

**PENERAPAN *SMART TRANSPORTATION* PADA
SMART CITY MENGGUNAKAN METODE *HYBRID*
RANDOM FOREST DAN *PARTICLE SWARM*
OPTIMIZATION UNTUK PENENTUAN
JALUR TERBAIK**

SKRIPSI

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



OLEH:

DELLA SANTIKA

09011181924017

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

2023

HALAMAN PENGESAHAN

**PENERAPAN *SMART TRANSPORTATION* PADA *SMART CITY*
MENGUNAKAN METODE *HYBRID RANDOM FOREST* DAN
PARTICLE SWARM OPTIMIZATION UNTUK
PENENTUAN JALUR TERBAIK**

SKRIPSI

Program Studi Sistem Komputer

Jenjang S1

Oleh :

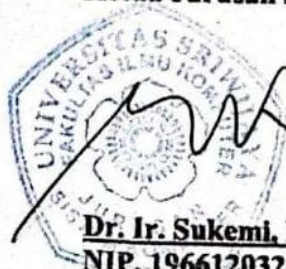

DELLA SANTIKA

09011181924017

Palembang, 25 Juli 2023


Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



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

Pembimbing Tugas Akhir



Ahmad Fali Oklilas, M.T.
NIP. 197210151999031001

HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Rabu

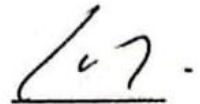
Tanggal : 5 Juli 2023

Tim Penguji :

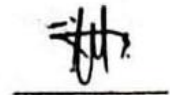
1. Ketua Sidang : Sarmayanta Sembiring, M.T.



2. Sekretaris Sidang: Iman Saladin B. Azhar, M.MSI.



3. Penguji Sidang : Muhammad Ali Buchari, S.Kom.,M.T.

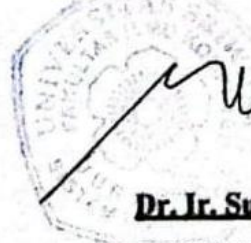


4. Pembimbing : Ahmad Fali Oklilas, M.T.



Mengetahui, 25/7/23

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. Sukemi, M.T.

NIP.196612032006041001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Della Santika
NI : 09011181924017
Judul : Penerapan *Smart Transportation* pada *Smart City* dengan Menggunakan Metode *Hybrid Random Forest* dan *Particle Swarm Optimization* untuk Penentuan Jalur Terbaik.

Hasil Pengecekan Software iThenticate/Turnitin: 16 %

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan penjiplakan atau plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan atau plagiat dalam laporan tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima saksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan dari siapapun.



Palembang, 4 Juli 2023



Della Santika

NIM.09011181924017

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahilahirabbil'alamin, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat, taufik, dan hidayah-Nya yang sangat besar dan tidak pernah berhenti kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Penerapan *Smart Transportation* Pada *Smart City* Menggunakan Metode *Hybrid Random Forest* Dan *Particle Swarm Optimization* Untuk Penentuan Jalur Terbaik”.

Pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT. dan rasa terima kasih kepada semua pihak atas bantuan, bimbingan, dan saran yang telah diberikan dalam menyelesaikan tugas akhir ini, antara lain:

1. Kedua Orang Tua tercinta (Sarman, S.Pd., M.M dan Nurmianah) sebagai *support system* terbaik saya yang sudah mengajarkan banyak hal tentang kehidupan dengan penuh kasih sayang dan terimakasih untuk segala doa, motivasi dan dukungannya baik moril, materil maupun spiritual selama ini.
2. Keluarga besar Maddin dan Nurhawanah yang selalu memberikaran harapan serta motivasi agar saya segera menyelesaikan perkuliahan dijenjang sarjana.
3. Bapak Plt. Dekan Prof. Dr. Ir. M. Said, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Ir. Sukemi, M.T., selaku Ketua Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Ahmad Fali Oklilas, M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah berkenan meluangkan waktunya guna membimbing, memberikan saran dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

6. Bapak Prof. Dr. Erwin, S. Si, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik Jurusan Sistem Komputer.
7. Seluruh Dosen dan karyawan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya terkhusus mbak Renny Virgasari selaku Admin Jurusan Sistem Komputer yang telah membantu administrasi dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
8. Beasiswa Unggulan yang memberikan dukungan penuh terutama dalam segi finansial dan edukasi bagi penulis.
9. Rekan-rekan Sobat Bumi Indonesia PFS 7, kakak-kakak dan adek-adek Dewan Kerja Daerah Sumatera Selatan yang senantiasa mendukung dan memberikan kritik maupun saran kepada penulis.
10. Kakak tingkat dan seluruh teman-teman seperjuangan angkatan 2019 Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih sangat jauh dari kata sempurna. Untuk itu, kritik dan saran sangat penting bagi penulis agar lebih baik dikemudian hari. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan berguna khususnya bagi mahasiswa Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya dalam peningkatan mutu pembelajaran dan penelitian.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Palembang, 4 Juli 2023

Penulis,



Dell Santika

NIM. 09011181924017

**PENERAPAN *SMART TRANSPORTATION* PADA *SMART CITY*
MENGUNAKAN METODE *HYBRID RANDOM FOREST* DAN
PARTICLE SWARM OPTIMIZATION UNTUK PENENTUAN
JALUR TERBAIK**

DELLA SANTIKA (09011181924017)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Sriwijaya

E-mail : 09011181924017@student.unsri.ac.id

ABSTRAK

Meningkatnya penggunaan kendaraan di daerah perkotaan membuat tingkat kemacetan jalan menjadi tinggi. Fokus penelitian ini adalah penerapan *smart transportation* pada *smart city* untuk mencari jalur terbaik dengan menggunakan parameter kondisi kepadatan jalan dan panjang jalan. Akurasi model YOLOv3 dalam mendeteksi motor dan mobil adalah 75,63%, akurasi pembacaan 94,68%. Metode *random forest* dapat digunakan untuk menentukan kondisi kepadatan jalan berdasarkan jumlah kendaraan mobil dan motor, jumlah jalur dan panjang jalan. Setelah itu dilakukan optimasi menggunakan *particle swarm optimization* sehingga terjadi kenaikan akurasi model dari 87,50% menjadi 89,06% sedangkan akurasi pembacaan dari 86,8% menjadi 90,28%. Algoritma *heuristic search a star* merupakan salah satu algoritma yang terkenal dalam pencarian jalur terbaik. Dari hasil uji coba yang telah dilakukan, jalur 1 menjadi jalur terbaik karena memiliki nilai bobot terkecil yang disebabkan sebagian besar kondisi jalan hasilnya lancar meskipun bukan merupakan jalur dengan jarak terpendek yaitu pada 02 Januari 2023 sore dan 05 Januari 2023 sore, dan jalur 5 menjadi jalur terbaik karena memiliki nilai bobot terkecil dan merupakan jarak jalur terpendek dibandingkan jalur lain yaitu pada 02 Januari 2023 pagi dan siang, 03 Januari 2023 pagi siang dan sore, 04 Januari 2023 pagi, siang dan sore dan pada 05 Januari 2023 pagi dan siang.

Kata Kunci: YOLOv3, *Random Forest*, *Particle Swarm Optimization*, *Heuristic Search A Star*, Jalur Terbaik

***SMART TRANSPORTATION APPLICATION IN SMART CITY
USING HYBRID RANDOM FOREST AND PARTICLE SWARM
OPTIMIZATION METHODS FOR DETERMINATION***

BEST PATH

DELLA SANTIKA (09011181924017)

***Department of Computer System, Faculty of Computer Science,
Sriwijaya University***

E-mail : 09011181924017@student.unsri.ac.id

ABSTRACT

The increasing use of vehicles in urban areas has resulted in high levels of road congestion. The focus of this research is the application of smart transportation in smart city to find the best route using road density and mileage parameters. The accuracy of the YOLOv3 model in detecting motorbikes and cars is 75.63%, the reading accuracy is 94.68%. The random forest method can be used to determine road density conditions based on the number of cars and motorcycles, the number of lanes and the distance traveled. After that, optimization was carried out using particle swarm optimization so that there was an increase in model accuracy from 87.50% to 89.06% while reading accuracy from 86.8% to 90.28%. The heuristic star search algorithm is one of the well-known algorithms for finding the best path. From the results of the trials that have been carried out, line 1 is the best route because it has the smallest weight value due to the fact that the road conditions are mostly smooth even though it is not the route with the shortest distance, namely on 02 January 2023 in the afternoon and 05 January 2023 in the afternoon, and line 5 is the best route because it has the smallest weight value and it is the shortest distance traveled compared to other routes, namely January 02, 2023 morning, and afternoon, January 03, 2023 morning, afternoon and evening, January 04, 2023 morning, afternoon and evening and January 05, 2023 morning and afternoon.

Keywords: *YOLOv3, Random Forest, Particle Swarm Optimization, Heuristic Search, Best Path.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Metode Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terkait.....	7
2.2 <i>Smart Transportation</i>	10
2.3 <i>Smart City</i>	10
2.4 <i>Machine Learning</i>	11
2.5 <i>Hybrid</i>	11
2.6 <i>Random Forest</i>	11
2.7 <i>Particle Swarm Optimization</i>	13
2.8 Penentuan Jalur Terbaik.....	13
2.8.1 <i>Heuristic Search (A Star)</i>	14
2.9 Kendaraan.....	15

2.10	Kepadatan Lalu Lintas.....	15
2.11	<i>Closed Circuit Television (CCTV)</i>	15
2.12	<i>You Only Look Once</i> Versi 3 (YOLOv3).....	16
2.13	Palembang	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		18
3.1	Tahapan Penelitian.....	18
3.2	Studi Pustaka dan Literatur.....	19
3.3	Pengumpulan Dataset.....	19
3.4	<i>Pre- Processing</i>	20
3.5	<i>Training Data</i>	21
3.6	Pengujian Hasil Model <i>Training</i>	21
3.7	Evaluasi Kinerja Model.....	22
3.8	Mengumpulkan Hasil Rekaman CCTV.....	23
3.9	Deteksi Objek Menggunakan YOLOv3.....	23
3.10	Penerapan <i>Random Forest</i>	24
3.11	Penerapan <i>Hybrid Random Forest dan Particle Swarm Optimization</i>	34
3.12	Penggunaan <i>Heuristic Search (A Star(A*))</i>	35
3.13	Analisa dan Kesimpulan.....	35
3.14	Kebutuhan Perangkat.....	35
3.15	Spesifikasi Data Rekaman CCTV.....	37
3.16	Variabel Penelitian.....	38
BAB IV HASIL DAN ANALISA.....		41
4.1	Pengumpulan Dataset.....	41
4.2	Perancangan <i>Pre-processing</i>	42
4.3	Proses <i>Training Dataset</i>	45
4.4	Evaluasi Pengujian Model.....	46
4.5	Menghitung Jumlah Kendaraan.....	47
4.6	Hasil Proses <i>Random Forest</i>	56
4.7	Hasil Proses <i>Hybrid Random Forest dan PSO</i>	77
4.8	Penentuan Jalur Terbaik.....	97
4.8.1	Jalur Terbaik 02 Januari Waktu Pagi.....	101

4.8.2	Jalur Terbaik 02 Januari Waktu Siang.....	103
4.8.3	Jalur Terbaik 02 Januari Waktu Sore.....	105
4.8.4	Jalur Terbaik 03 Januari Waktu Pagi.....	107
4.8.5	Jalur Terbaik 03 Januari Waktu Siang.....	109
4.8.6	Jalur Terbaik 03 Januari Waktu Sore.....	111
4.8.7	Jalur Terbaik 04 Januari Waktu Pagi.....	113
4.8.8	Jalur Terbaik 04 Januari Waktu Siang.....	115
4.8.9	Jalur Terbaik 04 Januari Waktu Sore.....	117
4.8.10	Jalur Terbaik 05 Januari Waktu Pagi.....	119
4.8.11	Jalur Terbaik 05 Januari Waktu Siang.....	121
4.8.12	Jalur Terbaik 05 Januari Waktu Sore.....	123
4.8	Analisa Hasil Penelitian.....	129
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN SEMENTARA.....		131
5.1	Kesimpulan.....	131
5.2	Saran.....	132
DAFTAR PUSTAKA.....		134

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Algoritma <i>Random Forest</i>	12
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian Tugas Akhir 1.....	19
Gambar 3.2 Tahapan Penelitian Tugas Akhir 1.....	19
Gambar 3.2 Langkah-langkah deteksi objek pada YOLOv3.....	24
Gambar 4.1 Hasil Pengumpulan Dataset.....	41
Gambar 4.2 Dataset Bersih.....	42
Gambar 4.3 Proses Pelabelan.....	42
Gambar 4.4 Dataset <i>Integration</i>	43
Gambar 4.5 Format Label.....	43
Gambar 4.6 Data <i>Testing</i>	44
Gambar 4.7 Data <i>Training</i>	44
Gambar 4.8 Grafik <i>Loss</i> dan mAP model terbaik.....	45
Gambar 4.9 Hasil Pengujian Model <i>Training</i> dan <i>Confusion Matrix</i>	46
Gambar 4.10 <i>Screenshot</i> Deteksi Kendaraan.....	47
Gambar 4.11 Data Range.....	61
Gambar 4.12 Data Angka.....	61
Gambar 4.13 Proses <i>Random Forest</i>	62
Gambar 4.14 Hasil Prediksi <i>Random Forest</i>	63
Gambar 4.15 Grafik Nilai Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> diwaktu Pagi.....	71
Gambar 4.16 Grafik Nilai Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> diwaktu Siang.....	72
Gambar 4.17 Grafik Nilai Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> diwaktu Sore.....	73

Gambar 4.18 Grafik Keseluruhan Nilai Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i>	74
Gambar 4.19 Nilai Akurasi dan <i>Confusion Matrix</i> Prediksi <i>Random Forest</i>	75
Gambar 4.20 Proses Mempersiapkan Data untuk Membangun Model	78
Gambar 4.21 Proses Mendefinisikan Fungsi Evaluasi untuk PSO	79
Gambar 4.22 Proses <i>Hybrid Random Forest</i> dan PSO.....	80
Gambar 4.23 Proses Prediksi Model <i>Random Forest</i> dengan Parameter Terbaik.....	83
Gambar 4.24 Grafik Nilai Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> dioptimasi PSO diwaktu Pagi.....	91
Gambar 4.25 Grafik Nilai Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> dioptimasi PSO diwaktu Siang.....	92
Gambar 4.26 Grafik Nilai Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> dioptimasi PSO diwaktu Sore.....	93
Gambar 4.27 Grafik Keseluruhan Nilai Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> dioptimasi PSO.....	94
Gambar 4.28 Nilai Akurasi dan <i>Confusion Matrix</i> Hasil Prediksi <i>Random Forest</i> <i>Dioptimasi</i> dengan PSO untuk Menentukan Kondisi Jalan.....	97
Gambar 4.29 Jalur 1.....	98
Gambar 4.30 Jalur 2.....	99
Gambar 4.31 Jalur 3.....	99
Gambar 4.32 Jalur 4.....	100
Gambar 4.33 Jalur 5.....	100
Gambar 4.34 Jalur 6.....	101
Gambar 4.35 Peta Jalur Terbaik pada 02 Januari 2023 Waktu Pagi.....	102
Gambar 4.36 Visualisasi Grafik Jalur Terbaik pada 02 Januari 2023 Waktu Pagi.....	102
Gambar 4.37 Hasil Jalur Terbaik pada 02 Januari 2023 Waktu Pagi.....	103

Gambar 4.38 Peta Jalur Terbaik pada 02 Januari 2023 Waktu Siang.....	104
Gambar 4.39 Visualisasi Grafik Jalur Terbaik pada 02 Januari 2023 Waktu Siang.....	104
Gambar 4.40 Hasil Jalur Terbaik pada 02 Januari 2023 Waktu Siang.....	105
Gambar 4.41 Peta Jalur Terbaik pada 02 Januari 2023 Waktu Sore.....	106
Gambar 4.42 Visualisasi Grafik Jalur Terbaik pada 02 Januari 2023 Waktu Sore.....	107
Gambar 4.43 Hasil Jalur Terbaik pada 02 Januari 2023 Waktu Sore.....	107
Gambar 4.44 Peta Jalur Terbaik pada 03 Januari 2023 Waktu Pagi.....	108
Gambar 4.45 Visualisasi Grafik Jalur Terbaik pada 03 Januari 2023 Waktu Pagi.....	109
Gambar 4.46 Hasil Jalur Terbaik pada 03 Januari 2023 Waktu Pagi.....	109
Gambar 4. 47 Peta Jalur Terbaik pada 03 Januari 2023 Waktu Siang.....	110
Gambar 4.48 Visualisasi Grafik Jalur Terbaik pada 03 Januari 2023 Waktu Siang.....	111
Gambar 4.49 Hasil Jalur Terbaik pada 03 Januari 2023 Waktu Siang.....	111
Gambar 4.50 Peta Jalur Terbaik pada 03 Januari 2023 Waktu Sore.....	112
Gambar 4.51 Visualisasi Grafik Jalur Terbaik pada 03 Januari 2023 Waktu Sore.....	113
Gambar 4.52 Hasil Jalur Terbaik pada 03 Januari 2023 Waktu Sore.....	113
Gambar 4.53 Peta Jalur Terbaik pada 04 Januari 2023 Waktu Pagi.....	114
Gambar 4.54 Visualisasi Grafik Jalur Terbaik pada 04 Januari 2023 Waktu Pagi.....	115
Gambar 4.55 Hasil Jalur Terbaik pada 04 Januari 2023 Waktu Pagi.....	115
Gambar 4.56 Peta Jalur Terbaik pada 04 Januari 2023 Waktu Siang.....	116

Gambar 4.57 Visualisasi Grafik Jalur Terbaik pada 04 Januari 2023 Waktu Siang.....	117
Gambar 4.58 Hasil Jalur Terbaik pada 04 Januari 2023 Waktu Siang.....	117
Gambar 4.59 Peta Jalur Terbaik pada 04 Januari 2023 Waktu Sore.....	118
Gambar 4.60 Visualisasi Grafik Jalur Terbaik pada 04 Januari 2023 Waktu Sore.....	119
Gambar 4.61 Hasil Jalur Terbaik pada 04 Januari 2023 Waktu Sore.....	119
Gambar 4.62 Peta Jalur Terbaik pada 05 Januari 2023 Waktu Pagi.....	120
Gambar 4.63 Visualisasi Grafik Jalur Terbaik pada 05 Januari 2023 Waktu Pagi.....	121
Gambar 4.64 Hasil Jalur Terbaik pada 05 Januari 2023 Waktu Pagi.....	121
Gambar 4.65 Peta Jalur Terbaik pada 05 Januari 2023 Waktu Siang.....	122
Gambar 4.66 Visualisasi Grafik Jalur Terbaik pada 05 Januari 2023 Waktu Siang.....	123
Gambar 4.67 Peta Jalur Terbaik pada 05 Januari 2023 Waktu Siang.....	123
Gambar 4.68 Peta Jalur Terbaik pada 05 Januari 2023 Waktu Sore.....	124
Gambar 4.69 Visualisasi Grafik Jalur Terbaik pada 05 Januari 2023 Waktu Sore.....	125
Gambar 4.70 Hasil Jalur Terbaik pada 05 Januari 2023 Waktu Sore.....	125
Gambar 4.71 Grafik Jalur Terbaik.....	128
Gambar 4.72 Grafik Nilai Bobot Jalur Terbaik.....	129

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Parameter Jumlah Kendaraan Motor.....	24
Tabel 3.2 Parameter Jumlah Kendaraan Mobil.....	25
Tabel 3.3 Parameter Jumlah Jalur Jalan.....	25
Tabel 3.4 Parameter Panjang Jalan.....	25
Tabel 3.5 Prediksi Kondisi Jalan.....	25
Tabel 3.6 Aturan Kondisi Kepadatan Jalan.....	26
Tabel 3.7 Spesifikasi <i>Hardware</i>	36
Tabel 3.8 Spesifikasi Data Rekaman CCTV.....	37
Tabel 3.9 Variabel Penelitian Metode YOLO.....	38
Tabel 3.10 Variabel Penelitian Kondisi Kepadatan Jalan (<i>Random Forest</i>)	39
Tabel 3.11 Variabel Penelitian Pertimbangan Jalur Terbaik.....	39
Tabel 3.12 Nilai Input Jumlah Jalur Pada Jalan Disetiap Simpang.....	39
Tabel 3.13 Nilai Input Panjang jalan Antar Titik Tujuan.....	40
Tabel 4.1 Jumlah Pengumpulan File Dataset Gambar dari Tanggal 07 September 2022 sampai 02 Maret 2023	41
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Model.....	47
Tabel 4.3 Hasil Akurasi Pembacaan Jumlah Kendaraan Motor dan Mobil Tanggal 02 Januari 2023 diwaktu Pagi (06:45 WIB – 05:46 WIB).....	48
Tabel 4.4 Hasil Akurasi Pembacaan Jumlah Kendaraan Motor dan Mobil Tanggal 02 Januari 2023 diwaktu Siang (12:00 WIB – 12:01 WIB).....	48

Tabel 4.5 Hasil Akurasi Pembacaan Jumlah Kendaraan Motor dan Mobil Tanggal 02 Januari 2023 diwaktu Sore (12:00 WIB – 12:01 WIB).....	49
Tabel 4.6 Hasil Akurasi Pembacaan Jumlah Kendaraan Motor dan Mobil Tanggal 03 Januari 2023 diwaktu Pagi (06:45 WIB – 06:46 WIB).....	50
Tabel 4.7 Hasil Akurasi Pembacaan Jumlah Kendaraan Motor dan Mobil Tanggal 03 Januari 2023 diwaktu Siang (12:00 WIB – 12:01 WIB).....	50
Tabel 4.8 Hasil Akurasi Pembacaan Jumlah Kendaraan Motor dan Mobil Tanggal 03 Januari 2023 diwaktu Sore (12:00 WIB – 12:01 WIB).....	51
Tabel 4.9 Hasil Akurasi Pembacaan Jumlah Kendaraan Motor dan Mobil Tanggal 04 Januari 2023 diwaktu Pagi (06:45 WIB – 06:46 WIB).....	51
Tabel 4.10 Hasil Akurasi Pembacaan Jumlah Kendaraan Motor dan Mobil Tanggal 04 Januari 2023 diwaktu Siang (12:00 WIB – 12:01 WIB).....	52
Tabel 4.11 Hasil Akurasi Pembacaan Jumlah Kendaraan Motor dan Mobil Tanggal 04 Januari 2023 diwaktu Sore (12:00 WIB – 12:01 WIB).....	53
Tabel 4.12 Hasil Akurasi Pembacaan Jumlah Kendaraan Motor dan Mobil Tanggal 05 Januari 2023 diwaktu Pagi (06:45 WIB – 06:46 WIB).....	53
Tabel 4.13 Hasil Akurasi Pembacaan Jumlah Kendaraan Motor dan Mobil Tanggal 05 Januari 2023 diwaktu Siang (12:00 WIB – 12:01 WIB).....	54
Tabel 4.14 Hasil Akurasi Pembacaan Jumlah Kendaraan Motor dan Mobil Tanggal 05 Januari 2023 diwaktu Sore (12:00 WIB – 12:01 WIB).....	54
Tabel 4.15 Hasil Rata-Rata Nilai Akurasi Pembacaan Jumlah Kendaraan Mobil dan Motor.....	55
Tabel 4.16 Dataset Parameter Prediksi Kondisi Kepadatan Jalan	56
Tabel 4.17 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> Tanggal 02 Januari 2023 diwaktu Pagi (06:45 WIB – 06:46 WIB).....	64

Tabel 4.18 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> Tanggal 02 Januari 2023 diwaktu Siang (12:00 WIB – 12:01 WIB).....	64
Tabel 4.19 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> Tanggal 02 Januari 2023 diwaktu Sore (16:30 WIB – 16:31 WIB).....	65
Tabel 4.20 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> Tanggal 03 Januari 2023 diwaktu Pagi (06:45 WIB – 06:46 WIB).....	65
Tabel 4.21 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> Tanggal 03 Januari 2023 diwaktu Siang (12:00 WIB – 12:01 WIB).....	66
Tabel 4.22 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> Tanggal 03 Januari 2023 diwaktu Sore (16:30 WIB – 16:31 WIB).....	66
Tabel 4.23 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> Tanggal 04 Januari 2023 diwaktu Pagi (06:45 WIB – 06:46 WIB).....	67
Tabel 4.24 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> Tanggal 04 Januari 2023 diwaktu Siang (12:00 WIB – 12:01 WIB).....	67
Tabel 4.25 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> Tanggal 04 Januari 2023 diwaktu Sore (16:30 WIB – 16:31 WIB).....	68
Tabel 4.26 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> Tanggal 05 Januari 2023 diwaktu Pagi (06:45 WIB – 06:46 WIB).....	69
Tabel 4.27 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> Tanggal 05 Januari 2023 diwaktu Siang (12:00 WIB – 12:01 WIB).....	69
Tabel 4.28 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> Tanggal 05 Januari 2023 diwaktu Sore (16:30 WIB – 16:31 WIB).....	70
Tabel 4.29 Rata-rata Nilai Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> diwaktu Pagi	70
Tabel 4.30 Rata-rata Nilai Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> diwaktu Siang ...	71
Tabel 4.31 Rata-rata Nilai Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> diwaktu Sore	72

Tabel 4.32 Hasil Rata-rata Nilai Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i>	73
Tabel 4.33 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> dioptimasi PSO Tanggal 02 Januari 2023 diwaktu Pagi (06:45WIB – 06:46 WIB).....	83
Tabel 4.34 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> dioptimasi PSO Tanggal 02 Januari 2023 diwaktu Siang (12:00 WIB – 12:01 WIB).....	84
Tabel 4.35 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> dioptimasi PSO Tanggal 02 Januari 2023 diwaktu Sore (16:30 WIB – 16:31 WIB).....	85
Tabel 4.36 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> dioptimasi PSO Tanggal 03 Januari 2023 diwaktu Pagi (06:45WIB – 06:46 WIB).....	85
Tabel 4.37 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> dioptimasi PSO Tanggal 03 Januari 2023 diwaktu Siang (12:00 WIB – 12:01 WIB).....	86
Tabel 4.38 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> dioptimasi PSO Tanggal 03 Januari 2023 diwaktu Sore (16:30 WIB – 16:31 WIB).....	86
Tabel 4.39 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> dioptimasi PSO Tanggal 04 Januari 2023 diwaktu Pagi (06:45WIB – 06:46 WIB).....	87
Tabel 4.40 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> dioptimasi PSO Tanggal 04 Januari 2023 diwaktu Siang (12:00 WIB – 12:01 WIB).....	87
Tabel 4.41 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> dioptimasi PSO Tanggal 04 Januari 2023 diwaktu Sore (16:30 WIB – 16:31 WIB).....	88
Tabel 4.42 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> dioptimasi PSO Tanggal 05 Januari 2023 diwaktu Pagi (06:45WIB – 06:46 WIB).....	89

Tabel 4.43 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> dioptimasi PSO Tanggal 05 Januari 2023 diwaktu Siang (12:00 WIB – 12:01 WIB).....	89
Tabel 4.44 Hasil Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> dioptimasi PSO Tanggal 05 Januari 2023 diwaktu Sore (16:30 WIB – 16:31 WIB).....	90
Tabel 4.45 Rata-rata Nilai Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> dioptimasi PSO diwaktu Pagi.....	90
Tabel 4.46 Rata-rata Nilai Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> dioptimasi PSO diwaktu Siang.....	92
Tabel 4.47 Rata-rata Nilai Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> dioptimasi PSO diwaktu Sore.....	93
Tabel 4.48 Hasil Rata-Rata Nilai Akurasi Pembacaan <i>Random Forest</i> dioptimasi PSO.....	94
Tabel 4.49 Jalur Terbaik dan Nilai Bobot Jalur Terbaik	126

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemacetan lalu lintas jalan raya menjadi masalah yang masih banyak dialami setiap harinya di beberapa kota yang diakibatkan oleh makin meningkatnya jumlah penduduk yang menggunakan kendaraan, kondisi jalan yang buruk, dan tidak disertai dengan pelebaran ruas jalan. Oleh sebab itu dikembangkan yang namanya *intelligence transportation system* (ITS) sebagai istilah umum yang mencakup optimalisasi rute, parkir, lampu jalan, pencegahan/deteksi kecelakaan, anomali jalan, dan aplikasi infrastruktur[1]. Sehingga pada tugas akhir ini penulis mengambil tema penerapan *smart transportation* dalam *smart city*. *smart city* adalah sebuah konsep kota yang dapat membantu masyarakat dengan mengelola sumber daya yang ada, secara lebih efisien dan efektif dengan memberikan informasi yang tepat kepada seluruh masyarakat atau mengantisipasi kejadian yang tak terduga. *smart city* dapat disimpulkan bahwa sistem perkotaan yang telah memanfaatkan sumber informasi dengan menggunakan teknologi untuk mempermudah kegiatan sehari-hari.[2]

Pada penelitian ini merujuk kesalahsatu kota yaitu Kota Palembang yang sudah menerapkan penggunaan *closed control television* (CCTV) untuk memantau arus lalu lintas di daerah setempat. CCTV akan mengekstrak informasi dari gambar yang ditangkap secara terus-menerus seperti laju kendaraan, kemacetan lalu lintas, bentuk dan jenis kendaraan, nomor kendaraan, pelanggaran dan kecelakaan lalu lintas yang terjadi [1]. Metode yang dapat digunakan untuk pengenalan objek pada penelitian ini akan menggunakan *you only look once* (YOLO) yang merupakan pengolahan citra (*image processing*) untuk mengubah citra masukan menjadi citra lain agar kualitas citra keluaran lebih baik dibandingkan kualitas citra masukan. Pengenalan objek menggunakan data dari CCTV akan mendeteksi jumlah kendaraan yang melewati jalur tersebut. Metode YOLO digunakan untuk pendeteksian objek, dengan kemampuan pendeteksian yang cepat dan akurat hingga dua kali lipat dibandingkan beberapa metode lain.[3]

Random forest adalah metode yang digunakan untuk bekerja dengan cara membangun beberapa pohon keputusan. Kumpulan pohon ini akan membentuk sebuah model pembelajaran yang bisa meningkatkan akurasi hasil. *Random forest* akan membentuk subset yang diatur secara acak. Dengan begitu, hasil akan semakin beragam dan luas, sehingga berpotensi memunculkan metode yang lebih baik lagi. *Random forest* dapat digunakan untuk memprediksi kecepatan rata-rata *historis* dan arus lalu lintas jalan perkotaan yang mana hasil eksperimen menunjukkan bahwa akurasi metode ini adalah 94,36%, yang membuktikan kinerja metode ini sangat baik [4]. Pada jurnal [5] menghasilkan pembahasan dimana mengusulkan metode *random forest* yang kuat untuk menganalisis dan memprediksi pilihan mode perjalanan. Pada [6] menjelaskan bahwa kinerja algoritma *random forest*, dalam hal akurasinya, ditemukan lebih unggul daripada algoritma ANN dan SVM. Algoritma *random forest* menunjukkan kinerja yang lebih baik dengan akurasi 91,56% dibandingkan SVM dengan 88,71% dan ANN dengan akurasi 90,02% pada deteksi kecelakaan lalu lintas.

Penentuan jalur terbaik memerlukan beberapa proses dan metode untuk dapat menentukan jalur terbaik untuk mencapai titik tujuan, maka dari itu dilakukan proses *hybrid* antara *random forest* dan *particle swarm optimization* (PSO) bertujuan untuk mengoptimalkan parameter model *random forest* menggunakan algoritma PSO supaya mendapatkan parameter terbaik yang akan digunakan dalam membangun model hasil prediksi yang lebih baik. Menurut penelitian [7] menunjukkan bahwa dibandingkan dengan *Particle Swarm Optimization*, *particle swarm*, *support vector machine*, *back propagation neural network*, *K Nearest Neighbor (K-NN)*, dan *Bayesian network* untuk *traffic fatalities*. *Partical swarm optimation* memiliki presisi prediksi yang lebih tinggi dan kesalahan yang lebih kecil.

Penentuan jalur terbaik mempertimbangkan dua parameter yaitu kondisi kepadatan jalan dan panjang jalan. Untuk mengetahui hasil keputusan jalur terbaik yang dilewati dengan menggunakan *heuristic search algoritma a star (A*)* karena simulasi pada [8] menunjukan bahwa algoritma A* dapat menentukan rute (jalur) terbaik dari titik awal menuju titik akhir dengan hambatan-hambatan yang diberikan disetiap rute.

Berdasarkan yang telah dipaparkan, maka penulis akan melakukan penelitian dengan mengangkat judul Penerapan *Smart Transportation* Pada *Smart City* Menggunakan Metode *Hybrid Random Forest* Dan *Particle Swarm Optimization* untuk Penentuan Jalur Terbaik. Sehingga diharapkan dengan adanya model keputusan ini dapat memberikan informasi kepada pengguna jalan agar dapat menentukan rute perjalanan yang paling efisien untuk sampai ke tujuan.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan diangkat pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana cara untuk mendeteksi dan menghitung kendaraan mobil dan motor yang terdapat pada hasil rekaman CCTV dengan menggunakan *you only look once* (YOLO).
2. Bagaimana cara mengetahui kondisi kepadatan jalan berdasarkan gambar yang terekam pada CCTV menggunakan metode *random forest* dan *particle swarm optimization*.
3. Bagaimana cara mencari jalur terbaik berdasarkan kondisi kepadatan jalan dan panjang jalan pada jalan tersebut menggunakan *algoritma heuristic search A star*.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Dataset yang digunakan merupakan hasil rekam melalui CCTV pada lalu lintas jalan raya. Kepemilikan hak cipta oleh Dinas Perhubungan Kota Palembang, Sumatera Selatan.
2. Menggunakan *you only look once* (YOLO) untuk mendeteksi jumlah dan jenis kendaraan.
3. Menggunakan metode *random forest* untuk pengelompokan kondisi kepadatan jalan lalu dioptimasi dengan menggunakan *particle swarm optimization*.
4. Penentuan jalur terbaik menggunakan algoritma *heuristic search A star*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan hasil deteksi dan perhitungan kendaraan untuk mengetahui Jumlah kendaraan motor dan mobil pada hasil rekaman CCTV menggunakan *you only look once* (YOLO).
2. Mendapatkan prediksi kondisi kepadatan jalan pada setiap simpang yang ada rekaman CCTV termasuk dalam klasifikasi lancar, sedang atau macet dengan menggunakan parameter tertentu dengan menggunakan metode *random forest* dan *Particle Swarm Optimization*.
3. Mendapatkan hasil keputusan untuk pemilihan jalur terbaik dengan parameter kondisi kepadatan jalan dan panjang jalan dengan menggunakan *algoritma heuristic search a star*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Dapat mengetahui cara menggunakan *you only look once* (YOLO) untuk mendeteksi dan menghitung kendaraan yang terdapat pada hasil rekaman CCTV.
2. Dapat mengetahui cara mengklasifikasi kondisi kepadatan jalan menggunakan metode *random forest* dan *particle swarm optimization*.
3. Dapat mengetahui cara penggunaan algoritma *heuristic search A star* untuk penentuan jalur terbaik.

1.6 Metode Penelitian

Pada Tugas Akhir ini, metodologi yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Metode Studi Pustaka dan Literatur

Pada metode ini, penulis melakukan pencarian dan pengumpulan referensi berupa literatur yang terdapat pada buku, jurnal dan internet yang berkaitan dengan Tugas Akhir yang sedang dikerjakan.

2. Metode Konsultasi

Dalam metode ini penulis melakukan konsultasi secara langsung dan atau tidak langsung kepada semua pihak narasumber yang memiliki pengetahuan serta wawasan yang baik dalam mengatasi permasalahan yang ditemui pada penulisan tugas akhir dengan judul penerapan *smart transportation* pada *smart city* menggunakan metode *hybrid random forest* dan *particle swarm optimization* untuk penentuan jalur terbaik.

3. Metode Pembuatan Model

Pada metode ini dilakukan untuk membuat suatu perancangan pemodelan dengan menggunakan berbagai perangkat lunak dan simulasi untuk memudahkan proses pembuatan model.

4. Metode Pengujian dan Validasi

Metode ini dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dibuat karena perlu dilakukan untuk melihat batasan-batasan kinerja sistem tersebut dapat menghasilkan nilai akurasi yang baik atau sebaliknya.

5. Metode Analisis, Kesimpulan dan Saran

Hasil dari pengujian pada penerapan *smart transportation* pada *smart city* menggunakan metode *hybrid random forest* dan *particle swarm optimization* untuk penentuan jalur terbaik ini akan dianalisis seluruh kelebihan serta kekurangannya, sehingga menghasilkan suatu kesimpulan dan saran yang diharapkan dapat digunakan sebagai referensi yang baik untuk penelitian selanjutnya.

1.7 Sisitematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir yang digunakan antara lain sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini mengumpulkan berbagai sumber yang akan dijadikan sebagai referensi penelitian, terdiri dari penelitian terkini/terdahulu, ringkasan hasil kajian literatur dan landasan teori.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang metode pengumpulan data, metode penelitian yang digunakan dan prosedur penentuan jalur terbaik yang akan digunakan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan tentang hasil penentuan jalur terbaik yang telah didapat yang kemudian akan dilakukan optimasi sehingga menghasilkan suatu keputusan yang lebih akurat lagi dan sesuai dengan kehendak kita.

BAB V KESIMPULAN

Bab ini berisi kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian, serta memberikan saran yang akan dilakukan terhadap penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Zantalis, G. Koulouras, S. Karabetsos, and D. Kandris, "A review of machine learning and IoT in smart transportation," *Futur. Internet*, vol. 11, no. 4, 2019, doi: 10.3390/FI11040094.
- [2] A. Hasibuan and oris kianto Sulaiman, "Smart City, Konsep Kota Cerdas Sebagai Alternatif Penyelesaian Masalah Perkotaan Kabupaten/Kota," *Bul. Utama Tek.*, vol. 14, no. 2, pp. 127–135, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/but/article/view/1097>.
- [3] M. Harahap *et al.*, "Sistem Cerdas Pemantauan Arus Lalu Lintas Dengan YOLO (You Only Look Once v3)," *Semin. Nas. APTIKOM*, p. 2019, 2019.
- [4] H. Shenghua, N. Zhihua, and H. Jiabin, "Road Traffic Congestion Prediction Based on Random Forest and DBSCAN Combined Model," *Proc. - 2020 5th Int. Conf. Smart Grid Electr. Autom. ICSGEA 2020*, pp. 323–326, 2020, doi: 10.1109/ICSGEA51094.2020.00075.
- [5] L. Cheng, X. Chen, J. De Vos, X. Lai, and F. Witlox, "Applying a random forest method approach to model travel mode choice behavior," *Travel Behav. Soc.*, vol. 14, no. May 2018, pp. 1–10, 2019, doi: 10.1016/j.tbs.2018.09.002.
- [6] N. Dogru, "Traffic Accident Detection Using Random Forest Classifier," pp. 40–45.
- [7] X. Gu, T. Li, Y. Wang, L. Zhang, Y. Wang, and J. Yao, "Traffic fatalities prediction using support vector machine with hybrid particle swarm optimization," *J. Algorithms Comput. Technol.*, vol. 12, no. 1, pp. 20–29, 2018, doi: 10.1177/1748301817729953.
- [8] R. Rizky, J. S. Informasi, F. Informatika, and U. Mathla, "Pencarian Jalur Terdekat dengan Metode A*(Star) Studi Kasus Serang Labuan Provinsi Banten 1)," no. November, 2018.
- [9] H. Faris, I. Aljarah, and B. Al-Shboul, "A hybrid approach based on

- particle swarm optimization and random forests for e-mail spam filtering,” *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 9875 LNCS, no. September, pp. 498–508, 2016, doi: 10.1007/978-3-319-45243-2_46.
- [10] B. T. Pham *et al.*, “A novel hybrid soft computing model using random forest and particle swarm optimization for estimation of undrained shear strength of soil,” *Sustain.*, vol. 12, no. 6, pp. 1–16, 2020, doi: 10.3390/su12062218.
- [11] E. Akbari, A. D. Bolorani, N. N. Samany, S. Hamzeh, S. Soufizadeh, and S. Pignatti, “Crop mapping using random forest and particle swarm optimization based on multi-temporal sentinel-2,” *Remote Sens.*, vol. 12, no. 9, pp. 1–21, 2020, doi: 10.3390/RS12091449.
- [12] S. Gupta, A. R. Katta, Y. Baldaniya, and R. Kumar, “Hybrid Random Forest and Particle Swarm Optimization Algorithm for Solar Radiation Prediction,” *2020 IEEE 5th Int. Conf. Comput. Commun. Autom. ICCCA 2020*, pp. 302–307, 2020, doi: 10.1109/ICCCA49541.2020.9250715.
- [13] Rizqita Oktorini and Lita Sari Barus, “Integration of Public Transportation in Smart Transportation System (Smart Transportation System) in Jakarta,” *Konfrontasi J. Kult. Ekon. dan Perubahan Sos.*, vol. 9, no. 2, pp. 341–347, 2022, doi: 10.33258/konfrontasi2.v9i2.223.
- [14] N. M. Abdulkareem and A. M. Abdulazeez, “Machine learning classification based on Random Forest Algorithm: A review,” *J. Sci. Bus.*, vol. 27, no. January, pp. 128–142, 2021, doi: 10.5281/zenodo.4471118.
- [15] “Apa itu Hybrid dalam KBBI dan Menurut Ahli? - CaraPasti.” <https://www.carapasti.com/hybrid-adalah/> (accessed Jul. 09, 2023).
- [16] “Metode Random Forest dalam Machine Learning.” <https://blog.algorit.ma/random-forest/> (accessed Oct. 10, 2022).
- [17] J. Chen *et al.*, “A Parallel Random Forest Algorithm for Big Data in a Spark Cloud Computing Environment,” *IEEE Trans. Parallel Distrib. Syst.*,

- vol. 28, no. 4, pp. 919–933, 2017, doi: 10.1109/TPDS.2016.2603511.
- [18] Y. Liu, Y. Wang, and J. Zhang, “New machine learning algorithm: Random forest,” *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 7473 LNCS, pp. 246–252, 2012, doi: 10.1007/978-3-642-34062-8_32.
- [19] L. R. Frank, Y. M. Ferreira, E. P. Julio, F. H. C. Ferreira, B. J. Dembogurski, and E. F. Silva, “Multilayer Perceptron and Particle Swarm Optimization Applied to Traffic Flow Prediction on Smart Cities,” *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 11622 LNCS, pp. 35–47, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-24305-0_4.
- [20] F. S. Pribadi and A. Mulwinda, “Pencarian Rute Terpendek dengan Menggunakan Algoritma Depth First , Breath First dan Hill Climbing (Study Comparative),” *J. Kompetensi Tek.*, vol. 2, no. 1, pp. 57–64, 2010, [Online]. Available: Feddystio@yahoo.com%5Cnairy1808@yahoo.com.
- [21] S. M. Bagheri, H. Taghaddos, A. Mousaei, F. Shahnavaaz, and U. Hermann, “An A-Star algorithm for semi-optimization of crane location and configuration in modular construction,” *Autom. Constr.*, vol. 121, no. October 2020, p. 103447, 2021, doi: 10.1016/j.autcon.2020.103447.
- [22] M. Mayadi and R. Azhar, “Perbandingan Perhitungan Manual Dengan Algoritma a Star Dalam Pencarian Jalur Terpendek Untuk Pengiriman Pesanan Dodol Khas Lombok,” *J. Inform. dan Rekayasa Elektron.*, vol. 2, no. 2, p. 27, 2019, doi: 10.36595/jire.v2i2.114.
- [23] “Kendaraan Menurut Undang-Undang | Hukum Positif Indonesia.” <https://rendratopan.com/2020/03/11/kendaraan-menurut-undang-undang/> (accessed Aug. 07, 2022).
- [24] Abdi Grisela Nurinda, Priyanto Sigit, and Malkamah Siti, “Hubungan Volume Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Padjajaran (Ring Road Utara), Sleman,” *Teknisia*, vol. XXIV, pp. 55–64, 2019.

- [25] M. Alim, "Hubungan kondisi lingkungan fisik dengan kemacetan lalu lintas di Kota Surabaya," *Swara Bhumi*, vol. 2, no. 1, pp. 178–186, 2013.
- [26] K. H. Nam Bui, H. Yi, and J. Cho, "A multi-class multi-movement vehicle counting framework for traffic analysis in complex areas using CCTV systems," *Energies*, vol. 13, no. 8, 2020, doi: 10.3390/en13082036.
- [27] M. Fachrie and M. Fachrie, "A Simple Vehicle Counting System Using Deep Learning with YOLOv3 Model," no. 10, pp. 462–468, 2020.
- [28] "Sejarah Kota Palembang." <https://palembang.go.id/sejarah-kota-palembang> (accessed Sep. 11, 2022).
- [29] E. Buchari, "Transportation demand management: A park and ride system to reduce congestion in Palembang city Indonesia," *Procedia Eng.*, vol. 125, pp. 512–518, 2015, doi: 10.1016/j.proeng.2015.11.047.
- [30] "Badan Pusat Statistik." <https://palembangkota.bps.go.id/indicator/12/167/1/jumlah-penduduk-palembang.html> (accessed Sep. 12, 2022).
- [31] A. R. Muslikh, H. A. Santoso, A. Marjuni, P. Teknik, I. Universitas, and D. Nuswantoro, "Klasifikasi Data Time Series Arus Lalu Lintas," vol. 14, pp. 24–38, 2018.
- [32] N. F. Andhini, "Kajian Tingkat Kemacetan Lalu-Lintas Dengan Memanfaatkan Citra Quickbird Dan Sistem Informasi Geografis Di Sebagian Ruas Jalan Kota Tegal," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2017.
- [33] "Keputusan Menteri Perhubungan Nomor KM 14 Tahun 2006." <https://peraturanpedia.id/keputusan-menteri-perhubungan-nomor-km-14-tahun-2006/> (accessed Jul. 08, 2023).