

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Infrastruktur jalan merupakan objek vital dalam mendukung konektivitas sosial maupun ekonomi antar kabupaten, kota, ataupun provinsi. Perannya sebagai penyokong perputaran roda ekonomi dalam mendukung moda sarana transportasi untuk menjamin baik distribusi barang maupun jasa dalam hal mendukung mobilitas masyarakat, menunjukkan betapa pentingnya kondisi infrastruktur jalan untuk menjamin keberlangsungan kegiatan sehari-hari dan keselamatan penggunaannya [1]. Oleh karena itu, pemeliharaan kondisi jalan menjadi aspek penting karena penurunan kualitas jalan tidak hanya menghambat aksesibilitas, tetapi juga berdampak langsung pada keamanan pengguna jalan [2], [3].

Kondisi infrastruktur jalan perlu menjadi prioritas utama pengelolanya, terkhususnya untuk ruas-ruas jalan utama yang dibangun dan dipelihara oleh pemerintah, yakni jalan nasional, jalan provinsi, dan jalan kabupaten/kota. Setiap jenis ruas jalan tersebut berbeda dalam hal intensitas kepadatan lalu lintas yang melalui tiap jenis jalan. Volume ragam jenis kendaraan, meliputi kendaraan roda dua dan kendaraan besar yang mengangkut volume beban tinggi, juga berbeda pada tiap jenis jalan. Jalan nasional yang adalah jalan penghubung antar ibu kota provinsi merupakan tulang punggung logistik dan transportasi nasional dengan tingkat kepadatan lalu lintas lebih tinggi dibandingkan jenis ruas jalan pemerintah lainnya. Berdasarkan data dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), panjang total jalan nasional 2025 mencapai 47.604,25 km. Adapun data historis lima tahun terakhir (2021–2025) kondisi jalan nasional adalah sebagai berikut :

U N I V E R S I T A S
M U L T I M E D I A
N U S A N T A R A

Tabel 1.1. Persentase Kondisi Jalan Tahun 2021-2025

Kategori	2021	2022	2023	2024	2025
Kondisi Permukaan Jalan					
Baik	38,96%	35,72%	37,91%	41,95%	37,51%
Sedang	52,16%	54,50%	54,33%	53,26%	56,14%
Rusak Ringan	5,92%	6,45%	5,99%	3,65%	4,91%
Rusak Berat	2,96%	2,88%	1,78%	1,14%	1,44%

Sumber: [4], [5], [6], [7], [8]

Kondisi permukaan jalan dengan kategori baik terlihat berangsur meningkat sejak tahun 2022 hingga tahun 2024, tetapi kondisi jalan baik pada tahun 2025 berkurang sebesar 10,58%. Di sisi lain, kondisi jalan rusak ringan dan rusak berat meningkat sebesar 34,52% dan 26,32% secara berurutan. Meskipun persentase kondisi jalan dari total keseluruhan ruas jalan nasional masih didominasi dengan permukaan jalan kondisi sedang, peningkatan persentase kondisi rusak ringan dan rusak berat tidak bisa diacuhkan.

Bentuk kerusakan yang umum dijumpai meliputi retak (*cracks*) dan lubang (*potholes*) [9]. Kerusakan seperti lubang dapat menyebabkan kecelakaan berkendara, serta menimbulkan kerugian ekonomi akibat meningkatnya waktu tempuh dan biaya operasional kendaraan [3], [10]. Oleh karena itu, tipe kerusakan jalan menjadi parameter penting dalam menentukan metode perbaikan yang tepat [11].

Secara konvensional, pemantauan kondisi jalan ini sudah sering dilakukan dengan inspeksi jalan secara manual oleh tenaga ahli di lapangan. Meskipun metode ini umum digunakan, masih ada keterbatasan signifikan dalam hal efisiensi waktu dan biaya yang besar [1], [12]. Mengingat luasnya jaringan jalan yang harus diperiksa, metode manual sering kali tidak mampu memberikan data yang cepat dan kontinu, sehingga kerusakan dini sering kali terlambat dideteksi dan berkembang menjadi kerusakan yang lebih parah [12].

Perkembangan teknologi *computer vision* berbasis deep learning menawarkan solusi otomatisasi deteksi kerusakan jalan yang lebih efisien. Salah satu inovasi terkini adalah arsitektur *Detection Transformer* (DETR) yang mampu melakukan deteksi objek secara *end-to-end* tanpa bergantung pada komponen *Non-Maximum Suppression* (NMS), sehingga meningkatkan efisiensi proses inferensi [13]. Pemilihan DETR didasarkan pada keunggulannya dalam

memberikan kecepatan pemrosesan yang lebih tinggi dibandingkan model deteksi objek lainnya [14]. Pengembangan varian khusus seperti Pavement-DETR telah terbukti mampu mengenali berbagai tipe cacat perkerasan dengan tingkat presisi tinggi dalam kondisi lingkungan yang kompleks [15]. Penggunaan model ini memungkinkan identifikasi tipe kerusakan dilakukan secara otomatis dan real-time [15], [12].

Selain klasifikasi tipe kerusakan, estimasi tingkat keparahan memerlukan informasi kedalaman yang akurat. Implementasi *depth estimation* seperti kerangka kerja MiDaS memungkinkan prediksi informasi spasial atau kedalaman relatif dari gambar tunggal (*single-image*) dengan kemampuan generalisasi yang sangat baik di berbagai domain [10]. Integrasi data kedalaman ini sangat krusial untuk mengkarakterisasi tingkat kerusakan, terutama untuk mendeteksi volume lubang atau kedalaman retakan yang menjadi indikator keparahan [16].

Urgensi penelitian ini terletak pada perlunya sistem inspeksi jalan otomatis yang komprehensif, yang tidak hanya mampu mendeteksi tipe kerusakan tetapi juga mengestimasi tingkat keparahannya secara umum. Dengan mengimplementasikan DETR untuk deteksi objek dan MiDaS untuk estimasi kedalaman, penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi yang efisien untuk mendukung manajemen pemeliharaan jalan. Penerapan teknologi ini sangat relevan untuk mendukung efisiensi biaya dan waktu dalam menjaga keberlanjutan infrastruktur transportasi nasional [12], melalui model ini, masyarakat diharapkan dapat membantu pihak atau dinas terkait dalam mendeteksi dan memetakan kerusakan jalan dengan unggahan foto dalam laporan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, dapat dirumuskan beberapa masalah terkait implementasi sistem identifikasi tipe kerusakan jalan sekaligus memperkirakan tingkat keparahannya, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah seperti berikut:

1. Bagaimana cara mengidentifikasi tipe kerusakan jalan pada gambar?
2. Bagaimana cara mengestimasi tingkat keparahan kerusakan jalan dengan estimasi kedalaman?
3. Bagaimana cara mengolah *output* dari model RF-DETR dan MiDaS?

1.3 Batasan Permasalahan

Agar penelitian ini lebih terarah dan terfokus, maka ditetapkan beberapa batasan permasalahan sebagai berikut:

1. Penelitian hanya difokuskan pada kerusakan yang terjadi pada permukaan jalan beraspal.
2. Jenis kerusakan yang dianalisis terbatas pada kerusakan jalan dalam kondisi jalan tidak tergenang.
3. Pengambilan data gambar atau video dilakukan pada kondisi pencahayaan dengan cuaca cerah.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan teknik yang tepat untuk mengidentifikasi tipe kerusakan jalan pada gambar.
2. Membangun sistem yang mampu mengestimasi tingkat keparahan kerusakan jalan berdasarkan estimasi kedalaman dari data visual.
3. Memberikan evaluasi terhadap kinerja sistem dalam mengidentifikasi tipe dan mengestimasi tingkat keparahan kerusakan jalan serta mengolah hasil output yang dihasilkan.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak, antara lain:

1. Menjadi referensi dalam pengembangan sistem inspeksi infrastruktur otomatis.
2. Mempercepat proses survei kondisi jalan yang selama ini dilakukan secara manual, sehingga lebih efisien dari segi waktu dan biaya.
3. Membantu menentukan skala prioritas perbaikan jalan berdasarkan estimasi tingkat keparahan yang dihasilkan secara otomatis.

4. Meningkatkan keselamatan berkendara dengan mempercepat deteksi dan perbaikan kerusakan jalan (seperti lubang atau retak parah) untuk meminimalisir risiko kecelakaan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan adalah sebagai berikut:

- Bab 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang pemilihan judul, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan laporan.

- Bab 2 LANDASAN TEORI

Bab ini memuat teori-teori dasar pendukung yang digunakan dalam penelitian, meliputi konsep *computer vision*, arsitektur *Detection Transformer* (DETR), estimasi kedalaman menggunakan *Monocular Depth Estimation* (MiDaS), serta perangkat lunak pengembangan seperti Python, Visual Studio Code, Roboflow, Streamlit, dan Overleaf.

- Bab 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan dan alur pelaksanaan penelitian, mulai dari pengumpulan data gambar kerusakan jalan, proses *preprocessing* dan *labeling* data menggunakan Roboflow, perancangan arsitektur sistem deteksi, hingga skenario pengujian model.

- Bab 4 HASIL DAN DISKUSI

Bab ini menyajikan hasil implementasi sistem, evaluasi performa model DETR dalam mendeteksi tipe kerusakan jalan (seperti nilai *precision*, *recall*, dan mAP), serta analisis kuantitatif dan visual dari hasil estimasi tingkat keparahan kedalaman menggunakan model MiDaS.

- Bab 5 SIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan akhir dari seluruh hasil pengujian model DETR dan MiDaS yang telah dilakukan, serta saran-saran yang direkomendasikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.