

BAB I **PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang

Perkembangan *machine learning* dan *deep learning* telah memberikan kontribusi besar dalam berbagai bidang, termasuk pengolahan citra, pengenalan objek, dan analisis visual berbasis data. Dalam konteks ini, *CNN* menjadi arsitektur utama yang mampu mengekstraksi fitur kompleks dari citra untuk tugas klasifikasi dan deteksi objek. Secara global, pasar teknologi kecerdasan buatan (AI) diperkirakan mencapai USD 371,71 miliar pada tahun 2025 dan tumbuh hingga USD 2.407,02 miliar pada tahun 2032, dengan laju pertumbuhan tahunan gabungan (CAGR) sekitar 30,6 % [1]. *CNN* seperti VGG, ResNet, dan EfficientNet telah banyak digunakan, namun efisiensi komputasi menjadi tantangan utama, terutama untuk implementasi real-time di perangkat terbatas seperti ponsel pintar atau UAV. Hal ini mendorong pengembangan model ringan seperti *MobileNet* yang menawarkan keseimbangan antara akurasi dan efisiensi daya komputasi dalam sistem berbasis visi komputer [2].

Salah satu varian paling populer adalah *MobileNetV2*, yang diperkenalkan dengan konsep *inverted residual* dan *linear bottleneck* untuk meningkatkan efisiensi jaringan tanpa mengorbankan akurasi. *MobileNetV2* telah banyak diadaptasi dalam berbagai aplikasi seperti klasifikasi citra, segmentasi objek, dan pendeteksian kerusakan infrastruktur. Misalnya, penelitian oleh Hui et al. menunjukkan bahwa *MobileNetV2* mampu mengidentifikasi retakan beton dengan akurasi tinggi menggunakan teknik *adaptive thresholding* [3]. Selain itu, Qiu et al. mengembangkan jaringan *multimodal fusion* berbasis *MobileNetV2* untuk segmentasi retakan jalan, menunjukkan peningkatan signifikan dalam efisiensi pelatihan dan performa segmentasi [4].

Penelitian ini berfokus pada analisis performa model *MobileNetV2* untuk deteksi kerusakan jalan, dengan menggunakan dataset *Road Damage Classification and Assessment*. Evaluasi dilakukan menggunakan metrik akurasi, presisi, recall,

dan F1-score untuk menilai efektivitas model dalam mengenali berbagai tipe kerusakan seperti retakan, lubang, dan deformasi permukaan. Studi sebelumnya oleh Firdaus & Sudibyo menunjukkan bahwa kombinasi *SSD-MobileNetV2* dapat meningkatkan performa deteksi dengan optimasi *grid search*[5], sementara Wibowo & Susanto melaporkan bahwa *MobileNetV2* menghasilkan akurasi terbaik dibandingkan model lain seperti *VGG19* dalam deteksi kerusakan jalan berbasis citra[6].

Meskipun demikian, terdapat keterbatasan penelitian sebelumnya, antara lain belum adanya analisis mendalam mengenai kinerja *MobileNetV2* secara spesifik terhadap dataset *Road Damage Classification and Assessment* dan kurangnya evaluasi berdasarkan metrik kuantitatif yang komprehensif. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan melakukan analisis kuantitatif performa *MobileNetV2* pada deteksi kerusakan jalan. Secara teoritis, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan ilmu di bidang visi komputer untuk infrastruktur cerdas, sedangkan secara praktis dapat menjadi dasar pengembangan aplikasi pemantauan kondisi jalan otomatis yang efisien, akurat, dan mudah diimplementasikan di lapangan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

1. Seberapa tinggi tingkat akurasi, presisi, recall, dan F1-score yang dicapai oleh model *MobileNetV2* dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan jenis kerusakan jalan menggunakan dataset *Road Damage Classification and Assessment*?
2. Jenis kerusakan jalan apa yang paling sulit dikenali oleh model *MobileNetV2*?
3. Bagaimana pengaruh penerapan teknik pra-pemrosesan dan augmentasi data terhadap peningkatan performa deteksi model *MobileNetV2*?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini difokuskan untuk menganalisis performa model *deep learning* berbasis *MobileNetV2* dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan jenis kerusakan jalan menggunakan citra digital. Agar penelitian ini terarah, efisien, serta menghasilkan temuan yang terukur dan realistis, maka ruang lingkup dan batasan penelitian ditetapkan secara spesifik sebagai berikut:

1. Variabel utama penelitian terbatas pada pengujian performa model CNN jenis *MobileNetV2*, dengan metrik evaluasi yang digunakan meliputi akurasi, presisi, recall, dan F1-score. Penelitian tidak membahas arsitektur lain seperti *ResNet*, *EfficientNet*, atau *YOLO* secara komparatif.
2. Dataset yang digunakan adalah *Road Damage Classification and Assessment* yang bersumber dari platform *Kaggle*, dengan total ribuan citra jalan yang dikategorikan ke dalam beberapa kelas kerusakan seperti retakan (*crack*), lubang (*pothole*), dan deformasi permukaan. Dataset ini digunakan secara penuh untuk keperluan pelatihan, validasi, dan pengujian model tanpa pengambilan data lapangan tambahan.
3. Ruang lingkup wilayah penelitian bersifat global berdasarkan citra dalam dataset, bukan spesifik pada satu lokasi geografis di Indonesia. Namun, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi dan diadaptasi untuk kondisi infrastruktur jalan nasional.
4. Tahapan pemrosesan data citra mencakup *resizing*, *normalization*, dan *data augmentation* seperti *rotation*, *flipping*, dan *brightness adjustment*, sedangkan tahap segmentasi citra atau deteksi berbasis *bounding box* tidak termasuk dalam cakupan penelitian ini.
5. Eksperimen dilakukan pada lingkungan komputasi terbatas dengan menggunakan *framework TensorFlow/Keras*, serta parameter pelatihan seperti *batch size*, *learning rate*, dan jumlah *epochs* yang ditetapkan secara konstan agar hasil penelitian dapat direplikasi.
6. Fokus penelitian bersifat analitis dan eksperimental, bukan pada

pengembangan sistem aplikasi lapangan atau integrasi perangkat keras (*edge deployment*), melainkan pada pengujian performa model secara komputasional terhadap data citra yang tersedia.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk mencapai hasil yang terukur dan memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan sistem deteksi kerusakan jalan berbasis *deep learning*. Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menilai performa model *MobileNetV2* dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan jenis kerusakan jalan menggunakan dataset *Road Damage Classification and Assessment* berdasarkan metrik evaluasi kuantitatif, yaitu akurasi, presisi, recall, dan F1-score, guna memperoleh gambaran tingkat efektivitas model secara empiris.
2. Mengidentifikasi jenis kerusakan jalan yang paling sulit dikenali oleh model *MobileNetV2* dengan menganalisis pola kesalahan klasifikasi dan distribusi performa antar kelas, sehingga dapat diketahui karakteristik citra atau kelas yang menyebabkan penurunan akurasi deteksi.
3. Menganalisis pengaruh penerapan teknik pra-pemrosesan dan augmentasi data terhadap peningkatan performa model *MobileNetV2*, untuk menentukan strategi optimal dalam memperbaiki kemampuan generalisasi dan akurasi sistem deteksi otomatis kerusakan jalan.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi baik dari segi pengembangan ilmu pengetahuan (manfaat teoritis) maupun penerapan langsung di lapangan (manfaat praktis). Manfaat dari penelitian ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

Secara teoritis, penelitian ini berkontribusi dalam memperkaya literatur dan pengetahuan di bidang *computer vision* dan *deep learning*, khususnya pada

penerapan model ringan *lightweight CNN* untuk deteksi kerusakan infrastruktur jalan. Kajian ini memberikan bukti empiris mengenai kemampuan arsitektur *MobileNetV2* dalam mengklasifikasikan berbagai jenis kerusakan jalan berdasarkan citra visual dengan tingkat akurasi yang terukur.

Selain itu, hasil penelitian ini dapat memperluas pemahaman tentang bagaimana teknik pra-pemrosesan dan *data augmentation* berpengaruh terhadap performa model dalam konteks dataset dunia nyata yang bersifat tidak seimbang (*imbalanced dataset*). Dengan demikian, penelitian ini berpotensi memperkaya konsep dan teori mengenai efisiensi model CNN pada domain deteksi kerusakan struktural, yang sebelumnya lebih banyak berfokus pada model berat seperti *ResNet* atau *EfficientNet*.

Secara konseptual, penelitian ini juga dapat menjadi rujukan bagi pengembangan pendekatan *AI for Infrastructure Maintenance*, yaitu integrasi kecerdasan buatan dalam pemeliharaan infrastruktur transportasi. Temuan empirisnya dapat digunakan sebagai dasar bagi penelitian lanjutan dalam bidang pengembangan model deteksi otomatis, optimasi arsitektur ringan, maupun penerapan *edge computing* untuk pemantauan kondisi jalan secara *real-time*.

2. Manfaat Praktis

Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat nyata bagi berbagai pihak, antara lain:

- a. Bagi instansi pemerintah, khususnya Kementerian PUPR dan Dinas Bina Marga, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dalam pengembangan sistem pemantauan jalan otomatis berbasis *image recognition*, guna mempercepat proses deteksi dan pelaporan kerusakan jalan tanpa perlu inspeksi manual.
- b. Bagi peneliti dan akademisi, penelitian ini menyediakan acuan empiris terkait implementasi dan optimasi model *MobileNetV2* pada domain

deteksi kerusakan jalan, yang dapat dijadikan dasar untuk pengembangan model yang lebih akurat atau efisien di masa mendatang.

- c. Bagi praktisi teknologi dan pengembang sistem cerdas, penelitian ini memberikan panduan teknis mengenai penerapan *deep learning pipeline* (meliputi *preprocessing*, augmentasi data, dan evaluasi performa) yang dapat diadaptasi ke berbagai proyek analisis citra infrastruktur.
- d. Bagi masyarakat umum dan pengguna jalan, hasil penelitian ini secara tidak langsung mendukung peningkatan keselamatan dan kenyamanan berkendara melalui sistem deteksi kerusakan yang lebih cepat dan objektif, sehingga perbaikan jalan dapat dilakukan lebih efisien dan tepat sasaran.
- e. Bagi pemerintah daerah atau lembaga swasta, temuan penelitian ini dapat menjadi dasar dalam pembuatan aplikasi berbasis AI yang mampu mengidentifikasi kondisi jalan secara otomatis menggunakan kamera ponsel atau drone, membantu proses survei kondisi jalan di berbagai wilayah secara hemat waktu dan biaya.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari lima bab utama yang masing-masing memiliki uraian sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN, berisi Latar Belakang, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan Penelitian, Manfaat Penelitian, serta Sistematika Penulisan. Bab ini menjelaskan konteks umum, urgensi, dan arah dari penelitian yang dilakukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, Bab ini memuat Studi Literatur yang menjelaskan hasil-hasil penelitian sebelumnya yang relevan serta membandingkan dengan penelitian ini, diikuti dengan Dasar Teori yang mendukung pendekatan metodologis dan teknis penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN, Bab ini menjelaskan Objek Penelitian, Alur atau Tahapan Penelitian, serta Alat dan Bahan yang digunakan. Penjelasan

mencakup metode pengumpulan data, pra-pemrosesan, pelatihan model, dan evaluasi.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, Bab ini menyajikan hasil eksperimen dan analisis performa model *MobileNetV2* pada data uji. Hasil ditampilkan dalam bentuk metrik akurasi, presisi, recall, dan F1-score untuk setiap kelas kerusakan, disertai *confusion matrix* dan grafik visualisasi kelas kerusakan yang paling sulit dikenali.

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk pengembangan lebih lanjut, baik dari segi metodologi, implementasi, maupun potensi penerapan di masa depan.

