



KAJIAN ANALISIS POLA KEMACETAN RUAS JALAN JAKARTA SELATAN MENGGUNAKAN SPATIO TEMPORAL GRAPH CONVOLUTIONAL NETWORK

FADLY MOCHAMMAD TAUFIQ



PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Kajian Analisis Pola Kemacetan Ruas Jalan Jakarta Selatan menggunakan *Spatio Temporal Graph Convolutional Network*” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2025

Fadly Mochammad Taufiq
G1401211077



ABSTRAK

FADLY MOCHAMMAD TAUFIQ. Kajian Analisis Pola Kemacetan Ruas Jalan Jakarta Selatan menggunakan *Spatio Temporal Graph Convolutional Network*. Dibimbing oleh BUDI SUSETYO dan AAM ALAMUDI.

Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan dan mengeksplorasi panjang kemacetan lalu lintas pada ruas jalan di Jakarta Selatan dengan pendekatan *Spatio Temporal Graph Convolutional Network* (ST-GCN). Model ini menggabungkan *Graph Convolutional Network* (GCN) untuk menangkap keterkaitan spasial dan *Gated Recurrent Unit* (GRU) untuk memahami dinamika temporal. Data kemacetan diperoleh dari *Smart City* Jakarta dan dipadukan dengan data spasial *OpenStreetMap*. Setelah konstruksi graf dan praproses data, model ST-GCN dilatih dan dibandingkan dengan model *baseline* GRU dan ST-GAT menggunakan metrik MAE dan SMAPE. Hasil menunjukkan bahwa ST-GCN memberikan prediksi yang cukup akurat, dengan SMAPE rata-rata sebesar 8,70%. Eksperimen lanjutan dilakukan melalui penggerombolan representasi laten dan teknik *node ablation* untuk mengevaluasi kontribusi spasial tiap ruas jalan. Temuan mengungkapkan adanya ruas jalan dengan pengaruh signifikan terhadap prediksi, serta pola kemacetan khas berdasarkan gerombol geografis. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi metodologis dan praktis dalam pemodelan kemacetan serta perencanaan transportasi berbasis data.

Kata kunci: analisis graf, kemacetan lalu-lintas, pemodelan spasio temporal, peramalan lalu-lintas, ST-GCN



ABSTRACT

FADLY MOCHAMMAD TAUFIQ. Study on Traffic Congestion Pattern Analysis of Road Segments in South Jakarta Using Spatio-Temporal Graph Convolutional Network. Supervised by BUDI SUSETYO and AAM ALAMUDI.

This study aims to model and explore traffic congestion patterns in South Jakarta using the Spatio Temporal Graph Convolutional Network (ST-GCN) approach. The model integrates Graph Convolutional Networks to capture spatial relationships and Gated Recurrent Units to learn temporal dynamics. Traffic data were collected from Smart City Jakarta and combined with OpenStreetMap spatial data. After graph construction and preprocessing, the ST-GCN model was trained and evaluated against GRU and ST-GAT baseline models using MAE and SMAPE metrics. Results show that ST-GCN achieved reliable predictive performance with an average SMAPE of 8,70%. Further analysis involved latent representation clustering and node ablation experiments to evaluate the spatial contribution of each road segment. Findings reveal several critical roads with significant influence on prediction and distinct congestion patterns across spatial clusters. The outcomes offer both methodological and practical contributions to data-driven traffic modeling and urban transport planning.

Keywords: graph analysis, spatio-temporal modeling, traffic congestion, traffic forecasting, ST-GCN



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



KAJIAN ANALISIS POLA KEMACETAN RUAS JALAN JAKARTA SELATAN MENGGUNAKAN *SPATIO TEMPORAL GRAPH* *CONVOLUTIONAL NETWORK*

FADLY MOCHAMMAD TAUFIQ

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Statistika dan Sains Data

**PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
Dr. Septian Rahardiantoro, S.Stat., M.Si

Judul Skripsi : Kajian Analisis Pola Kemacetan Ruas Jalan Jakarta Selatan
menggunakan *Spatio Temporal Graph Convolutional Network*

Nama : Fadly Mochammad Taufiq
NIM : G1401211077

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Budi Susetyo, M.S.



Pembimbing 2:
Ir. Aam Alamudi, M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Bagus Sartono, S.Si., M.Si.
NIP 197804112005011002



Tanggal Ujian:
28 Juli 2025

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Februari 2025 sampai bulan Juni 2025 ini ialah pemodelan spasial-temporal, dengan judul “Kajian Analisis Pola Kemacetan Ruas Jalan Jakarta Selatan menggunakan *Spatio Temporal Graph Convolutional Network*”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada seluruh pihak yang telah memberikan doa, bimbingan, serta dukungan dalam penyusunan karya ilmiah ini, diantaranya :

1. Bapak Dindin dan Ibu Een selaku orang tua serta Nurul, Ghanny, Dzikrie, Kamila, dan Imas selaku saudara kandung yang telah memberikan doa, semangat, kasih sayang dan dukungan penuh kepada penulis
2. Bapak Dr. Ir. Budi Susetyo, M.S. dan bapak Ir. Aam Alamudi, M.Si. selaku dosen pembimbing saya yang telah memberikan saran serta arahan pada penulis untuk menyelesaikan karya ilmiah ini dengan baik.
3. Bapak Dr. Septian Rahardiantoro, S.Stat., M.Si, selaku dosen penguji luar, juga kepada moderator kolokium dan seminar yang telah memberikan dan masukan dalam penulisan.
4. Seluruh dosen dan keluarga besar Prodi Statistika dan Sains Data SSMI IPB yang telah memberikan ilmu dan pembelajaran yang bermanfaat bagi penulis serta staf Tata Usaha Prodi Statistika dan Sains Data SSMI yang telah membantu penulis dalam proses administrasi perkuliahan.
5. Seluruh teman-teman dari *basecamp* DC blok B1 33, Pratama, Adeva, Reynd, Razik, Mahesa, Jonathan Hizkia, Nafiz, Rustu, Luthfi, Hilmi, Fawaz, Doni, Akmal, beserta teman-teman dari Kantor G6 30 Yusuf, Marvel, Chalidi, Wahyu, Wikan, Ilmi, Irfan, dan Marshal yang selalu ada untuk kebersamaan, memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
6. Sahabat yang telah membantu menemani dan mengevaluasi penelitian ini terutama Reyzha, Adisti, Fajar, Windi, Renza beserta teman-teman lainnya dari Statistika 58, Pamaung, maupun *Soslankgank* yang telah memberikan kontribusi dan kebaikan mereka, meskipun tidak dapat disebutkan satu per satu, sehingga penulis berhasil menyelesaikan karya ilmiah ini.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2025

Fadly Mochammad Taufiq



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Data Graf	3
2.2 <i>Graph Convolutional Network</i>	3
2.3 <i>Gated Recurrent Unit (GRU)</i>	4
2.4 <i>Spatio Temporal Graph Convolutional Network (ST-GCN)</i>	5
2.5 <i>Spatio Temporal Graph Attention Network (ST-GAT)</i>	5
2.6 <i>Node Ablation</i>	6
2.7 <i>K-Means Clustering</i>	6
III METODE	7
3.1 Data	7
3.2 Prosedur Analisis	8
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	12
4.1 Praproses data	12
4.2 Pemodelan	15
4.3 Perbandingan performa ST-GCN dengan GRU dan ST-GAT	17
4.4 Analisis Lanjutan Model ST-GCN	19
V SIMPULAN DAN SARAN	22
5.1 Simpulan	22
5.2 Saran	22
DAFTAR PUSTAKA	24
LAMPIRAN	26
RIWAYAT HIDUP	38



DAFTAR TABEL

1	Daftar peubah yang digunakan dari sumber <i>Smart City</i> Jakarta	7
2	Daftar peubah yang digunakan dari sumber <i>OpenStreetMap</i>	7
3	Ruang nilai pada proses <i>hyperparameter tuning</i>	16
4	Perbandingan performa ST-GCN dengan GRU dan ST GAT	18
5	Perbandingan Jumlah <i>node</i> unggul berdasarkan rata-rata MAE	18

DAFTAR GAMBAR

1	Ilustrasi struktur data graf	3
2	Arsitektur <i>Graph Convolutional Network</i>	4
3	Arsitektur <i>Gated Recurrent Unit</i>	4
4	Arsitektur <i>Spatio Temporal Graph Convolutional Network</i>	5
5	Visualisasi peta ruas jalan wilayah Jakarta Selatan	8
6	Histogram kelengkapan data observasi tiap kombinasi ruas dan waktu	12
7	Graf 70 ruas jalan dengan kelengkapan $\geq 70\%$	13
8	<i>Heatmap</i> posisi data hilang pada 70 ruas jalan	14
9	Pengecekan data tidak wajar berdasarkan panjang kemacetan maksimum dengan panjang ruas jalan	15
10	Kurva MSE <i>loss</i> pada data latih dan validasi	16
11	Visualisasi perbandingan nilai prediksi dengan nilai aktual ruas jalan	17
12	Visualisasi perbandingan nilai prediksi dengan nilai aktual ruas jalan	17
13	Visualisasi hasil <i>node ablation</i>	19
14	Grafik <i>Elbow Method</i> dan <i>Silhouette Score</i> untuk penentuan nilai K	20
15	Peta posisi masing-masing ruas jalan berdasarkan gerombol	21
16	Rata-rata panjang kemacetan berdasarkan gerombol	21

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Daftar nama ruas jalan berdasarkan penomoran ID	27
2	Lampiran 2 Hasil <i>hyperparameter tuning</i> ST-GCN dengan 1 <i>layer</i> graf	28
3	Lampiran 3 Hasil <i>hyperparameter tuning</i> ST-GCN dengan 2 <i>layer</i> graf	29
4	Lampiran 4 Tabel performa pemodelan ST-GCN dengan kombinasi <i>hyperparameter tuning</i> terbaik	31
5	Lampiran 5 Nilai Δ MAE untuk setiap ruas jalan (<i>node</i>)	33
6	Lampiran 6 Daftar nama ruas jalan beserta gerombolnya	35
7	Lampiran 7 Distribusi nilai panjang kemacetan untuk setiap gerombol dari hasil representasi laten ST-GCN	37