

**OPTIMASI *HYBRID MASK R-CNN-RESNET* DAN *LSTM* UNTUK
DETEKSI DAN PREDIKSI KEMACETAN DI PERSIMPANGAN
JALAN**

TESIS

Oleh:

**MIRZA ARIEF RAHMAN
231232176**



**PROGRAM STUDI S-2 TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS INFORMATIKA
UNIVERSITAS MIKROSKIL
MEDAN
2026**

OPTIMIZATION OF *HYBRID MASK R-CNN-RESNET* AND *LSTM* FOR TRAFFIC CONGESTION DETECTION AND PREDICTION AT INTERSECTIONS

THESIS

By:

**MIRZA ARIEF RAHMAN
231232176**



**MAJOR OF S-2 INFORMATION TECHNOLOGY
FACULTY OF INFORMATICS
UNIVERSITAS MIKROSKIL
MEDAN
2026**

LEMBARAN PENGESAHAN

OPTIMASI *HYBRID MASK R-CNN-RESNET* DAN *LSTM* UNTUK
DETEKSI DAN PREDIKSI KEMACETAN DI PERSIMPANGAN
JALAN

TESIS

Diajukan untuk Melengkapi Persyaratan Guna
Mendapatkan Gelar Magister
Program Studi S-2 Magister Teknologi Informasi

Oleh:

MIRZA ARIEF RAHMAN
231232176

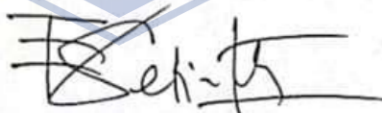
Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing,


Dr. Ronsen Purba, M.Sc

Medan, 14 Maret 2026
Diketahui dan Disahkan Oleh:

Ketua Program Studi
S-2 Magister Teknologi Informasi


Ir. Erwin Setiawan Panjaitan, M.M.S.I., Ph.D

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang membuat pernyataan ini adalah mahasiswa Program Studi S-2 Magister Teknologi Informasi Universitas Mikroskil Medan dengan identitas mahasiswa sebagai berikut:

Nama : Mirza Arief Rahman
NIM : 231232176

Saya telah melaksanakan penelitian dan penulisan Tesis dengan judul dan tempat penelitian sebagai berikut:

Judul Tesis : OPTIMASI HYBRID MASK R-CNN-RESNET DAN LSTM
UNTUK DETEKSI DAN PREDIKSI KEMACETAN DI
PERSIMPANGAN JALAN
Tempat Penelitian :
Alamat Tempat Penelitian :
No. Telp. Tempat Penelitian :

Sehubungan dengan Tesis tersebut, dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa penelitian dan penulisan Tesis tersebut merupakan hasil karya saya sendiri (tidak menyuruh orang lain yang mengerjakannya) dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk, telah saya nyatakan dengan benar. Bila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa bukan saya yang mengerjakannya (membuatnya), maka saya bersedia dikenakan sanksi yang telah ditetapkan oleh Universitas Mikroskil Medan, yakni pencabutan ijazah yang telah saya terima dan ijazah tersebut dinyatakan tidak sah.

Selain itu, demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mikroskil Medan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas saya beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak ini, Universitas Mikroskil Medan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan Tesis saya, secara keseluruhan atau hanya sebagian atau hanya ringkasannya saja dalam bentuk format tercetak dan/atau elektronik, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Menyatakan juga bahwa saya akan mempertahankan hak eksklusif saya untuk menggunakan seluruh atau sebagian isi Tesis saya guna pengembangan karya di masa depan, misalnya dalam bentuk artikel, buku, ataupun perangkat lunak/sistem informasi.

Demikian pernyataan ini saya perbuat dengan sungguh-sungguh, dalam keadaan sadar dan tanpa ada tekanan dari pihak manapun.

Medan, 14 Maret 2026

Saya yang membuat pernyataan,



Mirza Arief Rahman

OPTIMASI *HYBRID MASK R-CNN-RESNET* DAN *LSTM* UNTUK DETEKSI DAN PREDIKSI KEMACETAN DI PERSIMPANGAN JALAN TESIS

Abstrak

Kemacetan di persimpangan jalan merupakan persoalan perkotaan yang membutuhkan pendekatan berbasis data untuk membantu pengambilan keputusan dan manajemen lalu lintas. Penelitian ini mengusulkan arsitektur hybrid berbasis deep learning yang mengintegrasikan Mask R-CNN-ResNet untuk deteksi kendaraan dan Long Short-Term Memory (LSTM) untuk prediksi indeks kemacetan. Eksperimen menggunakan dataset UA-DETRAC pada sequence MVI_20011 yang merepresentasikan kondisi kemacetan tinggi dan relatif stabil. Tahapan penelitian meliputi deteksi kendaraan, evaluasi kuantitatif deteksi dengan kurva Precision-Recall dan AP/mAP, pengukuran Intersection over Union (IoU), ekstraksi fitur spasial per frame berupa *vehicle_count* dan *area_ratio*, pembentukan sekuens spasio-temporal menggunakan sliding window sepanjang 12 frame, serta pelatihan LSTM dengan pembagian data 80% pelatihan dan 20% validasi. Hasil evaluasi deteksi menunjukkan AP per kelas yaitu Car $\approx 0,128$, Van $\approx 0,012$, Bus $\approx 0,137$, dan Others $\approx 0,000$, dengan kualitas lokalisasi yang baik ditunjukkan oleh IoU rata-rata $> 0,82$. Pada tahap prediksi, model LSTM menghasilkan galat rendah dengan MAE = 0,001225 dan RMSE = 0,001259 pada data validasi. Temuan ini menunjukkan pipeline hybrid mampu bekerja secara end-to-end dan memberikan prediksi kemacetan yang konsisten pada skenario kemacetan tinggi, serta berpotensi dikembangkan untuk sistem manajemen lalu lintas cerdas berbasis visi komputer dan pembelajaran mesin.

Kata kunci: kemacetan, deteksi kendaraan, Mask R-CNN, LSTM, deep learning

Abstract

Traffic congestion at road intersections is a critical urban problem that requires data-driven approaches to support decision-making and traffic management. This study proposes a hybrid deep learning architecture that integrates Mask R-CNN-ResNet for vehicle detection and Long Short-Term Memory (LSTM) for congestion index prediction. Experiments were conducted using the UA-DETRAC dataset on the MVI_20011 sequence, representing high and relatively stable congestion conditions. The workflow includes vehicle detection, quantitative detection evaluation using Precision-Recall curves and AP/mAP, Intersection over Union (IoU) assessment, spatial feature extraction per frame using *vehicle_count* and *area_ratio*, spatio-temporal sequence construction via a 12-frame sliding window, and LSTM training with an 80% training and 20% validation split. Detection results yield class-wise AP scores of Car ≈ 0.128 , Van ≈ 0.012 , Bus ≈ 0.137 , and Others ≈ 0.000 , while localization quality is indicated by an average IoU of > 0.82 . For prediction, the LSTM achieves low validation errors with MAE = 0.001225 and RMSE = 0.001259. These findings demonstrate that the proposed hybrid pipeline operates end-to-end and produces consistent congestion predictions under heavy traffic scenarios, with potential for further development in intelligent, vision-based traffic management systems.

Keywords: congestion, vehicle detection, Mask R-CNN, LSTM, deep learning

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul “*Optimasi Hybrid Mask R-CNN–ResNet dan LSTM untuk Deteksi dan Prediksi Kemacetan di Persimpangan Jalan*”. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister pada Program Studi Teknologi Informasi.

Pelaksanaan penelitian ini dilatarbelakangi oleh pentingnya pengembangan sistem cerdas berbasis visi komputer dan pembelajaran mesin untuk mendukung pengelolaan lalu lintas perkotaan yang semakin kompleks. Kondisi kemacetan, terutama pada persimpangan, memerlukan pendekatan prediktif berbasis data agar dapat mendukung sistem transportasi yang lebih adaptif dan efisien. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk meneliti dan menguji sebuah arsitektur *hybrid* berbasis deep learning yang mampu melakukan deteksi dan prediksi kemacetan secara lebih terukur dan sistematis.

Dalam proses penyusunan tesis ini, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan doa, baik berupa arahan akademik maupun bantuan teknis dan administratif. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pembimbing, penguji, dosen, rekan seperjuangan, serta keluarga yang senantiasa memberikan motivasi dan dukungan moral.

Terima kasih kepada

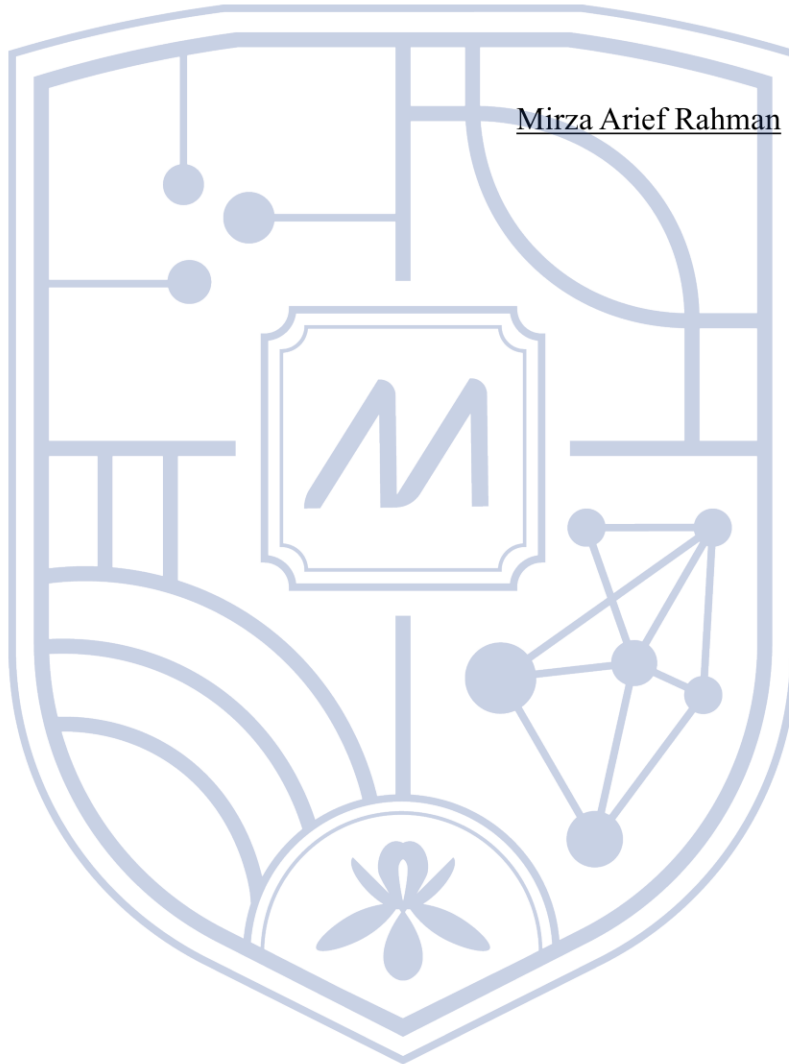
1. Bapak Dr. Ronsen Purba, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I.
2. Bapak Muhammad Fermi Pasha, B.Sc., M.Sc., PhD, selaku Dosen Pendamping Pembimbing.
3. Bapak Hardy, S.Kom., M.Sc., Ph.D., selaku Rektor Universitas Mikroskil Medan.
4. Bapak Sunaryo Winardi, S.Kom., M.T., selaku Dekan Fakultas Informatika Universitas Mikroskil Medan.
5. Bapak Ir. Erwin Setiawan Panjaitan, M.M.S.I., Ph.D., selaku Ketua Program Studi S-2 Magister Teknologi Informasi Fakultas Informatika Universitas Mikroskil Medan.
6. Sekuruh staff dan dosen Universitas Mikroskil yang telah memberikan ilmunya dan bimbingannnya kepada penulis
7. Orang tua dan keluarga saya tercinta, terima kasih telah memberikan dukungan yang tiada henti

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh sebab itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan untuk penyempurnaan di masa yang akan datang. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, penelitian selanjutnya, dan implementasi sistem transportasi cerdas berbasis data.

Medan 14 Maret 2026

Penulis,

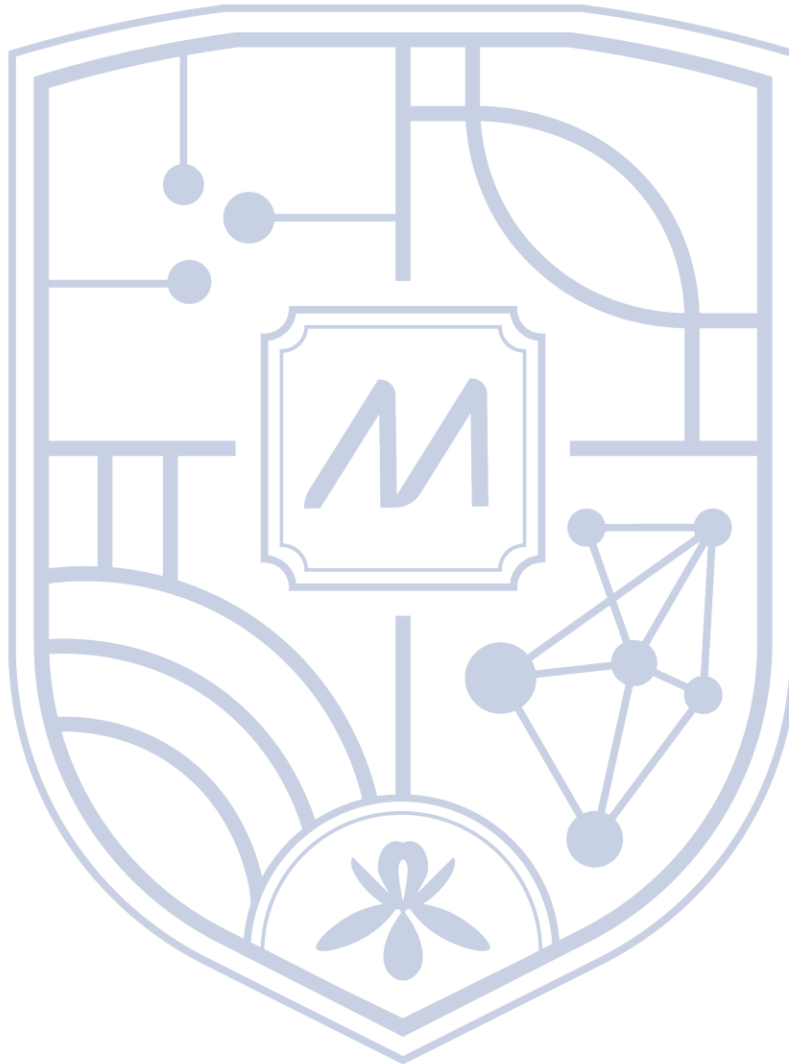
Mirza Arief Rahman



DAFTAR ISI

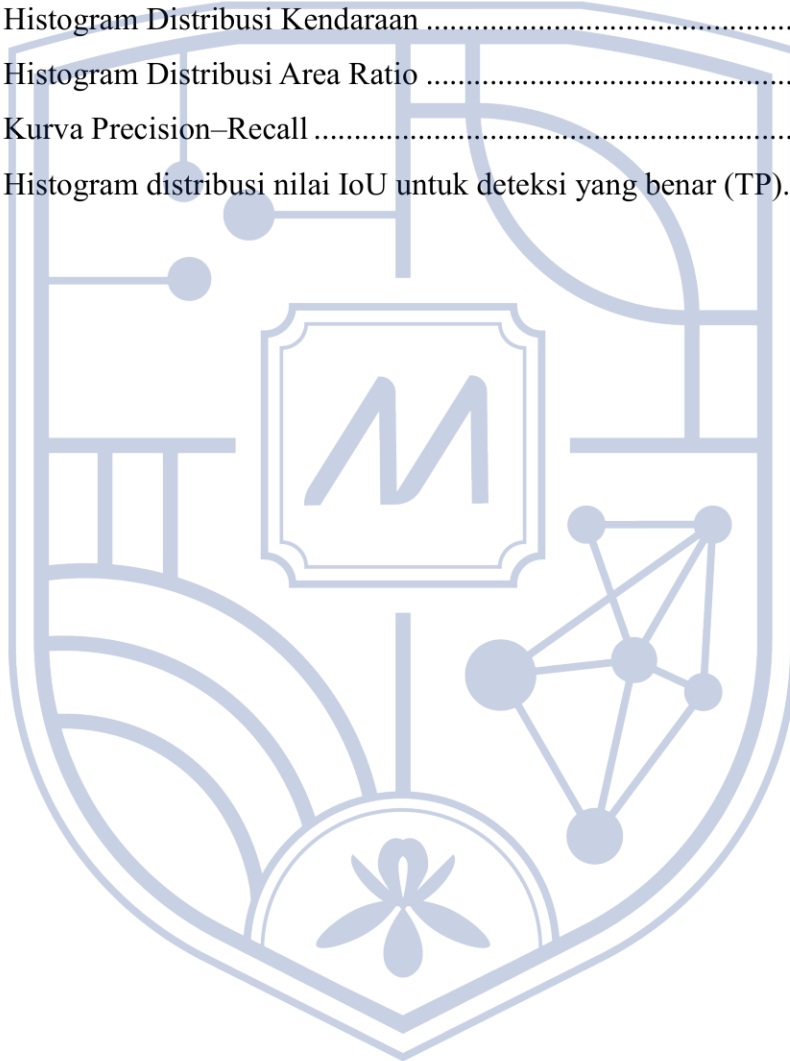
ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.1.1 <i>Mask RCNN</i>	6
2.1.2 <i>ResNet</i> (Residual Network).....	8
2.1.3 Teori <i>Long Short-Term Memory (LSTM)</i>	9
2.2 Penelitian Terdahulu.....	12
2.3 Kerangka Konseptual	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	18
3.1 Analisis Masalah	18
3.2 Rancangan Penelitian	19
3.3 Metode Pemilihan Sampel	23
3.4 Alat-Alat Penelitian.....	24
3.5 Teknik Analisis dan Rencana Strategi.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Hasil	28
4.1.1 Deskripsi <i>Dataset</i> dan <i>Skenario</i> Pengujian.....	28
4.1.2 Hasil Pra-Pemrosesan Data.....	32
4.1.3 Ringkasan Deteksi Per Frame	35
4.1.4 Hasil Deteksi Objek Menggunakan <i>Mask R-CNN-ResNet</i>	35
4.1.5 Evaluasi Kuantitatif Deteksi: Precision-Recall dan mAP	39
4.1.6 Analisis Distribusi IoU.....	41
4.1.7 Penyusunan Fitur Spasio- <i>Temporal</i> untuk Model <i>LSTM</i>	44
4.1.8 Implementasi dan Hasil Pelatihan Model <i>LSTM</i>	47
4.2 Pembahasan.....	49
4.2.1 Jawaban terhadap Rumusan Masalah Pertama	49

4.2.2 Jawaban terhadap Rumusan Masalah Kedua	49
4.2.3 Jawaban terhadap Rumusan Masalah Ketiga.....	50
4.2.4 Keterbatasan Penelitian.....	50
BAB V PENUTUP	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	56
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	62



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kerangka Konseptual.....	16
Gambar 3. 1 Flowchart Tahapan Penelitian.....	19
Gambar 4. 1 Citra Awal dari Video Sequence MVI_20011 pada Dataset UA-DETRAC ...	29
Gambar 4. 2 Citra Pertengahan dari Sequence MVI_20011 pada Dataset UA-DETRAC..	31
Gambar 4. 3 Citra Akhir dari Sequence MVI_20011 pada Dataset UA-DETRAC	32
Gambar 4. 4 Histogram Distribusi Kendaraan	37
Gambar 4. 5 Histogram Distribusi Area Ratio	38
Gambar 4. 6 Kurva Precision–Recall	41
Gambar 4. 7 Histogram distribusi nilai IoU untuk deteksi yang benar (TP).....	43



DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Interpretasi per kelas secara cepat	29
Tabel 4. 2 Karakteristik Dataset Hasil	33
Tabel 4. 3 Statistik Dataset Hasil pra-pemrosesan	34
Tabel 4. 4 Parameter Nilai Sequence	46
Tabel 4. 5 Parameter Rasio Sequence	48
Tabel 4. 6 Hasil Evaluasi	48

