

**PENENTUAN JALUR TERBAIK PADA *SMART TRANSPORTATION* DALAM
SMART CITY MENGGUNAKAN METODE *RECURRENT NEURAL NETWORK*
(RNN) DAN *LONG SHORT-TERM MEMORY* (LSTM) YANG DIOPTIMASI
DENGAN *BAYESIAN OPTIMIZATION* (RNN-BO DAN LSTM-BO)**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

DAVID HASIAN SIMATUPANG

09011381924082

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

2023

LEMBAR PENGESAHAN

**PENENTUAN JALUR TERBAIK PADA SMART TRANSPORTATION DALAM
SMART CITY MENGGUNAKAN METODE *RECURRENT NEURAL NETWORK*
(RNN) DAN *LONG SHORT-TERM MEMORY* (LSTM) YANG DIOPTIMASI
DENGAN *BAYESIAN OPTIMIZATION* (RNN-BO DAN LSTM-BO)**

TUGAS AKHIR

**Program Studi Sistem Komputer
Jenjang S1**

Oleh:

**David Hasian Simatupang
09011381924082**

Palembang, 24 Juli 2023

Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. Sukemi, M.T.

NIP. 196612032006041001

Pembimbing Tugas Akhir

Ahmad Fali Oklilas, M.T.

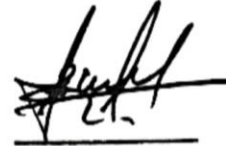
NIP. 197210151999031001

HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada
Hari : Rabu
Tanggal : 5 Juli 2023

Tim Penguji

1. Ketua : Sarmayanta Sembiring, M.T.



2. Sekretaris : Abdurahman, M.Han



3. Penguji : Prof. Dr. Erwin, M.Si.

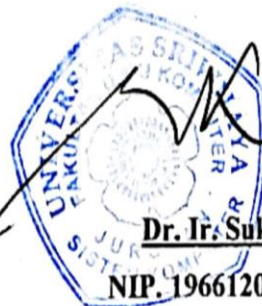
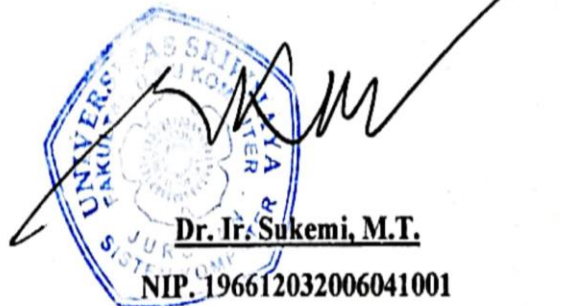


4. Pembimbing : Ahmad Fali Oklilas, M.T.



Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Dr. Ir. Sukemi, M.T.

NIP. 196612032006041001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : David Hasian Simatupang
NIM : 09011381924082
Judul : Penentuan Jalur Terbaik Pada *Smart Transportation* Dalam *Smart City* Menggunakan Metode *Recurrent Neural Network (RNN)* Dan *Long Short-Term Memory (LSTM)* Yang Dioptimasi Dengan *Bayesian Optimization (RNN-BO dan LSTM-BO)*

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 19%

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 sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

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



Palembang, 21 Juli 2023



David Hasian Simatupang

NIM. 09011381924082

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, atas segala berkat, hikmat dan pengertian serta karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Penentuan Jalur Terbaik Pada *Smart Transportation* Dalam *Smart City* Menggunakan Metode *Recurrent Neural Network* (RNN) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM) Yang Dioptimasi Dengan *Bayesian Optimization* (RNN-BO dan LSTM-BO)”

Pada Kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada pihak – pihak yang telah membantu penulis baik selama penelitian maupun saat mengerjakan Tugas Akhir ini. Ucapan terima kasih sebesar – besarnya penulis sampaikan kepada :

1. Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan Kesehatan, berkat, hikmat dan pengertian serta Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua Orang Tua dan Keluarga Besar yang selalu mendoakan dan memberikan motivasi dan support.
3. Bapak Alm. Dr. Jaidan Jauhari, M.T. 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 yang terbaik untuk penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Dr. Ir. Bambang Tutuko, M.T. Selaku Dosen Pembimbing Akademik Jurusan Sistem Komputer.
7. Mbak Sari selaku Admin Jurusan Sistem Komputer Kampus Palembang yang telah membantu mengurus seluruh berkas.
8. Kepada seluruh teman – teman seperjuangan di Jurusan Sistem Komputer di Kampus Bukit Palembang Angkatan 2019.

9. Semua teman – teman baCOD Mobile yang selalu memberikan dukungan kepada penulis dan senantiasa menjadi teman untuk berbagi informasi serta berdiskusi dalam mengerjakan tugas - tugas perkuliahan dari semester 1 hingga akhir masa perkuliahan.
10. Teman – teman seperjuangan Genk Smart City Syairillah, Muhammad Alpina, Ahmad Azhari, dan Ridho Apriliyanto yang selalu memberikan motivasi dan dukungan serta senantiasa menjadi rekan diskusi dan mencari solusi dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
11. Seluruh anggota grub Training TA yaitu Nanda, Dinda, Manda, Ghina, dan Arum, yang telah membantu penulis dalam mengumpulkan dataset gambar.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar lebih baik lagi dikemudian hari. Akhir kata dengan segala keterbatasan penulis berharap semoga Tugas Akhir ini memberikan sesuatu yang bermanfaat bagi kita semua khususnya bagi mahasiswa Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya secara langsung ataupun tidak langsung sebagai tambahan ilmu dalam peningkatan mutu pembelajaran dan penelitian.

Palembang, Juli 2023

Penulis

David Hasian Simatupang

Nim : 09011381924082

**PENENTUAN JALUR TERBAIK PADA SMART TRANSPORTATION DALAM
SMART CITY MENGGUNAKAN METODE *RECURRENT NEURAL NETWORK*
(RNN) DAN *LONG SHORT-TERM MEMORY* (LSTM) YANG DIOPTIMASI
DENGAN *BAYESIAN OPTIMIZATION* (RNN-BO DAN LSTM-BO)**

DAVID HASIAN SIMATUPANG (09011381924082)

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Sriwijaya

Email: davidhasian27@gmail.com

ABSTRAK

Sistem penentuan jalur terbaik adalah bagian dari konsep *Smart Transportation* di mana kota-kota yang menerapkan konsep ini disebut sebagai *Smart City*. Penelitian ini menggunakan sistem deteksi objek yang disebut *You Only Look Once* versi 8 (YOLOv8) untuk mendeteksi dan menghitung jumlah kendaraan berdasarkan rekaman CCTV. Selain itu, studi ini menggunakan metode *Recurrent Neural Network* (RNN) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM) yang dioptimasi dengan *Bayesian Optimization* (RNN-BO dan LSTM-BO) untuk memprediksi kondisi jalan. Algoritma *Graph Theory* digunakan untuk menentukan jalur terbaik. Dataset terdiri dari 4224 gambar kendaraan motor dan mobil, serta tabel referensi kondisi jalan dengan 5 kolom dan 320 baris. YOLOv8 menghasilkan model dengan Mean Average Precision (mAP) sebesar 85,4%, dengan akurasi deteksi motor sebesar 76% dan mobil sebesar 86%. Sedangkan untuk akurasi pembacaan, YOLOv8 mencapai 78,61%. Model RNN memiliki akurasi sebesar 50,16% dan akurasi pembacaan sebesar 85,75%, sementara model LSTM memiliki akurasi sebesar 50,48% dan akurasi pembacaan sebesar 86,76%. Setelah dioptimalkan menggunakan *Bayesian Optimization*, akurasi model RNN-BO meningkat menjadi 55,56% dan LSTM-BO menjadi 54,60%. Namun, tidak ada perubahan dalam akurasi pembacaan, yaitu 85,75% untuk RNN-BO dan 86,76% untuk LSTM-BO. Dalam penerapan *Graph Theory* untuk menentukan jalur terbaik, diperoleh hasil yang konsisten jalur 4 adalah yang terbaik dalam semua kondisi jalan, berdasarkan parameter kondisi jalan dan jarak tempuh yang menghasilkan bobot terkecil.

Kata Kunci : Penentuan Jalur Terbaik, *Recurrent Neural Network* (RNN), *Long Short-Term Memory* (LSTM), *Bayesian Optimization*, *Graph Theory*

**DETERMINING THE BEST PATH FOR SMART TRANSPORTATION IN
SMART CITY USING THE RECURRENT NEURAL NETWORK (RNN) AND
LONG SHORT-TERM MEMORY (LSTM) METHODS OPTIMIZED WITH
BAYESIAN OPTIMIZATION (RNN-BO AND LSTM-BO)**

DAVID HASIAN SIMATUPANG (09011381924082)

Computer Engineering Department, Computer Science Faculty,

Sriwijaya University

Email: davidhasian27@gmail.com

ABSTRACT

The best route determining system is part of the Intelligent Transportation concept where cities that implement this concept are called Smart Cities. The study used an object detection system called You Only Look Once version 8 (YOLOv8) to detect and calculate the number of vehicles based on CCTV recordings. In addition, it uses Recurrent Neural Network (RNN) and Long Short-Term Memory (LSTM) optimized with Bayesian Optimization (RNN-BO and LSTM-BO) to predict road density conditions. The graph theory algorithm is used to determine the best path. The data set consists of 4224 images of motorcycle vehicles and cars and a road conditions reference table with 5 columns and 320 rows. YOLOv8 produced models with Mean Average Precision (mAP) of 85.4%, with motorcycle detection accuracy of 76% and cars of 86%. And for the accuracy of the readings YOLOv8 gets 78.61%. The RNN model has an accuracy of 50.16% and a reading accuracy of 85.75%, while the LSTM model has a accurate of 50.48% and reading accurateness of 86.76%. After optimization using Bayesian Optimization, the accuracy of the RNN-BO model increased to 55.56% and the LSTM-BO to 54.60%. However, there were no changes in the accuracy of the reading, which is 85.75% for RNN-BO and 86.76% for LSTM-BO. In the implementation of Graph Theory for determining the best path, a consistent result is obtained: Route 4 in all road conditions, based on the parameters of road conditions and the mileage that produces the smallest weight.

Keyword : *Best Route Determining, Recurrent Neural Network (RNN), Long Short-Term Memory (LSTM), Bayesian Optimization, Graph Theory.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	5
1.6 Metode Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Pendahuluan.....	8
2.2 <i>Smart Transportation</i>	9
2.3 <i>Smart City</i>	9
2.4 Penentuan Jalur Terbaik	10
2.5 <i>Vanilla Recurrent Neural Network (RNN)</i>	10
2.5.1 <i>Arsitektur Recurrent Neural Network (RNN)</i>	11
2.5.2 <i>Layer Recurrent Neural Network (RNN)[26]</i>	13
2.6 <i>Long Short-Term Memory (LSTM)</i>	15
2.6.1 <i>Gerbang Long Short – Therm Memory (LSTM) [23]</i> ...	16
2.7 <i>Bayesian Statistics</i>	17
2.8 <i>Teorema Bayes</i>	18

2.9 <i>Bayesian Optimization</i>	19
2.7 <i>Graph Theory</i>	21
2.9 <i>Deep Learning</i>	23
2.9 YOLO (<i>You Only Look Once</i>).....	23
2.9.1 Perkembangan YOLO.....	27
2.10 <i>Confusion Matrix</i>	30
2.11 Kondisi Jalan	33
2.12 Transportasi	33
2.13 Lalu Lintas Jalan Raya dan Kondisi Jalan Kota Palembang ...	34
2.14 CCTV (<i>Closed Circuit Television</i>).....	35
BAB III METODE PENELITIAN	37
3.1 Rancangan Tugas Akhir	37
3.2 Menentukan Topik Penelitian.....	39
3.3 Identifikasi Kebutuhan dan Perumusan Masalah	40
3.4. Menentukan Tujuan Penelitian.....	42
3.5 Menentukan batasan dan metodologi penelitian.....	42
3.6 Studi Pustaka	42
3.7 Pengumpulan Dataset	43
3.7.1 Pengumpulan Dataset (Rekaman CCTV)	44
3.8 Perancangan <i>Preprocessing</i>	46
3.9 Hasil <i>Tranning</i>	56
3.10 Pengujian Model.....	58
3.11 You Only Look Once (YOLO).....	61
3.12 Metode <i>Recurrent Neural Network</i> (RNN) Dan Metode <i>Long Short-Term Memory</i>	61
3.13 <i>Output</i> Metode <i>Recurrent Neural Network</i> (RNN) dan <i>Long Short-Term Memory</i> (LSTM).....	64
3.14 Optimasi <i>Bayesian Optimization</i> (BO).....	64
3.15 <i>Output</i> Setelah Di Optimasi.....	66
3.16 Implementasi <i>Graph Theory</i>	66
3.17 Hasil Jalur Terbaik.....	68

3.18 Analisa dan Kesimpulan.....	68
BAB IV HASIL DAN ANALISIS	70
4.1 Pengumpulan Dataset (Rekaman CCTV).....	70
4.2 You Only Look Once (YOLO).....	72
4.2.1 Mendeteksi dan Menghitung Kendaraan Motor dan Mobil	73
4.3 <i>Metode Recurrent Neural Network</i> (RNN)	75
4.3.1 Hasil Metode RNN.....	75
4.3.2 Evaluasi Metode RNN	76
4.3.3 Prediksi Menggunakan RNN	80
4.4 Metode <i>Long Short-Term Memory</i> (LSTM).....	92
4.4.1 Hasil Metode LSTM	92
4.4.2 Evaluasi Metode LSTM	93
4.4.3 Prediksi Menggunakan LSTM	97
4.5 Optimasi <i>Bayesian Optimization</i>	109
4.5.1 Hasil RNN-BO	109
4.5.2 Evaluasi RNN-BO.....	110
4.5.3 Prediksi Menggunakan RNN-BO	114
4.5.4 Hasil LSTM-BO.....	126
4.5.5 Evaluasi Model LSTM-BO	127
4.5.6 Prediksi Menggunakan LSTM-BO	130
4.5 Implementasi <i>Grap Theory</i>	142
4.5.1 Penentuan jalur terbaik.....	142
4.5.2 Hasil Jalur Terbaik RNN-BO.....	144
4.5.3 Hasil Jalur Terbaik LSTM-BO.....	158
4.6 Analisa Dan Kesimpulan	172
4.6.1 Analisa Hasil YOLOv8.....	172
4.6.2 Analisa Metode <i>Recurrent Neural Network</i> (RNN) dan <i>Long Short-Term Memory</i> (LSTM).....	173
4.6.3 Analisa Hasil Optimasi <i>Bayesian Optimization</i>	173
4.6.4 Analisa Hasil Akurasi Pembacaan	174

4.6.5 Analisa Hasil Penentuan Jalur Terbaik	176
4.6.6 Perbandingan Penelitian Terkait Dengan Hasil Penelitian.....	178
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	180
5.1 Kesimpulan.....	180
5.2 Saran	181
DAFTAR PUSTAKA	183
LAMPIRAN.....	A

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Vanilla RNN.....	10
Gambar 2. 2 Arsitektur RNN	11
Gambar 2. 3 Arsitektur Simple RNN.....	12
Gambar 2. 4 Arsitektur RNN versi berulang dan penjabaran	12
Gambar 2. 5 Layer RNN[27]	13
Gambar 2. 6 Pemrosesan RNN	14
Gambar 2. 7 Arsitektur LSTM[23]	15
Gambar 2. 8 <i>Bayesian Statistics</i>	17
Gambar 2. 9 graph theory[33].....	21
Gambar 2. 10 Deep learning[34].....	23
Gambar 2. 11 Arsitektur YOLO[36].....	24
Gambar 2. 12 Sistem deteksi pada YOLO[37]	24
Gambar 2. 13 Bounding Box pada YOLO[39]	26
Gambar 2. 14 Proses Deteksi pada YOLO[36].....	27
Gambar 2. 15 Kamera CCTV[51].....	35
Gambar 3. 1 Flowchart TA	38
Gambar 3. 2 Blok Diagram	39
Gambar 3. 3 Hasil Pengumpulan dataset	44
Gambar 3. 4 Dataset Penulis Sebelum <i>Cleaning</i>	46
Gambar 3. 5 Dataset kotor penulis.....	47
Gambar 3. 6 Dataset penulis setelah <i>cleaning</i>	47
Gambar 3. 7 Total gambar dataset setelah di <i>cleaning</i>	49
Gambar 3. 8 urutan nama <i>file</i>	49
Gambar 3. 9 Format <i>file</i>	50
Gambar 3. 10 Penyeragaman format dan penggabungan <i>file</i>	50
Gambar 3. 11 Proses labelling gambar	51
Gambar 3. 12 Hasil Labelling	51
Gambar 3. 13 Data Train.....	52
Gambar 3. 14 Data Test	52
Gambar 3. 15 Hirarki Kendaraan.....	53
Gambar 3. 16 Gambar <i>bluescreen</i> saat <i>training epoch 100</i>	54
Gambar 3. 17 <i>Source Code</i> Training Dataset.....	54
Gambar 3. 18 Proses <i>Training</i> Dataset	55
Gambar 3. 19 Model dari hasil training YOLOv8	55
Gambar 3. 20 Confusion Matrix Hasil Training	56
Gambar 3. 21 Confidence Curve.....	57
Gambar 3. 22 Curva Precision-Recall Curve.....	57
Gambar 3. 23 Source code pengujian model	58
Gambar 3. 24 Hasil pengujian model.....	59
Gambar 3. 25 <i>Output</i> YOLO.....	61
Gambar 3. 26 Tabel Refrensi dalam bentuk <i>.csv</i>	62
Gambar 4. 1 Peta jalan	70
Gambar 4. 2 Screenshoot video kamera CCTV simpang pim	72
Gambar 4. 3 Screenshoot hasil deteksi dan perhitungan kendaraan	73

Gambar 4. 4 Pelatihan model RNN.....	75
Gambar 4. 5 Hasil Output Kondisi Jalan RNN	75
Gambar 4. 6 Hasil Output Akurasi Model RNN.....	75
Gambar 4. 7 <i>Confusion Matrix</i> RNN	76
Gambar 4. 8 Hasil Evaluasi RNN	78
Gambar 4. 9 Grafik persentase RNN Pagi	81
Gambar 4. 10 Grafik persentase RNN Siang	82
Gambar 4. 11 Grafik persentase RNN sore.....	83
Gambar 4. 12 Grafik persentase keseluruhan RNN	84
Gambar 4. 13 Pelatihan model LSTM	92
Gambar 4. 14 Hasil Output Kondisi Jalan LSTM.....	92
Gambar 4. 15 Hasil Output Akurasi Model LSTM	92
Gambar 4. 16 <i>Confusion Matrix</i> LSTM.....	93
Gambar 4. 17 Hasil Evaluasi LSTM.....	95
Gambar 4. 18 Grafik persentase LSTM Pagi	98
Gambar 4. 19 Grafik persentase LSTM Siang	99
Gambar 4. 20 Grafik persentase LSTM sore	100
Gambar 4. 21 Grafik persentase keseluruhan LSTM.....	101
Gambar 4. 22 Pelatihan model RNN-BO.....	109
Gambar 4. 23 Hasil Optimasi RNN-BO	109
Gambar 4. 24 <i>Confusion Matrix</i> LSTM.....	111
Gambar 4. 25 Hasil Evaluasi RNN-BO	113
Gambar 4. 26 Grafik persentase RNN-BO Pagi	115
Gambar 4. 27 Grafik persentase RNN-BO Siang	116
Gambar 4. 28 Grafik persentase RNN-BO sore.....	117
Gambar 4. 29 Grafik persentase keseluruhan RNN-BO	118
Gambar 4. 30 pelatihan model LSTM-BO.....	126
Gambar 4. 31 Hasil Optimasi LSTM-BO	126
Gambar 4. 32 <i>Confusion Matrix</i> LSTM-BO.....	128
Gambar 4. 33 Hasil Evaluasi LSTM-BO	130
Gambar 4. 34 Grafik persentase LSTM-BO Pagi	131
Gambar 4. 35 Grafik persentase LSTM-BO Siang	132
Gambar 4. 36 Grafik persentase LSTM-BO sore.....	133
Gambar 4. 37 Grafik persentase keseluruhan LSTM-BO.....	134
Gambar 4. 38 Skema Perjalanan	142
Gambar 4. 39 visualisasi <i>Graph</i>	143
Gambar 4. 40 Hasil jalur terbaik hari senin jam 08:00 pagi	145
Gambar 4. 41 Visualisasi <i>graph</i> senin jam 08:00 pagi	145
Gambar 4. 42 Visualisasi <i>graph</i> jalur yang terpilih senin jam 08:00 pagi	146
Gambar 4. 43 Hasil jalur terbaik hari senin jam 13:00 pagi	147
Gambar 4. 44 Visualisasi <i>graph</i> senin jam 13:00 siang.....	147
Gambar 4. 45 Visualisasi <i>graph</i> jalur yang terpilih senin jam 13:00 siang	148
Gambar 4. 46 Hasil jalur terbaik hari senin jam 16:00 sore.....	149
Gambar 4. 47 Visualisasi <i>graph</i> senin jam 16:00 sore	149
Gambar 4. 48 Visualisasi <i>graph</i> jalur yang terpilih senin jam 16:00 sore.....	150
Gambar 4. 49 Hasil jalur terbaik hari senin jam 09:00 pagi	151

Gambar 4. 50 Visualisasi <i>graph</i> senin jam 09:00 pagi	151
Gambar 4. 51 Visualisasi <i>graph</i> jalur yang terpilih senin jam 09:00 pagi.....	152
Gambar 4. 52 Hasil jalur terbaik hari senin jam 14:00 siang.....	153
Gambar 4. 53 Visualisasi <i>graph</i> senin jam 14:00 siang.....	153
Gambar 4. 54 Visualisasi <i>graph</i> jalur yang terpilih senin jam 14:00 siang	154
Gambar 4. 55 Hasil jalur terbaik hari senin jam 17:00 sore.....	155
Gambar 4. 56 Visualisasi <i>graph</i> senin jam 17:00 sore	155
Gambar 4. 57 Visualisasi <i>graph</i> jalur yang terpilih senin jam 14:00 siang	156
Gambar 4. 58 hasil jalur yang akan di lalui RNN-BO	157
Gambar 4. 59 Hasil jalur terbaik hari senin jam 08:00 pagi	158
Gambar 4. 60 Visualisasi <i>graph</i> senin jam 08:00 pagi	159
Gambar 4. 61 Visualisasi <i>graph</i> jalur yang terpilih senin jam 08:00 pagi	159
Gambar 4. 62 Hasil jalur terbaik hari senin jam 13:00 pagi	160
Gambar 4. 63 Visualisasi <i>graph</i> senin jam 13:00 siang.....	161
Gambar 4. 64 Visualisasi <i>graph</i> jalur yang terpilih senin jam 13:00 siang	161
Gambar 4. 65 Hasil jalur terbaik hari senin jam 16:00 sore.....	162
Gambar 4. 66 Visualisasi <i>graph</i> senin jam 16:00 sore	163
Gambar 4. 67 Visualisasi <i>graph</i> jalur yang terpilih senin jam 16:00 sore.....	163
Gambar 4. 68 Hasil jalur terbaik hari senin jam 09:00 pagi	164
Gambar 4. 69 Visualisasi <i>graph</i> senin jam 09:00 pagi	165
Gambar 4. 70 Visualisasi <i>graph</i> jalur yang terpilih senin jam 09:00 pagi.....	165
Gambar 4. 71 Hasil jalur terbaik hari senin jam 14:00 siang.....	166
Gambar 4. 72 Visualisasi <i>graph</i> senin jam 14:00 siang.....	167
Gambar 4. 73 Visualisasi <i>graph</i> jalur yang terpilih senin jam 14:00 siang	167
Gambar 4. 74 Hasil jalur terbaik hari senin jam 17:00 sore.....	168
Gambar 4. 75 Visualisasi <i>graph</i> senin jam 17:00 sore	169
Gambar 4. 76 Visualisasi <i>graph</i> jalur yang terpilih senin jam 14:00 siang	169
Gambar 4. 77 hasil jalur yang akan di lalui LSTM-BO.....	171

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Confusion Matrix	32
Tabel 3. 1 Spesifikasi Perangkat Keras/Hardware	40
Tabel 3. 2 Spesifikasi perangkat Lunak/Software.....	40
Tabel 3. 3 Parameter nilai input lebar jalan	45
Tabel 3. 4 Parameter input jarak tempuh	45
Tabel 3. 5 Jumlah pengumpulan dataset gambar dari tanggal 27 september 2022 – 22 oktober 2022.....	48
Tabel 3. 6 Hasil model training dataset.....	58
Tabel 3. 7 Perhitungan Akurasi Pembacaan dari Yolov8 Hari Senin Tanggal 12 Desember 2022 Jam 08:00	60
Tabel 3. 8 Dataset Tabel referensi.....	62
Tabel 3. 9 Variable input RNN dan LSTM.....	63
Tabel 3. 10 Contoh masing-masing kondisi jalan.....	64
Tabel 3. 11 <i>Variable output</i> RNN dan LSTM.....	64
Tabel 3. 12 Implementasi <i>graph theory</i> untuk kondisi jalan	66
Tabel 3. 13 Implementasi <i>graph theory</i> untuk jarak tempuh.....	67
Tabel 4. 1 Hasil deteksi jumlah kendaraan kondisi 1, 2, 3 menggunakan YOLOv8.....	74
Tabel 4. 2 Hasil deteksi jumlah kendaraan motor sesi kedua	74
Tabel 4. 3 Hasil <i>Precision</i> RNN.....	77
Tabel 4. 4 Hasil <i>Recall</i> RNN.....	78
Tabel 4. 5 Hasil <i>F1 Score</i> RNN	78
Tabel 4. 6 Data Pagi Tanggal 12 Desember 2022 Jam 08:00	86
Tabel 4. 7 Data Siang Tanggal 13 Desember 2022 Jam 13:00	87
Tabel 4. 8 Data Sore Tanggal 14 Desember 2022 Jam 16:00.....	88
Tabel 4. 9 Data Pagi Tanggal 12 Desember 2022 Jam 09:00	89
Tabel 4. 10 Data Siang Tanggal 13 Desember 2022 Jam 14:00	90
Tabel 4. 11 Data Sore Tanggal 14 Desember 2022 Jam 17:00.....	91
Tabel 4. 12 Hasil <i>Precision</i> LSTM.....	94
Tabel 4. 13 Hasil <i>Recall</i> LSTM	95
Tabel 4. 14 Hasil <i>F1 Score</i> LSTM	95
Tabel 4. 15 Data Pagi Tanggal 12 Desember 2022 Jam 08:00	103
Tabel 4. 16 Data Siang Tanggal 13 Desember 2022 Jam 13:00	104
Tabel 4. 17 Data Sore Tanggal 14 Desember 2022 Jam 16:00.....	105
Tabel 4. 18 Data Pagi Tanggal 12 Desember 2022 Jam 09:00	106
Tabel 4. 19 Data Siang Tanggal 13 Desember 2022 Jam 14:00	107
Tabel 4. 20 Data Sore Tanggal 14 Desember 2022 Jam 17:00.....	108
Tabel 4. 21 Hasil <i>Precision</i> RNN-BO	112
Tabel 4. 22 Hasil <i>Recall</i> RNN-BO.....	112
Tabel 4. 23 Hasil <i>F1 Score</i> RNN-BO.....	113
Tabel 4. 24 Data Pagi Tanggal 12 Desember 2022 Jam 08:00	120
Tabel 4. 25 Data Siang Tanggal 13 Desember 2022 Jam 13:00	121
Tabel 4. 26 Data Sore Tanggal 14 Desember 2022 Jam 16:00.....	122
Tabel 4. 27 Data Pagi Tanggal 12 Desember 2022 Jam 09:00	123

Tabel 4. 28 Data Siang Tanggal 13 Desember 2022 Jam 14:00	124
Tabel 4. 29 Data Sore Tanggal 14 Desember 2022 Jam 17:00.....	125
Tabel 4. 30 Hasil <i>Precision</i> LSTM-BO.....	129
Tabel 4. 31 Hasil <i>Recall</i> LSTM-BO	129
Tabel 4. 32 Hasil <i>F1 Score</i> LSTM-BO	129
Tabel 4. 33 Data Pagi Tanggal 12 Desember 2022 Jam 08:00	136
Tabel 4. 34 Data Siang Tanggal 13 Desember 2022 Jam 13:00	137
Tabel 4. 35 Data Sore Tanggal 14 Desember 2022 Jam 16:00.....	138
Tabel 4. 36 Data Pagi Tanggal 12 Desember 2022 Jam 09:00	139
Tabel 4. 37 Data Siang Tanggal 13 Desember 2022 Jam 14:00	140
Tabel 4. 38 Data Sore Tanggal 14 Desember 2022 Jam 17:00.....	141
Tabel 4. 39 Rekap Hasil Jalur Terbaik RNN-BO	156
Tabel 4. 40 Rekap Hasil Jalur Terbaik LSTM-BO	170
Tabel 4. 41 Total jarak tempuh pada setiap jalur	177

DAAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 From Revisi Penguji	B
Lampiran 2 From Revisi Pembimbing	C
Lampiran 3 Hasil Turnitin.....	D
Lampiran 4 Tabel Referensi Kondisi Jalan	E
Lampiran 5 Hasil deteksi kondisi 1, 2, 3 menggunakan YOLOv8 pada tanggal 12 Desember 2022, 13 Desember 2022, dan 14 Desember 2022 pada pukul 08:00 pagi, 13:00 siang, dan 16:00 sore.....	J
Lampiran 6 Hasil deteksi kondisi 4, 5, 6 menggunakan YOLOv8 pada tanggal 12 Desember 2022, 13 Desember 2022, dan 14 Desember 2022 pada pukul 09:00 pagi, 14:00 siang, dan 17:00 sore.....	K
Lampiran 7 Prediksi RNN Pagi Tanggal 12 Desember 2022 Jam 08:00.....	L
Lampiran 8 Prediksi RNN Siang Tanggal 13 Desember 2022 Jam 13:00.....	M
Lampiran 9 Prediksi RNN Sore Tanggal 14 Desember 2022 Jam 16:00	N
Lampiran 10 Prediksi RNN Pagi Tanggal 12 Desember 2022 Jam 09:00.....	O
Lampiran 11 Prediksi RNN Siang Tanggal 13 Desember 2022 Jam 14:00.....	P
Lampiran 12 Prediksi RNN Siang Tanggal 14 Desember 2022 Jam 17:00.....	Q
Lampiran 13 Prediksi LSTM Pagi Tanggal 12 Desember 2022 Jam 08:00	R
Lampiran 14 Prediksi LSTM Siang Tanggal 13 Desember 2022 Jam 13:00	S
Lampiran 15 Prediksi LSTM Sore Tanggal 14 Desember 2022 Jam 16:00	T
Lampiran 16 Prediksi LSTM Pagi Tanggal 12 Desember 2022 Jam 09:00	U
Lampiran 17 Prediksi LSTM Siang Tanggal 13 Desember 2022 Jam 14:00	V
Lampiran 18 Prediksi LSTM Sore Tanggal 14 Desember 2022 Jam 17:00	W
Lampiran 19 Prediksi RNN-BO Pagi Tanggal 12 Desember 2022 Jam 08:00.....	X
Lampiran 20 Prediksi RNN-BO Siang Tanggal 13 Desember 2022 Jam 13:00.....	Y
Lampiran 21 Prediksi RNN-BO Sore Tanggal 14 Desember 2022 Jam 16:00.....	Z
Lampiran 22 Prediksi RNN-BO Pagi Tanggal 12 Desember 2022 Jam 09:00....	AA
Lampiran 23 Prediksi RNN-BO Siang Tanggal 13 Desember 2022 Jam 13:00..	BB
Lampiran 24 Prediksi RNN-BO Sore Tanggal 14 Desember 2022 Jam 17:00....	CC
Lampiran 25 Prediksi LSTM-BO Pagi Tanggal 12 Desember 2022 Jam 08:00..	DD
Lampiran 26 Prediksi LSTM-BO Siang Tanggal 13 Desember 2022 Jam 13:00..	EE
Lampiran 27 Prediksi LSTM-BO Sore Tanggal 14 Desember 2022 Jam 16:00 ..	FF
Lampiran 28 Prediksi LSTM-BO Pagi Tanggal 12 Desember 2022 Jam 09:00..	GG
Lampiran 29 Prediksi LSTM-BO Siang Tanggal 13 Desember 2022 Jam 14:00..	HH
Lampiran 30 Prediksi LSTM-BO Sore Tanggal 14 Desember 2022 Jam 17:00	II
Lampiran 31 Lebar dan total jarak masing-masing jalur	JJ

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Padatnya kendaraan adalah salah satu penyebab kemacetan di jalan raya yang sering dihadapi setiap harinya. Hal ini menyebabkan masalah berupa hambatan perjalanan dan seringkali membuat sebagian orang terlambat sampai ke tujuan. Salah satu faktor penyebab terjadinya kemacetan selain kecelakaan 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 terpendek untuk dilalui, tanpa memakan waktu yang banyak. Pencarian jalur terbaik akan dilakukan jika jalur utama memiliki hambatan.

Oleh sebab itu pada bidang *Deep Learning* di kembangkan yang namanya *Deep Learning Neural Network* yaitu penerapan smart transportation yang memiliki parameter (seperti cuaca, insiden, dll) untuk mengetahui arus lalu lintas oleh karena itu, sistem kendaraan lalu lintas itu memiliki sifat dinamis. *Deep Learning Neural Network* mempelajarinya secara mendalam untuk mengoptimalkan lalu lintas dan mengurangi kemacetan di persimpangan jalan utama, yang akan meningkatkan monitoring di persimpangan jalan untuk merespon perubahan lalu lintas dan kondisi lingkungan[1]. Sehingga pada tugas akhir ini penulis mengambil tema penentuan jalur terbaik pada *Smart Transportation* dalam *Smart City*, *Smart city* adalah konsep perkotaan yang cerdas yang bertujuan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pengelolaan sumber daya dengan memberikan informasi relevan kepada seluruh masyarakat dan memprediksi kejadian yang tak terduga. Dengan memanfaatkan teknologi canggih, sistem perkotaan ini mempermudah aktivitas sehari-hari masyarakat dengan mengintegrasikan sumber informasi secara efisien.[2].

Sebagian besar kota di Indonesia telah menerapkan penggunaan CCTV, termasuk kota Palembang. Penerapan kamera CCTV sebagai bukti pelanggaran, untuk kendaraan yang sering melanggar peraturan lalu lintas. Selain itu penggunaan kamera CCTV juga digunakan sebagai pemantau lalu lintas untuk mengetahui kondisi jalan dimana kamera CCTV tersebut berada[3]. Dengan mengetahui keadaan atau kondisi lalu lintas dari rekaman CCTV tersebut, Diperlukan bantuan aplikasi yaitu aplikasi YOLO (*You Only Look Once*) Versi 8. YOLOv8 merupakan salah satu model *Deep Learning* yang digunakan untuk melakukan pengenalan objek[4]. Maka dengan adanya bantuan algoritma dari YOLO tersebut dapat dilakukan perhitungan jumlah unit kendaraan dengan tingkat keakuratan yang lebih baik dan mendeteksi objek dalam waktu nyata.

Recurrent Neural Network (RNN) adalah bentuk arsitektur *Artificial Neural Networks* (ANN) yang dirancang khusus untuk pemrosesan data sekuensial. RNN sering digunakan untuk melakukan tugas yang melibatkan data deret waktu, seperti data ramalan cuaca. Misalnya cuaca hari ini mungkin tergantung cuaca kemarin, jika kemarin mendung maka hari ini berpeluang hujan.[5][6][7].

Long Short-Term Memory (LSTM) merupakan salah satu variasi dari *Recurrent Neural Network* (RNN) yang sering digunakan. RNN memiliki banyak modifikasi, namun LSTM adalah salah satu yang paling populer. LSTM dirancang untuk mengatasi keterbatasan RNN dalam mengakses informasi jangka panjang dari masa lalu yang tidak dapat diprediksi. Dengan kemampuannya, LSTM dapat menyimpan dan mengingat sejumlah informasi dalam jangka waktu yang panjang, serta menghapus informasi yang tidak lagi relevan. Selain itu, LSTM juga memiliki efisiensi yang lebih tinggi dalam memproses, memprediksi, dan mengklasifikasikan data berdasarkan urutan kronologis yang spesifik[8][9][10].

Graph Theory adalah sekumpulan objek yang mempunyai hubungan ataupun keterkaitan satu sama lain, secara informal suatu graph

adalah himpunan benda – benda yang disebut dengan “simpul” (vertex atau node) yang terhubung oleh “sisi” (edge)[11][12][13].

Berdasarkan penjelasan pada paragraf sebelumnya, pemilihan jalur terbaik melibatkan beberapa faktor, antara lain kondisi kepadatan jalan, jumlah kendaraan, lebar jalan, dan jarak tempuh. *Recurrent Neural Network* (RNN) digunakan untuk memprediksi kondisi jalan dengan kategori (lancar, sedang, macet) dengan memperhatikan beberapa parameter yang menjadi *point* utama dari penelitian ini yaitu jumlah kendaraan motor dan mobil, lebar jalan yang dilalui dan frekuensi yang akan ditempuh dari satu titik ke titik berikutnya. Disini penulis juga menggunakan YOLOv8 untuk mendeteksi jenis kendaraan dan jumlah kendaraan yang ada di jalan tersebut. *Long Short-Term Memory* (LSTM) berfungsi untuk melengkapi kekurangan dari RNN untuk memprediksi kondisi jalan dengan kategori (lancar, sedang, macet) dengan diharapkan untuk menghasilkan persentase pembacaan yang lebih baik dari RNN dan Graph Theory akan digunakan untuk menentukan jalur terbaik sehingga pengendara motor dan mobil terhindar dari adanya kemacetan di jalan raya Kota Palembang.

Sehingga pada tugas akhir ini penulis akan melakukan penelitian dengan mengangkat judul “**Penentuan Jalur Terbaik Pada Smart Transportation Dalam Smart City Menggunakan Metode Recurrent Neural Network (RNN) DAN Long Short-Term Memory (LSTM) Yang Dioptimasi Dengan Bayesian Optimization (RNN-BO dan LSTM-BO)**”. Diharapkan model keputusan cerdas ini dapat memberikan wawasan dan membantu masyarakat dalam menentukan jalur perjalanan untuk menghindari kemacetan lalu lintas dan menemukan jalur terbaik untuk mencapai tujuan dengan tepat waktu.

1.2 Rumusan Masalah

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

- a) Kemacetan lalu lintas dapat menghambat pengemudi mencapai tujuan dengan tepat waktu.
- b) Kurangnya informasi untuk mengetahui kondisi jalan dan banyaknya kendaraan yang melintas di jalan tersebut.
- c) Mencari jalur terbaik untuk mencapai tujuan jika jalan utama memiliki hambatan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini di antara lain :

- a) Dataset yang digunakan berupa rekaman CCTV lalu lintas jalan raya dari kepemilikan hak cipta oleh Balai Pengelola Transportasi Darat (BPTD) Wilayah VII PROV. SUMSEL - BABEL. Dataset yang digunakan bukan data secara real time melainkan memakai data lampau.
- b) Menggunakan Algoritma YOLO v8 (*You Look Once*) versi 8 untuk mendeteksi jenis kendaraan dan menghitung jumlah kendaraan.
- c) Menggunakan metode *Recurrent Neural Network* (RNN) untuk mengetahui kondisi kepadatan jalan raya, kemudian menggunakan metode *Long Short-Term Memory* (LSTM) serta di optimasi menggunakan *Bayesian Optimization*.

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang teridentifikasi, maka ditetapkan pula tujuan dari penelitian ini, yaitu:

- a) Untuk menghitung jumlah unit kendaraan menggunakan arsitektur YOLO v8 untuk mengetahui banyaknya jumlah kendaraan dan jenis kendaraan.
- b) Memprediksi kondisi jalan menggunakan metode *Recurrent Neural Network* (RNN) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM) yang di optimasi menggunakan *Bayesian Optimization*.

- c) Menentukan jalur terbaik menggunakan *Graph Theory* untuk menghindari kemacetan di jalan agar sampai ke tempat tujuan dengan tepat waktu.

1.5 Manfaat

Berikut manfaat dari penelitian ini yaitu :

- a) Dapat mengetahui kemacetan jalan dan untuk mencari tahu jalur terbaik agar sampai ke tujuan dengan tepat waktu.
- b) Dapat mengetahui cara menggunakan arsitektur YOLO untuk melakukan perhitungan jumlah unit kendaraan dan mendeteksi jenis kendaraan dari hasil rekaman CCTV.
- c) Dapat mengetahui jumlah kendaraan sehingga dapat membaca kondisi kepadatan jalan menggunakan algoritma *Recurrent Neural Network* (RNN) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM) untuk mendapatkan kondisi jalan dan selanjutnya di optimasi menggunakan *Bayesian Optimization*.

1.6 Metode Penelitian

a) Metode Studi Pustaka dan Literatur

Metode ini melibatkan pencarian dan pengumpulan referensi literatur, seperti buku, jurnal, dan sumber-sumber online yang relevan dengan penelitian yang sedang dilakukan.

b) Metode Konsultasi

Metode ini melibatkan konsultasi langsung atau tidak langsung dengan para ahli yang memiliki pengetahuan dan wawasan yang relevan untuk mengatasi masalah yang dihadapi dalam penelitian.

c) Metode Pembuatan Model

Dalam metode ini diwujudkan dengan menerapkan desain pemodelan menggunakan berbagai perangkat lunak dan simulasi untuk memudahkan proses pemodelan.

d) Metode Pengujian dan Validasi

Metode ini digunakan untuk menguji sistem yang telah dirancang guna mengevaluasi batasan kinerja sistem tersebut dan mendapatkan nilai akurasi yang baik atau sebaliknya.

e) Metode Analisis

Hasil penelitian model keputusan cerdas dalam menentukan kondisi jalan untuk lalu lintas di *Smart City* menggunakan algoritma *Recurrent Neural Network* (RNN) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM) serta nantinya akan di optimasi menggunakan *Bayesian Optimization* dan akan menganalisis kelebihan dan kekurangannya selanjutnya menggunakan *Graph Theory* dalam menentukan jalur terbaik yang akan di lalui, dan nantinya kesimpulan dan saran yang akan dibuat dapat dijadikan referensi yang baik untuk penelitian selanjutnya.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam penelitian tugas akhir sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini membahas latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada tahap ini membahas mengenai penelitian, ringkasan hasil kajian literatur dan juga landasan teori mengenai *smart transportation*, *Smart City* dengan memprediksi kondisi jalan menggunakan metode *Recurrent Neural Network* (RNN) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM) yang di optimasi menggunakan *Bayesian Optimization* serta menggunakan *Graph Theory* untuk menentukan jalur terbaik.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan tentang pengambilan dataset, kerangka kerja penelitian yang akan dilakukan, dan perancangan model yang akan digunakan.

BAB 4 HASIL DAN ANALISIS

Pada bagian ini, akan dijelaskan hasil uji dan analisis yang diperoleh dari pengkajian. Juga akan diberikan penjelasan mengenai kelebihan dan kekurangan dari pengkajian yang telah dilakukan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, serta saran untuk penelitian selanjutnya, terutama terkait dengan tugas akhir yang akan dilakukan.

Dengan sistematika penulisan ini, diharapkan penelitian tugas akhir dapat disajikan dengan jelas dan terstruktur, sehingga pembaca dapat memahami secara komprehensif tentang penelitian yang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Lawe and R. Wang, "Optimization of traffic signals using deep learning neural networks," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 9992 LNAI, no. December 2016, pp. 403–415, 2016, doi: 10.1007/978-3-319-50127-7_35.
- [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] A. 2000, "Kegunaan CCTV Lampu Merah," *06 Desember*, 2020. <https://auto2000.co.id/berita-dan-tips/kegunaan-cctv-lampu-merah>
- [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] Aditya.yanuar.r, "Recurrent Neural Network (RNN)," *1 July*, 2018. <https://machinelearning.mipa.ugm.ac.id/2018/07/01/recurrent-neural-network-rnn/>
- [6] Z. Cui, K. Henrickson, R. Ke, and Y. Wang, "Traffic Graph Convolutional Recurrent Neural Network: A Deep Learning Framework for Network-Scale Traffic Learning and Forecasting," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 21, no. 11, pp. 4883–4894, 2020, doi: 10.1109/TITS.2019.2950416.
- [7] A. Zyner, S. Worrall, and E. Nebot, "Naturalistic Driver Intention and Path Prediction Using Recurrent Neural Networks," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 21, no. 4, pp. 1584–1594, 2020, doi: 10.1109/TITS.2019.2913166.
- [8] Y. Wei and H. Liu, "Convolutional Long-Short Term Memory Network with Multi-Head Attention Mechanism for Traffic Flow Prediction," *Sensors (Basel)*, vol. 22, no. 20, 2022, doi: 10.3390/s22207994.
- [9] G. Kothai *et al.*, "A New Hybrid Deep Learning Algorithm for Prediction of Wide Traffic Congestion in Smart Cities," *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/5583874.

- [10] G. Van Houdt, C. Mosquera, and G. Nápoles, “A review on the long short-term memory model,” *Artif. Intell. Rev.*, vol. 53, no. 8, pp. 5929–5955, 2020, doi: 10.1007/s10462-020-09838-1.
- [11] W. C. H. Schoonenberg, I. S. Khayal, and A. M. Farid, *A hetero-functional graph theory for modeling interdependent smart city infrastructure*. 2018. doi: 10.1007/9783319993010.
- [12] Z. Yi, X. C. Liu, N. Markovic, and J. Phillips, “Inferencing hourly traffic volume using data-driven machine learning and graph theory,” *Comput. Environ. Urban Syst.*, vol. 85, no. April 2020, p. 101548, 2021, doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2020.101548.
- [13] Q. Liu, P. Hou, G. Wang, T. Peng, and S. Zhang, “Intelligent route planning on large road networks with efficiency and privacy,” *J. Parallel Distrib. Comput.*, vol. 133, pp. 93–106, 2019, doi: 10.1016/j.jpdc.2019.06.012.
- [14] Y. Zhang, Y. Ming, and R. Zhang, “Object Detection and Tracking based on Recurrent Neural Networks,” *Int. Conf. Signal Process. Proceedings, ICSP*, vol. 2018-Augus, pp. 338–343, 2019, doi: 10.1109/ICSP.2018.8652389.
- [15] C. Zhang, Z. Xia, and J. Kim, “Video object detection using event-aware convolutional lstm and object relation networks,” *Electron.*, vol. 10, no. 16, 2021, doi: 10.3390/electronics10161918.
- [16] J. Singh and B. Bhushan, “Real Time Indian License Plate Detection using Deep Neural Networks and Optical Character Recognition using LSTM Tesseract,” *Proc. - 2019 Int. Conf. Comput. Commun. Intell. Syst. ICCIS 2019*, vol. 2019-Janua, pp. 347–352, 2019, doi: 10.1109/ICCIS48478.2019.8974469.
- [17] G. Steve Mazur, Business Development Director, “An Introduction to Smart Transportation: Benefits and Examples,” *09 December*, 2020. <https://www.digi.com/blog/post/introduction-to-smart-transportation-benefits>
- [18] Q. Chen *et al.*, “A Survey on an Emerging Area: Deep Learning for Smart

- City Data,” *IEEE Trans. Emerg. Top. Comput. Intell.*, vol. 3, no. 5, pp. 392–410, 2019, doi: 10.1109/TETCI.2019.2907718.
- [19] M. Riadi, “Smart City (Pengertian, Karakteristik, Indikator dan Penerapan),” *Januari* 17, 2020. <https://www.kajianpustaka.com/2020/01/smart-city-pengertian-karakteristik-indikator-dan-penerapan.html>
- [20] U. M. Rifanti, “Pemilihan Rute Terbaik Menggunakan Algoritma Dijkstra Untuk Mengurangi Kemacetan Lalu Lintas di Purwokerto,” *JMPM J. Mat. dan Pendidik. Mat.*, vol. 2, no. 2, p. 90, 2017, doi: 10.26594/jmpm.v2i2.926.
- [21] J. Ilmiah and W. Pendidikan, “2 1,2,3,” vol. 8, no. 13, pp. 190–199, 2022.
- [22] V. A. Chastikova and V. V. Sotnikov, “Method of analyzing computer traffic based on recurrent neural networks,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1353, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1353/1/012133.
- [23] Github, “Project Summary: Action Recognition using Recurrent Networks,” 29 Maret, 2018. <https://github.com/2Change/rnn-project>
- [24] “Pengenalan Recurrent Neural Network (RNN),” 04 april, 2018. <https://indoml.com/2018/04/04/pengenalan-rnn-bag-1/>
- [25] F. Liu, Z. Chen, and J. Wang, “Video image target monitoring based on RNN-LSTM,” *Multimed. Tools Appl.*, vol. 78, no. 4, pp. 4527–4544, 2019, doi: 10.1007/s11042-018-6058-6.
- [26] T. Fardiani, “BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA - Elibrary Unikom,” 2020. <https://elibrary.unikom.ac.id>
- [27] A. Biswal, “Recurrent Neural Network(RNN) Tutorial: Types, Examples, LSTM and More,” 10 april, 2023. <https://www.simplilearn.com>
- [28] A. Moghar and M. Hamiche, “Stock Market Prediction Using LSTM Recurrent Neural Network,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 170, pp. 1168–1173, 2020, doi: 10.1016/j.procs.2020.03.049.
- [29] Supriya Shende, “Long Short-Term Memory (LSTM) Deep Learning Method for Intrusion Detection in Network Security,” *Int. J. Eng. Res.*, vol. V9, no. 06, pp. 1615–1620, 2020, doi: 10.17577/ijertv9is061016.

- [30] A. Sherstinsky, “Fundamentals of Recurrent Neural Network (RNN) and Long Short-Term Memory (LSTM) network,” *Phys. D Nonlinear Phenom.*, vol. 404, p. 132306, 2020, doi: 10.1016/j.physd.2019.132306.
- [31] R. van de Schoot *et al.*, “Bayesian statistics and modelling,” *Nat. Rev. Methods Prim.*, vol. 1, no. 1, 2021, doi: 10.1038/s43586-020-00001-2.
- [32] H. T. Sihotang, F. Riandari, R. M. Simanjorang, A. Simangunsong, and P. S. Hasugian, “Expert System for Diagnosis Chicken Disease using Bayes Theorem,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1230, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1230/1/012066.
- [33] E. S. Pour, H. Jafari, A. Lashgari, E. Rabiee, and A. Ahmadisharaf, “Cryptocurrency Price Prediction with Neural Networks of LSTM and Bayesian Optimization,” *Eur. J. Bus. Manag. Res.*, vol. 7, no. 2, pp. 20–27, 2022, doi: 10.24018/ejbmr.2022.7.2.1307.
- [34] 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.
- [35] C. Zaiontz, “Graph Theory.” <https://real-statistics.com/other-mathematical-topics/graph-theory/>
- [36] “Memahami Perbedaan Algoritma Machine Learning vs Deep Learning,” 7 juni, 2021. <https://dqlab.id/memahami-perbedaan-algoritma-machine-learning-vs-deep-learning>
- [37] C. Janiesch, P. Zschech, and K. Heinrich, “Machine learning and deep learning,” *Electron. Mark.*, vol. 31, no. 3, pp. 685–695, 2021, doi: 10.1007/s12525-021-00475-2.
- [38] N. K. Nissa, “Cara Kerja Object Detection dengan YOLO (You Only Look Once),” 23 maret, 2023. <https://pacmann.io/blog/cara-kerja-object-detection-dengan-yolo>
- [39] T. University, “SISTEM DETEKSI PELANGGARAN SOSIAL DISTANCING DI RUANG TERBUKA MENGGUNAKAN ALGORITMA YOLO”, [Online]. Available:

- https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fopenlibrary.telkomuniversity.ac.id%2Fpustaka%2Ffiles%2F171185%2Fjurnal_eproc%2Fsystem-deteksi-pelanggaran-social-distancing-di-ruang-terbuka-menggunakan-algoritma-you-only-look-once-yolo-.pdf&psig=AOvVaw0e
- [40] Q. Chen, Y. Wang, T. Yang, X. Zhang, J. Cheng, and J. Sun, “You Only Look One-level Feature”.
- [41] E. M. Y. dan A. Z. Khairunnas and I. T. S. N. (ITS) Departemen Teknik Elektro, “Pembuatan Modul Deteksi Objek Manusia Menggunakan Metode YOLO untuk Mobile Robot”, [Online]. Available: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fjurnal.its.ac.id%2Findex.php%2Fteknik%2Farticle%2Fdownload%2F61622%2F6647&psig=AOvVaw1xm5f2VWFaG1bK8ZJkQgRs&ust=1686746992400000&source=images&cd=vfe&ved=0CBMQjhxqFwoTCIjfvK6kwP8CFQAAAAAdAAAAABAJ>
- [42] J. Lee and K. il Hwang, “YOLO with adaptive frame control for real-time object detection applications,” *Multimed. Tools Appl.*, vol. 81, no. 25, pp. 36375–36396, 2022, doi: 10.1007/s11042-021-11480-0.
- [43] Q. Aini, N. Lutfiani, H. Kusumah, and M. S. Zahran, “Deteksi dan Pengenalan Objek Dengan Model Machine Learning: Model Yolo,” *CESS (Journal Comput. Eng. Syst. Sci.)*, vol. 6, no. 2, p. 192, 2021, doi: 10.24114/cess.v6i2.25840.
- [44] R. B. Bist, “A Novel YOLOv6 Object Detector for Monitoring Piling Behavior of Cage-Free Laying Hens,” pp. 905–923, 2023.
- [45] R. Gelar Guntara, “Pemanfaatan Google Colab Untuk Aplikasi Pendeteksian Masker Wajah Menggunakan Algoritma Deep Learning YOLOv7,” *J. Teknol. Dan Sist. Inf. Bisnis*, vol. 5, no. 1, pp. 55–60, 2023, doi: 10.47233/jteksis.v5i1.750.
- [46] D. Ahmed, R. Sapkota, M. Churuvija, and M. Karkee, “Machine Vision-Based Crop-Load Estimation Using YOLOv8,” pp. 1–23, 2023.
- [47] I. Markoulidakis, G. Kopsiaftis, I. Rallis, and I. Georgoulas, “Multi-Class Confusion Matrix Reduction method and its application on Net Promoter

- Score classification problem,” *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, no. Cx, pp. 412–419, 2021, doi: 10.1145/3453892.3461323.
- [48] I. E. PUTRA, “AKURASI SISTEM DETEKSI KEPADATAN DI JALAN MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DAN FUZZY LOGIC,” 2021, [Online]. Available: https://repository.unsri.ac.id/60616/56/RAMA_56201_09011381722097_0015107201_0003126604_01_front_ref.pdf
- [49] E. Prahara, A. D. Nataatmadja, and L. Harviani, “Analysis of motorcycle unit (MCU) for motorcycle- dominated traffic with effective space approach (case study: Jalan Raya Lenteng Agung Barat dan Jalan Teuku Nyak Arief),” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 195, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1755-1315/195/1/012014.
- [50] 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.
- [51] M. Prawiro, “Pengertian Transportasi: Fungsi, Manfaat, Jenis dan Contoh Alat Transportasi,” 31 Oktober, 2018. <https://www.maxmanroe.com/vid/umum/pengertian-transportasi.html>
- [52] Presiden Republik Indonesia, “UU No.22 tahun 2009.pdf.” p. 203, 2009. [Online]. Available: https://jdih.dephub.go.id/assets/uudocs/uu/uu_no.22_tahun_2009.pdf
- [53] Hikvision.com, “Cara Mengetahui Perangkat Keamanan CCTV Sedang Aktif atau Tidak.” <https://www.hikvision.com/id/newsroom/blog/cara-mengetahui-perangkat-keamanan-cctv-sedang-aktif-atau-tidak/>
- [54] 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.
- [55] Pemerintah Pusat Republik Indonesia, “Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Bidang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan,” *LN.2021/No.40, TLN No.6642,*

- jdih.setkab.go.id* 43 hlm., no. 085113, pp. 1–57, 2021, [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/161874/pp-no-30-tahun-2021>
- [56] M. A. Bin Zuraimi and F. H. Kamaru Zaman, “Vehicle detection and tracking using YOLO and DeepSORT,” *ISCAIE 2021 - IEEE 11th Symp. Comput. Appl. Ind. Electron.*, pp. 23–29, 2021, doi: 10.1109/ISCAIE51753.2021.9431784.
- [57] H. Bani-Salameh, M. Sallam, and B. Al shboul, “A deep-learning-based bug priority prediction using RNN-LSTM neural networks,” *E-Informatica Softw. Eng. J.*, vol. 15, no. 1, pp. 29–45, 2021, doi: 10.37190/E-INF210102.
- [58] Z. Li, Y. Wang, and J. Ma, “Fault Diagnosis of Motor Bearings Based on a Convolutional Long Short-Term Memory Network of Bayesian Optimization,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 97546–97556, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3093363.
- [59] A. Kejriwal and P. Aqsa, “Graph Theory and Dijkstra ’ s Algorithm : A solution for Mumbai ’ s BEST buses,” pp. 40–47, 2019, doi: 10.9790/1813-0810014047www.theijes.com.