

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan lebih dari 17.000 pulau yang saling terhubung melalui jaringan infrastruktur jalan. Terhitung sejak tahun 2014, pemerintah mulai melakukan pembangunan infrastruktur secara besar-besaran untuk membuat daya saing Indonesia meningkat. Dalam *IMD World Competitiveness Ranking* bidang infrastruktur, peringkat Indonesia naik dari 54 pada 2014 menjadi peringkat ke-27 pada 2024 [1]. Pembangunan infrastruktur yang kuat menjadi fondasi penting bagi pertumbuhan ekonomi berkelanjutan, baik di tingkat nasional maupun daerah. Oleh karena itu, optimalisasi pembangunan infrastruktur jalan menjadi langkah strategis untuk memperkuat konektivitas, meningkatkan efisiensi logistik, dan mendukung aktivitas ekonomi masyarakat secara keseluruhan [2].

Namun, di balik kemajuan ini, permasalahan kerusakan jalan seperti lubang, retakan, dan deformasi permukaan masih sering terjadi akibat faktor lingkungan, cuaca ekstrem, serta tingginya volume lalu lintas. Kondisi ini tidak hanya mengganggu kenyamanan berkendara, tetapi juga menimbulkan risiko kecelakaan yang membahayakan pengguna jalan, khususnya kendaraan roda dua [3].

Masalah ini tidak hanya menimbulkan kerugian materiel yang signifikan tetapi juga korban jiwa. Sebagai gambaran, data dari Dit Lintas Polda Metro Jaya untuk periode Januari-Mei 2021 saja mencatat kerugian finansial lebih dari Rp1 miliar, di mana puluhan kasus kecelakaan secara langsung disebabkan oleh jalan rusak dan berlubang [4]. Angka ini baru mencakup satu wilayah dalam periode singkat, mengindikasikan bahwa skala masalah sebenarnya di tingkat nasional jauh lebih besar.

Data terbaru pada tahun 2024 memperkuat urgensi masalah ini. Data dari Korlantas Polri menunjukkan terdapat 27.337 kejadian kecelakaan lalu lintas yang melibatkan angkutan barang sepanjang tahun 2024 [5]. Salah satu pemicu utamanya adalah maraknya praktik kendaraan *Over Dimension* dan *Over Loading* (ODOL). Menurut Menteri Perhubungan, Dudy Purwagandhi, kendaraan ODOL tidak hanya

menjadi penyebab kecelakaan fatal kedua tertinggi, tetapi juga merupakan penyebab utama kerusakan infrastruktur jalan. Biaya yang dibutuhkan untuk memperbaiki kerusakan jalan akibat praktik ini diperkirakan mencapai Rp 43,47 triliun per tahun.

Dalam hal ini, diperlukan sebuah solusi represif dalam penanganan kerusakan jalan. Di bidang teknologi, deteksi objek berbasis *computer vision* telah menjadi salah satu metode yang banyak digunakan untuk menyelesaikan berbagai permasalahan, termasuk pemantauan kondisi infrastruktur. Deteksi objek berbasis *deep learning* merupakan salah satu metode dalam pemrosesan gambar yang tidak hanya bertujuan untuk mengklasifikasikan objek, tetapi juga menentukan posisi dan identitas objek dalam gambar [6].

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mendeteksi dan mengidentifikasi kerusakan jalan menggunakan teknologi *computer vision*. Beberapa penelitian sebelumnya telah menerapkan metode deteksi objek berbasis *deep learning*, seperti *Convolutional Neural Networks* (CNN) [7] [8], untuk mendeteksi jenis kerusakan jalan dari citra atau video yang diambil menggunakan *drone* atau kamera kendaraan. Namun, pendekatan ini masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti tingginya kebutuhan komputasi, kecepatan deteksi yang belum optimal, serta tingkat akurasi yang masih bervariasi tergantung pada kondisi pencahayaan dan sudut pengambilan gambar. Pada penelitian klasifikasi citra jalan rusak menggunakan CNN yang dilakukan oleh Riyandi, dkk., [8] misalnya, akurasi terbaik diperoleh dari pelatihan menggunakan citra *grayscale*, dengan akurasi *training* sebesar 83% dan akurasi validasi mencapai 99%. Sementara itu, metode lain seperti filter *balance*, *mean*, dan *median* menghasilkan akurasi yang lebih rendah, yaitu: filter *balance* (*training* 53%, validasi 73%), filter *mean* (*training* 51%, validasi 66%), dan filter *median* (*training* 88%, validasi 93%). Hal ini menunjukkan bahwa metode CNN sangat bergantung pada tahap pra-pemrosesan data untuk mencapai akurasi tinggi, yang menjadi salah satu kelemahan ketika diterapkan di kondisi nyata yang bervariasi.

Seiring berkembangnya kebutuhan akan sistem deteksi kerusakan jalan yang efisien dan dapat diandalkan di berbagai kondisi nyata, YOLO (*You Only Look Once*) mulai banyak digunakan sebagai solusi alternatif yang unggul dalam hal

kecepatan dan akurasi. Penelitian oleh Jeong D. [9], menunjukkan keunggulan YOLOv5x untuk mendeteksi kerusakan jalan di berbagai negara. Model ini tidak hanya mencapai performa akurasi yang solid (mAP 0,584), tetapi juga menunjukkan efisiensi yang luar biasa dalam hal kecepatan pemrosesan dan penggunaan memori, yang sangat krusial untuk deteksi *real-time*.

Keunggulan YOLO dalam hal kecepatan dan efisiensi, seperti yang dibuktikan dalam penelitian Jeong D. [9], serta perkembangannya yang pesat dengan dirilisnya versi YOLOv9 hingga YOLOv11 pada tahun 2024, menempatkannya sebagai teknologi termutakhir untuk deteksi objek *real-time*. Namun, riset yang ada saat ini, termasuk studi internasional tersebut, mayoritas berfokus pada kondisi jalan di luar negeri. Padahal, karakteristik kerusakan jalan di Indonesia memiliki variasi unik yang dipengaruhi oleh faktor iklim tropis, kualitas material, dan beban lalu lintas yang berbeda.

Kondisi ini menciptakan kesenjangan riset (*research gap*) yang krusial yaitu kebutuhan akan model deteksi yang tidak hanya canggih, tetapi juga telah divalidasi dan diadaptasi (*fine-tuned*) secara spesifik untuk konteks lokal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menjawab kesenjangan tersebut dengan mengembangkan dan mengevaluasi performa model YOLOv11 dalam mendeteksi berbagai jenis kerusakan jalan di Indonesia. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi berupa solusi teknologi yang proaktif untuk meningkatkan efisiensi pemeliharaan jalan dan pada akhirnya, menjamin keselamatan pengguna secara lebih baik.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan dapat dirumuskan beberapa masalah dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana proses *fine-tuning* pada arsitektur YOLOv11 untuk membangun model pendeteksi kerusakan jalan yang optimal?
2. Bagaimana tingkat kinerja (*performance*) model YOLOv11 yang telah dilatih dalam mendeteksi setiap jenis kerusakan jalan berdasarkan metrik evaluasi standar?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk menerapkan proses *fine-tuning* pada arsitektur YOLOv11 sehingga menghasilkan model deteksi kerusakan jalan yang optimal.
2. Untuk mengevaluasi kinerja model YOLOv11 yang telah dilatih dalam mendeteksi masing-masing jenis kerusakan jalan (lubang, retakan, dan tambalan) dengan menggunakan metrik evaluasi standar.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Manfaat Akademis: Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem deteksi kerusakan jalan berbasis *computer vision* dengan menggunakan model YOLOv11. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi referensi bagi penelitian serupa, khususnya dalam penerapan algoritma YOLO untuk deteksi objek di berbagai domain.
2. Manfaat Praktis: Penelitian ini diharapkan membantu instansi terkait, seperti dinas pekerjaan umum, dalam memantau kondisi jalan secara lebih efektif dan efisien. Dengan menggunakan teknologi deteksi berbasis citra, proses identifikasi kerusakan jalan dapat dilakukan dengan lebih cepat dan akurat, sehingga mempercepat upaya perbaikan infrastruktur.
3. Manfaat Sosial: Penelitian ini diharapkan dapat mengurangi risiko kecelakaan lalu lintas akibat kerusakan jalan dengan menyediakan data yang lebih akurat tentang kondisi jalan. Hal ini mendukung terciptanya infrastruktur jalan yang lebih aman, nyaman, dan berkelanjutan, sehingga meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

1.5. Batasan Masalah

Untuk memastikan penelitian ini tetap fokus dan terarah, beberapa batasan masalah yang diterapkan adalah sebagai berikut:

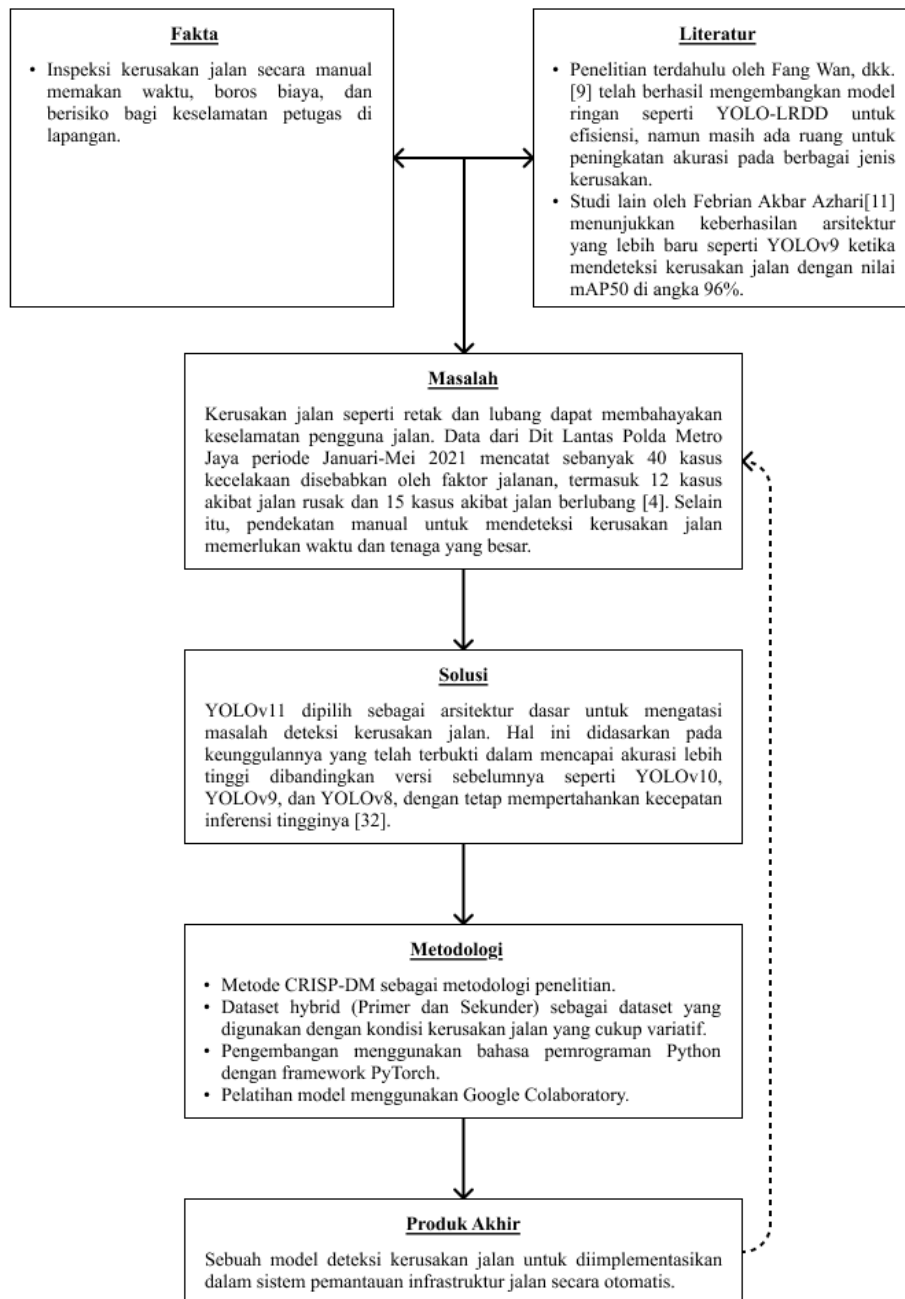
1. Penelitian ini hanya berfokus pada deteksi kerusakan jalan seperti lubang, retakan, dan tambalan. Kerusakan jalan yang bersifat struktural atau

memerlukan pengukuran mendalam tidak termasuk dalam cakupan penelitian ini.

2. Penelitian ini memfokuskan deteksi kerusakan pada jalan perkerasan, yang secara spesifik mencakup jalan beraspal dan jalan beton. Ruang lingkup ini dipilih karena kedua jenis perkerasan tersebut merupakan infrastruktur jalan yang paling dominan dan vital di Indonesia, sehingga kondisinya menjadi prioritas utama dalam program pemeliharaan oleh otoritas terkait. Dengan demikian, penelitian ini tidak mencakup kerusakan pada jalan non-perkerasan, seperti jalan tanah atau kerikil, yang memiliki mekanisme dan karakteristik kerusakan yang berbeda.
3. *Dataset* yang digunakan dalam penelitian terdiri dari gambar jalan yang telah dikumpulkan sebelumnya, baik dari sumber publik maupun hasil pengambilan data secara mandiri, dengan berbagai kondisi pencahayaan dan sudut pandang yang memadai.
4. Implementasi model dilakukan dalam lingkungan berbasis komputer, tanpa pengujian langsung pada perangkat *real-time* atau integrasi dengan perangkat navigasi seperti sistem kendaraan.

1.6. Kerangka Pemikiran

Kerangka berpikir merupakan rangkaian pemikiran yang disusun secara sistematis untuk menjelaskan informasi dari perumusan masalah yang akan diatasi melalui pendekatan penelitian. Kerangka ini berfungsi untuk mempercepat pemahaman secara logis serta menjadi dasar bagi struktur penelitian yang dilakukan. Ilustrasi kerangka pemikiran pada penelitian ini dapat dilihat melalui gambar berikut.



Gambar 1.1 Kerangka Pemikiran

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini terdiri dari 6 bab dengan rincian sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, kerangka pemikiran, dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN LITERATUR

Bab ini berisi tinjauan pustaka dan teori-teori yang relevan dalam proses penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode dan tahapan-tahapan yang dilakukan selama penelitian mengenai penerapan model YOLOv11 untuk deteksi kerusakan jalan berbasis *computer vision*. Termasuk di dalamnya adalah tahapan pengumpulan data, pelabelan data, pelatihan model, dan evaluasi performa.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil pengujian model deteksi kerusakan jalan, termasuk kinerja model serta kemampuan deteksi pada berbagai jenis kerusakan seperti retakan dan lubang.

BAB V PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan dari penelitian, mencakup pencapaian utama dan evaluasi efektivitas sistem deteksi kerusakan jalan berbasis YOLOv11 serta saran untuk penelitian lebih lanjut, seperti pengembangan *dataset* atau eksplorasi algoritma lain untuk meningkatkan performa.

DAFTAR PUSTAKA