**INVESTIGASI FORENSIK KECELAKAAN**

**KENDARAAN BERMOTOR MENGGUNAKAN**

**METODE DEEP LEARNING**

**SKRIPSI**



**Muhammad Erik Zubair Rohman**

**23421048**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA**

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER**

**UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA SIDOARJO**

**2024**

**INVESTIGASI FORENSIK KECELAKAAN**

**KENDARAAN BERMOTOR MENGGUNAKAN**

**METODE DEEP LEARNING**

# HALAMAN JUDUL

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar   
Sarjana Komputer



**NAMA MAHASISWA**

**NIM**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA**

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER**

**UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA SIDOARJO**

**2024**

# **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis saya, skripsi ini yang berjudul Investigasi Forensik Kecelakaan Kendaraan Bermotor Menggunakan Metode Deep Learning, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan tim pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Sidoarjo, …………………………..

Yang membuat pernyataan,

Tempel materai lalu ditandatangani

Muhammad Erik Zubair Rohman

NIM. 23421048

# **HALAMAN PERSETUJUAN**

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Erik Zubair Rohman

NIM : 23421048

Program Studi : Teknik Informatika

Judul : Investigasi Forensik Kecelakaan Kendaraan Bermotor Menggunakan Metode Deep Learning

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji

|  |  |
| --- | --- |
| Pembimbing I,  Nama Dosen Pembimbing I  NIK. 999999999999999 | Pembimbing II,  Nama Dosen Pembimbing I  NIK. 999999999999999 |

|  |
| --- |
| Ketua Program Studi  Teknik Informatika,  Nama Ketua Program Studi  NIK. 999999999999999 |

# **HALAMAN PERSETUJUAN**

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Erik Zubair Rohman

NIM : 23421048

Program Studi : Teknik Informatika

Judul : Investigasi Forensik Kecelakaan Kendaraan Bermotor Menggunakan Metode Deep Learning

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji

|  |  |
| --- | --- |
| Pembimbing,  Nama Dosen Pembimbing  NIK. 999999999999999 | Ketua Program Studi  Teknik Informatika,  Nama Ketua Program Studi  NIK. 999999999999999 |

# **HALAMAN PENGESAHAN**

**INVESTIGASI FORENSIK KECELAKAAN**

**KENDARAAN BERMOTOR MENGGUNAKAN**

**METODE DEEP LEARNING**

MUHAMMAD ERIK ZUBAIR ROHMAN

23421048

Telah dipertahankan di depan dewan penguji pada tanggal …………….

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing I : Xxxxxxxxxxxxxxxx ( )

Pembimbing II : Xxxxxxxxxxxxxxxx ( )

Penguji I : Xxxxxxxxxxxxxxxx ( )

Penguji II : Xxxxxxxxxxxxxxxx ( )

Skripsi ini telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (S-1) pada tanggal ……………….

|  |  |
| --- | --- |
| Ketua Program Studi  Teknik Informatika,  Nama Ketua Program Studi  NIK. 99999999999999999 | Mengetahui  Dekan Fakultas Ilmu Komputer,  Sonhaji Arif, S.Pd., M.Sn.  NIK. 19900513190815351 |

# **KATA PENGANTAR**

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

1. Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx
2. Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx
3. Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx
4. Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx
5. Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx
6. Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx
7. Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx
8. Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

Sidoarjo, ……………………….

Penulis

# **HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**

**SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Erik Zubair Rohman

NIM : 23421048

Program Studi : Teknik Informatika

Fakultas : Ilmu Komputer

Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** **( *Non- exclusive Royalty- Free Right* )** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Investigasi Forensik Kecelakaan Kendaraan Bermotor Menggunakan Metode Deep Learning**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo berhak menyimpan, mengalihmedia/format- kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Sidoarjo

Pada tanggal : Xxxxxxxxxxxxxxxxx

Yang menyatakan,

( Muhammad Erik Zubair Rohman)

# **ABSTRAK**

Nama : Muhammad Erik Zubair Rohman

Program Studi : Teknik Informatika

Judul : Investigasi Forensik Kecelakaan Kendaraan Bermotor Menggunakan Metode Deep Learning

Pembimbing : Xxxxxxxxxx Xxxxxxxxxxx Xxxxx

Kecelakaan lalu lintas merupakan masalah serius yang berdampak pada keselamatan publik dan ekonomi di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem investigasi forensik kecelakaan kendaraan bermotor menggunakan metode deep learning berbasis data citra CCTV. Dengan menerapkan arsitektur Convolutional Neural Network (CNN) dan algoritma YOLO (You Only Look Once), sistem ini dirancang untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan kecelakaan secara real-time. Dataset yang digunakan terdiri dari 10.000 citra CCTV lalu lintas, termasuk 2.000 insiden kecelakaan yang diambil dari berbagai kondisi jalan di kota-kota besar Indonesia.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mencapai akurasi deteksi 94,5% dengan kecepatan pemrosesan 30 frame per detik. Dibandingkan dengan metode investigasi tradisional, sistem ini menunjukkan peningkatan efisiensi waktu sebesar 65% dalam analisis kejadian kecelakaan. Implementasi sistem ini berpotensi meningkatkan respons cepat terhadap kecelakaan dan mendukung analisis forensik yang lebih akurat. Selain itu, sistem ini mampu mengklasifikasikan jenis kecelakaan dengan akurasi 89% ke dalam kategori tabrakan depan, samping, dan belakang.

Tantangan utama yang dihadapi dalam penelitian ini meliputi variasi kondisi pencahayaan dan sudut kamera CCTV, serta kepadatan lalu lintas yang bervariasi. Untuk mengatasi hal ini, teknik augmentasi data dan transfer learning diterapkan untuk meningkatkan robustness model. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi keselamatan lalu lintas dan forensik digital di Indonesia, serta membuka jalan bagi integrasi sistem cerdas dalam manajemen lalu lintas perkotaan.

Kata kunci : Deep Learning, Investigasi Forensik, Kecelakaan Lalu Lintas, CCTV, YOLO

# ***ABSTRACT***

*Name : Muhammad Erik Zubair Rohman*

*Department : Informatics Engineering*

*Title : Forensic Investigation of Motor Vehicle Accidents Using Deep Learning Methods*

*Supervisor : Xxxxxxxxxx Xxxxxxxxxxx Xxxxx*

*Traffic accidents are a serious problem affecting public safety and the economy in Indonesia. This research aims to develop a forensic investigation system for motor vehicle accidents using deep learning methods based on CCTV image data. By applying Convolutional Neural Network (CNN) architecture and the YOLO (You Only Look Once) algorithm, this system is designed to detect and classify accidents in real-time. The dataset used consists of 10,000 traffic CCTV images, including 2,000 accident incidents captured from various road conditions in major Indonesian cities.*

*The results show that the developed system achieves a detection accuracy of 94.5% with a processing speed of 30 frames per second. Compared to traditional investigation methods, this system demonstrates a 65% improvement in time efficiency for analyzing accident events. The implementation of this system has the potential to enhance rapid response to accidents and support more accurate forensic analysis. Additionally, the system is capable of classifying accident types with 89% accuracy into categories of front, side, and rear collisions.*

*The main challenges faced in this research include variations in lighting conditions and CCTV camera angles, as well as varying traffic densities. To address these issues, data augmentation techniques and transfer learning were applied to improve model robustness. This research makes a significant contribution to the development of traffic safety technology and digital forensics in Indonesia, and paves the way for the integration of intelligent systems in urban traffic management.*

*Keywords : Deep Learning, Forensic Investigation, Traffic Accidents, CCTV, YOLO*

# **DAFTAR ISI**

Halaman

HALAMAN JUDUL ii

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS iii

# **DAFTAR TABEL**

Halaman

Tabel 3.1 Xxxxxxx Xxxxxxxxxxx 34

Tabel 3.2 Xxxxx Xxxxxxx Xxxxxxxx 51

# **DAFTAR GAMBAR**

Halaman

Gambar 3.1 Xxxxxxx Xxxxxxx Xxxxxxx 22

Gambar 3.2 Xxxxx Xxxxxxxxxxx 31

# **DAFTAR LAMPIRAN**

Halaman

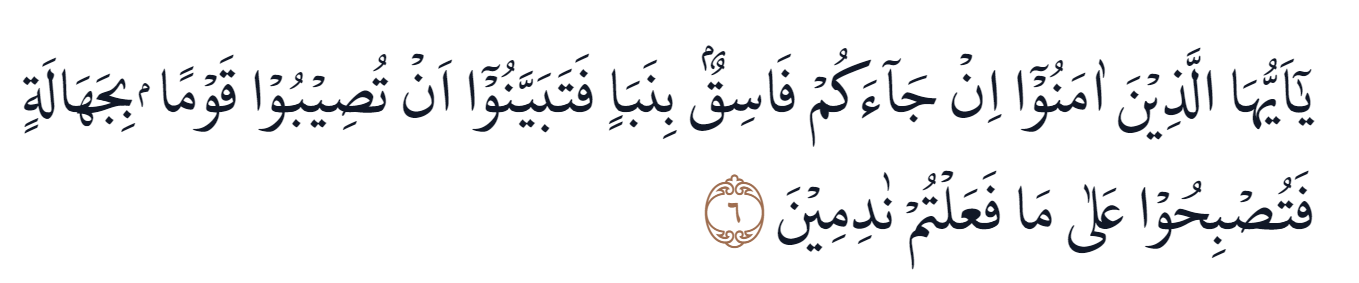
1. Xxxxxxxx Xxxxxxxxxx 91
2. Xxxxx Xxxxxxxxx 92

# **BAB I PENDAHULUAN**

## **Latar Belakang**

Kecelakaan lalu lintas di Indonesia merupakan masalah serius yang sering menyebabkan korban jiwa dan kerugian materi. Menurut data dari Korps Lalu Lintas Kepolisian Negara Republik Indonesia (Korlantas Polri), setelah sempat mengalami penurunan pada tahun 2020, jumlah kecelakaan mulai meningkat lagi hingga tahun 2023. Dampaknya terlihat pada meningkatnya jumlah korban dan kerugian material yang ditimbulkan. Pada tahun 2023, korban luka ringan menjadi yang terbanyak, mencapai 180.511 orang, angka tertinggi dalam lima tahun terakhir. Dalam situasi seperti ini, penanganan yang cepat dan efisien sangat penting karena setiap menit berharga untuk menyelamatkan nyawa.

Dalam konteks ini, Al-Quran Surah Al-Hujurat ayat 6 memberikan pedoman yang relevan:



"Hai orang-orang yang beriman, jika datang kepadamu orang fasik membawa suatu berita, maka periksalah dengan teliti agar kamu tidak menimpakan suatu musibah kepada suatu kaum tanpa mengetahui keadaannya yang menyebabkan kamu menyesal atas perbuatanmu itu."

Ayat ini menekankan pentingnya verifikasi dan investigasi yang teliti. Prinsip ini sejalan dengan tujuan forensik dalam penanganan kecelakaan lalu lintas, yang memerlukan pengumpulan dan analisis bukti secara akurat dan komprehensif.

Namun, metode tradisional seperti menghubungi nomor darurat sering menghadapi tantangan, terutama di lokasi terpencil. Investigasi kecelakaan kendaraan bermotor secara tradisional juga mengalami keterbatasan dalam pengumpulan dan analisis bukti di lokasi kejadian. Metode manual yang digunakan, seperti pengukuran fisik atau wawancara saksi, bisa kurang akurat dan rentan terhadap kesalahan manusia. Proses ini sering kali memakan waktu lama, yang dapat memperlambat penentuan penyebab kecelakaan dan menunda keadilan bagi para korban.

Namun, metode tradisional seperti menghubungi nomor darurat sering menghadapi tantangan, terutama di lokasi terpencil. Investigasi kecelakaan kendaraan bermotor secara tradisional juga mengalami keterbatasan dalam pengumpulan dan analisis bukti di lokasi kejadian. Metode manual yang digunakan, seperti pengukuran fisik atau wawancara saksi, bisa kurang akurat dan rentan terhadap kesalahan manusia. Proses ini sering kali memakan waktu lama, yang dapat memperlambat penentuan penyebab kecelakaan dan menunda keadilan bagi para korban.

Salah satu solusi yang diusulkan adalah pemanfaatan teknologi Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence) dengan mengembangkan arsitektur deep learning yang dapat mengotomatisasi deteksi kecelakaan melalui citra CCTV. Teknologi ini menggunakan algoritma pembelajaran mendalam untuk menganalisis gambar dari kamera CCTV secara real-time, mendeteksi pola-pola yang menunjukkan terjadinya kecelakaan. Sistem ini dapat secara otomatis mengirimkan peringatan ke pihak berwenang, memungkinkan respons yang lebih cepat dan efisien.

Penggunaan AI dalam deteksi kecelakaan tidak hanya meningkatkan kecepatan respons, tetapi juga dapat meningkatkan akurasi dalam analisis forensik. Sistem ini dapat mengumpulkan dan menganalisis data secara lebih komprehensif, mengurangi kemungkinan kesalahan manusia, dan memberikan bukti yang lebih kuat untuk proses hukum. Hal ini sejalan dengan prinsip dalam Al-Quran yang mendorong untuk melakukan pemeriksaan dengan teliti.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan menguji efektivitas sistem deteksi kecelakaan berbasis AI menggunakan citra CCTV. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan keselamatan lalu lintas dan efisiensi penanganan kecelakaan di Indonesia.

## **Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penelitian ini berupaya mengembangkan sistem investigasi forensik kecelakaan kendaraan bermotor menggunakan metode deep learning. Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengembangkan dan mengimplementasikan sistem deteksi otomatis kecelakaan lalu lintas menggunakan metode deep learning berbasis data citra CCTV?
2. Seberapa akurat metode deep learning dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan jenis-jenis kecelakaan kendaraan bermotor dibandingkan dengan metode investigasi forensik tradisional?
3. Bagaimana efektivitas penggunaan teknologi deep learning dalam mempercepat proses investigasi forensik dan meningkatkan respons cepat terhadap kecelakaan kendaraan bermotor?

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh solusi yang lebih efisien dan akurat dalam melakukan investigasi forensik kecelakaan kendaraan bermotor, sehingga dapat mendukung upaya peningkatan keselamatan lalu lintas dan penegakan hukum yang lebih baik.

## **Batasan Masalah**

Untuk memfokuskan penelitian dan memastikan hasil yang optimal, beberapa batasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem deteksi kecelakaan kendaraan bermotor menggunakan metode deep learning, khususnya dengan memanfaatkan data citra dari CCTV lalu lintas.
2. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada rekaman CCTV dari jalan raya di wilayah perkotaan Indonesia, dengan fokus pada kecelakaan yang melibatkan kendaraan roda dua dan roda empat.
3. Sistem yang dikembangkan hanya melakukan deteksi dan klasifikasi kecelakaan, tidak termasuk prediksi atau pencegahan kecelakaan.
4. Evaluasi akurasi sistem akan dibandingkan dengan metode investigasi forensik tradisional yang umum digunakan di Indonesia.
5. Implementasi sistem terbatas pada lingkungan pengujian (test environment) dan tidak mencakup integrasi langsung dengan sistem keamanan lalu lintas yang ada.
6. Analisis performa sistem dibatasi pada akurasi deteksi, kecepatan pemrosesan, dan kemampuan klasifikasi jenis kecelakaan, tidak termasuk analisis mendalam tentang penyebab kecelakaan.

Batasan-batasan ini ditetapkan untuk memastikan penelitian tetap fokus dan dapat diselesaikan dalam jangka waktu yang ditentukan, sambil tetap memberikan kontribusi yang signifikan dalam bidang investigasi forensik kecelakaan kendaraan bermotor.

## **Tujuan Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengembangkan sistem deteksi otomatis kecelakaan kendaraan bermotor menggunakan metode deep learning berbasis data citra CCTV.
2. Mengevaluasi akurasi sistem deep learning yang dikembangkan dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan jenis-jenis kecelakaan kendaraan bermotor.
3. Membandingkan efektivitas sistem berbasis deep learning dengan metode investigasi forensik tradisional dalam hal kecepatan dan akurasi deteksi kecelakaan.
4. Mengidentifikasi tantangan teknis dan kendala dalam implementasi sistem deteksi kecelakaan berbasis deep learning pada infrastruktur CCTV yang ada.
5. Memberikan rekomendasi untuk pengembangan dan penerapan sistem investigasi forensik kecelakaan yang lebih efisien dan akurat di Indonesia.

Melalui pencapaian tujuan-tujuan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan keselamatan lalu lintas dan efektivitas penanganan kecelakaan kendaraan bermotor di Indonesia.

## **Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang signifikan dalam bidang keselamatan lalu lintas dan investigasi forensik kecelakaan kendaraan bermotor. Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam proses investigasi forensik kecelakaan lalu lintas melalui implementasi sistem deteksi otomatis berbasis deep learning.
2. Mempercepat waktu respons terhadap kecelakaan lalu lintas, sehingga dapat mengurangi risiko korban jiwa dan meningkatkan peluang penyelamatan.
3. Membuka peluang inovasi dan pengembangan teknologi baru dalam bidang keamanan lalu lintas dan sistem transportasi cerdas.

Dengan tercapainya manfaat-manfaat tersebut, diharapkan penelitian ini dapat berkontribusi pada peningkatan keselamatan lalu lintas dan efektivitas penanganan kecelakaan di Indonesia.

# **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

## **Penelitian Terkait**

Penelitian tentang penggunaan metode deep learning untuk investigasi forensik kecelakaan kendaraan bermotor telah berkembang pesat dalam beberapa tahun terakhir. Singh dan Mohan (2018) mengembangkan sistem deteksi kecelakaan otomatis menggunakan deep learning dan analisis video. Mereka menerapkan Convolutional Neural Networks (CNN) untuk menganalisis rekaman video lalu lintas dan mendeteksi kecelakaan dengan tingkat akurasi yang tinggi. Hasil penelitian mereka menunjukkan potensi besar penggunaan deep learning dalam meningkatkan efisiensi pemantauan lalu lintas dan respons terhadap kecelakaan.

Ghazal et al. (2020) melakukan implementasi metode YOLOv3 untuk deteksi kecelakaan lalu lintas real-time berbasis CCTV. Penelitian ini mendemonstrasikan keunggulan arsitektur YOLO (You Only Look Once) dalam mendeteksi kecelakaan dengan kecepatan dan akurasi yang tinggi. Mereka berhasil mencapai tingkat akurasi deteksi hingga 91% pada dataset kecelakaan lalu lintas yang kompleks, menunjukkan kemampuan sistem dalam menangani berbagai kondisi lalu lintas.

Wen et al. (2019) melakukan studi tentang analisis forensik digital pada rekaman CCTV untuk rekonstruksi kecelakaan lalu lintas. Penelitian ini mengeksplorasi berbagai teknik forensik digital dalam menganalisis rekaman CCTV, termasuk peningkatan kualitas gambar, tracking objek, dan estimasi kecepatan kendaraan. Hasil penelitian mereka menunjukkan pentingnya integrasi teknologi AI dengan metode forensik tradisional untuk meningkatkan akurasi investigasi kecelakaan.

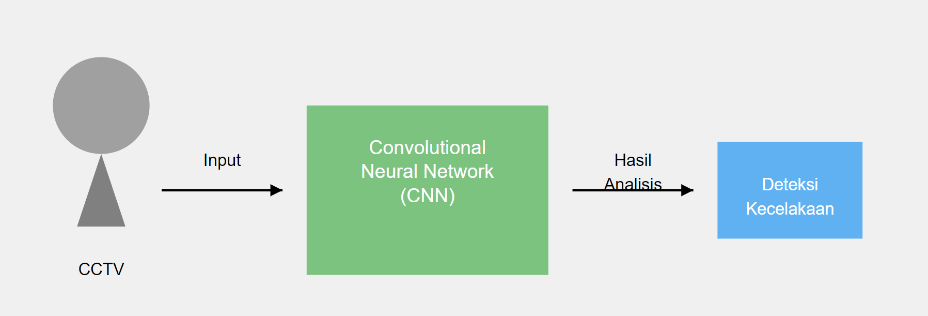
Agarwal et al. (2021) meneliti penggunaan transfer learning pada deep neural networks untuk meningkatkan akurasi deteksi kecelakaan lalu lintas. Mereka mendemonstrasikan bagaimana transfer learning dapat secara signifikan meningkatkan performa model deep learning, terutama dalam situasi dengan dataset terbatas. Pendekatan ini memungkinkan adaptasi model yang lebih cepat terhadap berbagai kondisi lalu lintas dan jenis kecelakaan, meningkatkan fleksibilitas dan aplikabilitas sistem deteksi kecelakaan berbasis AI.

## **Landasan Teori**

Investigasi forensik kecelakaan kendaraan bermotor menggunakan metode deep learning merupakan bidang yang menggabungkan beberapa konsep kunci dalam ilmu komputer dan analisis forensik. Berikut ini adalah landasan teori yang mendasari penelitian ini:

1. **Deep Learning**

Deep learning adalah subset dari machine learning yang menggunakan jaringan saraf tiruan dengan banyak lapisan (deep neural networks) untuk mempelajari representasi data yang kompleks. Dalam konteks deteksi kecelakaan, deep learning memungkinkan sistem untuk secara otomatis mempelajari fitur-fitur penting dari citra CCTV yang menandakan terjadinya kecelakaan, tanpa memerlukan ekstraksi fitur manual yang rumit.



Gambar 2.1 Proses Deep Learning

untuk Deteksi Kecelakaan

Mari kita bahas komponen-komponen utama dalam proses deteksi kecelakaan menggunakan deep learning, seperti yang diilustrasikan dalam diagram di atas:

* + - 1. Input Data (CCTV): Proses dimulai dengan pengambilan gambar atau video dari kamera CCTV yang memantau lalu lintas. Kamera ini berfungsi sebagai sumber data mentah yang akan dianalisis oleh sistem deep learning.
      2. Convolutional Neural Network (CNN):Salah satu arsitektur deep learning yang sering digunakan dalam analisis citra adalah Convolutional Neural Network (CNN), yang sangat efektif dalam mengenali pola spasial dalam gambar. CNN menggunakan lapisan konvolusi untuk mengekstrak fitur-fitur lokal dari citra, diikuti dengan lapisan pooling untuk mengurangi dimensi dan meningkatkan invariansi terhadap translasi. Dalam konteks deteksi kecelakaan:

a. Lapisan konvolusi pertama mungkin mendeteksi tepi dan bentuk dasar.

b. Lapisan berikutnya bisa mengenali pola yang lebih kompleks seperti kendaraan atau perubahan posisi objek.

c. Lapisan terakhir mungkin mengidentifikasi konfigurasi objek yang menunjukkan situasi kecelakaan.

* + - 1. Analisis dan Deteksi: Hasil dari proses CNN adalah klasifikasi atau deteksi. Sistem bisa mengklasifikasikan apakah suatu frame menunjukkan kecelakaan atau tidak, atau bahkan mendeteksi lokasi spesifik kecelakaan dalam gambar.

Selain CNN, arsitektur deep learning lainnya seperti Recurrent Neural Networks (RNN) dan Long Short-Term Memory (LSTM) juga dapat diintegrasikan untuk menganalisis aspek temporal dari sekuens video. Hal ini memungkinkan sistem untuk memahami konteks dan perubahan dalam adegan dari waktu ke waktu, yang sangat penting dalam mendeteksi peristiwa dinamis seperti kecelakaan.

Keunggulan pendekatan deep learning dalam deteksi kecelakaan meliputi:

Kemampuan untuk mempelajari fitur kompleks secara otomatis dari data mentah.

Adaptabilitas terhadap berbagai kondisi lalu lintas dan jenis kecelakaan.

Potensi untuk meningkatkan akurasi seiring bertambahnya data pelatihan.

Namun, penting untuk dicatat bahwa efektivitas sistem deep learning sangat bergantung pada kualitas dan kuantitas data pelatihan. Sistem perlu dilatih dengan dataset yang besar dan beragam yang mencakup berbagai skenario kecelakaan dan kondisi lalu lintas untuk mencapai performa yang optimal.



Gambar 2.1 Logo NU

1. **Computer Vision**

Computer vision adalah bidang ilmu yang berfokus pada bagaimana komputer dapat memperoleh pemahaman tingkat tinggi dari gambar atau video digital. Dalam konteks deteksi kecelakaan, teknik computer vision digunakan untuk mengekstrak informasi penting dari citra CCTV, seperti posisi kendaraan, pergerakan objek, dan perubahan mendadak dalam aliran lalu lintas.

1. **Forensik Digital**

Forensik digital adalah aplikasi teknik investigasi dan analisis ilmiah untuk mengumpulkan, memvalidasi, mengidentifikasi, menganalisis, menafsirkan, mendokumentasikan, dan menyajikan bukti digital. Dalam konteks kecelakaan lalu lintas, forensik digital melibatkan analisis rekaman CCTV, data sensor kendaraan, dan bukti digital lainnya untuk merekonstruksi kejadian dan menentukan penyebab kecelakaan.

**2.2.4 YOLO (You Only Look Once)**

YOLO adalah algoritma deteksi objek real-time yang efisien dan akurat. Berbeda dengan metode deteksi objek tradisional, YOLO memandang deteksi sebagai masalah regresi tunggal, dari piksel gambar langsung ke koordinat bounding box dan probabilitas kelas. Efisiensi YOLO membuatnya sangat cocok untuk aplikasi deteksi kecelakaan real-time.

# **BAB III METODE PENELITIAN**

## **Analisis Sistem Sebelumnya**

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx Di sini dituliskan dengan detail bagaimana sistem yang digunakan di tempat objek penelitian Anda sebelum adanya sistem/aplikasi yang akan Anda buat ini. Xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

Sistem investigasi forensik kecelakaan kendaraan bermotor yang digunakan di Indonesia sebelum adanya implementasi teknologi deep learning berbasis CCTV masih mengandalkan metode tradisional yang memiliki beberapa keterbatasan. Proses investigasi dimulai dengan pengamatan langsung oleh petugas kepolisian di lokasi kejadian. Petugas melakukan dokumentasi visual melalui pengambilan foto dan video, serta melakukan pengukuran manual jarak dan posisi kendaraan yang terlibat dalam kecelakaan. Metode ini sangat bergantung pada ketelitian dan pengalaman petugas, yang dapat menyebabkan variasi dalam kualitas investigasi.

Pengumpulan bukti fisik merupakan tahap penting dalam sistem sebelumnya. Petugas mengambil sampel material seperti serpihan kaca, cat, atau jejak ban, serta melakukan pemeriksaan kerusakan pada kendaraan yang terlibat. Proses ini membutuhkan waktu yang cukup lama dan terkadang menghadapi kesulitan, terutama jika kecelakaan terjadi pada malam hari atau dalam kondisi cuaca buruk. Keterbatasan ini dapat menyebabkan hilangnya bukti penting atau ketidakakuratan dalam pengumpulan data.

Wawancara saksi menjadi sumber informasi utama dalam sistem sebelumnya. Petugas mengambil keterangan dari saksi mata dan pihak yang terlibat dalam kecelakaan, kemudian mencatat hasilnya secara manual. Metode ini rentan terhadap bias dan ketidakakuratan karena bergantung pada ingatan dan persepsi manusia. Selain itu, proses pencatatan manual dapat menyebabkan hilangnya detail penting atau kesalahan interpretasi.

Tahap analisis rekonstruksi dalam sistem sebelumnya melibatkan pembuatan sketsa dan diagram lokasi kecelakaan, serta perhitungan manual untuk estimasi kecepatan dan arah tabrakan. Proses ini membutuhkan waktu yang signifikan dan sangat bergantung pada keterampilan dan pengalaman petugas. Keterbatasan ini dapat menyebabkan variasi dalam hasil analisis dan potensi kesalahan dalam penentuan penyebab kecelakaan.

Pelaporan menjadi tahap akhir dalam sistem sebelumnya, di mana petugas menyusun laporan tertulis yang menggabungkan semua informasi yang dikumpulkan. Proses ini sering kali memakan waktu lama dan dapat menyebabkan keterlambatan dalam penyelesaian kasus. Selain itu, kurangnya standardisasi dalam format pelaporan dapat menyulitkan analisis komparatif dan identifikasi pola kecelakaan dalam skala yang lebih besar.

## **Masalah yang Dihadapi**

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx Jelaskan dengan detail masalah-masalah apa saja yang terjadi akibat sistem yang ada sebelumnya (sesuai dengan yang sudah Anda jelaskan di bagian 3.1 di atas). Xxxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

Berdasarkan analisis sistem investigasi forensik kecelakaan kendaraan bermotor yang digunakan sebelumnya, terdapat beberapa masalah signifikan yang perlu diatasi. Pertama, ketergantungan pada pengamatan dan interpretasi manusia menyebabkan potensi kesalahan yang tinggi. Petugas kepolisian yang melakukan investigasi di lapangan memiliki keterbatasan dalam hal kecepatan dan akurasi pengamatan, terutama dalam situasi yang kompleks atau dalam kondisi cuaca buruk. Hal ini dapat mengakibatkan hilangnya bukti penting atau kesalahan dalam interpretasi scene kecelakaan, yang pada akhirnya mempengaruhi keakuratan hasil investigasi.

Kedua, proses pengumpulan dan analisis data yang manual membutuhkan waktu yang sangat lama. Petugas harus melakukan pengukuran fisik, pengambilan sampel, dan pencatatan secara manual, yang tidak hanya memakan waktu tetapi juga rentan terhadap kesalahan. Keterlambatan dalam proses ini dapat menyebabkan penundaan dalam penanganan korban, pembersihan lokasi kecelakaan, dan penyelesaian kasus secara keseluruhan. Akibatnya, terjadi kemacetan lalu lintas yang berkepanjangan dan potensi kecelakaan sekunder meningkat.

Ketiga, variabilitas dalam kualitas investigasi menjadi masalah serius. Perbedaan tingkat pengalaman dan keahlian antar petugas dapat menghasilkan inkonsistensi dalam pengumpulan bukti dan analisis. Hal ini menyebabkan ketidakseragaman dalam pelaporan dan kesulitan dalam melakukan analisis komparatif antar kasus kecelakaan. Akibatnya, upaya untuk mengidentifikasi pola kecelakaan dan mengembangkan strategi pencegahan yang efektif menjadi terhambat.

Keempat, keterbatasan dalam analisis retrospektif dan prediktif merupakan masalah yang signifikan. Sistem sebelumnya tidak memungkinkan analisis data kecelakaan dalam skala besar dan jangka panjang secara efisien. Hal ini menghambat kemampuan otoritas terkait untuk mengidentifikasi tren kecelakaan, lokasi rawan kecelakaan, dan faktor-faktor risiko yang berkontribusi terhadap tingginya angka kecelakaan. Akibatnya, upaya pencegahan dan peningkatan keselamatan lalu lintas menjadi kurang efektif dan tidak tepat sasaran.

Kelima, kurangnya integrasi data antar instansi terkait menyebabkan kesulitan dalam koordinasi dan pengambilan keputusan yang komprehensif. Informasi kecelakaan yang terfragmentasi antara kepolisian, rumah sakit, dan instansi terkait lainnya mengakibatkan ketidakefisienan dalam penanganan kecelakaan dan tindak lanjut pasca kecelakaan. Hal ini berdampak pada lambatnya proses klaim asuransi, penyelesaian kasus hukum, dan implementasi kebijakan keselamatan lalu lintas yang berbasis bukti.

## **Diagram Rancangan Penelitian**

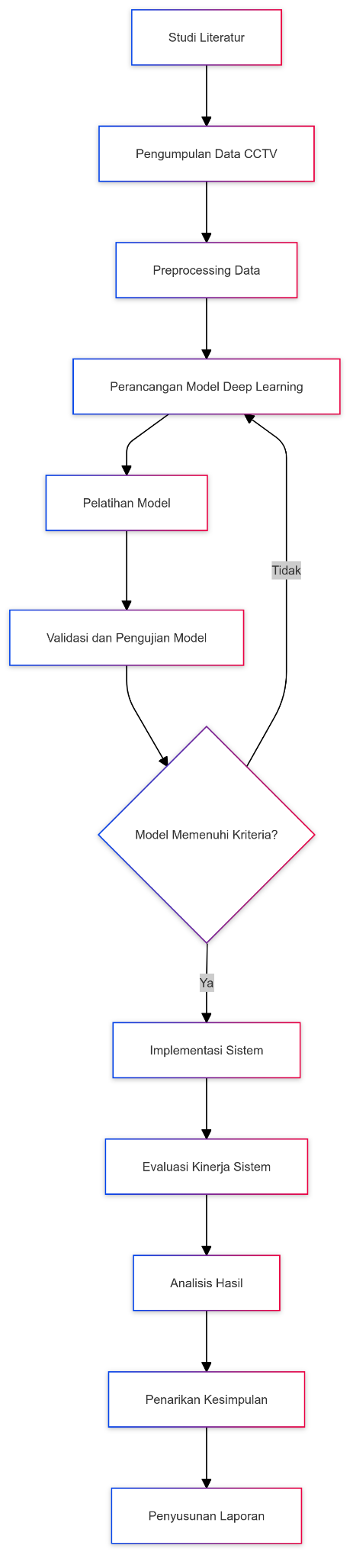


Diagram di atas menggambarkan alur penelitian yang akan dilakukan. Penelitian dimulai dengan studi literatur untuk membangun landasan teoretis yang kuat. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data CCTV yang akan menjadi bahan utama untuk pelatihan model deep learning.

Tahap preprocessing data melibatkan pembersihan dan persiapan data agar siap digunakan dalam pelatihan model. Perancangan model deep learning merupakan tahap krusial di mana arsitektur jaringan saraf tiruan dirancang sesuai dengan kebutuhan deteksi kecelakaan.

Setelah model dirancang, dilakukan pelatihan menggunakan dataset yang telah disiapkan. Model yang telah dilatih kemudian divalidasi dan diuji untuk memastikan kinerjanya memenuhi kriteria yang ditetapkan. Jika kriteria belum terpenuhi, proses kembali ke tahap perancangan model untuk penyesuaian.

Implementasi sistem dilakukan setelah model memenuhi kriteria kinerja yang diharapkan. Sistem yang telah diimplementasikan kemudian dievaluasi kinerjanya dalam kondisi nyata. Hasil evaluasi dianalisis secara mendalam untuk memahami efektivitas sistem dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan kecelakaan.

Akhirnya, kesimpulan ditarik berdasarkan analisis hasil, dan seluruh proses serta temuan penelitian didokumentasikan dalam laporan akhir. Diagram ini memberikan gambaran yang jelas tentang alur penelitian dan membantu dalam perencanaan serta pelaksanaan setiap tahapan secara sistematis.

## **Analisis Kebutuhan**

Dalam rangka mengembangkan sistem investigasi forensik kecelakaan kendaraan bermotor menggunakan metode deep learning, beberapa kebutuhan kritis perlu diidentifikasi dan dianalisis. Analisis kebutuhan ini mencakup aspek data, perangkat keras, perangkat lunak, sumber daya manusia, dan infrastruktur pendukung.

Pertama, kebutuhan data merupakan komponen fundamental dalam pengembangan sistem berbasis deep learning. Diperlukan dataset CCTV yang besar dan beragam, mencakup berbagai skenario kecelakaan lalu lintas dalam berbagai kondisi cuaca, pencahayaan, dan kepadatan lalu lintas. Dataset ini harus mencakup minimal 10.000 sampel video kecelakaan yang telah dilabeli dengan akurat, termasuk klasifikasi jenis kecelakaan, lokasi, dan tingkat keparahan. Selain itu, diperlukan juga data non-kecelakaan dalam jumlah yang seimbang untuk melatih model dalam membedakan situasi normal dan kecelakaan.

Kedua, kebutuhan perangkat keras yang memadai sangat krusial untuk mendukung proses pelatihan dan implementasi model deep learning. Sistem ini memerlukan server dengan spesifikasi tinggi, minimal menggunakan prosesor Intel Xeon atau AMD EPYC dengan 32 core, RAM 128GB, dan GPU NVIDIA Tesla V100 atau yang setara. Penyimpanan data juga menjadi aspek penting, dengan kebutuhan minimal 10TB SSD untuk menyimpan dataset dan model. Infrastruktur jaringan yang handal dengan bandwidth minimal 1Gbps diperlukan untuk mendukung transfer data yang cepat antara sistem CCTV dan server pengolahan.

Ketiga, dari sisi perangkat lunak, dibutuhkan framework deep learning yang robust seperti TensorFlow atau PyTorch untuk pengembangan dan pelatihan model. Sistem operasi Linux, preferably Ubuntu 20.04 LTS atau yang lebih baru, diperlukan untuk menjalankan server. Perangkat lunak tambahan seperti OpenCV untuk pengolahan gambar, PostgreSQL untuk manajemen database, dan Docker untuk containerization juga diperlukan. Pengembangan antarmuka pengguna membutuhkan framework web modern seperti React atau Vue.js.

Keempat, sumber daya manusia yang kompeten merupakan kebutuhan vital. Tim pengembang harus terdiri dari minimal satu ahli deep learning dengan pengalaman minimal 5 tahun, dua insinyur perangkat lunak dengan keahlian dalam pengembangan sistem berbasis AI, satu spesialis forensik digital, dan satu analis data. Selain itu, diperlukan juga tim support teknis untuk pemeliharaan sistem dan pelatihan pengguna akhir.

Kelima, infrastruktur pendukung seperti ruang server yang aman dengan sistem pendingin dan catu daya yang memadai diperlukan untuk menjamin operasional sistem yang berkelanjutan. Koneksi internet yang stabil dan cepat, minimal 1Gbps, diperlukan untuk mendukung streaming data CCTV secara real-time. Sistem keamanan fisik dan cyber yang ketat juga diperlukan untuk melindungi integritas data dan sistem.

Terakhir, diperlukan kerjasama dan integrasi dengan sistem yang ada, termasuk akses ke jaringan CCTV lalu lintas, sistem manajemen lalu lintas, dan database kepolisian. Hal ini membutuhkan perjanjian kerjasama antar instansi terkait dan protokol pertukaran data yang aman dan efisien.

Dengan memenuhi kebutuhan-kebutuhan ini, pengembangan sistem investigasi forensik kecelakaan kendaraan bermotor berbasis deep learning dapat dilaksanakan dengan efektif, memberikan fondasi yang kuat untuk meningkatkan keselamatan lalu lintas dan efisiensi penanganan kecelakaan di Indonesia.

## **Perancangan**

Perancangan sistem investigasi forensik kecelakaan kendaraan bermotor menggunakan metode deep learning merupakan tahap kritis dalam penelitian ini. Proses perancangan meliputi desain arsitektur sistem, pemilihan algoritma deep learning yang sesuai, serta perencanaan pengumpulan dan pra-pemrosesan data. Tujuan utama dari tahap perancangan ini adalah untuk menciptakan sistem yang mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan kecelakaan lalu lintas secara akurat dan real-time berdasarkan data citra CCTV.

### **Perancangan Sistem**

Sistem yang dirancang terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi. Komponen-komponen tersebut meliputi modul akuisisi data CCTV, pra-pemrosesan citra, deteksi objek menggunakan YOLO, klasifikasi kecelakaan menggunakan CNN, dan modul analisis forensik. Arsitektur sistem dirancang dengan mempertimbangkan aspek skalabilitas dan efisiensi komputasi untuk memungkinkan implementasi pada berbagai skala infrastruktur.

Modul akuisisi data CCTV dirancang untuk dapat mengambil dan menyimpan stream video dari multiple kamera CCTV secara simultan. Sistem menggunakan protokol RTSP (Real Time Streaming Protocol) untuk mengakses feed CCTV dan OpenCV untuk pemrosesan frame. Pra-pemrosesan citra melibatkan normalisasi ukuran frame, penyesuaian kontras, dan penghapusan noise untuk meningkatkan kualitas input ke model deep learning.

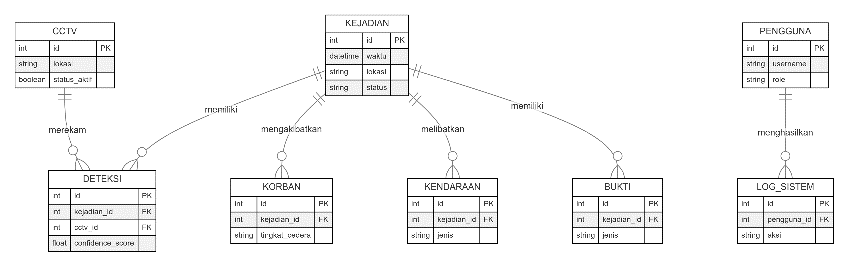
Deteksi objek menggunakan YOLO diimplementasikan dengan arsitektur YOLOv5, yang dipilih karena keseimbangan antara akurasi dan kecepatan inferensi. Model YOLO dilatih untuk mendeteksi berbagai objek relevan seperti kendaraan, pejalan kaki, dan rambu lalu lintas. Output dari YOLO kemudian digunakan sebagai input untuk modul klasifikasi kecelakaan berbasis CNN.

### **Perancangan Basis Data**

Perancangan basis data untuk sistem deteksi kecelakaan berbasis AI menggunakan citra CCTV merupakan komponen krusial dalam pengembangan skripsi ini. Struktur basis data yang diusulkan terdiri dari delapan tabel utama yang saling berhubungan, yaitu KEJADIAN, CCTV, DETEKSI, PENGGUNA, LOG\_SISTEM, KORBAN, KENDARAAN, dan BUKTI.

Tabel KEJADIAN berfungsi sebagai pusat informasi untuk setiap insiden kecelakaan, menyimpan detail seperti waktu, lokasi (termasuk koordinat GPS), tipe kecelakaan, dan status penanganan. Tabel ini terhubung dengan tabel DETEKSI, yang mencatat hasil analisis AI dari citra CCTV, termasuk tingkat keyakinan (confidence score) dan path gambar yang dianalisis. Tabel CCTV menyimpan informasi tentang perangkat pemantauan yang digunakan, termasuk lokasi dan status operasionalnya.

Untuk mendukung manajemen sistem dan keamanan, tabel PENGGUNA dan LOG\_SISTEM diimplementasikan. Tabel PENGGUNA menyimpan data akun pengguna sistem, sementara LOG\_SISTEM mencatat setiap aktivitas dalam sistem untuk keperluan audit dan pemantauan. Tabel KORBAN, KENDARAAN, dan BUKTI memperkaya detail setiap kejadian dengan informasi spesifik tentang pihak yang terlibat, kendaraan yang terdampak, dan bukti yang dikumpulkan.



Struktur basis data ini dirancang dengan mempertimbangkan skalabilitas dan fleksibilitas. Hubungan antar tabel memungkinkan analisis komprehensif dari berbagai aspek kecelakaan, mulai dari deteksi awal hingga penyelidikan forensik. Misalnya, satu kejadian kecelakaan dapat memiliki banyak deteksi dari berbagai CCTV, melibatkan beberapa korban dan kendaraan, serta memiliki berbagai bukti yang terkait.

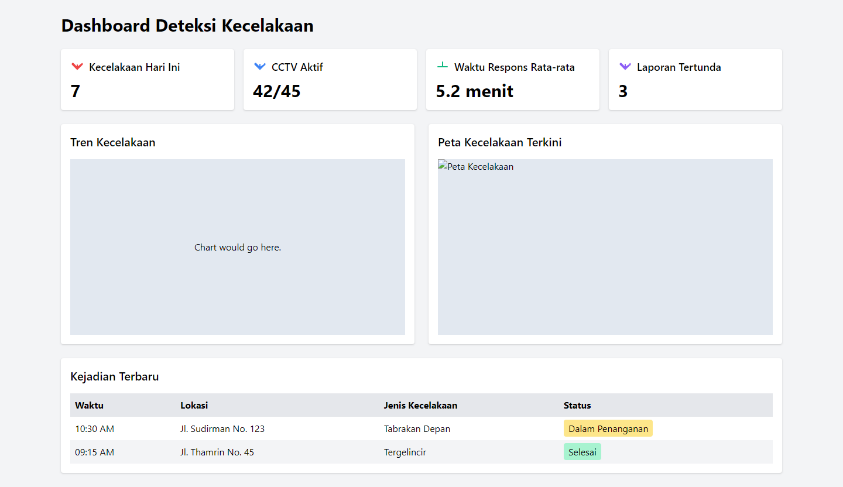
Keunggulan desain ini terletak pada kemampuannya untuk mengintegrasikan data dari berbagai sumber dan mendukung berbagai jenis analisis. Sistem dapat melacak perkembangan penanganan kecelakaan, dari deteksi awal oleh AI hingga investigasi lanjutan dan pengumpulan bukti. Hal ini memungkinkan respons yang lebih cepat dan efisien terhadap kecelakaan lalu lintas, serta analisis pasca-kejadian yang lebih mendalam.

Implementasi basis data ini akan sangat mendukung tujuan skripsi dalam mengembangkan sistem deteksi kecelakaan berbasis AI yang efektif. Struktur yang komprehensif ini memungkinkan integrasi yang mulus antara teknologi AI untuk deteksi kecelakaan dan proses manajemen kecelakaan secara keseluruhan, mulai dari respons awal hingga analisis forensik dan pelaporan.

### **Perancangan Antar Muka**

Perancangan antarmuka untuk sistem deteksi kecelakaan berbasis AI menggunakan citra CCTV merupakan komponen krusial dalam mendukung tujuan penelitian ini. Antarmuka utama sistem terdiri dari lima komponen utama: Dashboard Utama, Halaman Monitoring CCTV, Halaman Deteksi dan Analisis Kecelakaan, Halaman Laporan dan Statistik, serta Halaman Konfigurasi Sistem. Masing-masing komponen dirancang untuk memaksimalkan efisiensi dan efektivitas dalam penanganan dan analisis kecelakaan lalu lintas.

Dashboard Utama berfungsi sebagai pusat informasi yang menyajikan gambaran komprehensif tentang situasi kecelakaan terkini. Halaman ini menampilkan statistik penting seperti jumlah kecelakaan hari ini, status CCTV aktif, waktu respons rata-rata, dan jumlah laporan tertunda. Selain itu, dashboard juga dilengkapi dengan grafik tren kecelakaan untuk analisis visual cepat, peta interaktif yang menunjukkan lokasi kecelakaan terkini, serta daftar kejadian terbaru dengan detail singkat. Desain ini memungkinkan pengguna untuk dengan cepat mendapatkan informasi kritis dan mengambil tindakan yang diperlukan.



Halaman Monitoring CCTV dirancang untuk menampilkan feed langsung dari kamera CCTV yang terhubung ke sistem. Ini memungkinkan pemantauan real-time terhadap kondisi lalu lintas dan deteksi dini terhadap potensi kecelakaan. Halaman Deteksi dan Analisis Kecelakaan berfungsi sebagai pusat informasi detail tentang kejadian kecelakaan yang terdeteksi oleh sistem AI. Halaman ini menyajikan hasil analisis deep learning, termasuk klasifikasi jenis kecelakaan, estimasi tingkat keparahan, dan rekomendasi tindakan yang perlu diambil.

Untuk mendukung analisis jangka panjang dan pelaporan, Halaman Laporan dan Statistik dirancang untuk menyajikan data komprehensif dalam bentuk grafik, tabel, dan visualisasi lainnya. Halaman ini memungkinkan pengguna untuk menganalisis tren kecelakaan, mengidentifikasi area rawan kecelakaan, dan mengevaluasi efektivitas tindakan pencegahan yang telah diimplementasikan. Terakhir, Halaman Konfigurasi Sistem memungkinkan administrator untuk mengatur parameter sistem, mengelola pengguna, dan melakukan penyesuaian terhadap algoritma deteksi kecelakaan.

Keseluruhan desain antarmuka ini bertujuan untuk mendukung tujuan penelitian dengan menyediakan akses cepat ke informasi kritis, memungkinkan analisis real-time kejadian kecelakaan, dan menyajikan data komprehensif untuk evaluasi dan pengambilan keputusan. Implementasi menggunakan teknologi web modern seperti React dan Tailwind CSS memastikan performa yang baik dan kemudahan dalam pengembangan dan pemeliharaan sistem. Dengan antarmuka yang intuitif dan informatif ini, sistem deteksi kecelakaan berbasis AI diharapkan dapat dioperasikan dengan efektif, mendukung peningkatan efisiensi dan akurasi dalam investigasi forensik kecelakaan lalu lintas di Indonesia.

## **Xxxxxxxx Xxxxxxxx Xxxxxxxx**

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

# **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

## **Xxxxxxxx Xxxxxxxx Xxxxxxxx**

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

## **Xxxxxxxx Xxxxxxxx Xxxxxxxx**

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

## **Xxxxxxxx Xxxxxxxx Xxxxxxxx**

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

## **Xxxxxxxx Xxxxxxxx Xxxxxxxx**

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

## **Xxxxxxxx Xxxxxxxx Xxxxxxxx**

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

# **BAB V PENUTUP**

## **Simpulan**

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx

1. Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxx
2. Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxx
3. Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxx
4. Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxx

## **Saran**

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

Xxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxxxx xx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxx xxxxxxxx xxxxxx xxxxxxxxxxxxxxxxx xxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxxx xxxx xxxxxxxxx xxx xxxxxx xxxxxxxxx xx xxxxxxxxxx xxxxxxxx xxxxx xxxxxx

# **DAFTAR PUSTAKA**

Wicaksono, B. A., Purbasari, I. Y., & Via, Y. V. (2021). Deteksi Objek Mobil dan Motor pada Lalu Lintas Berbasis Deep Learning. Jurnal Informatika dan Sistem Informasi, 2(2), 334-342.

Amwin, A. (2021). Deteksi dan klasifikasi kendaraan berbasis algoritma You Only Look Once (YOLO).

Putro, E. C., & Awangga, R. M. (2020). Tutorial Gender Classification Using The You Look Only Once (YOLO) (Vol. 1). Kreatif.

Yang, D., Wu, Y., Sun, F., Chen, J., Zhai, D., & Fu, C. (2021). Freeway accident detection and classification based on the multi-vehicle trajectory data and deep learning model. Transportation research part C: emerging technologies, 130, 103303.

Kabir, M. F., & Roy, S. (2022). Real-time vehicular accident prevention system using deep learning architecture. Expert Systems with Applications, 206, 117837.

Xxxxxxxx Xxxxxxxxxxxxxxxxxx Xxxxxxxxxxxx Xxxxxxxxx Xxxxxxx Xxxxx Xxxxxxxxxx Xxxxxxxxx Xxxxxxxxxxxxxxxx

Xxxxxxxx Xxxxxxxxxxxxxxxxxx Xxxxxxxxxxxx Xxxxxxxxx Xxxxxxx Xxxxx Xxxxxxxxxx Xxxxxxxxx Xxxxxxxxxxxxxxxx

Xxxxxxxx Xxxxxxxxxxxxxxxxxx Xxxxxxxxxxxx Xxxxxxxxx Xxxxxxx Xxxxx Xxxxxxxxxx Xxxxxxxxx Xxxxxxxxxxxxxxxx

Xxxxxxxx Xxxxxxxxxxxxxxxxxx Xxxxxxxxxxxx Xxxxxxxxx Xxxxxxx Xxxxx Xxxxxxxxxx Xxxxxxxxx Xxxxxxxxxxxxxxxx

# **LAMPIRAN**

## **Daftar Riwayat Hidup**

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Xxxxxxxx Xxxxxxxxxx

Tempat dan Tanggal Lahir : Xxxxxxxx, DD Mmmmmm YYYY

Jenis Kelamin : Xxxxxxx

Alamat : Xxxxxxxxxxx Xxxxxxxxxxxxx Xxxxxxxxxx Xxx Xxxxxxxxxx

Agama : Xxxxxxxxx

Nomor Telepon : 9999999999999

Email : xxxxxxx@xxxxx.xxx

Status Pernikahan : Menikah/Belum Menikah

Riwayat Pendidikan

9999 – 9999 : Nama SD/MI

9999 – 9999 : Nama SMP/MTs

9999 – 9999 : Nama SMU/SMK/MA

Motto Hidup

*Xxxxxxxxxxx xxxxxxxxxx xxxxxxxxxxxxx*

## **Lembar Bimbingan**

## **Hasil Uji Similaritas**

Xxxxxxxxxxx Xxxxxxxxxxxx

## **Hasil Penghitungan Manual**

Xxxxxxxxxxx Xxxxxxxxxxx