar pengembangan penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode penelitian yang digunakan, meliputi tahapan penelitian, desain sistem, metode pengumpulan data, teknik pengolahan dan analisis data, serta metode yang digunakan dalam pendeteksian kualitas foto dan validasi geotag berbasis kecerdasan buatan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil implementasi sistem serta pembahasan terhadap hasil pengujian yang diperoleh. Pembahasan meliputi analisis kinerja sistem dalam mendeteksi kualitas foto POD dan kesesuaian geotag, serta evaluasi hasil berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian serta saran-saran yang dapat digunakan sebagai bahan pengembangan lebih lanjut terhadap sistem dan penelitian di masa mendatang.