

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Inovasi di bidang transportasi publik telah menghasilkan berbagai solusi untuk menciptakan sistem yang lebih aman, efisien, dan nyaman. Kendaraan umum seperti bus dan kereta api menjadi andalan masyarakat dalam mobilitas harian karena daya tampungnya yang besar dan aksesibilitasnya yang luas[1]. Namun, seiring meningkatnya jumlah pengguna, tantangan baru turut muncul, terutama dalam aspek keselamatan dan kenyamanan penumpang selama perjalanan [2]. Salah satu aspek penting yang kerap luput dari perhatian adalah perilaku penumpang itu sendiri. Perilaku seperti berdiri yang tidak stabil, atau bahkan terjatuh dapat menimbulkan risiko keselamatan, baik bagi individu maupun penumpang lainnya[3].

Sistem pengawasan manual yang mengandalkan petugas cenderung tidak efektif terutama karena keterbatasan jumlah petugas dan intensitas pengamatan. Untuk itu, dibutuhkan sistem otomatis berbasis teknologi cerdas yang dapat mendeteksi aktivitas penumpang secara cepat dan akurat[4]. Salah satu pendekatan yang berkembang pesat adalah Human Activity Recognition (HAR), yaitu teknologi yang memungkinkan sistem untuk mengenali aktivitas manusia dari data visual, sensor gerak, atau data waktu-nyata[5], [6]. Penelitian menunjukkan bahwa sistem HAR berbasis citra video dapat mengenali berbagai aktivitas dengan akurasi tinggi [7], [8].

Salah satu studi penting dalam konteks ini adalah penelitian oleh Huei-Yung Lin et al. dalam makalah “A Passenger Detection and Action Recognition System for Public Transport Vehicles”[9]. Studi tersebut menggunakan kamera top-view yang dipasang di langit-langit kendaraan untuk memantau penumpang dan menggabungkan proses pose classification dan action recognition menggunakan YOLOv7 dan 3D CNN. Meskipun pendekatan ini efektif dalam ekstraksi fitur, penerapan kamera di langit-langit tidak selalu realistis, terutama untuk kendaraan umum yang tidak memiliki ruang atau struktur yang mendukung pemasangan tersebut. Selain itu, sistem yang dikembangkan dalam studi tersebut hanya

memfokuskan klasifikasi pada dua aktivitas, yaitu duduk (sitting) dan berdiri (standing), tanpa mempertimbangkan aktivitas berisiko seperti jatuh (falling) yang secara kritis relevan terhadap aspek keselamatan penumpang.

Dalam konteks deteksi jatuh, penelitian oleh Alam et al. (2023) dalam "Human Fall Detection using Transfer Learning-based 3D CNN" telah menunjukkan efektivitas penggunaan 3D CNN untuk mendeteksi kejadian jatuh dengan akurasi tinggi. Penelitian ini memanfaatkan pre-trained model yang dilatih pada dataset Sports1M untuk mengekstraksi fitur spasio-temporal dari video sequence. Namun, penelitian tersebut hanya berfokus pada deteksi jatuh secara umum tanpa mempertimbangkan konteks spesifik transportasi publik, di mana karakteristik ruang terbatas dan sudut pandang kamera yang praktis menjadi pertimbangan penting.

Penelitian ini mengusulkan pendekatan berbasis sudut pandang depan (front-view) sebagai alternatif yang lebih praktis dibandingkan pendekatan top-view Lin et al. Kamera diposisikan menyerupai posisi nyata pemasangan kamera di bagian depan kabin kendaraan umum seperti minibus atau bus ukuran sedang. Pendekatan ini memudahkan implementasi tanpa perlu modifikasi besar terhadap struktur kendaraan dan tetap mencakup area pengamatan yang cukup luas terhadap posisi duduk atau berdiri penumpang. Berbeda dari penelitian Lin et al., sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini hanya fokus pada action recognition, tanpa menggunakan pemrosesan pose (kerangka tubuh). Hal ini membuat sistem lebih ringan secara komputasi dan lebih cocok untuk dijalankan pada perangkat minimalis. Terinspirasi dari penelitian Alam et al., penelitian ini juga menambahkan kelas "jatuh" sebagai aktivitas penting yang perlu dikenali dalam konteks transportasi publik. Deteksi jatuh menjadi indikator kondisi darurat di dalam kendaraan yang memerlukan respons segera. Dengan demikian, sistem yang diusulkan lebih adaptif terhadap deteksi kejadian berisiko dan memberikan kontribusi signifikan terhadap aspek keselamatan penumpang.

Selain itu, penelitian ini memiliki alur sistematis yang meliputi tiga fase utama: pelatihan model (training phase), pengujian performa (testing phase), dan implementasi real-time (deployment phase). Sistem diuji secara langsung

menggunakan perangkat seperti Jetson Nano, yang memproses input video secara berkelanjutan dari kamera dan menghasilkan klasifikasi aksi secara real-time. Sementara sebagian besar studi sebelumnya masih terbatas pada pengujian offline, pendekatan ini menunjukkan kesiapan sistem untuk diadopsi pada situasi nyata. Walaupun data pelatihan dan pengujian hanya melibatkan satu objek penumpang dalam setiap video, pendekatan ini menjadi dasar awal yang kuat untuk pengembangan sistem pengawasan yang lebih kompleks ke depan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang sistem deteksi aktivitas penumpang (berdiri, duduk, dan jatuh) secara otomatis pendekatan sudut pandang depan (front-view) menggunakan arsitektur 3D CNN yang mampu mengekstraksi fitur spasio-temporal dari video?
2. Bagaimana mengimplementasikan sistem tersebut secara real-time pada perangkat komputasi minimalis seperti mini PC atau Jetson?

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Merancang sistem deteksi aktivitas penumpang (berdiri, duduk, dan jatuh) menggunakan pendekatan front-view dengan arsitektur 3D CNN yang mampu mengekstraksi fitur spasio-temporal dari video.
2. Mengimplementasikan sistem deteksi tersebut secara real-time pada perangkat komputasi minimalis seperti mini PC atau Jetson Nano, serta mengevaluasi performanya.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

1. Menyediakan sistem deteksi aktivitas penumpang secara otomatis guna meningkatkan keselamatan dan pengawasan dalam transportasi publik.
2. Menawarkan pendekatan front-view yang lebih realistis dan praktis dibandingkan top-view untuk penerapan di kendaraan umum.

3. Menunjukkan kemampuan 3D CNN dalam mengenali aktivitas manusia secara akurat meskipun pada kondisi pencahayaan terbatas dan perangkat komputasi rendah daya.
4. Memberikan kontribusi orisinal berupa implementasi sistem end-to-end dari pelatihan hingga deployment secara real-time.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan sebagai berikut:

1. Fokus aktivitas yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi berdiri, duduk, dan jatuh, sebagai representasi aktivitas penumpang yang relevan dalam konteks keselamatan di kendaraan umum.
2. Dataset dan pengujian difokuskan pada satu penumpang dalam setiap video tanpa interaksi antar individu, sebagai langkah awal untuk pengembangan sistem yang lebih kompleks di masa mendatang.
3. Kamera diposisikan pada jarak objek 3, 4.5, dan 6 meter dengan ketinggian 2 dan 2.5 meter, mewakili konfigurasi realistis di kendaraan umum. untuk memastikan konsistensi pengambilan data.
4. Pengujian dilakukan dalam lingkungan laboratorium yang terkontrol dengan tiga tingkat intensitas pencahayaan, yaitu sekitar ± 30 lux (rendah), ± 100 lux (sedang), dan ± 220 lux (tinggi), sesuai dengan kondisi pencahayaan umum pada interior kendaraan umum.
5. Sistem diimplementasikan pada perangkat minimalis (Jetson Nano) dan belum diuji dalam kendaraan yang sedang bergerak.
6. Sistem hanya melakukan action recognition, tanpa klasifikasi pose atau analisis kerangka tubuh secara eksplisit.

1.6 Metode Penelitian

Metode penelitian ini meliputi beberapa langkah penting yang dirancang untuk mengembangkan dan mengevaluasi sistem pengenalan aktivitas manusia menggunakan arsitektur Convolutional Neural Network (CNN) 3D. Langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur: Langkah pertama dalam penelitian ini adalah melakukan studi literatur untuk memahami konsep dasar dan perkembangan terkini

dalam bidang *Human Activity Recognition* (HAR) serta teknik-teknik yang digunakan dalam pengolahan citra dan video.

2. Perancangan Arsitektur CNN 3D: Setelah memahami dasar-dasar HAR, langkah selanjutnya adalah merancang arsitektur CNN 3D untuk pengenalan aktivitas yang optimal.
3. Pengumpulan Dataset: Pengumpulan dataset dilakukan untuk tiga kategori aktivitas penumpang, yaitu berdiri, jatuh, dan duduk. Dataset ini akan mencakup variasi sudut pandang untuk memastikan model dapat generalisasi dengan baik.
4. Pelatihan Model: Setelah dataset dikumpulkan, model CNN 3D dilatih menggunakan data pelatihan. Proses pelatihan ini melibatkan optimasi parameter model untuk meminimalkan kesalahan prediksi.
5. Pengujian Model: Setelah pelatihan selesai, model diuji menggunakan data pengujian untuk mengevaluasi kinerjanya. Pengujian ini penting untuk memastikan bahwa model dapat generalisasi dengan baik pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya.
6. Implementasi ke Mini PC: Setelah model diuji kinerjanya, langkah selanjutnya adalah mengimplementasikan model ke dalam sistem perangkat keras, yaitu Mini PC. Mini PC ini akan digunakan untuk memproses video yang diambil dari kamera dan melakukan pengenalan aktivitas.
7. Analisis Kinerja Setelah Implementasi: Setelah implementasi, analisis kinerja dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas model. Ini mencakup pengukuran metrik akurasi, kecepatan pemrosesan, dan respons sistem saat mendeteksi aktivitas.
8. Deseminasi Penelitian: Hasil penelitian akan disusun dalam bentuk buku Tugas Akhir (TA) dan dipublikasikan sesuai dengan standar akademik.

1.7 Proyeksi Pengguna

Sistem deteksi dan klasifikasi aktivitas penumpang berbasis deep learning ini memiliki potensi aplikasi yang luas di berbagai sektor industri. Dengan kemampuannya dalam memproses data video secara *real-time* untuk mengenali aktivitas seperti duduk, berdiri, maupun jatuh, sistem ini dapat meningkatkan aspek

keamanan dan kenyamanan penumpang, serta mendukung otomasi kendaraan modern. Berikut adalah analisis proyeksi pengguna yang lebih rinci:

1. Jenis Market

Pendekatan pasar untuk sistem ini adalah B2B (Business to Business). Sistem ini dirancang untuk dipasarkan kepada perusahaan yang memerlukan solusi pemantauan penumpang berbasis video dengan teknologi deep learning, seperti:

- Produsen kendaraan pintar, khususnya yang mengembangkan fitur keselamatan aktif.
 - Operator transportasi umum yang memerlukan sistem keamanan tambahan.
 - Penyedia solusi integrasi sistem kendaraan.
 - Lembaga penelitian dalam bidang transportasi dan keselamatan publik.
- Melalui model B2B, produk ini bisa dikustomisasi lebih lanjut sesuai dengan kebutuhan spesifik klien dan diintegrasikan langsung dalam produk atau layanan mereka.

2. Segmentasi Pasar

Karakteristik utama dari pasar yang dituju antara lain:

1. Perusahaan yang memprioritaskan keamanan penumpang dan pemantauan kondisi kabin kendaraan.
2. Organisasi yang membutuhkan analisis video *real-time* berbasis deep learning untuk deteksi aktivitas manusia.
3. Industri transportasi yang bergerak menuju otomatisasi dan kendaraan cerdas.
4. Perusahaan teknologi yang memanfaatkan sistem berbasis visual data untuk *decision-making*.

3. Targeting

pasar ini merupakan target yang sangat ideal. Perusahaan-perusahaan di bidang otomotif pintar, transportasi umum modern, serta pengembang solusi smart monitoring membutuhkan teknologi yang mampu melakukan:

- Deteksi peristiwa kritis seperti jatuhnya penumpang secara otomatis.
- Peningkatan keamanan dalam kabin kendaraan.

- Analisis perilaku penumpang untuk keperluan keselamatan atau kenyamanan.

Deep learning memberikan keunggulan dari sisi akurasi serta kemampuan memproses data kompleks seperti video *multi-frame*, sehingga memenuhi kebutuhan target pasar ini.

4. Positioning (USP / *Unique Selling Proposition*)

Produk ini diposisikan sebagai solusi *deep learning* yang hemat biaya dan mudah diintegrasikan untuk deteksi aktivitas penumpang berbasis video. Keunggulan utamanya:

- Akurasi tinggi dalam mengenali aktivitas penumpang seperti duduk, berdiri, atau jatuh.
- Kompatibilitas luas dengan *hardware* yang terjangkau seperti Jetson Nano.
- Biaya produksi rendah, memungkinkan untuk digunakan pada skala besar.
- Open-source dan fleksibel, sehingga memudahkan integrasi lebih lanjut dengan sistem yang sudah ada.