

**MODEL KEPUTUSAN CERDAS DALAM
MENENTUKAN JALUR TERBAIK TRANSPORTASI PADA
SMART CITY MENGGUNAKAN ALGORITMA RANDOM FOREST DAN
BAYESIAN OPTIMIZATION (RF-BO)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Komputer



Oleh:

Milda Kamilia

09011181924011

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

2023

LEMBAR PENGESAHAN

MODEL KEPUTUSAN CERDAS DALAM MENENTUKAN JALUR TERBAIK TRANSPORTASI PADA SMART CITY MENGGUNAKAN ALGORITMA RANDOM FOREST DAN BAYESIAN OPTIMIZATION (RF-BO)

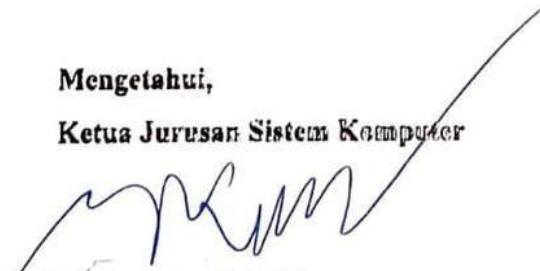
TUGAS AKHIR

**Program Studi Sistem Komputer
Jenjang S1**

**Oleh:
Milda Kamilla
09011181924011**

Indralaya, 13 September 2023

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Sistem Komputer**


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

Pembimbing Tugas Akhir


**Ahmad Fadh Oktilas, M.T.
NIP. 197210151999031001**

HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada

Hari : Selasa

Tanggal : 08 Agustus 2023

Tim Penguji

1. Ketua : Dr. Ahmad Zarkasi, M.T.



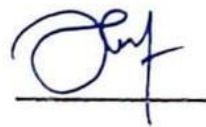
2. Sekretaris : Rahmat Fadli Isnanto, M.Sc.



3. Penguji : Iman Saladin B. Azhar, M.MSI.

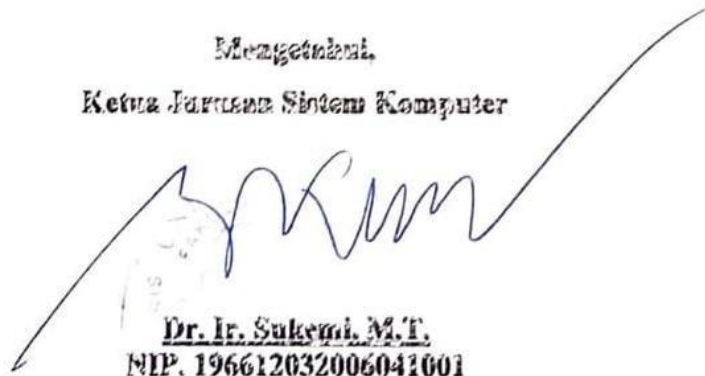


4. Pembimbing : Ahmad Fali Oklilas, M.T.



Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



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

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Milda Kamilia

NIM : 09011181924011

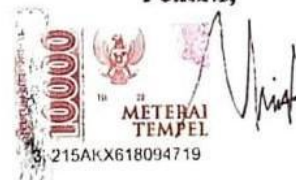
Judul : Model Keputusan Cerdas dalam Menentukan Jalur Terbaik Transportasi pada Smart City Menggunakan Algoritma Random Forest dan Bayesian Optimization (RF-BO)

Hasil Pengecekan Plagiat/Turnitin : 17%

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



Indralaya, 8 September 2023
Penulis,



Milda Kamilia
NIM. 09011181924011

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah rabbil'alamin, puji dan syukur penulis panjat kan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat, taufik, dan hidayah-Nya yang sangat besar dan tidak pernah berhenti kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini yang berjudul "*Model Keputusan Cerdas Dalam Menentukan Jalur Terbaik Transportasi pada Smart City menggunakan Algoritma Random Forest dan Bayesian Optimization (RF-BO)*"

Pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT. dan rasa terima kasih kepada beberapa pihak atas ide, bimbingan, dan saran serta bantuan nya dalam menyelesaikan penulisan Proposal Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar.
2. Orang tua saya tercinta yang telah membesarkan dan mendidik saya dengan penuh kasih sayang, serta kedua adik saya Rifdah dan Bitah. Terimakasih untuk segala do'a dan motivasi serta dukungan moril, materil maupun spritual selama ini.
3. Bapak Prof. Dr. Erwin, S.Si., M.Si. 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 serta bimbingan terbaik untuk penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Ahmad Heryanto, S.Kom, M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik Jurusan Sistem Komputer.
7. Mbak Renny Virgasari selaku admin Jurusan Sistem Komputer yang telah membantu mengurus seluruh berkas.

8. Abdurasyid Fairuz Habibullah yang telah menjadi pendukung dan pemberi semangat untuk penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Nyinyit dan Cimol yang telah menjadi penyemangat dan selalu menemani penulis dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini.
10. Rekan-rekan satu perjuangan saya yaitu, Roro Kemuningsari, Yepi Sepriani dan Della Santika yang saling membantu dalam mengerjakan Tugas Akhir ini
11. Kakak-kakak tingkat yang menjadi panutan sekaligus mentor dan seluruh teman-teman seperjuangan angkatan 2019 Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
12. Teman-teman seperjuangan Jurusan Sistem Komputer Angkatan 2019, yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.
13. Jurusan Sistem Komputer.
14. Almamater.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih sangat jauh dari kata sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang membangun sangatlah diharapkan penulis. Akhir kata penulis berharap, semoga proposal tugas akhir ini bermanfaat dan berguna bagi khalayak.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Indralaya, 8 September 2023
Penulis,



Milda Kamilia
NIM. 09011181924011

**MODEL KEPUTUSAN CERDAS DALAM
MENENTUKAN JALUR TERBAIK TRANSPORTASI PADA
SMART CITY MENGGUNAKAN ALGORITMA RANDOM FOREST DAN
BAYESIAN OPTIMIZATION (RF-BO)**

MILDA KAMILIA (0901118924011)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Sriwijaya

Email: kmilda42@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis berbagai metode dan algoritma dalam konteks deteksi objek serta penentuan jalur terbaik dalam lalu lintas kendaraan di kota Palembang, sebagai langkah menuju pengembangan konsep kota pintar (*smart city*). Metode YOLOv3 digunakan untuk mendeteksi kendaraan dalam rekaman video dengan hasil akurasi mAP antara 72,72% hingga 79,35% untuk kelas motor dan mobil. Hasil deteksi dari model mencapai akurasi keseluruhan sebesar 76.03%. Selanjutnya, algoritma *Random Forest* diimplementasikan untuk mengklasifikasikan kondisi jalanan menjadi tiga kategori: lancar, sedang, dan macet. Setelah dioptimasi menggunakan *Bayesian Optimization*, akurasi model meningkat dari 89% menjadi 92%, dan akurasi pembacaan meningkat dari 91,66% menjadi 92,36%. Hasil dari algoritma *A* Heuristic Search* menunjukkan bahwa jalur 5 (SMK PGRI 1 Palembang ke Bom Baru Jl Perintis Kemerdekaan Arah Charitas (STMIK MBC)) adalah jalur terbaik yang paling sering dipilih oleh 9 dari 12 waktu yang diuji. Pemilihan jalur ini didasarkan pada kepadatan lalu lintas yang cenderung "lancar" dan jarak tempuh terpendek dibandingkan dengan jalur lainnya. Faktor lebar jalan juga mempengaruhi pemilihan jalur terbaik, di mana jalan yang lebih lebar dapat mengurangi tingkat kepadatan dan risiko kemacetan.

Kata kunci: Smart City, YOLOv3, Deteksi Objek, Algoritma Random Forest, Bayesian Optimization, A* Heuristic Search, Kondisi Lalu Lintas, Penentuan Jalur Terbaik.

**INTELLIGENT DECISION MODEL
FOR DETERMINING THE BEST TRANSPORTATION PATH IN SMART
CITY USING THE RANDOM FOREST ALGORITHM AND BAYESIAN
OPTIMIZATION (RF-BO)**

MILDA KAMILIA (0901118924011)

Computer System Department, Computer Science Faculty

Sriwijaya University

Email: kmilda42@gmail.com

ABSTRACT

This research analyzes various methods and algorithms in the context of object detection and optimal route determination in vehicle traffic in the city of Palembang, as a step towards developing the concept of a smart city. The YOLOv3 method is employed to detect vehicles in video recordings, yielding an accuracy ranging from 72.72% to 79.35% for the categories of motorcycles and cars. The overall detection accuracy of the model reaches 76.03%. Furthermore, the Random Forest algorithm is implemented to classify road conditions into three categories: smooth-flowing, moderate, and congested. After optimization using Bayesian Optimization, the model's accuracy improves from 89% to 92%, and reading accuracy increases from 91.66% to 92.36%. The results of the A* Heuristic Search algorithm demonstrate that Route 5 (from SMK PGRI 1 Palembang to Bom Baru Jl Perintis Kemerdekaan Arah Charitas (STMIK MBC)) is the most frequently chosen optimal route in 9 out of 12 tested instances. This route selection is based on the tendency of lighter traffic congestion and the shortest travel distance compared to other routes. The width of the road also influences the optimal route selection, where wider roads can reduce traffic density and the risk of congestion.

Keywords: Smart City, YOLOv3, Object Detection, Random Forest Algorithm, Bayesian Optimization, A* Heuristic Search, Traffic Conditions, Route Determination

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	5
1.5 Manfaat.....	5
1.6 Metodologi Penelitian.....	5
1.6.1 Metode Studi Pustaka dan Literatur.....	5
1.6.2 Metode Konsultasi.....	5
1.6.3 Metode Pembuatan Model.....	6
1.6.4 Metode Pengujian dan Validasi.....	6
1.6.5 Metode Analisis.....	6
1.7 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Penelitian Terkait.....	8
2.2 Keputusan Cerdas.....	11
2.3 Penentuan Jalur Terbaik.....	12
2.4 YOLO (You Only Look Once) versi 3.....	12
2.5 Machine <i>Learning</i>	13
2.6 <i>Random Forest</i> (RF).....	14

2.6.1 Akurasi.....	15
2.6.2 Prediksi.....	16
2.7 <i>Bayesian Optimization</i> (BO).....	17
2.8 Algoritma A* (A Star).....	19
2.8.1 Heuristic Search.....	20
2.9 Transportasi.....	21
2.10 Smart City.....	21
2.11 Jalan Raya.....	21
2.12 Kota Palembang.....	22
2.13 CCTV (Closed Circuit Television).....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Pendahuluan.....	23
3.2 Kerangka Kerja.....	23
3.3 Pengumpulan Data.....	25
3.4 Pre-processing Data.....	33
3.4.1 Data Cleaning.....	34
3.4.2 Data Integration.....	34
3.4.3 Data Transformation.....	34
3.4.4 Data Reduction.....	34
3.5 <i>Training</i> Data.....	34
3.6 Model YOLOv3.....	35
3.7 Menghitung Jumlah Kendaraan.....	35
3.8 Random Forest.....	36
3.9 Bayesian Optimization.....	37
3.10 Menentukan Jalur Terbaik.....	38
3.11 Algoritma A* (<i>Heuristic Search</i>).....	38
3.12 Hasil Keputusan Jalur Terbaik.....	39
3.13 Analisa dan Kesimpulan.....	39
3.14 Kebutuhan Perangkat.....	40
BAB IV HASIL DAN ANALISA.....	42
4.1 Pengumpulan Data.....	42
4.2 Pre-processing Data.....	42

4.2.1 Data Cleaning.....	42
4.2.2 Data Integration.....	44
4.2.3 Data Transformation.....	45
4.2.4 Data Reduction.....	45
4.3 <i>Training Data</i>	47
4.4 Model YOLOv3.....	49
4.5 Menghitung Jumlah Kendaraan.....	52
4.6 Random Forest.....	54
4.7 Bayesian Optimization.....	62
4.8 Algoritma A Star.....	69
4.8.1 Jalur terbaik tanggal 2 Januari 2023 waktu pagi (06.45 – 06.46)....	75
4.8.2 Jalur terbaik tanggal 2 Januari 2023 waktu Siang (12.00 – 12.01)...	76
4.8.3 Jalur terbaik tanggal 2 Januari 2023 waktu Sore (16.30 – 16.31)....	78
4.8.4 Jalur terbaik tanggal 3 Januari 2023 waktu pagi (06.45 – 06.46)....	79
4.8.5 Jalur terbaik tanggal 3 Januari 2023 waktu Siang (12.00 – 12.01)...	81
4.8.6 Jalur terbaik tanggal 3 Januari 2023 waktu Sore (16.30 – 16.31)....	82
4.8.7 Jalur terbaik tanggal 4 Januari 2023 waktu pagi (06.45 – 06.46).....	84
4.8.8 Jalur terbaik tanggal 4 Januari 2023 waktu Siang (12.00 – 12.01)...	85
4.8.9 Jalur terbaik tanggal 4 Januari 2023 waktu Sore (16.30 – 16.31)....	87
4.8.10 Jalur terbaik tanggal 5 Januari 2023 waktu pagi (06.45 – 06.46)...	88
4.8.11 Jalur terbaik tanggal 5 Januari 2023 waktu Siang (12.00–12.01) .	90
4.8.12 Jalur terbaik tanggal 5 Januari 2023 waktu Sore (16.30 – 16.31) .	91
4.9 Analisa.....	93
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	99
5.1 Kesimpulan.....	99
5.2 Saran.....	100
DAFTAR PUSTAKA.....	102

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arsitektur YOLOv3.....	12
Gambar 2. 2 Proses Klasifikasi Random Forest.....	14
Gambar 3. 1 Tahapan Penelitian.....	24
Gambar 3. 2 Jembatan Stasiun LRT Polresta Kota Palembang.....	25
Gambar 3. 3 Diagram Jalur 1.....	26
Gambar 3. 4 Peta Jalur 1.....	26
Gambar 3. 5 Diagram Jalur 2.....	27
Gambar 3. 6 Peta Jalur 2.....	27
Gambar 3. 7 Diagram Jalur 3.....	28
Gambar 3. 8 Peta Jalur 3.....	28
Gambar 3. 9 Diagram Jalur 4.....	29
Gambar 3. 10 Peta Jalur 4.....	29
Gambar 3. 11 Diagram Jalur 5.....	30
Gambar 3. 12 Peta Jalur 5.....	30
Gambar 3. 13 Diagram Jalur 6.....	31
Gambar 3. 14 Peta Jalur 6.....	31
Gambar 4. 1 Dataset (Data Mentah).....	42
Gambar 4. 2 Duplikasi Gambar.....	43
Gambar 4. 3 Konversi Ukuran Gambar.....	43
Gambar 4. 4 Pelabelan Gambar.....	44
Gambar 4. 5 Penggabungan Dataset Gambar dan Label(txt).....	44
Gambar 4. 6 Penyamaan Format.....	45
Gambar 4. 7 Data Training.....	46
Gambar 4. 8 Data Testing.....	46
Gambar 4. 9 Proses Training Data.....	47
Gambar 4. 10 Chart mAP dan Avg loss.....	48
Gambar 4. 11 Hasil dari Model yang Dihasilkan.....	49
Gambar 4. 12 Confusion Matrix.....	50
Gambar 4. 13 Deteksi Objek.....	51
Gambar 4. 14 Hasil Deteksi Menghitung Kendaraan pada CCTV.....	52

Gambar 4. 15	Split Data Training dan Testing pada Random Forest.....	54
Gambar 4. 16	Membangun Model Random Forest.....	55
Gambar 4. 17	Evaluasi Model.....	55
Gambar 4. 18	Confusion Matrix.....	56
Gambar 4. 19	Validasi Silang.....	57
Gambar 4. 20	Kurva ROC.....	57
Gambar 4. 21	Kurva Pembelajaran.....	58
Gambar 4. 22	Grafik Akurasi Pembacaan Keseluruhan.....	59
Gambar 4. 23	Grafik Akurasi Pembacaan Waktu Pagi.....	60
Gambar 4. 24	Grafik Akurasi Pembacaan Waktu Siang.....	61
Gambar 4. 25	Grafik Akurasi Pembacaan Waktu Sore.....	61
Gambar 4. 26	Membangun Model Bayesian Optimization.....	63
Gambar 4. 27	Model Random Forest dengan Parameter BO.....	63
Gambar 4. 28	Hasil Akurasi Model dari Proses Evaluasi.....	63
Gambar 4. 29	Confusion matrix BO.....	64
Gambar 4. 30	Validasi Silang.....	64
Gambar 4. 31	Akurasi Bayesian Optimization.....	66
Gambar 4. 32	Grafik Akurasi Pembacaan BO Waktu Pagi.....	66
Gambar 4. 33	Grafik Akurasi Pembacaan BO Waktu Siang.....	67
Gambar 4. 34	Grafik Akurasi Pembacaan BO Waktu Sore.....	68
Gambar 4. 35	Graph Rute Perjalanan.....	69
Gambar 4. 36	Hasil Jalur Terbaik Tanggal 2 Januari 2023 Waktu Pagi.....	75
Gambar 4. 37	Node yang Terpilih Tanggal 2 Januari Waktu Pagi.....	76
Gambar 4. 38	Hasil Jalur Terbaik Tanggal 2 Januari 2023 Waktu Siang.....	77
Gambar 4. 39	Node yang Terpilih Tanggal 2 Januari 2023 Waktu Siang.....	77
Gambar 4. 40	Hasil Jalur Terbaik Tanggal 2 Januari 2023 waktu Sore.....	78
Gambar 4. 41	Node Terpilih Tanggal 2 Januari 2023 Waktu Sore.....	79
Gambar 4. 42	Hasil Jalur Terbaik Tanggal 3 Januari 2023 Waktu Pagi.....	80
Gambar 4. 43	Node Terpilih Tanggal 3 Januari 2023 Waktu Pagi.....	80
Gambar 4. 44	Hasil Rute Terbaik 3 Januari 2023 Siang.....	81
Gambar 4. 45	Node Terpilih Tanggal 3 Januari 2023 Waktu Siang.....	82
Gambar 4. 46	Hasil Jalur Terbaik Tanggal 3 Januari 2023 Waktu Sore.....	83

Gambar 4. 47 Node yang Terpilih Tanggal 3 Januari 2023 Waktu Sore.....	83
Gambar 4. 48 Hasil Jalur Terbaik Tanggal 4 Januari Waktu Pagi.....	84
Gambar 4. 49 Node Terpilih Tanggal 4 Januari 2023 Waktu Pagi.....	85
Gambar 4. 50 Hasil Jalur Terbaik Tanggal 4 Januari 2023 Waktu Siang.....	86
Gambar 4. 51 Node yang Terpilih Tanggal 4 Januari Waktu Siang.....	86
Gambar 4. 52 Hasil Jalur Terbaik Tanggal 4 Januari 2023 Waktu Sore.....	87
Gambar 4. 53 Node Terpilih Jalur Terbaik Tanggal 4 Januari 2023.....	88
Gambar 4. 54 Hasil Jalur Terbaik Tanggal 5 Januari 2023 Waktu Pagi.....	89
Gambar 4. 55 Node Terpilih Tanggal 5 Januari 2023 Waktu Pagi.....	89
Gambar 4. 56 Hasil Jalur Terpilih Tanggal 5 Januari 2023 Waktu Siang.....	90
Gambar 4. 57 Node Terpilih Tanggal 5 Januari 2023 Waktu Siang.....	91
Gambar 4. 58 Hasil Jalur Terpilih Tanggal 5 Januari 2023 Waktu Sore.....	92
Gambar 4. 59 Node Terpilih Tanggal 5 Januari 2023 Waktu Sore.....	92
Gambar 4. 60 Jalur Terbaik.....	97
Gambar 4. 61 Grafik Nilai Bobot Jalur Terbaik.....	97

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Darknet-53.....	13
Tabel 3. 1 Lebar Jalan Setiap Simpang.....	32
Tabel 3. 2 Jarak Tempuh Antar Titik.....	32
Tabel 3. 3 Aturan Kondisi Kepadatan Jalan.....	33
Tabel 3. 4 Parameter Jumlah Kendaraan Motor.....	36
Tabel 3. 5 Parameter Jumlah Kendaraan Mobil.....	36
Tabel 3. 6 Parameter Jumlah Jalur.....	37
Tabel 3. 7 Parameter jarak Tempuh.....	37
Tabel 3. 8 Parameter Kondisi Jalan.....	37
Tabel 3. 9 Spesifikasi Hardware.....	40
Tabel 4. 1 Jumlah Pengumpulan Dataset.....	42
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Model YOLOv3.....	49
Tabel 4. 3 Perhitungan Jumlah Kendaraan melalui Program dan Manual.....	52
Tabel 4. 4 Akurasi Rata-rata Program YOLOv3.....	54
Tabel 4. 5 Hasil Akurasi Pembacaan Kondisi Jalan (Random Forest).....	58
Tabel 4. 6 Hasil Akurasi Pembacaan Random Forest.....	62
Tabel 4. 7 Hasil Akurasi Pembacaan Kondisi Jalan (Bayesian Optimization).....	65
Tabel 4. 8 Hasil Akurasi Pembacaan Per-Waktu.....	68
Tabel 4. 9 Jalur-Jalur yang Dipilih.....	70
Tabel 4. 10 Jarak Tempuh dari Setiap Jalur.....	70
Tabel 4. 11 Jalur Terbaik dan Nilai Bobotnya Setiap Tanggal dan Waktu.....	94
Tabel 4. 12 Perbandingan Hasil Penelitian Random Forest.....	98
Tabel 4. 13 Perbandingan Hasil Optimasi BO dan PSO.....	98

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Form Perbaikan Penguji

Lampiran 2. Form Perbaikan Pembimbing

Lampiran 3. Hasil Cek Plagiat

Lampiran 4. Hasil Deteksi Perhitungan Jumlah Kendaraan Motor dan Mobil

Lampiran 5. Prediksi Kondisi Jalan Menggunakan Algoritma RF

Lampiran 6. Prediksi Kondisi Jalan Menggunakan Algoritma BO

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemacetan jalan raya merupakan salah satu masalah yang sering dialami setiap harinya yang dapat menghambat perjalanan, sehingga membuat sebagian orang sering terlambat sampai ke tujuan. Salah satu faktor penyebab terjadinya kemacetan adalah semakin tingginya tingkat kepadatan penduduk yang terus bertambah secara signifikan yang menyebabkan semakin banyaknya jumlah penduduk yang berkendara. Saat pengendara menghadapi kemacetan, maka pengendara akan mencari jalur alternatif dengan jarak ter-pendek untuk dilalui, tanpa memakan waktu banyak. Pencarian jalur terbaik akan dilakukan jika jalur utama memiliki hambatan. Pencarian jalur terbaik ini juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi *Artificial Intelligence* (AI).

Penggunaan teknologi AI terus meningkat terutama dalam bidang *computer vision*. *Computer vision* adalah suatu teknologi yang berfungsi untuk membuat suatu keputusan cerdas yang bermanfaat dalam suatu objek nyata berdasarkan apa yang ada di dalam citra tersebut. Dimana *computer vision* dibuat untuk menghasilkan sistem yang dapat meniru cara kerja penglihatan manusia, dimana seolah-olah sistem tersebut dapat melihat objek di sekitar sehingga mendapatkan informasi, yang kemudian dapat diolah menjadi suatu perintah tertentu.

Teknologi *computer vision* telah banyak digunakan dalam berbagai macam bidang salah satunya Teknologi *Smart City* seperti *Intelligence Transportation System* (ITS) yaitu penerapan teknologi maju dibidang elektronika, komputer dan telekomunikasi yang di padu dengan prinsip manajemen strategi untuk meningkatkan fungsi transportasi secara keseluruhan[1]. Sehingga pada tugas akhir ini penulis mengambil tema penerapan *Smart Transportation* pada *Smart City*. *Smart City* adalah sebuah konsep kota cerdas 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 canggih untuk mempermudah kegiatan sehari-hari dari masyarakat[2].

Sebagian besar kota di Indonesia sudah banyak yang menerapkan penggunaan CCTV salah satunya kota Palembang. Penerapan CCTV ini berfungsi sebagai bukti pelanggaran, bagi kendaraan yang sering melanggar aturan lalulintas. Selain itu penggunaan CCTV tersebut juga bermanfaat sebagai pemantau arus lalulintas untuk mengetahui bagaimana kondisi jalan dimana CCTV tersebut diletakkan. [3].

Dari rekaman CCTV lalulintas tersebut, dengan menggunakan bantuan aplikasi YOLO (*You Only Look Once*) versi 3 kita dapat mendeteksi suatu objek secara real-time dengan tingkat akurasi yang relative baik, YOLO merupakan salah satu model *deep learning* yang merupakan bagian dari metode *Convolutional Neural Network (CNN)* yang banyak diaplikasikan pada data citra [4]. Selain dapat mendeteksi objek secara real-time dengan adanya bantuan algoritma YOLO tersebut juga dapat dilakukan perhitungan jumlah unit kendaraan dengan tingkat keakuratan yang lebih baik.

Random Forest adalah sebuah metode pembelajaran mesin yang populer dan efektif. Metode ini menggabungkan sejumlah besar pohon keputusan untuk memecahkan masalah klasifikasi dan regresi. Pohon keputusan adalah model pembelajaran mesin yang menggambarkan keputusan atau keputusan terstruktur dalam bentuk pohon. Dalam pohon keputusan, setiap simpul dalam pohon mewakili keputusan berdasarkan fitur-fitur dari data input. Pada setiap simpul, pohon membuat pemisahan data berdasarkan fitur-fitur yang paling informatif[5]. *Random Forest* memiliki beberapa kelebihan. Misalnya, ia mampu menangani data dengan berbagai jenis fitur dan dapat menangani data yang memiliki noise atau nilai yang hilang. Selain itu, *Random Forest* juga cenderung memiliki kinerja yang baik dalam hal akurasi prediksi dan mampu menangani masalah *overfitting* yang umum terjadi pada pohon keputusan tunggal [6].

Bayesian adalah algoritma interaktif, pada setiap iterasinya, model pengganti disesuaikan dengan semua pengamatan dari fungsi target yang telah dilakukan sejauh ini. Selanjutnya, fungsi akuisisi mencari parameter-parameter yang paling memperbaiki pencarian dan fokus pada parameter tersebut untuk

menemukan himpunan *hyperparameter* terbaik[7]. *Bayesian Optimization* (BO) adalah sebuah pendekatan yang efektif untuk menyelesaikan masalah optimisasi ketika evaluasi fungsi yang digunakan mahal. Ide utama di balik BO adalah kita membuat sebuah model yang lebih murah (disebut model pengganti) dengan menggunakan hasil evaluasi fungsi yang telah dilakukan sebelumnya. Model ini dapat berupa *Gaussian Process*. Selanjutnya, kita menggunakan model pengganti ini untuk memilih dengan cerdas urutan evaluasi fungsi selanjutnya menggunakan sebuah fungsi yang disebut fungsi akuisisi. Salah satu contoh fungsi akuisisi yang umum digunakan adalah *expected improvement* (EI). Dengan cara ini, BO memanfaatkan informasi dari evaluasi sebelumnya untuk memilih evaluasi fungsi berikutnya secara efisien[8].

Dalam pemilihan jalur terbaik menyertakan beberapa factor yang diperlukan, antar lain kondisi kepadatan jalan, jumlah kendaraan, lebar jalan, dan jarak yang ditempuh. Algoritma *Random Forest* digunakan untuk mengetahui kondisi jalan yang akan dilewati dengan memperhatikan beberapa parameter yang menjadi poin utama penelitian ini, yaitu jumlah kendaraan dan lebar jalan. Disini penulis menggunakan metode YOLO untuk mendeteksi dan menghitung jumlah kendaraan pada jalur yang akan dilalui tersebut. Algoritma *Bayesian Optimization* berfungsi untuk melakukan optimasi dari hasil perhitungan Algoritma *Random Forest* dan YOLO untuk menghasilkan kondisi jalan yang akurat apakah lancar, macet atau padat merayap. Kemudian dengan menggunakan metode *Heuristic Search* akan didapatkan hasil yaitu berupa jalur terbaik dengan menggunakan algoritma A*.

Algoritma A*(*A Star*) merupakan suatu algoritma yang dapat menyelesaikan masalah pencarian jalur terbaik, dengan menggunakan estimasi jarak terdekat untuk mencapai tujuan yang ingin dicapai, dan memiliki nilai *heuristic* yang digunakan sebagai dasar pertimbangan. *Heuristic* merupakan kriteria, metode, atau prinsip-prinsip untuk menentukan pilihan sejumlah alternatif untuk mencapai sasaran dengan efektif[9].

Heuristic search merupakan suatu proses mencari solusi dari suatu permasalahan melalui sekumpulan kemungkinan ruang keadaan/masalah yang pencariannya lebih variatif dan waktu pencarian solusi lebih cepat. Metode

heuristic search menggunakan suatu fungsi yang menghitung perkiraan (estimasi) dari suatu simpul tertentu menuju ke simpul tujuan [10].

Sehingga pada tugas akhir ini penulis akan melakukan penelitian dengan mengangkat judul “*Model Keputusan Cerdas Dalam Menentukan Jalur Terbaik Transportasi pada Smart City menggunakan Algoritma Random Forest dan Bayesian Optimization (RF-BO)*”. Diharapkan dengan adanya model keputusan cerdas ini dapat memberikan informasi serta membantu masyarakat dalam menentukan rute perjalanan untuk menghindari kemacetan dan mencari rute terbaik agar dapat sampai ke lokasi tujuan dengan tepat waktu.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat disimpulkan rumusan masalah dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Kemacetan jalan raya dapat menghambat aktivitas pengendara untuk tepat waktu sampai ke tempat tujuan.
2. Kurangnya informasi untuk mengetahui keadaan atau kondisi jalan pada jalur yang akan dilewati.
3. Mencari jalur terbaik untuk sampai ke tempat tujuan apabila jalur utama memiliki hambatan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Dataset yang digunakan berupa rekaman CCTV pada lalu lintas jalan raya, dari kepemilikan hak cipta oleh Dinas Perhubungan Kota Palembang.
2. Menggunakan algoritma YOLO (*You Only Look Once*) untuk mendeteksi jumlah dan jenis kendaraan.
3. Menggunakan algoritma *Random Forest* dan *Bayesian Optimization* untuk mengklasifikasikan kondisi kepadatan jalan yang akan dilalui, kemudian menggunakan metode *Heuristic Search* untuk mendapatkan jalur terbaik dengan algoritma A*.

1.4 Tujuan

Berdasarkan perumusan masalah yang telah ditentukan, maka dibentuk juga tujuan dari penelitian ini, yaitu antara lain:

1. Menghitung jumlah banyaknya kendaraan menggunakan bantuan aplikasi YOLO.
2. Melakukan klasifikasi menggunakan Algoritma *Random Forest* untuk mendapatkan informasi kondisi keadaan jalan yang akan dilalui yang kemudian di optimasi menggunakan algoritma *Bayesian Optimization*.
3. Menentukan jalur terbaik dengan metode *Heuristic Search* menggunakan algoritma A*.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Dapat mengetahui cara menggunakan aplikasi *YOLO* untuk melakukan perhitungan jumlah unit kendaraan dan mendeteksi jenisnya dari hasil rekaman CCTV.
2. Dapat mengklasifikasikan kondisi kepadatan jalan yang akan dilalui menggunakan algoritma *Random Forest* yang di optimasi menggunakan algoritma *Bayesian Optimization* pada jalur yang akan dilewati.
3. Dapat menentukan jalur terbaik yang memiliki hasil lebih akurat dengan menggunakan metode *Heuristic Search* dengan algoritma A*.

1.6 Metodologi Penelitian

1.6.1 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 penelitian yang sedang dilakukan.

1.6.2 Metode Konsultasi

Pada 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 penelitian ini.

1.6.3 Metode Pembuatan Model

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

1.6.4 Metode Pengujian dan Validasi

Metode Pengujian dan validasi ini dilakukan terhadap sistem yang telah dibuat untuk melihat batasan-batasan kinerja sistem tersebut, dapat menghasilkan nilai akurasi yang baik atau sebaliknya.

1.6.5 Metode Analisis

Hasil dari penelitian pada Model Keputusan Cerdas Dalam Menentukan Jalur Terbaik Transportasi pada *Smart City* menggunakan *Algoritma Random Forest* dan *Bayesian Optimization (RF-BO)* ini akan dilakukan analisis terhadap kelebihan dan kekurangannya, sehingga diharapkan dapat menghasilkan kesimpulan dan saran yang dapat digunakan sebagai referensi yang baik untuk penelitian selanjutnya.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada penelitian ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini penulis akan menjabarkan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penulisan serta metodologi penelitian yang akan digunakan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini penulis akan menjelaskan tentang teori yang berkaitan dengan judul yang telah dibuat.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini penulis akan menjelaskan tentang tahapan dan metode yang akan digunakan dalam penelitian ini.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Pada bab ini penulis akan menjelaskan tentang hasil dan Analisa yang didapatkan dari pengkajian serta penjelasan terhadap hasil yang telah dicapai dari pengkajian yang telah dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk pengembangan sistem dalam

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Mandaku and M. Tukan, “STUDI PENERAPAN INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEM(ITS) DI KABUPATEN SERAM BAGIAN BARAT,” *ARIKA*, vol. 04, no. 1, 2010.
- [2] P. Hariani, L. Safina Hsb, and J. S. Hsb, “City Smart Transportation Sebagai Strategi Medan Menuju Smart City,” *J. Pembang. Perkota.*, vol. 5, no. 2, pp. 50–58, 2017, [Online]. Available: <http://ejpp.balitbang.pemkomedan.go.id/index.php/JPP>
- [3] Tasia, “5 Kegunaan CCTV Lampu Merah,” *auto2000.co.id*, 2020.
- [4] M. Harahap *et al.*, “Sistem Cerdas Pemantauan Arus Lalu Lintas Dengan YOLO (You Only Look Once v3),” *Semin. Nas. APTIKOM*, p. 2019, 2019.
- [5] M. Sun, R. Zhou, C. Jiao, and X. Sun, “Severity Analysis of Hazardous Material Road Transportation Crashes with a Bayesian Network Using Highway Safety Information System Data,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 19, no. 7, 2022, doi: 10.3390/ijerph19074002.
- [6] 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.
- [7] H. Alibrahim and S. A. Ludwig, “Hyperparameter Optimization: Comparing Genetic Algorithm against Grid Search and Bayesian Optimization,” *IEEE Trans. Emerg. Top. Comput. Intell.*, vol. 4, no. 5, pp. 740–740, 2020, doi: 10.1109/tetci.2020.3020707.
- [8] S. Belakaria, A. Deshwal, and J. R. Doppa, “Max-value entropy search for multi-objective Bayesian optimization,” *Adv. Neural Inf. Process. Syst.*, vol. 32, no. NeurIPS, 2019.
- [9] R. F. Oktanugraha and S. R. Nudin, “Implementasi Algoritma A* (A Star) dalam Penentuan Rute Terpendek yang Dapat Dilalui Non Player Character pada Game Good Thief,” *J. Informatics Comput. Sci.*, vol. 2, no. 01, pp. 74–

- 85, 2020, doi: 10.26740/jinacs.v2n01.p74-85.
- [10] X. Zhang, P. Wu, C. Yuan, Y. Wang, D. Metaxas, and C. Chen, “Heuristic search for homology localization problem and its application in cardiac trabeculae reconstruction,” *IJCAI Int. Jt. Conf. Artif. Intell.*, vol. 2019-Augus, no. c, pp. 1312–1318, 2019, doi: 10.24963/ijcai.2019/182.
- [11] M. M. Chen and M. C. Chen, “Modeling road accident severity with comparisons of logistic regression, decision tree and random forest,” *Inf.*, vol. 11, no. 5, 2020, doi: 10.3390/INFO11050270.
- [12] S. County, “Based on Bayesian Optimized Random Forest and Gradient Boosting Decision Tree Models — A Case,” *mdpi water*, 2020, doi: 10.3390/w12113066.
- [13] T. Wang *et al.*, “Random Forest-Bayesian Optimization for Product Quality Prediction with Large Scale Dimensions in Process Industrial Cyber-Physical Systems,” vol. 4662, no. c, 2020, doi: 10.1109/JIOT.2020.2992811.
- [14] L. Wang *et al.*, “A weight assignment algorithm for incomplete traffic information road based on fuzzy random forest method,” *Symmetry (Basel)*, vol. 13, no. 9, Sep. 2021, doi: 10.3390/sym13091588.
- [15] X. Zhou, P. Lu, Z. Zheng, D. Tolliver, and A. Keramati, “Accident Prediction Accuracy Assessment for Highway-Rail Grade Crossings Using Random Forest Algorithm Compared with Decision Tree,” *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 200, no. March, p. 106931, 2020, doi: 10.1016/j.res.2020.106931.
- [16] 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.
- [17] Y. Miao, F. Liu, T. Hou, L. Liu, and Y. Liu, “A Nighttime Vehicle Detection Method Based on YOLO v3,” pp. 6617–6621, 2020.
- [18] J. Gao, X. Xu, X. Zhang, S. Xu, and Q. Pu, “Path Planning of Mobile Robot Based on Improved A* Algorithm,” *2022 5th World Conf. Mech. Eng. Intell.*

- Manuf. WCMEIM* 2022, pp. 1098–1102, 2022, doi: 10.1109/WCMEIM56910.2022.10021353.
- [19] X. Dai, S. Long, Z. Zhang, and D. Gong, “Mobile robot path planning based on ant colony algorithm with a* heuristic method,” *Front. Neurorobot.*, vol. 13, no. April, 2019, doi: 10.3389/fnbot.2019.00015.
- [20] D. S. Holden, “Artificial Intelligence,” pp. 1–38, 2002.
- [21] D. Rachmawati, P. Sihombing, and B. Halim, “Implementation of Best First Search Algorithm in Determining Best Route Based on Traffic Jam Level in Medan City,” *2020 Int. Conf. Data Sci. Artif. Intell. Bus. Anal. DATABIA 2020 - Proc.*, pp. 5–12, 2020, doi: 10.1109/DATABIA50434.2020.9190626.
- [22] A. Terentyev, M. Karelina, V. Egorov, A. Andreev, and K. Reza Kashyzadeh, “Model for determining optimal routes in complex transport systems,” in *Transportation Research Procedia*, Elsevier B.V., 2021, pp. 679–687. doi: 10.1016/j.trpro.2021.09.100.
- [23] M. S. Chauhan, A. Singh, M. Khemka, A. Prateek, and R. Sen, “Embedded CNN based vehicle classification and counting in non-laned road traffic,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, no. September, 2019, doi: 10.1145/3287098.3287118.
- [24] F. Zhang, C. Li, and F. Yang, “Vehicle detection in urban traffic surveillance images based on convolutional neural networks with feature concatenation,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 3, 2019, doi: 10.3390/s19030594.
- [25] Y. Heryadi, “Machine Learning: Konsep dan Implementasi,” no. September, 2020.
- [26] I. Reis, D. Baron, and S. Shahaf, “Probabilistic Random Forest: A Machine Learning Algorithm for Noisy Data Sets,” *Astron. J.*, vol. 157, no. 1, p. 16, Dec. 2018, doi: 10.3847/1538-3881/aaf101.
- [27] E. Fitri, “Analisis Sentimen Terhadap Aplikasi Ruangguru Menggunakan Algoritma Naive Bayes, Random Forest Dan Support Vector Machine,” *J. Transform.*, vol. 18, no. 1, p. 71, 2020, doi:

10.26623/transformatika.v18i1.2317.

- [28] M. Wu, D. Shan, Z. Wang, X. Sun, J. Liu, and M. Sun, “A Bayesian network model for real-time crash prediction based on selected variables by random forest,” *ICTIS 2019 - 5th Int. Conf. Transp. Inf. Saf.*, pp. 670–677, 2019, doi: 10.1109/ICTIS.2019.8883694.
- [29] J. Wu, X. Y. Chen, H. Zhang, L. D. Xiong, H. Lei, and S. H. Deng, “Hyperparameter optimization for machine learning models based on Bayesian optimization,” *J. Electron. Sci. Technol.*, vol. 17, no. 1, pp. 26–40, 2019, doi: 10.11989/JEST.1674-862X.80904120.
- [30] M. Prawiro, “pengertian-transportasi,” *Maxmanroe.com*, 2018.
- [31] A. de Rozari and Y. H. Wibowo, “FAKTOR-FAKTOR YANG MENYEBABKAN KEMACETAN LALU LINTAS DI JALAN UTAMA KOTA SURABAYA”.
- [32] A. Ahda, “Analisa Perbandingan Kinerja Cctv Dvr Dengan Cctv Portable Menggunakan Smartphone Android Secara Online,” *Perencanaan, Sains, Teknol. dan Komput.*, vol. 1, no. 2, pp. 114–120, 2018.
- [33] 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.
- [34] Y. Wang *et al.*, “Prediction of tubular solar still performance by machine learning integrated with Bayesian optimization algorithm,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 184, p. 116233, 2021, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2020.116233.