

**KLASIFIKASI RAMBU LALU LINTAS MENGGUNAKAN  
*CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK***

Diajukan Sebagai Syarat untuk Menyelesaikan  
Pendidikan Program Strata-1 pada  
Jurusan Teknik Informatika



Oleh:

Muhammad Azka Hisbullah  
NIM: 09021281924071

**Jurusan Teknik Informatika**  
**FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
Tahun 2023

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**KLASIFIKASI RAMBU LALU LINTAS MENGGUNAKAN  
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK**

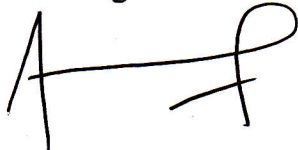
Oleh:

Muhammad Azka Hisbullah

NIM: 09021281924071

Palembang, Agustus 2023

Pembimbing 1



Dr. Muhammad Fachrurrozi, M.T.  
NIP 198005222008121002

Pembimbing 2



Muhammad Naufal Rachmatullah, M.T.  
NIP 199212012022031008

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Syahrini Utami, M.Kom.  
NIP 197812222006042003

## TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF SKRIPSI

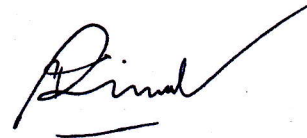
Pada hari kamis tanggal 03 Agustus 2023 telah dilaksanakan ujian komprehensif skripsi oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya

Nama : Muhammad Azka Hisbullah  
NIM : 09021281924071  
Judul : Klasifikasi Rambu Lalu Lintas Menggunakan *Convolutional Neural Network*

dan dinyatakan LULUS.

1. Ketua Penguji

Mastura Diana Marieska, M.T.  
NIP 198603212018032001



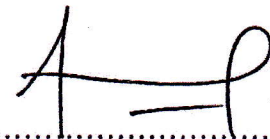
2. Penguji

Samsuryadi, M.Kom., Ph.D.  
NIP 197102041997021003



3. Pembimbing I

Dr. Muhammad Fachrurrozi, M.T.  
NIP 198005222008121002

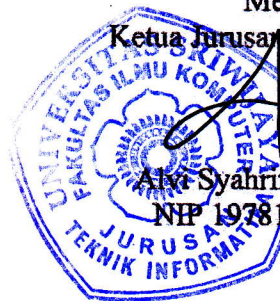



4. Pembimbing II

Muhammad Naufal Rachmatullah, M.T.  
NIP 199212012022031008



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Informatika



  
Alva Syahrini Utami, M.Kom.  
NIP 197812222006042003

## HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Azka Hisbullah

NIM : 09021281924071

Program Studi : Teknik Informatika Reguler

Judul Skripsi : Klasifikasi Rambu Lalu Lintas Menggunakan *Convolutional Neural Network*

Hasil Pengecekan *iThenticate/Turnitin*: 18%

Menyatakan bahwa laporan proyek saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan proyek ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapa pun.



Palembang, 23 Agustus 2023



Muhammad Azka Hisbullah

NIM 09021281924071

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

*"Wakaranai."*

(Qiqi)

*"Unyah."*

(Klee)

Kupersembahkan Karya Tulis ini kepada:

- Allah SWT
- Orang Tua dan Saudaraku
- Teman-teman terbaikku

# TRAFFIC SIGN CLASSIFICATION USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

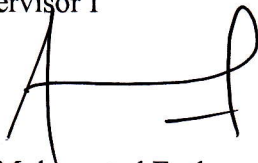
MUHAMMAD AZKA HISBULLAH  
09021281924071

## ABSTRACT

Classification of traffic signs is considered as one of the most important parts of the Advance Driver Assistance System (ADAS) with the main objective of reducing the number of road accidents and overcoming wrong route selection. Convolutional Neural Network (CNN) is a type of neural network that is commonly used in image data. CNN can be used to recognize and detect objects in an image. Image enhancement has an important role in improving image quality in the field of image processing, which is achieved by highlighting useful information and suppressing redundant information in images. This study uses the German Traffic Sign Recognition Benchmark dataset which contains 51,840 images of traffic signs in Germany with 43 classes. The evaluation results of the Xception architecture using Gaussian-blur with a batch size of 32 and a learning rate of 0.0001 produce a training data accuracy value of 99.99% with a test data accuracy of 98.63%.

**Keywords:** Traffic Sign Classification, Convolutional Neural Network, German Traffic Sign Recognition Benchmark.

Supervisor I



Dr. Muhammad Fachrurrozi, M.T.  
NIP. 198005222008121002

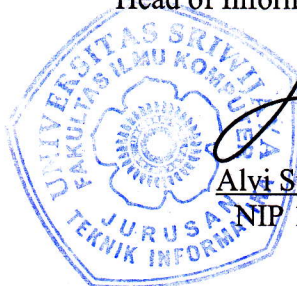
Supervisor II



Muhammad Naufal Rachmatullah, M.T.  
NIP. 199212012022031008

Approved,

Head of Informatics Engineering Departement



Alvi Syahrini Utami, M.Kom.  
NIP 197812222006042003

**KLASIFIKASI RAMBU LALU LINTAS MENGGUNAKAN  
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK**

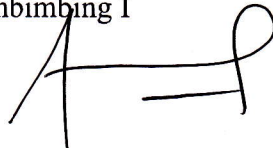
**MUHAMMAD AZKA HISBULLAH  
09021281924071**

**ABSTRAK**

Klasifikasi rambu lalu lintas dianggap sebagai salah satu bagian terpenting dalam *Advance Driver Assistance System* (ADAS) dengan tujuan utama untuk mengurangi jumlah kecelakaan di jalan dan mengatasi pemilihan rute yang salah. *Convolutional Neural Network* (CNN) merupakan salah satu jenis *neural network* yang umum digunakan pada data citra. CNN dapat digunakan untuk mengenali dan mendeteksi *object* pada sebuah citra. *Image enhancement* memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas citra di bidang pemrosesan citra, yang dicapai dengan menyoroti informasi yang berguna dan menekan informasi yang berlebihan dalam citra. Penelitian ini menggunakan dataset *German Traffic Sign Recognition Benchmark* yang memuat 51.840 gambar dari rambu lalu lintas di Jerman dengan 43 kelas. Hasil evaluasi dari arsitektur Xception menggunakan *Gaussian-blur* dengan *batch size* sebesar 32 dan *learning rate* sebesar 0,0001 menghasilkan nilai akurasi data latih sebesar 99,99% dengan akurasi data uji sebesar 98,63%.

**Kata Kunci:** Klasifikasi Rambu Lalu Lintas, *Convolutional Neural Network*, *German Traffic Sign Recognition Benchmark*

Pembimbing I



Dr. Muhammad Fachrurrozi, M.T.  
NIP. 198005222008121002

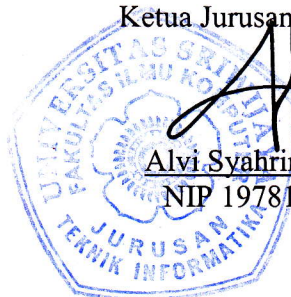
Pembimbing II



Muhammad Naufal Rachmatullah, M.T.  
NIP. 199212012022031008

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Syahrini Utami, M.Kom.  
NIP 197812222006042003

## KATA PENGANTAR

Segala pujian dan syukur kepada Allah SWT atas berkat, rahmat, dan ridhonya yang telah diberikan kepada Penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini yang berjudul “Klasifikasi Rambu Lalu Lintas Menggunakan *Convolutional Neural Network*”. Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak – pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, ide, dan saran dalam penulisan Tugas akhir ini. Rasa terima kasih yang mendalam dari Penulis ditujukan kepada:

1. Kedua orang tua saya yang telah memberikan dukungan penuh, doa, dan motivasi kepada saya, sedari saya kecil sampai sekarang.
2. Keluarga besar saya yang selalu memberikan dukungan dan percaya kepada saya.
3. Ibu Alvi Syahrini Utami, M.Kom. selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Muhammad Fachrurrozi, S.SI., M.T. dan Bapak M. Naufal Rachmatullah, M.T. sebagai Pembimbing Tugas akhir yang telah memberikan saya saran, bimbingan, ilmu, motivasi, dan waktu selama proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Bapak Muhammad Ali Buchari, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya atas ilmu yang telah diberikan.



7. Seluruh Tata Usaha Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya atas kemudahan administrasi yang telah diberikan.
8. Teman – teman Teknik Informatika Reguler 2019 yang telah menemani dan membantu selama perkuliahan.
9. Teman – teman dekat Penulis yang telah membantu dan selalu menolong di saat senang maupun susah.
10. Serta semua pihak yang telah membantu Penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan dan penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan yang disebabkan oleh keterbatasan pengetahuan dan pengalaman dari penulis. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diperlukan untuk kemajuan penelitian dimasa mendatang. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Palembang, Agustus 2023

Penyusun,



Muhammad Azka Hisbullah  
NIM 09021281924071

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	ii
TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT .....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
ABSTRAK .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	I-1
1.1    Pendahuluan .....	I-1
1.2    Latar Belakang Masalah .....	I-1
1.4    Tujuan Penelitian.....	I-4
1.5    Manfaat Penelitian.....	I-4
1.6    Batasan Masalah.....	I-4
1.7    Sistematika Penulisan.....	I-5
1.8    Kesimpulan.....	I-6
BAB II KAJIAN LITERATUR .....	II-1
2.1    Pendahuluan .....	II-1
2.2 <i>Convolutional Neural Network</i> .....	II-1
2.2.1 VGG16 .....	II-2
2.2.2 ResNet50 .....	II-3
2.2.3 InceptionV3 .....	II-4
2.2.4 Xception .....	II-5
2.3 <i>Image Enhancement</i> .....	II-5
2.4 <i>Validation Split</i> .....	II-7
2.5    Rambu Lalu Lintas .....	II-7
2.6    Pengukuran Evaluasi .....	II-8

2.7	<i>Rational Unified Process</i> .....	II-9
2.8	Penelitian Lain yang Relevan.....	II-10
2.8.1	Traffic Sign Detection and Recognition Based on Convolutional Neural Network (Sun et al., 2019).....	II-10
2.8.2	Hierarchical CNN for Traffic Sign Recognition (Xuehong Mao et al., 2016).....	II-11
2.8.3	CNN based Traffic Sign Classification using Adam Optimizer (Mehta et al., 2019) .....	II-11
2.9	Kesimpulan.....	II-12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		III-1
3.1	Pendahuluan .....	III-1
3.2	Pengumpulan Data .....	III-1
3.2.1	Jenis dan Sumber Data .....	III-1
3.2.2	Metode Pengumpulan Data .....	III-2
3.3	Tahapan Penelitian .....	III-2
3.3.1	Diagram Alur Klasifikasi .....	III-3
3.3.2	Menentukan Kriteria Pengujian.....	III-7
3.3.3	Alat Bantu Penelitian.....	III-7
3.3.4	Pengujian Penelitian .....	III-8
3.3.5	Analisis Hasil Pengujian Penelitian .....	III-8
3.4	Manajemen Proyek Penelitian.....	III-9
3.5	Kesimpulan.....	III-9
BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK .....		IV-1
4.1	Pendahuluan .....	IV-1
4.2	Fase Insepsi .....	IV-1
4.2.1	Pemodelan Bisnis .....	IV-1
4.2.2	Menentukan <i>Requirement</i> .....	IV-2
4.2.3	Kebutuhan Sistem.....	IV-2
4.3	Fase Elaborasi.....	IV-3
4.3.1	Analisis Kebutuhan .....	IV-3
4.3.2	Desain UML .....	IV-3
4.3.3	Diagram <i>sequence</i> .....	IV-6
4.3.4	Rancangan Tampilan Antar Muka .....	IV-9
4.4	Fase Konstuksi .....	IV-10
4.4.1	Kebutuhan sistem .....	IV-11

4.4.2 Implementasi <i>Preprocessing</i> .....	IV-11
4.4.3 Implementasi Klasifikasi .....	IV-12
4.4.4 Konstruksi Aplikasi .....	IV-13
4.4.5 Implementasi Rancangan Tampilan Antar Muka.....	IV-14
4.5 Fase Transisi.....	IV-15
4.5.1 Rencana Pengujian <i>Use Case</i> .....	IV-16
4.5.2 Hasil Pengujian <i>Use Case</i> .....	IV-16
4.6 Kesimpulan.....	IV-17
BAB V HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN.....	V-1
5.1 Pendahuluan .....	V-1
5.2 Data Hasil Penelitian .....	V-1
5.2.1 Konfigurasi Percobaan .....	V-1
5.2.2 Analisis Hasil Penelitian .....	V-2
5.6 Kesimpulan.....	V-9
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....	VI-1
6.1 Pendahuluan .....	VI-1
6.2 Kesimpulan.....	VI-1
6.3 Saran .....	VI-2
DAFTAR PUSTAKA .....	vii
LAMPIRAN.....	x

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel III-1. Jumlah Nilai untuk Setiap Bagian .....	III-5
Tabel IV-1. Kebutuhan Fungsional Perangkat Lunak.....	IV-2
Tabel IV-2. Kebutuhan Non-Fungsional Perangkat Lunak .....	IV-3
Tabel IV-3. Definisi Aktor.....	IV-4
Tabel IV-4. Definisi <i>Use Case</i> .....	IV-4
Tabel IV-5. Skenario <i>Use Case Single file prediction</i> .....	IV-4
Tabel IV- 6. Skenario <i>Use Case Batch file evaluation</i> .....	IV-5
Tabel IV-7. Fungsi pada <i>Preprocessing</i> .....	IV-12
Tabel IV-8. Fungsi pada Klasifikasi .....	IV-12
Tabel IV-9. Fungsi pada <i>Controller</i> .....	IV-13
Tabel IV-10. Fungsi pada <i>View</i> .....	IV-13
Tabel IV-11. Rencana Pengujian <i>Use Case Single file prediction</i> .....	IV-16
Tabel IV-12. Rencana Pengujian <i>Use Case Batch file evaluation</i> .....	IV-16
Tabel IV-14. Hasil Pengujian <i>Use Case Browse file</i> .....	IV-16
Tabel IV-15. Hasil Pengujian <i>Use Case Preprocessing</i> .....	IV-17
Tabel V-1. Konfigurasi Parameter Tetap .....	V-2
Tabel V-2. Konfigurasi <i>Tuning Parameter</i> .....	V-2
Tabel V-3. Perbandingan Hasil <i>Training-Validation</i> Model tanpa <i>Image Enhancement</i> .....	V-2
Tabel V-4. Perbandingan Hasil <i>Training-Validation</i> Model dengan <i>Image Enhancement</i> .....	V-3
Tabel V-5. Perbandingan Rata-Rata Performa Model tanpa <i>Image Enhancement</i> Berdasarkan Pengujian Data Uji .....	V-3
Tabel V-6. Perbandingan Rata-Rata Performa Model dengan <i>Image Enhancement</i> Berdasarkan Pengujian Data Uji .....	V-4
Tabel V-7. Perbandingan Hasil Evaluasi Model Skenario <i>Tuning Parameter</i> ...	V-5

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II-1. Proses <i>Convolutional Neural Network</i> (Bhatt et al., 2021).....	II-2
Gambar II-2. Arsitektur VGG16 (Song et al., 2019).....	II-3
Gambar II-3. Arsitektur ResNet50 (Zahisham et al., 2020).....	II-3
Gambar II-4. Arsitektur InceptionV3 (Shadin et al., 2021).....	II-4
Gambar II-5. Arsitektur Xception (Sobti et al., 2021).....	II-5
Gambar II-6. Contoh rambu lalu lintas (Affandi, 2004).....	II-8
Gambar II-7. Contoh <i>Confusion Matrix</i> (ERIAN et al., 2023).....	II-8
Gambar III-1. Persebaran data pada dataset GTSRB.....	III-2
Gambar III-2. Diagram Alur Metode Pengumpulan Data .....	III-2
Gambar III-3. Diagram Alur Tahapan Penelitian .....	III-3
Gambar III-4. Diagram Alur Klasifikasi Rambu Lalu Lintas Menggunakan CNN .....	III-3
Gambar III-5. Diagram Alur Tahapan Pra-Pengolahan .....	III-4
Gambar III-6. Gambar sebelum (a) dan sesudah (b) dilakukan pra-pengolahan	III-5
Gambar IV-1. Diagram Alir Proses Kerja.....	IV-2
Gambar IV-2. <i>Use Case Diagram</i> Perangkat Lunak yang Dikembangkan .....	IV-4
Gambar IV-3. Diagram <i>sequence Single file prediction</i> .....	IV-7
Gambar IV-4. Diagram <i>sequence Batch file evaluation</i> .....	IV-8
Gambar IV-5. Rancangan Tampilan Antar Muka <i>Pre-input</i> .....	IV-9
Gambar IV-6. Rancangan Tampilan Antar Muka <i>Post-input File</i> .....	IV-10
Gambar IV-7. Rancangan Tampilan Antar Muka <i>Post-input Gambar</i> .....	IV-10
Gambar IV-8. Diagram Kelas .....	IV-11
Gambar IV-9. Tampilan Awal Aplikasi.....	IV-14
Gambar IV-10. Tampilan Setelah <i>Input Text File</i> .....	IV-15
Gambar IV-11. Tampilan Setelah <i>Input Gambar</i> .....	IV-15
Gambar V-1. Diagram Perbandingan Akurasi Data Uji .....	V-5
Gambar V-2. <i>Confussion matrix</i> model Xception-32-4.....	V-6
Gambar V-3. Sampel hasil pengujian model Xception-32-4.....	V-7
Gambar V-4. <i>Confussion matrix</i> model ResNet50-32-3.....	V-8
Gambar V-5. Sampel hasil pengujian model ResNet50-32-3.....	V-9

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Kode program .....	x

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Pendahuluan**

Bab ini membahas latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, sistematika penulisan dan kesimpulan yang berasal dari judul yang diangkat secara rinci.

### **1.2 Latar Belakang Masalah**

Klasifikasi rambu lalu lintas dianggap sebagai salah satu bagian terpenting dalam *Advance Driver Assistance System* (ADAS) karena diperlukan untuk mendeteksi rambu lalu lintas sebelum bisa dilakukan klasifikasi. Rambu lalu lintas dirancang menggunakan bentuk dan warna yang pasti untuk memberikan informasi yang berguna seperti peraturan lalu lintas, arah rute dan kondisi jalan yang berbeda-beda kepada pengemudi agar dapat berkendara dengan aman. Tujuan utama dari perancangan ADAS adalah untuk mengurangi jumlah kecelakaan di jalan dan mengatasi pemilihan rute yang salah. Klasifikasi rambu lalu lintas dapat dilakukan dengan menggunakan *deep learning* (Mehta et al., 2019).

*Deep learning* digunakan dalam lingkup pemrosesan gambar untuk mengatasi masalah yang sulit seperti klasifikasi, segmentasi dan deteksi. Masalah yang dianggap tidak dapat dipecahkan kini diselesaikan dengan tingkat akurasi yang tinggi (O'Mahony et al., 2020). Metode *deep learning* yang saat ini memiliki hasil paling signifikan dalam pengenalan citra adalah *Convolutional Neural Network* (CNN). CNN merupakan salah satu jenis *neural network* yang umum



digunakan pada data citra. CNN dapat digunakan untuk mengenali dan mendeteksi *object* pada sebuah citra (Mehta et al., 2019). Hal tersebut dikarenakan CNN berusaha meniru sistem pengenalan citra pada visual cortex manusia sehingga memiliki kemampuan mengolah informasi citra. CNN merupakan arsitektur *deep learning* yang terdiri dari *input layer*, *convolution layer*, *pooling layer*, dan *fully connected layer* (Xiong et al., 2020). CNN adalah pengembangan dari *Multilayer Perceptron* (MLP) yang dibuat dengan tujuan agar dapat mengelola data 2 dimensi. CNN merupakan salah satu *Deep Neural Network* karena memiliki kedalaman jaringan yang tinggi. CNN sering diterapkan pada data citra (Putra, 2016).

Arsitektur CNN sesuai untuk mengatasi masalah klasifikasi. Hal ini karena CNN mampu melakukan ekstraksi dan mempelajari fitur - fitur penting yang terdapat pada data secara otomatis. CNN juga dapat melakukan klasifikasi dengan akurat terhadap data tersebut (Chandra et al., 2017). Arsitektur CNN juga dapat digunakan terhadap data visual seperti melakukan klasifikasi pada citra. Penelitian ini memilih arsitektur CNN untuk melakukan klasifikasi pada rambu lalu lintas. Arsitektur CNN dipilih karena mampu melakukan pemindaian dan ekstraksi fitur tingkat tinggi secara otomatis serta memiliki akurasi tingkat klasifikasi yang tinggi. Adapun arsitektur yang digunakan pada penelitian ini adalah VGG16, ResNet50, InceptionV3, Xception.

*Image enhancement* memiliki peran penting dalam meningkatkan kualitas citra di bidang pemrosesan citra, yang dicapai dengan menyoroti informasi yang berguna dan menekan informasi yang berlebihan dalam citra (Qi et al., 2021). Untuk meningkatkan performa model CNN, kualitas citra ditingkatkan

menggunakan *image enhancement*. Telah diketahui bahwa *image enhancement* adalah *problem-oriented procedure* dengan tujuan untuk meningkatkan tampilan visual citra, atau untuk memberikan representasi transformasi yang lebih baik untuk pemrosesan citra otomatis di masa mendatang (analisis, deteksi, segmentasi, dan mengenalan) (Agaian et al., 2000). Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Gaussian-*blur*, *Sharpen*, *Clahe*, dan gabungan metode Gaussian-*blur* dan *Clahe*. Diharapkan penelitian klasifikasi rambu lalu lintas menggunakan CNN ini dapat menghasilkan kontribusi pada bidang ilmu komputer dan otomatisasi di masa depan.

### 1.3 Rumusan Masalah

Klasifikasi rambu lalu lintas adalah komponen penting dari *Driver Assistance System* (DAS). Rambu lalu lintas juga merupakan hal penting yang perlu diketahui pengemudi sebelum berkendara. Model klasifikasi rambu lalu lintas menggunakan CNN dapat dikembangkan untuk membantu melakukan klasifikasi rambu lalu lintas yang dapat digunakan DAS maupun oleh pengemudi, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan klasifikasi rambu lalu lintas menggunakan arsitektur CNN?
2. Bagaimana kinerja model CNN dalam melakukan klasifikasi pada rambu lalu lintas?
3. Apakah *image enhancement* dapat meningkatkan kinerja model CNN untuk klasifikasi rambu lalu lintas?

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membangun model klasifikasi rambu lalu lintas berbasis perangkat lunak menggunakan algoritma CNN.
2. Mengetahui kinerja dari model klasifikasi rambu lalu lintas menggunakan algoritma CNN.
3. Membandingkan kinerja model CNN yang menggunakan *image enhancement* dengan model yang tidak menggunakan *image enhancement*.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dapat membantu sistem klasifikasi rambu lalu lintas secara otomatis.
2. Penelitian ini dapat menjadi rujukan dalam mengembangkan penelitian lebih lanjut mengenai klasifikasi rambu lalu lintas berbasis model CNN.
3. Penelitian ini dapat menjawab masalah klasifikasi pada rambu lalu lintas berbasis model CNN dan menjadi dasar untuk mengembangkan perangkat lunak klasifikasi rambu lalu lintas berbasis model CNN.

#### **1.6 Batasan Masalah**

Untuk menjaga ruang lingkup masalah pada penelitian ini tetap jelas dan terhindar dari adanya penyimpangan, ruang lingkup masalah pada penelitian ini dibatasi dengan rincian sebagai berikut:

1. Model CNN yang dikembangkan dapat melakukan klasifikasi pada rambu lalu lintas.

2. Dataset pelatihan model CNN merupakan citra rambu lalu lintas tanpa halangan apapun.
3. Citra gambar yang digunakan hanya memiliki satu objek.
4. Citra yang digunakan berformat .jpg.

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

### **BAB I. PENDAHULUAN**

Bab ini membahas secara rinci tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, sistematika penulisan, dan kesimpulan.

### **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas secara rinci mengenai penelitian – penelitian lain yang relevan dan landasan teori yang menjadi dasar dalam menyusun penelitian ini.

### **BAB III. METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini membahas secara rinci mengenai kerangka kerja, instrumen penelitian, data yang digunakan dalam penelitian, dan perencanaan dari kegiatan – kegiatan penelitian.

### **BAB IV. PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK**

Bab ini membahas secara rinci mengenai proses pengembangan perangkat lunak yang sudah direncanakan pada BAB III, dan melakukan pengujian pada perangkat lunak yang digunakan untuk penelitian.

## **BAB V. HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN**

Bab ini membahas secara rinci mengenai hasil dari perangkat lunak yang digunakan pada penelitian dan melakukan analisa pada hasil tersebut.

## **BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini membahas secara rinci mengenai kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran – saran yang dapat digunakan untuk mengembangkan penelitian tersebut.

### **1.8 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dari bab ini yaitu, rincian latar belakang masalah digunakan untuk menetapkan rumusan masalah yang diteliti, tujuan penelitian, batasan masalah yang diteliti dan juga sistematika penulisan skripsi. Judul dari penelitian penulis adalah “Klasifikasi Rambu Lalu Lintas Menggunakan CNN”.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agaian, S. S., Panetta, K., & Grigoryan, A. M. (2000). A new measure of image enhancement. *IASTED International Conference on Signal Processing & Communication*, 19–22.
- Al-Haija, Q. A., & Adebajo, A. (2020). Breast Cancer Diagnosis in Histopathological Images Using ResNet-50 Convolutional Neural Network. *2020 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS)*, 1–7.  
<https://doi.org/10.1109/IEMTRONICS51293.2020.9216455>
- Albashish, D., Al-Sayyed, R., Abdullah, A., Ryalat, M. H., & Ahmad Almansour, N. (2021). Deep CNN Model based on VGG16 for Breast Cancer Classification. *2021 International Conference on Information Technology (ICIT)*, 805–810. <https://doi.org/10.1109/ICIT52682.2021.9491631>
- Bai, Y., Chen, M., Zhou, P., Zhao, T., Lee, J., Kakade, S., Wang, H., & Xiong, C. (2021). How important is the train-validation split in meta-learning? *International Conference on Machine Learning*, 543–553.
- Behera, B., Prakash, A., Gupta, U., Semwal, V. B., & Chauhan, A. (2021). Statistical prediction of facial emotions using Mini Xception CNN and time series analysis. In *Data Science* (pp. 397–410). Springer.
- Bhatt, D., Patel, C., Talsania, H., Patel, J., Vaghela, R., Pandya, S., Modi, K., & Ghayvat, H. (2021). CNN variants for computer vision: history, architecture, application, challenges and future scope. *Electronics*, 10(20), 2470.
- Deng, X., Liu, Q., Deng, Y., & Mahadevan, S. (2016). An improved method to construct basic probability assignment based on the confusion matrix for classification problem. *Information Sciences*, 340–341, 250–261.  
<https://doi.org/10.1016/j.ins.2016.01.033>
- ERIAN, M. K., Yusliani, N., & Darmawahyuni, A. (2023). *PERBANDINGAN ALGORITMA K-NEAREST NEIGHBOR (kNN) DAN MODIFIED K-NEAREST NEIGHBOR (MkNN) UNTUK KLASIFIKASI INFARK MIOKARD (SERANGAN JANTUNG) MELALUI SINYAL ELEKTROKARDIOGRAM (EKG)*. Sriwijaya University.
- Flusser, J., Farokhi, S., Höschl, C., Suk, T., Zitova, B., & Pedone, M. (2015). Recognition of images degraded by Gaussian blur. *IEEE Transactions on Image Processing*, 25(2), 790–806.
- Ghani, M. A., Fahrizal, F., & Lawi, A. (2021). Implementasi Arsitektur Xception Untuk Klasifikasi Citra Covid-19 Radiography. *Proceeding KONIK (Konferensi Nasional Ilmu Komputer)*, 5, 413–419.
- Han, Z., Wei, B., Zheng, Y., Yin, Y., Li, K., & Li, S. (2017). Breast Cancer Multi-classification from Histopathological Images with Structured Deep Learning Model. *Scientific Reports*, 7(1), 4172. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04075-z>
- Hulu, Y., Simbolon, N., Tarigan, E. V. B., Bunawolo, M., & Turnip, M. (2020). Aplikasi Sistem Informasi Manajemen Sekolah Terintegrasi dengan Pendekatan Rational Unified Process. *Jurnal Ilmu Komputer Dan Sistem*

- Informasi (JIKOMSI)*, 3(1), 11–17.
- Hummel, R. A., Kimia, B., & Zucker, S. W. (1987). Deblurring gaussian blur. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 38(1), 66–80.
- Liu, Z., Yang, C., Huang, J., Liu, S., Zhuo, Y., & Lu, X. (2021). Deep learning framework based on integration of S-Mask R-CNN and Inception-v3 for ultrasound image-aided diagnosis of prostate cancer. *Future Generation Computer Systems*, 114, 358–367.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.future.2020.08.015>
- Lo, W. W., Yang, X., & Wang, Y. (2019). An Xception Convolutional Neural Network for Malware Classification with Transfer Learning. *2019 10th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/NTMS.2019.8763852>
- Mehta, S., Paunwala, C., & Vaidya, B. (2019). CNN based Traffic Sign Classification using Adam Optimizer. *2019 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICCS)*, 1293–1298.  
<https://doi.org/10.1109/ICCS45141.2019.9065537>
- O'Mahony, N., Campbell, S., Carvalho, A., Harapanahalli, S., Hernandez, G. V., Krpalkova, L., Riordan, D., & Walsh, J. (2020). Deep learning vs. traditional computer vision. *Advances in Computer Vision: Proceedings of the 2019 Computer Vision Conference (CVC), Volume 1 1*, 128–144.
- Putra, I. (2016). *Klasifikasi citra menggunakan convolutional neural network (CNN) pada caltech 101*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Qi, Y., Yang, Z., Sun, W., Lou, M., Lian, J., Zhao, W., Deng, X., & Ma, Y. (2021). A comprehensive overview of image enhancement techniques. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 1–25.
- Reza, A. M. (2004). Realization of the contrast limited adaptive histogram equalization (CLAHE) for real-time image enhancement. *Journal of VLSI Signal Processing Systems for Signal, Image and Video Technology*, 38, 35–44.
- Setiawan, A. W., Mengko, T. R., Santoso, O. S., & Suksmono, A. B. (2013). Color retinal image enhancement using CLAHE. *International Conference on ICT for Smart Society*, 1–3.
- Shadin, N. S., Sanjana, S., & Lisa, N. J. (2021). COVID-19 Diagnosis from Chest X-ray Images Using Convolutional Neural Network(CNN) and InceptionV3. *2021 International Conference on Information Technology (ICIT)*, 799–804.  
<https://doi.org/10.1109/ICIT52682.2021.9491752>
- Sobti, P., Nayyar, A., Nagrath, P., & others. (2021). EnsemV3X: a novel ensemble deep learning architecture for multi-label scene classification. *PeerJ Computer Science*, 7, e557.
- Song, Z., Fu, L., Wu, J., Liu, Z., Li, R., & Cui, Y. (2019). Kiwifruit detection in field images using Faster R-CNN with VGG16. *IFAC-PapersOnLine*, 52(30), 76–81. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.12.500>
- Stallkamp, J., Schlipsing, M., Salmen, J., & Igel, C. (2012). Man vs. computer: Benchmarking machine learning algorithms for traffic sign recognition. *Neural Networks*, 32, 323–332. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2012.02.016>
- Suarez, G. B. G. O. D. (2013). *Learning image processing with OpenCV*.

- Sun, Y., Ge, P., & Liu, D. (2019). Traffic Sign Detection and Recognition Based on Convolutional Neural Network. *2019 Chinese Automation Congress (CAC)*, 2851–2854. <https://doi.org/10.1109/CAC48633.2019.8997240>
- Victor Ikechukwu, A., Murali, S., Deepu, R., & Shivamurthy, R. C. (2021). ResNet-50 vs VGG-19 vs training from scratch: A comparative analysis of the segmentation and classification of Pneumonia from chest X-ray images. *Global Transitions Proceedings*, 2(2), 375–381. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gltip.2021.08.027>
- Xuehong Mao, Hijazi, S., Casas, R., Kaul, P., Kumar, R., & Rowen, C. (2016). Hierarchical CNN for traffic sign recognition. *2016 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, 130–135. <https://doi.org/10.1109/IVS.2016.7535376>
- Zahisham, Z., Lee, C. P., & Lim, K. M. (2020). Food Recognition with ResNet-50. *2020 IEEE 2nd International Conference on Artificial Intelligence in Engineering and Technology (IICAIET)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/IICAIET49801.2020.9257825>