

Road Damage and Potholes Detection

Disusun oleh :

1. Akyas Auladiansyah - 17231052
2. Lisan Shidqi Farizan - 17231044
3. Muhammad Ramayandra Y R - 17231010
4. Rifqi Dyas Aqil Prasetyo - 17231020
5. Risky Dharmawan Prihadi - 17231050

Latar Belakang

Kondisi infrastruktur jalan merupakan salah satu faktor penting dalam menunjang keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan. Namun, di banyak wilayah masih ditemukan kerusakan jalan seperti lubang, retakan, dan permukaan yang tidak rata. Lubang jalan menjadi salah satu penyebab utama kecelakaan lalu lintas, kerusakan kendaraan, serta kemacetan, terutama Ketika tidak terdeteksi sejak awal oleh pihak terkait.

Selama ini, proses pemantauan kondisi jalan masih banyak dilakukan secara manual melalui survey lapangan. Metode tersebut membutuhkan waktu, biaya, serta sumber daya manusia yang besar,, sehingga sering kali tidak efisien dan tidak mampu mencakup area yang luas secara cepat. Selain itu, keterlambatan dalam pendeteksian lubang jala dapat memperparah kerusakan dan meningkatkan risiko kecelakaan.

Perkembangan teknologi *Artificial Intelligence* (AI), khususnya pada bidang *Computer Vision*, membuka peluang untuk mengatasi permasalahan tersebut. Dengan memanfaatkan citra jalan yang diambil, AI dapat dilatih untuk mengenali dan memprediksi keberadaan lubang jalan secara otomatis. Pendekatan berbasis citra memungkinkan proses pemantauan dilakukan secara *real time*, lebih cepat, dan lebih akurat dibandingkan metode konvensional.

Dengan meningkatnya ketersediaan data citra digital, kemajuan teknologi pengolahan citra, dan juga perkembangan teknologi AI, pendekatan berbasis visual mulai banyak digunakan untuk membantu proses identifikasi kerusakan jalan. Analisis citra memungkinkan sistem untuk mengenali karakteristik visual permukaan jalan secara lebih objektif dan konsisten, sehingga berpotensi mendukung proses pemantauan kondisi jalan secara lebih efisien.

Tujuan Proyek

Tujuan dari proyek ini sebagai berikut :

- **Mempermudah dalam pemantaun infrastruktur** : dengan menggunakan teknologi AI, pemantauan dapat dilakukan dengan cepat dan juga mempermudah dalam pengerjaan

- **Implementasi nyata teknologi AI** : menggunakan model AI untuk terjun langsung ke dalam dunia infrastruktur, yang berfungsi sebagai bentuk penerapan nyata dari teknologi AI
- **Perancangan sistem klasifikasi visual**: Menciptakan program kecerdasan buatan yang secara spesifik mampu menerima dan mengolah data input berupa citra video ataupun foto untuk melakukan pengklasifikasian kondisi jalan

Dataset dan Sumber Data

Dataset yang digunakan dalam proyek ini berasal dari beberapa sumber untuk memastikan variasi data yang cukup dalam proses pelatihan dan pengujian model AI. Sumber utama dataset diperoleh dari website kaggle, yang menyediakan beberapa dataset publik berupa citra jalan dengan berbagai kondisi kerusakan, termasuk lubang jalan.

Selain menggunakan dataset dari kaggle, pengumpulan data juga dilakukan secara mandiri dengan cara pengambilan foto langsung kondisi jalan sekitar lingkungan. Pengambilan gambar dilakukan menggunakan kamera ponsel dengan berbagai sudut pandang dan kondisi pencahayaan. Data ini digunakan untuk menguji kemampuan model AI dalam mengenali jalan pada kondisi nyata, sehingga sistem tidak hanya bergantung pada data publik.

Untuk menambah variasi data, beberapa gambar tambahan diambil dari pencarian google dengan tetap memperhatikan konteks kerusakan jalan. Penggunaan data dari berbagai sumber ini bertujuan agar model AI dapat mengenali pola lubang jalan dalam berbagai situasi, seperti perbedaan jenis jalan.

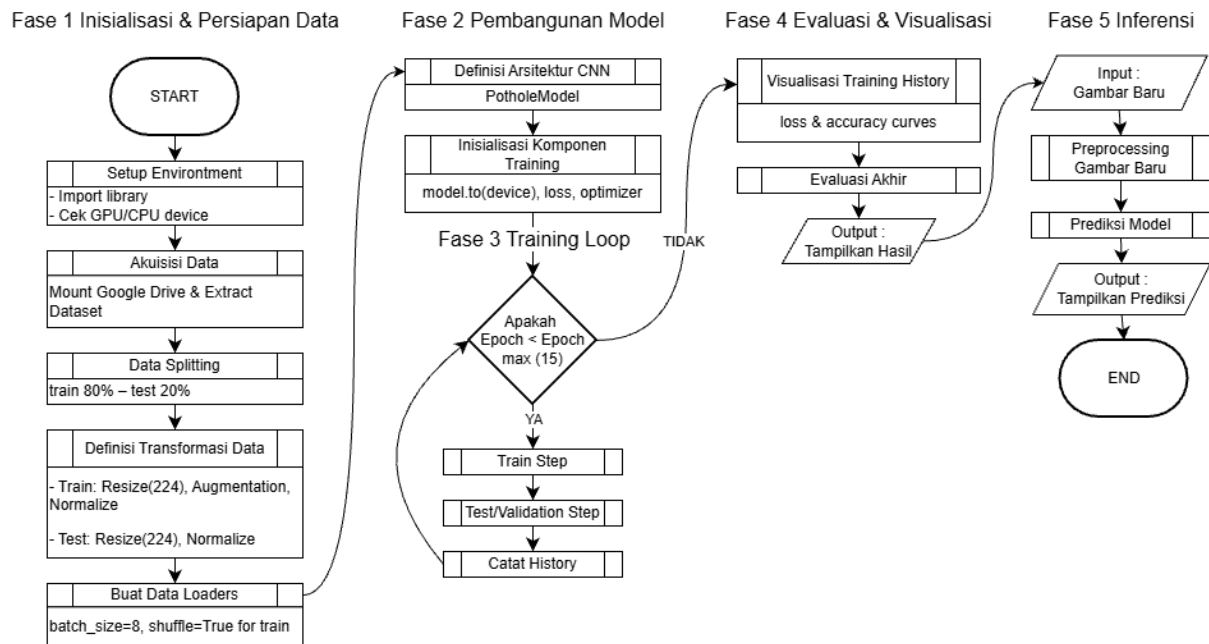
Dengan kombinasi dataset dari kaggle, foto hasil pengambilan langsung, dan gambar dari internet, dataset yang digunakan diharapkan mampu memberikan representasi kondisi jalan yang lebih beragam. Hal ini penting untuk meningkatkan kemampuan generalisasi model AI agar dapat digunakan pada kondisi yang bervariasi.

Library yang digunakan

- **Python**
Digunakan sebagai bahasa pemrograman utama dalam proyek ini karena memiliki ekosistem library yang lengkap untuk pengembangan deep learning dan pengolahan citra.
- **Torch (PyTorch)**
Merupakan library utama untuk membangun, melatih, dan menguji model deep learning. PyTorch digunakan karena fleksibel dan mudah dipahami dalam proses eksperimen model AI.

- **Torchvision**
Digunakan untuk mengelola dataset citra, termasuk transformasi gambar dan pemuatan data agar siap digunakan dalam pelatihan model.
- **DataLoader**
Berkfungsi untuk membagi dataset menjadi batch kecil sehingga proses pelatihan model lebih efisien dan tidak membebani memori.
- **Torch.nn (Neural Network)**
Digunakan untuk membangun arsitektur model AI, yaitu struktur jaringan saraf yang berfungsi sebagai otak buatan untuk mengenali lubang jalan.
- **Torchinfo**
Digunakan untuk menampilkan ringkasan model, seperti jumlah parameter dan estimasi penggunaan memori, sehingga struktur model dapat dianalisis dengan lebih mudah.
- **ReduceLROnPlateau**
Digunakan untuk mengatur learning rate secara otomatis ketika performa model mulai stagnan, sehingga proses pelatihan menjadi lebih stabil dan presisi.
- **TQDM**
Berkfungsi untuk menampilkan progres pelatihan model secara real time, sehingga proses training dapat dipantau dengan lebih jelas.
- **Scikit-learn**
Digunakan untuk evaluasi model, khususnya dalam pembuatan confusion matrix dan perhitungan performa model.
- **Seaborn / Matplotlib**
Digunakan untuk memvisualisasikan hasil evaluasi model agar lebih mudah dipahami, terutama dalam melihat kelemahan dan kekuatan model.

Diagram Alur AI



Sistem ini bekerja melalui lima tahapan utama yang saling berkaitan, mulai dari persiapan awal hingga penggunaan model di kondisi nyata:

- **Persiapan Data & Lingkungan:** Langkah awal dimulai dengan menyiapkan "ruang kerja", yaitu memanggil *library* yang diperlukan dan memastikan perangkat keras (CPU/GPU) siap beroperasi. Data kemudian diambil dari Google Drive dan dibagi secara proporsional: **80% untuk data latih dan 20% untuk data uji**. Sebelum diproses, data melewati tahap transformasi seperti *resize*, augmentasi, dan normalisasi, lalu dikelompokkan ke dalam *DataLoader* agar proses pelatihan berjalan lebih efisien.
- **Perancangan Arsitektur Model:** Di tahap ini, jantung dari kecerdasan buatan—yaitu arsitektur CNN yang dinamakan *pothole model*—mulai dibentuk. Selain mendefinisikan struktur model, dilakukan juga pengaturan komponen pendukung seperti pemindahan model ke perangkat komputasi, penentuan fungsi *loss*, serta pemilihan *optimizer* yang tepat untuk memandu proses belajar.
- **Proses Pelatihan (Training Loop):** Inilah inti dari pengembangan sistem. Model dilatih berulang kali sesuai jumlah *epoch* yang ditentukan. Dalam setiap putaran, model menjalani proses *training* dan validasi secara bergantian. Selama tahap ini, sistem terus mencatat riwayat performa, khususnya nilai *loss* dan akurasi, untuk memantau sejauh mana model telah berkembang.
- **Evaluasi & Visualisasi:** Setelah pelatihan rampung, hasilnya divisualisasikan ke dalam grafik. Tujuannya agar kita bisa melihat tren akurasi dan memastikan tidak terjadi

overfitting. Performa final sistem kemudian diuji secara objektif menggunakan data uji yang telah disiapkan di awal.

- **Tahap Inferensi:** Terakhir adalah penerapan model pada data baru. Sistem akan menerima input gambar jalan secara acak, melakukan *preprocessing* agar sesuai standar model, lalu memberikan prediksi. Output akhirnya adalah informasi jelas: apakah pada gambar tersebut terdapat lubang jalan atau tidak.

Perancangan dan Implementasi Model AI

- **Implementasi Sistem Pendeteksi Lubang Jalan**

Pada tahap implementasi, sistem dibangun menggunakan ekosistem **Python dan PyTorch** sebagai dasar pengembangan model deep learning. Proses dimulai dengan melakukan setup environment dan pengecekan perangkat komputasi yang tersedia, baik CPU maupun GPU, untuk memastikan proses pelatihan dapat berjalan optimal. Dataset diambil dari Google Drive dalam bentuk file zip, kemudian diekstrak dan dimuat menggunakan ImageFolder agar mudah diproses oleh sistem.

- **Preprocessing dan Pembagian Data**

Dataset yang telah dimuat kemudian dibagi menjadi data latih dan data uji dengan rasio **80% untuk training dan 20% untuk testing**. Sebelum masuk ke model, gambar diproses melalui tahap preprocessing seperti **resize ke ukuran 224×224, augmentasi (flip), dan normalisasi**. Proses ini bertujuan untuk memperkaya variasi data dan membantu model belajar lebih stabil. Data kemudian dimasukkan ke dalam **DataLoader dengan batch size 8** agar proses pelatihan lebih efisien.

- **Perancangan Model CNN**

Model AI dibangun menggunakan arsitektur **Convolutional Neural Network (CNN)** sederhana yang dinamakan *PotholeModel*. Model ini terdiri dari lapisan konvolusi, fungsi aktivasi ReLU, max pooling, dan lapisan fully connected untuk klasifikasi dua kelas, yaitu **normal** dan **potholes**. Struktur model dirancang sederhana agar mudah dipahami dan sesuai dengan skala proyek tugas.

- **Proses Pelatihan Model**

Pelatihan model dilakukan selama **15 epoch** menggunakan fungsi loss CrossEntropyLoss dan optimizer **Adam**. Selama training, sistem mencatat nilai loss dan akurasi untuk memantau perkembangan performa model. Proses ini merupakan inti pembelajaran di mana model secara bertahap belajar mengenali perbedaan antara jalan normal dan jalan berlubang berdasarkan pola visual pada citra.

- **Evaluasi dan Visualisasi Hasil**

Setelah pelatihan selesai, model dievaluasi menggunakan data uji untuk mendapatkan nilai akurasi akhir. Hasil evaluasi divisualisasikan dalam bentuk **grafik loss, grafik akurasi, dan confusion matrix**, sehingga performa model dapat dianalisis secara lebih jelas. Visualisasi ini membantu memahami kekuatan dan kelemahan model dalam melakukan klasifikasi.

- **Inferensi pada Data Baru**

Pada tahap akhir, model yang telah dilatih digunakan untuk melakukan **prediksi pada gambar baru**. Sistem menerima input berupa gambar jalan, melakukan preprocessing, lalu menghasilkan output berupa prediksi apakah gambar tersebut mengandung lubang jalan atau tidak beserta tingkat keyakinannya. Tahap ini menunjukkan bahwa model AI siap digunakan pada data dunia nyata.

Kelebihan dan Kekurangan Sistem

Kelebihan Sistem

Sistem pendeteksi lubang jalan berbasis citra ini mampu melakukan identifikasi kondisi jalan secara otomatis menggunakan model AI, sehingga dapat membantu proses pemantauan infrastruktur dengan lebih cepat dan efisien dibandingkan metode manual. Penggunaan pendekatan berbasis computer vision memungkinkan sistem mengenali pola visual kerusakan jalan dari berbagai sumber data, baik dataset publik maupun gambar nyata. Selain itu, sistem ini dapat digunakan pada gambar baru (inferensi), sehingga berpotensi diterapkan pada kondisi dunia nyata. Implementasi model yang relatif sederhana juga membuat sistem mudah dipahami dan dikembangkan lebih lanjut.

Kekurangan Sistem

Meskipun sistem telah berjalan dengan baik, masih terdapat beberapa keterbatasan. Dataset yang digunakan masih terbatas jumlah dan variasinya, sehingga dapat mempengaruhi kemampuan generalisasi model pada kondisi jalan yang sangat beragam. Selain itu, model CNN yang digunakan masih sederhana, sehingga performanya bisa ditingkatkan dengan arsitektur yang lebih kompleks atau model yang lebih dalam. Faktor pencahayaan, sudut pengambilan gambar, dan kualitas kamera juga dapat mempengaruhi hasil prediksi. Oleh karena itu, sistem ini masih memerlukan pengembangan lanjutan agar dapat digunakan secara lebih optimal di skala yang lebih besar.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan implementasi yang telah dilakukan, sistem pendeteksi lubang jalan berbasis citra menggunakan teknologi Artificial Intelligence berhasil dibangun dan diuji dengan baik. Model AI mampu mengenali kondisi jalan normal dan jalan berlubang melalui citra yang diberikan, baik dari dataset publik maupun gambar hasil pengambilan langsung. Proses pelatihan, evaluasi, serta visualisasi hasil menunjukkan bahwa pendekatan berbasis computer vision dapat digunakan sebagai solusi awal dalam membantu pemantauan kondisi infrastruktur jalan.

Penutup

Proyek ini menunjukkan bahwa pemanfaatan AI dalam bidang infrastruktur memiliki potensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut. Ke depannya, sistem ini dapat ditingkatkan dengan menambah jumlah dan variasi dataset, menggunakan arsitektur model yang lebih kompleks, serta mengintegrasikan sistem ke dalam aplikasi berbasis mobile atau kamera real-time. Dengan pengembangan lanjutan, sistem pendeteksi lubang jalan ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang lebih luas dalam mendukung keselamatan dan efisiensi pemeliharaan jalan.