

**IMPLEMENTASI DECISION TREE DENGAN BAYESIAN
OPTIMIZATION UNTUK MENDETEKSI KEMACETAN DAN
REKOMENDASI RUTE ALTERNATIF MENGGUNAKAN ANT
COLONY OPTIMIZATION**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



OLEH :

JACKY ANDERSON

09011282126046

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

**IMPLEMENTASI DECISION TREE DENGAN BAYESIAN
OPTIMIZATION UNTUK MENDETEKSI KEMACETAN DAN
REKOMENDASI RUTE ALTERNATIF MENGGUNAKAN ANT
COLONY OPTIMIZATION**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



OLEH :

JACKY ANDERSON

09011282126046

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

HALAMAN PENGESAHAN

**IMPLEMENTASI DECISION TREE DENGAN BAYESIAN
OPTIMIZATION UNTUK MENDETEKSI KEMACETAN DAN
REKOMENDASI RUTE ALTERNATIF MENGGUNAKAN ANT COLONY
OPTIMIZATION**

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk penyelesaian studi di
Program Studi S1 Sistem Komputer**

Oleh :

JACKY ANDERSON

09011282126046

Pembimbing 1	: <u>Dr. Ir. Sukemi, M.T.</u> NIP. 196612032006041001
Pembimbing 2	: <u>Ahmad Fali Oklilas, M.T.</u> NIP. 197210151999031001

Mengetahui

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001

AUTHENTICATION PAGE

***IMPLEMENTATION OF DECISION TREE WITH BAYESIAN
OPTIMIZATION FOR TRAFFIC CONGESTION DETECTION AND
ALTERNATIVE ROUTE RECOMMENDATION USING ANT COLONY
OPTIMIZATION***

SKRIPSI

***As one of the requirements for the completion of studies in the
Bachelor`s Degree Program In Computer Systems***

By :

JACKY ANDERSON

09011282126046

**Supervisor 1 : Dr. Ir. Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001**

**Supervisor 2 : Ahmad Fali Oklilas, M.T.
NIP. 197210151999031001**

**Approved by,
Head of Computer Systems Department**



**Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001**

HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada

Hari : Jumat

Tanggal : 11 Juli 2025

Tim Penguji

1. Ketua : Prof. Deris Stiawan, M.T., Ph.D.



2. Penguji : Yoppy Sazaki, S.Si, M.T.



3. Pembimbing I : Dr. Ir. Sukemi, M.T.

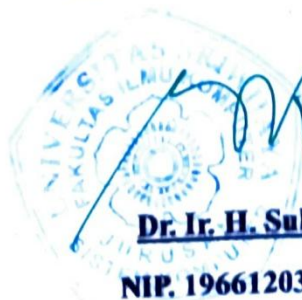


4. Pembimbing II : Ahmad Fali Oklilas, M.T.



Mengetahui, 23/7/25

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. H. Sukemi, M.T.
NIP. 196612032006041001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Jacky Anderson

NIM : 09011282126046

Judul : Implementasi Decision Tree dengan Bayesian Optimization untuk Mendeteksi Kemacetan dan Rekomendasi Rute Alternatif Menggunakan Ant Colony Optimization

Hasil Pengecekan Plagiat/Turnitin: 1 %

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan tidak mengandung unsur penjiplakan atau plagiat. Saya sepenuhnya menyadari bahwa jika terbukti adanya penjiplakan atau plagiat dalam skripsi ini, saya siap menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya. Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran penuh dan tanpa adanya paksaan dari pihak mana pun.



Palembang, 2025

Yang menyatakan,



Jacky Anderson

NIM. 09011282126046

HALAMAN PERSEMBAHAN

MOTTO

"Barang siapa yang mempermudah urusan orang lain, maka Allah akan mempermudah urusannya di dunia dan akhirat."

(HR. Muslim)

Segala puji hanya milik Allah SWT, Sumber segala rahmat dan karunia yang mengalir tiada henti. Dalam setiap hela nafas dan langkah, kuingat selalu kasih Mu yang agung, Yang memberi kekuatan, kesabaran, dan cahaya dalam gelapku. Tanpa izin dan pertolongan-Mu, tiada makna semua ini. Semoga setiap karya dan usahaku menjadi ladang amal yang Engkau ridhoi.

Untuk kedua insan mulia, orang tua yang kucintai, Pelita hidupku dalam gelap yang paling kelam, Tempat aku belajar arti ketulusan, pengorbanan, dan kesetiaan tanpa syarat. Ibu, Ayah, terima kasih atas doa-doa yang menyertai setiap langkahku, Atas peluh dan pengorbanan yang tak terhingga, Serta restu yang selalu menjadi sandaran hati dan kekuatan jiwa. Semua pencapaian ini adalah buah dari cinta dan harapan kalian, Dan aku berharap bisa selalu menjadi kebanggaan yang kalian impikan.

Kepada keluarga besar yang tak pernah lelah memberi dukungan, Saudara-saudaraku, paman, bibi, dan semua yang selalu mendoakan, Yang menjadi tempatku pulang dan berteduh di setiap lelah dan luka.

Kepada para dosen dan guru pembimbingku, Penuntun yang sabar dan bijaksana, Yang dengan penuh dedikasi membimbing dan mengajarkan ilmu, Membuka cakrawala dan menguatkan langkahku menuju mimpi.

Untuk sahabat seperjuanganku, Warna yang membuat perjalanan ini penuh makna dan kebersamaan, Teman dalam tawa, peluh, dan harapan. Semoga ikatan kita selalu terjaga dalam keabadian persahabatan.

Dan untuk diriku sendiri, Yang terus berjuang melawan lelah dan ragu, Bangkit dari jatuh, dan menuntaskan segala yang telah dimulai. Terima kasih atas keberanian dan keteguhan hati, Perjalanan ini belum selesai, namun kau telah membuktikan kekuatanmu.

"It always seems impossible until it's done."

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, rahmat, dan penyertaan-Nya penulis telah diberikan kesehatan, kekuatan, serta kesanggupan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Topik pembahasan yang terangkum dalam tugas akhir dengan judul "Implementasi Decision Tree dengan Bayesian Optimization untuk Mendeteksi Kemacetan dan Rekomendasi Rute Alternatif Menggunakan Ant Colony Optimization".

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis masih dalam tahap pembelajaran dan bimbingan. Dengan demikian, penulis menyadari bahwa tanpa bantuan serta petunjuk dari semua pihak, penulis tentu tidak dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan nikmat karunia-Nya yang tidak terhingga termasuk nikmat kesehatan yang telah diberikan sehingga tugas akhir ini dapat penulis selesaikan hingga selesai.
2. Kedua orang tua penulis, Ayah dan Ibu, yang selalu memberikan dukungan serta doa yang menguatkan penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Erwin, S.SI, M.SI selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Ir. H. Sukemi, M.T. selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya dan Dosen Pembimbing Tugas Akhir 1 yang telah berkenan memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berharga dalam proses penyusunan tugas akhir ini.
5. Bapak Ahmad Fali Oklilas, M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir 2 yang telah menyambut dan membimbing penulis dengan penuh kesabaran serta meluangkan waktunya dalam mengarahkan, memotivasi dan memberikan saran selama pembuatan tugas akhir berjalan.
6. Bapak Dr. Firdaus, M.Kom. selaku Pembimbing Akademik Penulis di Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

7. Pemerintah yang telah memberikan beasiswa KIP-K kepada penulis, sehingga berkesempatan untuk berkuliah dan meringankan beban orang tua penulis.
8. Teman seperjuangan satu bimbingan dan sahabat penulis M. Reza Arya Pratama yang selalu kebersamai penulis bolak-balik Indralaya-Bukit selama ini serta pendukung sebaya penulis yang selalu memberikan saran yang masuk dalam perspektif sebaya penulis.
9. Kepada seluruh teman penulis yang tidak bisa penulis sebutkan satu-satu, terutama anggota Layo Beringas sebagai pendukung penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
10. Seluruh Dosen dan Karyawan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
11. Teman-teman Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Beladiri Divisi Taekwondo Universitas Sriwijaya.
12. Seluruh penyanyi dan elemen terkait yang lagunya berada dalam playlist musik penulis sebagai penyelamat mood dan mendorong penulis selama penulisan tugas akhir ini dilakukan.

Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini belum sampai pada batas sempurna. Maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun serta kemakluman agar penulis semakin berkembang dalam masa pembelajaran. Penulis berharap pula agar tugas akhir ini dapat bermanfaat dan berguna bagi pihak yang terlibat ataupun para pembaca, serta bagi penulis sendiri.

Palembang, 24 Juli 2025

Penulis,



Jacky Anderson

NIM. 09011282126046

IMPLEMENTASI DECISION TREE DENGAN BAYESIAN OPTIMIZATION UNTUK MENDETEKSI KEMACETAN DAN REKOMENDASI RUTE ALTERNATIF MENGGUNAKAN ANT COLONY OPTIMIZATION

JACKY ANDERSON (09011282126046)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Sriwijaya

Email: jacky.anderson345@gmail.com

ABSTRAK

Kemacetan lalu lintas merupakan permasalahan serius yang membutuhkan solusi berbasis data dan teknologi cerdas. Penelitian ini mengusulkan sistem deteksi kemacetan dan rekomendasi rute alternatif berbasis kombinasi algoritma *Decision Tree* (DT) yang dioptimalkan menggunakan *Bayesian Optimization* (BO) untuk klasifikasi kondisi lalu lintas, serta *Ant Colony Optimization* (ACO) untuk penentuan rute optimal. Data input diperoleh dari kamera CCTV yang diolah menggunakan YOLOv11 sebagai detektor kendaraan. Metodologi yang digunakan meliputi proses deteksi objek kendaraan, ekstraksi kepadatan lalu lintas, klasifikasi kondisi lalu lintas (lancar, sedang, macet) menggunakan DT+BO, dan pencarian rute alternatif dengan ACO. Hasil menunjukkan bahwa model klasifikasi yang dihasilkan tanpa bayesian optimization, mencapai akurasi 100% pada pelatihan dan 79.31% pada pengujian. Dengan penerapan bayesian optimization, Decision Tree berhasil mempertahankan akurasi 100% baik pada data pelatihan maupun pengujian. Algoritma ACO berhasil menentukan rute alternatif dari Jembatan Ampera menuju Bandara Sultan Mahmud Badaruddin II dimana rute 1 selalu memiliki bobot terendah. Kontribusi utama penelitian ini adalah integrasi metode DT+BO untuk peningkatan akurasi deteksi kemacetan serta penerapan ACO dalam skenario rute dinamis berbasis kondisi lalu lintas aktual. Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi cerdas dan adaptif untuk pengelolaan lalu lintas di kawasan perkotaan.

Kata Kunci : YOLOv11, Decision Tree, Bayesian Optimization, Ant Colony Optimization

***IMPLEMENTATION OF DECISION TREE WITH BAYESIAN
OPTIMIZATION FOR CONGESTION DETECTION AND ALTERNATIVE
ROUTE RECOMMENDATION USING ANT COLONY OPTIMIZATION***

JACKY ANDERSON (09011282126046)

Computer Engineering Department, Computer Science Faculty

Sriwijaya University

Email: jacky.anderson345@gmail.com

ABSTRACT

Traffic congestion is a serious issue that requires data-driven solutions and intelligent technologies. This study proposes a congestion detection system and alternative route recommendation based on a combination of Decision Tree (DT) algorithms optimized using Bayesian Optimization (BO) for classifying traffic conditions, and Ant Colony Optimization (ACO) for determining optimal routes. Input data is obtained from CCTV cameras and processed using YOLOv11 as a vehicle detector. The methodology includes vehicle object detection, traffic density extraction, traffic condition classification (free-flowing, moderate, congested) using DT+BO, and alternative route search using ACO. The results show that the classification model without Bayesian Optimization achieved 100% accuracy on training data and 79.31% on test data. With the implementation of Bayesian Optimization, the Decision Tree model achieved and maintained 100% accuracy on both training and test datasets. The ACO algorithm successfully identified an alternative route from Ampera Bridge to Sultan Mahmud Badaruddin II Airport, where Route 1 consistently had the lowest weight. The main contribution of this research is the integration of the DT+BO method to enhance congestion detection accuracy and the application of ACO in dynamic routing scenarios based on real-time traffic conditions. This system is expected to serve as an intelligent and adaptive solution for traffic management in urban areas.

Keywords : YOLOv11, Decision Tree, Bayesian Optimization, Ant Colony Optimization

DAFTAR ISI

	Halaman
<u>HALAMAN PENGESAHAN</u>	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	v
HALAMAN PERNYATAAN	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I	18
PENDAHULUAN	18
1.1 Latar Belakang	18
1.2 Rumusan Masalah	20
1.3 Batasan Masalah.....	20
1.4 Tujuan Penelitian.....	21
1.5 Manfaat Penelitian	21
1.6 Metode Penelitian.....	22
1.6.1 Metode Studi Literatur	22
1.6.2 Metode Konsultasi	22
1.6.3 Metode Pengumpulan Data	22
1.6.4 Metode Implementasi	23
1.6.5 Metode Analisis dan Kesimpulan	23

1.7	Sistematika Penulisan	23
BAB II		Error! Bookmark not defined.
TINJAUAN PUSTAKA		Error! Bookmark not defined.
2.1	Penelitian Terdahulu.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.	Decision Tree	Error! Bookmark not defined.
2.3	Bayesian Optimization	Error! Bookmark not defined.
2.4	Deteksi Kemacetan.....	Error! Bookmark not defined.
2.5	Rute alternatif.....	Error! Bookmark not defined.
2.6	Ant Colony Optimization (ACO).....	Error! Bookmark not defined.
2.7	Intelligent Transportation Systems (ITS)	Error! Bookmark not defined.
2.8	CCTV	Error! Bookmark not defined.
2.9	YOLO.....	Error! Bookmark not defined.
2.10	Python	Error! Bookmark not defined.
2.11	Roboflow.....	Error! Bookmark not defined.
2.12	Analisis Hasil Pengolahan Foto dan Video	Error! Bookmark not defined.
2.13	Precision, Recall, dan F1-Score	Error! Bookmark not defined.
BAB III.....		Error! Bookmark not defined.
METODOLOGI PENELITIAN		Error! Bookmark not defined.
3.1	Pendekatan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.2	Variabel Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3	Diagram Alir Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.1	Pengumpulan Data	Error! Bookmark not defined.
3.3.2	Data Cleaning.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.3	Data Integration.....	Error! Bookmark not defined.

3.3.4	Data Transformation	Error! Bookmark not defined.
3.3.5	Data Reduction.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.6	Diagram Alir YOLOv11	Error! Bookmark not defined.
3.3.7	Training Model.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.8	Pengujian dan Hasil Training	Error! Bookmark not defined.
3.3.9	Diagram Alir Decision Tree dengan Bayesian Optimization	Error! Bookmark not defined.
3.3.10	Diagram Alir Ant Colony Optimization.....	Error! Bookmark not defined.
3.3.11	Interpretasi Hasil Analisis	Error! Bookmark not defined.
3.3.12	Membuat Kesimpulan dan Saran ...	Error! Bookmark not defined.
BAB IV		Error! Bookmark not defined.
HASIL PENELITIAN		Error! Bookmark not defined.
4.1	Mengimplementasikan Model YOLOv11	Error! Bookmark not defined.
4.1.1	Hasil Training YOLOv11	Error! Bookmark not defined.
4.1.2	Hasil Testing YOLOv11	Error! Bookmark not defined.
4.1.3	Menghitung Jumlah Kendaraan pada Video CCTV	Error! Bookmark not defined.
4.2	Deteksi Kemacetan dengan Decision Tree dan Bayesian Optimization	Error! Bookmark not defined.
4.2.1	Hasil Decision Tree tanpa Bayesian Optimization .	Error! Bookmark not defined.
4.2.2	Decision Tree dengan Bayesian Optimization .	Error! Bookmark not defined.
4.2.3	Prediksi Kondisi Lalu Lintas.....	Error! Bookmark not defined.
4.3	Penentuan Rute Alternatif dengan Ant Colony Optimization	Error! Bookmark not defined.

4.3.1	Penentuan Kemungkinan Rute	Error! Bookmark not defined.
4.3.2	Penentuan Rute Alternatif	Error! Bookmark not defined.
4.4	Integrasi Sistem dari Metode yang Digunakan	Error! Bookmark not defined.
BAB V.....		Error! Bookmark not defined.
PENUTUP.....		Error! Bookmark not defined.
5.1	Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2	Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA		25

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Struktur Decision Tree	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. 2	Kondisi dalam machine learning	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 1	Diagram alir Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 2	Data gambar dari video cctv	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 3	Data gambar hasil foto hp	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 4	Video CCTV Kota Palembang.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 5	Diagram alir YOLOv11	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 6	Hold-out validation	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 7	Diagram alir Decision Tree.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 8	Parameter ACO	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 9	Diagram alir ACO	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 1	Kurva epoch 50.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 2	Kurva epoch 100	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 3	Confusion Matrix epoch 100	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 4	Confusion Matrix Testing	Error! Bookmark not defined.

Gambar 4. 5	Contoh penerapan pada video cctv ..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 6	Hasil Decision Tree tanpa Bayesian Optimization	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 7	Parameter Bayesian Optimization ...	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 8	Best Parameter Bayesian Optimization	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 9	Hasil Decision Tree dengan Bayesian Optimization	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 10	Grafik Rute Kota Palembang	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 11	Grafik Rute Terbaik	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 1 Variabel YOLOv11.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 2 Variabel Decision Tree.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 3 Ukuran Jenis Kendaraan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 4 Variabel Bayesian Optimization	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 5 Variabel Ant Colony Optimization	Error! Bookmark not defined.
Tabel 3. 6 Rincian Data Cleaning.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.1 Hasil Training 50 Epoch.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 2 Hasil Training 100 Epoch	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.3 Perbandingan epoch 50 dengan epoch 100.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 4 Perhitungan Confusion Matrix Training	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 5 Perhitungan Confusion Matrix Testing.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 6 Kemungkinan Rute dari Ampera ke Bandara	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 7 Bobot rute terbaik Senin Pagi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 8 Bobot rute terbaik Senin Siang	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 9 Bobot rute terbaik Senin Sore.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 10 Bobot rute terbaik Rabu Pagi.....	Error! Bookmark not defined.

Tabel 4. 11	Bobot rute terbaik Rabu Siang.....	61
Tabel 4. 12	Bobot rute terbaik Rabu Sore.....	62
Tabel 4. 13	Bobot rute terbaik Jumat Pagi.....	62
Tabel 4. 14	Bobot rute terbaik Jumat Siang.....	63
Tabel 4. 15	Bobot rute terbaik Jumat Sore.....	63
Tabel 4. 16	Bobot rute terbaik Sabtu Pagi.....	64
Tabel 4. 17	Bobot rute terbaik Sabtu Siang.....	64
Tabel 4. 18	Bobot rute terbaik Sabtu Sore.....	66
Tabel 4. 19	Bobot tiap rute berdasarkan waktu.....	66

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perbandingan Perhitungan Yolo vs Manual.... **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 2 Tabel Referensi**Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 3 Hasil Klasifikasi Kepadatan Kendaraan **Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 4 Hasil Cek Turnitin.....**Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 5 Form Revisi Penguji**Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 6 Form Revisi Pembimbing 1**Error! Bookmark not defined.**

Lampiran 7 Form Revisi Pembimbing 2**Error! Bookmark not defined.**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemacetan lalu lintas merupakan permasalahan kronis yang dialami oleh kota-kota besar di seluruh dunia, termasuk Indonesia. Peningkatan jumlah kendaraan yang tidak diimbangi dengan kapasitas jalan yang memadai, lemahnya manajemen lalu lintas, dan keterbatasan informasi menjadi faktor utama penyebab kemacetan. Dampaknya tidak hanya menurunkan produktivitas masyarakat dan meningkatkan emisi gas rumah kaca, tetapi juga memicu stres serta gangguan kesehatan bagi para pengguna jalan[1].

Untuk mengatasi persoalan tersebut, pendekatan teknologi modern seperti *Intelligent Transportation Systems* (ITS) mulai banyak digunakan. ITS menggabungkan teknologi informasi, komunikasi, dan sistem kontrol cerdas untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan transportasi[2]. CCTV sebagai perangkat pemantauan visual[3] telah lama digunakan dalam ITS. Namun, dengan kemajuan teknologi pengolahan citra dan kecerdasan buatan (AI), fungsinya kini telah berkembang. Data visual dari CCTV dapat diolah secara otomatis untuk mengenali jenis kendaraan[4] dengan algoritma yang banyak digunakan untuk analisis data citra tersebut yaitu YOLO (*You Only Look Once*)[5].

Dalam penelitian ini, digunakan YOLOv11 sebagai model deteksi kendaraan. YOLOv11 memiliki arsitektur yang lebih efisien, akurasi deteksi yang lebih tinggi, serta kemampuan lebih baik dalam menangani objek kecil dan overlapping, yang sangat penting dalam konteks pemantauan lalu lintas dari kamera CCTV yang sering menampilkan kerumunan kendaraan. Penggunaan YOLOv11 juga menjadi poin pembeda penelitian ini dari studi-studi sebelumnya yang sebagian besar masih menggunakan versi YOLO terdahulu. Dengan demikian, penggunaan YOLOv11 memberikan nilai kebaruan sekaligus meningkatkan performa sistem secara keseluruhan.

Setelah kendaraan berhasil dideteksi, langkah selanjutnya adalah mengklasifikasikan kondisi lalu lintas berdasarkan kepadatan kendaraan. Untuk tugas klasifikasi ini, algoritma *Decision Tree* digunakan karena kemampuannya menghasilkan model yang cepat, sederhana, dan mudah diinterpretasikan[6]. Namun, performa *Decision Tree* sangat bergantung pada pengaturan *hyperparameter* yang tepat. Oleh karena itu, digunakan teknik *Bayesian Optimization* untuk mencari kombinasi *hyperparameter* terbaik secara efisien, sehingga meningkatkan akurasi model dalam mendeteksi kondisi kemacetan[7].

Motivasi pemilihan kombinasi metode ini semakin kuat ketika dibandingkan dengan pendekatan lain yang sejenis. Misalnya, *Random Forest* yang merupakan metode *ensemble* dari *Decision Tree* memang memiliki keunggulan dalam stabilitas prediksi dan akurasi yang relatif tinggi, tetapi kekurangannya terletak pada interpretasi model yang lebih kompleks serta waktu komputasi yang lebih tinggi. Sebaliknya, *Decision Tree* yang dioptimalkan dengan *Bayesian Optimization* memberikan keseimbangan antara interpretabilitas, efisiensi, dan akurasi.

Demikian pula, meskipun terdapat algoritma optimasi jalur[8] lainnya seperti *Dijkstra*, *A* atau *Genetic Algorithm*, *Ant Colony Optimization* (ACO) dipilih karena sifat adaptif dan kemampuannya dalam menyesuaikan diri terhadap dinamika lalu lintas secara real-time. ACO unggul dalam menghadapi situasi lalu lintas yang berubah-ubah dan kompleks, karena mekanismenya yang meniru perilaku semut dalam mencari jalur optimal berdasarkan feromon, memungkinkan pencarian solusi terbaik secara kolektif dan iteratif[9].

Namun, hingga saat ini belum banyak penelitian yang menggabungkan ketiga metode tersebut—YOLOv11, *Decision Tree* yang dioptimalkan dengan *Bayesian Optimization*, dan ACO—dalam satu sistem terintegrasi untuk mendeteksi kemacetan dan merekomendasikan rute alternatif. Sebagian besar studi sebelumnya masih berfokus pada satu atau dua komponen tanpa membangun sistem yang menyeluruh. Inilah yang menjadi *gap penelitian* yang ingin diisi melalui studi ini.

Selain memberikan kontribusi akademik, penelitian ini juga memiliki nilai praktis yang signifikan. Hasil penelitian dapat membantu berbagai pihak seperti

Dinas Perhubungan, terutama pengguna jalan dalam menentukan rute perjalanan. Diharapkan, penelitian ini dapat menjadi solusi komprehensif dalam mengurangi kemacetan dan meningkatkan efisiensi sistem transportasi di kawasan perkotaan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem deteksi kemacetan menggunakan YOLOv11 dan *Decision Tree* yang dioptimalkan dengan *Bayesian Optimization*, serta pemberian rekomendasi rute alternatif menggunakan *Ant Colony Optimization*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana implementasi model YOLOv11 untuk menghitung jumlah tiap jenis kendaraan?
2. Bagaimana Decision Tree dapat mendeteksi kemacetan lalu lintas serta pengaruh Bayesian Optimization dalam meningkatkan performa Decision Tree dalam mendeteksi kemacetan?
3. Bagaimana algoritma Ant Colony Optimization dapat digunakan untuk merekomendasikan rute alternatif yang optimal saat kemacetan terdeteksi?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus, beberapa batasan masalah yang diterapkan adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan untuk mendeteksi kemacetan hanya mencakup data lalu lintas dari Kota Palembang.
2. Algoritma Decision Tree yang digunakan akan dioptimalkan menggunakan Bayesian Optimization untuk hyperparameter tuning, tanpa modifikasi lebih lanjut pada algoritma dasarnya.

3. Algoritma Ant Colony Optimization hanya digunakan untuk mencari rute alternatif berdasarkan data kemacetan yang dideteksi.

Penelitian ini tidak mencakup analisis faktor eksternal seperti kondisi cuaca atau kejadian tak terduga lainnya yang dapat mempengaruhi kondisi lalu lintas.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengimplementasikan model YOLOv11 untuk menghitung jumlah tiap jenis kendaraan.
2. Menggunakan Decision Tree untuk mendeteksi kemacetan lalu lintas dan Bayesian Optimization untuk mengoptimalkan performa Decision Tree dalam mendeteksi kemacetan.
3. Mengimplementasikan algoritma Ant Colony Optimization untuk memberikan rekomendasi rute alternatif yang optimal saat kemacetan terdeteksi.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, baik dari sisi teoretis maupun praktis:

1. **Manfaat Teoretis:** Memberikan kontribusi dalam pengembangan algoritma deteksi kemacetan dan rekomendasi rute alternatif dengan menggunakan kombinasi Decision Tree, Bayesian Optimization, dan Ant Colony Optimization.
2. **Manfaat Praktis:** Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat diimplementasikan dalam sistem navigasi atau manajemen lalu lintas untuk membantu mengurangi kemacetan, meningkatkan efisiensi perjalanan, dan mengurangi dampak negatif dari kemacetan.

1.6 Metode Penelitian

Penulis dalam menulis tugas akhir ini menggunakan beberapa metode, yaitu :

1.6.1 Metode Studi Literatur

Metode studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan dan mempelajari berbagai referensi terkait topik penelitian, termasuk jurnal ilmiah, buku, laporan teknis, dan artikel penelitian. Fokus utama dari studi literatur ini adalah memahami konsep dasar kemacetan, Intelligent Transportation Systems (ITS), metode Decision Tree, Bayesian Optimization, Ant Colony Optimization (ACO), serta aplikasi YOLO untuk analisis rekaman CCTV. Studi ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi metode terbaik dalam mendeteksi kemacetan dan merekomendasikan rute alternatif berdasarkan kondisi lalu lintas.

1.6.2 Metode Konsultasi

Metode konsultasi dilakukan dengan melibatkan pembimbing akademik dan pakar di bidang rekayasa lalu lintas dan kecerdasan buatan. Konsultasi ini bertujuan untuk mendapatkan arahan teknis, validasi pendekatan penelitian, serta masukan dalam pengembangan model dan algoritma. Diskusi berkala dengan pembimbing juga dilakukan untuk memastikan penelitian berjalan sesuai rencana dan tetap fokus pada tujuan yang telah ditetapkan.

1.6.3 Metode Pengumpulan Data

Data utama penelitian ini diperoleh dari rekaman CCTV yang memantau lalu lintas di area penelitian. Data ini mencakup berbagai kondisi lalu lintas, seperti kondisi lancar, padat, dan macet. Selain itu, dataset tambahan dari sumber terbuka, seperti Roboflow, digunakan untuk melengkapi dan memperkaya dataset. Data yang

terkumpul dianotasi secara manual menggunakan alat seperti Roboflow untuk memberikan label pada objek kendaraan dan tingkat kepadatan lalu lintas. Proses augmentasi data juga dilakukan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas data pelatihan.

1.6.4 Metode Implementasi

Tahapan implementasi dimulai dengan pengolahan data menggunakan YOLO untuk mendeteksi kendaraan dan menghitung tingkat kepadatan lalu lintas dari rekaman CCTV. Data yang diperoleh digunakan sebagai masukan untuk membangun model Decision Tree yang dioptimalkan menggunakan Bayesian Optimization. Selanjutnya, hasil deteksi kemacetan dari model ini digunakan oleh algoritma Ant Colony Optimization (ACO) untuk menentukan rute alternatif. Proses implementasi dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python dan pustaka pendukung seperti OpenCV, Scikit-learn, serta PyTorch.

1.6.5 Metode Analisis dan Kesimpulan

Tahap akhir penelitian melibatkan analisis hasil implementasi untuk mengevaluasi performa model yang dikembangkan. Evaluasi Decision Tree dilakukan berdasarkan metrik akurasi, precision, recall, dan F1-score, sementara algoritma ACO dievaluasi berdasarkan efisiensi rute alternatif yang dihasilkan. Analisis ini dilanjutkan dengan pembahasan hasil untuk mengidentifikasi kelebihan, kekurangan, dan potensi pengembangan lebih lanjut. Kesimpulan penelitian dirumuskan berdasarkan hasil analisis untuk menjawab tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

1.7 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan pemahaman dan memberikan alur yang jelas, skripsi ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

- **Bab I Pendahuluan:** Menguraikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan skripsi.
- **Bab II Tinjauan Pustaka:** Berisi tinjauan teori-teori yang relevan dengan penelitian ini, termasuk pembahasan tentang Decision Tree, Bayesian Optimization, Ant Colony Optimization, serta studi-studi terdahulu yang terkait.
- **Bab III Metodologi Penelitian:** Menjelaskan langkah-langkah penelitian, mulai dari pengumpulan data, teknik analisis data, hingga proses pengimplementasian algoritma yang digunakan.
- **Bab IV Hasil dan Pembahasan:** Berisi hasil penelitian yang diperoleh serta pembahasan terkait dengan hasil tersebut, baik dari segi kinerja algoritma maupun hasil rekomendasi rute.
- **Bab V Kesimpulan dan Saran:** Berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk pengembangan lebih lanjut di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Afrin and N. Yodo, "A Survey of Road Traffic Congestion Measures towards a Sustainable and Resilient Transportation System," *Sustainability*, vol. 12, no. 11, p. 4660, Jun. 2020, doi: 10.3390/su12114660.
- [2] T. Bakıcı, E. Almirall, and J. Wareham, "A Smart City Initiative: the Case of Barcelona," *J. Knowl. Econ.*, vol. 4, no. 2, pp. 135–148, Jun. 2013, doi: 10.1007/s13132-012-0084-9.
- [3] Z. Aini, F. Hutapea, and R. Nurul, "IMPLEMENTASI SISTEM PENGAWASAN CCTV LALU LINTAS DI KOTA TANJUNGPINANG (STUDI KASUS DINAS PERHUBUNGAN)," *El-Riyasah*, vol. 11, no. 1, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/elriyasah/article/view/8607/5107>
- [4] A. Nurhopipah and A. Harjoko, "Motion Detection and Face Recognition for CCTV Surveillance System," *IJCCS (Indonesian J. Comput. Cybern. Syst.*, vol. 12, no. 2, p. 107, Jul. 2018, doi: 10.22146/ijccs.18198.
- [5] J. Terven, D.-M. Córdova-Esparza, and J.-A. Romero-González, "A Comprehensive Review of YOLO Architectures in Computer Vision: From YOLOv1 to YOLOv8 and YOLO-NAS," *Mach. Learn. Knowl. Extr.*, vol. 5, no. 4, pp. 1680–1716, Nov. 2023, doi: 10.3390/make5040083.
- [6] H. D. Susanto and B. Yuniarto, "Analisis Pola Kecelakaan Lalu Lintas Menggunakan Algoritma Decision Tree Berdasarkan Ekstraksi Informasi dari Berita Online Menggunakan Named Entity Recognition (NER)," *Semin. Nas. Off. Stat.*, vol. 2023, no. 1, pp. 213–224, Oct. 2023, doi: 10.34123/semnasoffstat.v2023i1.1751.
- [7] J. A. Paulson and C. Tsay, "Bayesian optimization as a flexible and efficient design framework for sustainable process systems," Jan. 2024, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2401.16373>
- [8] F. Jelti, A. Allouhi, and K. A. Tabet Aoul, "Transition Paths towards a Sustainable Transportation System: A Literature Review," *Sustainability*,

vol. 15, no. 21, p. 15457, Oct. 2023, doi: 10.3390/su152115457.

- [9] Y. Wang and Z. Han, “Ant colony optimization for traveling salesman problem based on parameters optimization,” *Appl. Soft Comput.*, vol. 107, p. 107439, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.asoc.2021.107439.
- [10] M. S. Jasim, N. Zaghdien, and M. Salim Bouhlel, “Improving Detection and Prediction of Traffic Congestion in VANETs: An Examination of Machine Learning,” *Int. J. Comput. Digit. Syst.*, vol. 15, no. 1, pp. 947–960, Feb. 2024, doi: 10.12785/ijcds/150167.
- [11] M. Zahid, Y. Chen, A. Jamal, and M. Q. Memon, “Short Term Traffic State Prediction via Hyperparameter Optimization Based Classifiers,” *Sensors*, vol. 20, no. 3, p. 685, Jan. 2020, doi: 10.3390/s20030685.
- [12] L. Yang *et al.*, “Comparative Analysis of the Optimized KNN, SVM, and Ensemble DT Models Using Bayesian Optimization for Predicting Pedestrian Fatalities: An Advance towards Realizing the Sustainable Safety of Pedestrians,” *Sustainability*, vol. 14, no. 17, p. 10467, Aug. 2022, doi: 10.3390/su141710467.
- [13] J. Cui, Q. Tan, C. Zhang, and B. Yang, “A novel framework of graph Bayesian optimization and its applications to real-world network analysis,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 170, p. 114524, May 2021, doi: 10.1016/j.eswa.2020.114524.
- [14] S. Luan, R. Ke, Z. Huang, and X. Ma, “Traffic congestion propagation inference using dynamic Bayesian graph convolution network,” *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 135, p. 103526, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.trc.2021.103526.
- [15] G. Wu and H. D. A. Balmeo, “Path Planning Analysis of Mobile Robot with Improved Ant Colony Algorithm,” *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Appl.*, vol. 1, no. 3, pp. 6–11, Apr. 2024, doi: 10.62677/IJETAA.2403110.
- [16] M. A. R. Alif, “YOLOv11 for Vehicle Detection: Advancements, Performance, and Applications in Intelligent Transportation Systems,” Oct.

2024, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2410.22898>

- [17] J. Cheng, “Dynamic Path Optimization Based on Improved Ant Colony Algorithm,” *J. Adv. Transp.*, vol. 2023, pp. 1–11, Apr. 2023, doi: 10.1155/2023/7651100.
- [18] S. M. Nasution, E. Husni, K. Kuspriyanto, R. Yusuf, and B. N. Yahya, “Contextual Route Recommendation System in Heterogeneous Traffic Flow,” *Sustainability*, vol. 13, no. 23, p. 13191, Nov. 2021, doi: 10.3390/su132313191.
- [19] G. Che, L. Liu, and Z. Yu, “An improved ant colony optimization algorithm based on particle swarm optimization algorithm for path planning of autonomous underwater vehicle,” *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.*, vol. 11, no. 8, pp. 3349–3354, Aug. 2020, doi: 10.1007/s12652-019-01531-8.
- [20] T. Takimi, “A Study On Ant Colony Optimization,” *J. Photopolym. Sci. Technol.*, vol. 34, no. 4, pp. 357–362, Jun. 2021, doi: 10.2494/photopolymer.34.357.
- [21] A. H. YILMAZ and Z. AYDIN, “Examination of parameters used in ant colony algorithm over truss optimization,” *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg.*, vol. 24, no. 1, pp. 263–280, Jan. 2022, doi: 10.25092/baunfbed.955408.
- [22] M. Mavrovouniotis, S. Yang, M. Van, C. Li, and M. Polycarpou, “Ant Colony Optimization Algorithms for Dynamic Optimization: A Case Study of the Dynamic Travelling Salesperson Problem [Research Frontier],” *IEEE Comput. Intell. Mag.*, vol. 15, no. 1, pp. 52–63, Feb. 2020, doi: 10.1109/MCI.2019.2954644.
- [23] Y. Wang, “Research on inventory path optimization of VMI large logistics enterprises based on ant colony algorithm,” *J. Intell. Fuzzy Syst.*, pp. 1–11, Jun. 2021, doi: 10.3233/JIFS-219163.
- [24] P. Du, N. Liu, H. Zhang, and J. Lu, “An Improved Ant Colony

- Optimization Based on an Adaptive Heuristic Factor for the Traveling Salesman Problem,” *J. Adv. Transp.*, vol. 2021, pp. 1–16, Oct. 2021, doi: 10.1155/2021/6642009.
- [25] T. Wang, “Study of Optimization of Tourists’ Travel Paths by Several Algorithms,” *HighTech Innov. J.*, vol. 4, no. 2, pp. 402–411, Jun. 2023, doi: 10.28991/HIJ-2023-04-02-012.
- [26] B. Charbuty and A. Abdulazeez, “Classification Based on Decision Tree Algorithm for Machine Learning,” *J. Appl. Sci. Technol. Trends*, vol. 2, no. 01, pp. 20–28, Mar. 2021, doi: 10.38094/jastt20165.
- [27] A. Amwin, “Deteksi dan klasifikasi kendaraan berbasis algoritma You Only Look Once (YOLO),” 2021.
- [28] S. Raschka, J. Patterson, and C. Nolet, “Machine Learning in Python: Main Developments and Technology Trends in Data Science, Machine Learning, and Artificial Intelligence,” *Information*, vol. 11, no. 4, p. 193, Apr. 2020, doi: 10.3390/info11040193.
- [29] Q. Lin, G. Ye, J. Wang, and H. Liu, “RoboFlow: a Data-centric Workflow Management System for Developing AI-enhanced Robots,” *Proc. Mach. Learn. Res.*, vol. 164, no. CoRL, pp. 1789–1794, 2021.
- [30] J. P. Gygi, S. H. Kleinstein, and L. Guan, “Predictive overfitting in immunological applications: Pitfalls and solutions,” *Hum. Vaccin. Immunother.*, vol. 19, no. 2, Aug. 2023, doi: 10.1080/21645515.2023.2251830.
- [31] M. Sitarz, “Extending F1 metric, probabilistic approach,” Oct. 2022, doi: 10.54364/AAIML.2023.1161.