



PREDIKSI KEPADATAN PENUMPANG PADA HALTE LAYANAN BUS RAPID TRANSIT (BRT) TRANSJAKARTA MENGGUNAKAN MULTI-GRAPH CONVOLUTIONAL NETWORK

ELIZA RAHMADANIA



**PROGRAM STUDI SARJANA STATISTIKA DAN SAINS DATA
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@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, SUMBER INFORMASI, PENGGUNAAN AI, DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Prediksi Kepadatan Penumpang pada Halte Layanan *Bus Rapid Transit* (BRT) Transjakarta Menggunakan *Multi-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.

Dalam penyusunan karya ini, penulis menggunakan bantuan kecerdasan buatan Gemini Pro untuk mempermudah dalam mempelajari kompleksitas dalam model yang digunakan. Setelah menggunakan alat/layanan tersebut, penulis meninjau dan menyunting konten sesuai kebutuhan serta bertanggung jawab penuh atas isi karya tugas akhir ini.

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

Bogor, Juli 2026

Eliza Rahmadania
G1401221034



ABSTRAK

ELIZA RAHMADANIA. Prediksi Kepadatan Penumpasan pada Halte Layanan *Bus Rapid Transit* (BRT) Transjakarta Menggunakan *Multi-Graph Convolutional Network*. Dibimbing oleh SACHNAZ DESTA OKTARINA dan AKBAR RIZKI.

Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan dan mengeksplorasi kepadatan penumpang di halte-halte layanan *Bus Rapid Transit* (BRT) Transjakarta dengan menggunakan model *Multi-Graph Convolutional Network*. Model ini merupakan kombinasi dari *Graph Convolutional Network* (GCN) dengan *Three-Dimensional Convolutional Neural Network* (3D CNN). Data penumpang BRT Transjakarta diperoleh dari Direktorat Sistem Teknologi Informasi dan Pelayanan Transjakarta. Data yang digunakan adalah sebanyak 225 halte yang terdiri dari 14 koridor BRT Transjakarta. Selain itu, data juga dibagi menjadi tiga interval waktu jangka pendek yaitu 10, 15, dan 30 menit. Optimasi *hyperparameter* dan evaluasi performa model menggunakan R^2 , WMAPE, dan RMSE dilakukan melalui *custom split cross-validation* dengan skema *expanding window*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model menghasilkan performa yang sangat baik dalam memprediksi kepadatan penumpang BRT Transjakarta. Hal ini dibuktikan dengan nilai R^2 mencapai angka 0,801, WMAPE mencapai 0,151, dan RMSE mencapai 14,490 pada hasil interval waktu terbaik yaitu 30 menit. Selanjutnya, hasil prediksi selama dua hari ke depan pada sepuluh halte tersibuk menunjukkan prediksi yang konsisten dengan pola tren yang naik ketika jam sibuk serta menurun ketika jam tidak sibuk sesuai dengan data historis pada kepadatan halte BRT.

Kata kunci: 3D CNN, BRT, GCN, kepadatan penumpang, Transjakarta



ABSTRACT

ELIZA RAHMADANIA. Passenger Density Prediction at Transjakarta *Bus Rapid Transit* (BRT) Stations Using Multi-Graph Convolutional Network. Supervised by SACHNAZ DESTA OKTARINA and AKBAR RIZKI.

This study aims to model and explore passenger density at Transjakarta Bus Rapid Transit (BRT) stations using Multi-Graph Convolutional Network model. The proposed model integrates a Graph Convolutional Network (GCN) with a Three-Dimensional Convolutional Neural Network (3D CNN). Transjakarta BRT passenger data were obtained from the Directorate of Information Technology System and Services of Transjakarta. The data utilized encompass 225 stations distributed across 14 BRT corridors. Furthermore, the data were divided into three short-term time intervals, 10, 15, and 30 minutes. Hyperparameter optimization and model performance evaluation using R^2 , WMAPE, and RMSE were conducted through a custom split cross-validation method utilizing an expanding window scheme. The experimental results demonstrate that the model achieves excellent performance in predicting Transjakarta BRT passenger density. This is evidenced by an R^2 value of 0,801, a WMAPE of 0,151, and an RMSE of 14,490 for the best time interval result, 30 minutes. Furthermore, the two-day forecasting results for the ten busiest stations exhibit predictions that are consistent with historical data trends, accurately reflecting passenger surges during peak hours and declines during off-peak hours.

Keywords: 3D CNN, BRT, GCN, passenger density, Transjakarta



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 2026
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.



**PREDIKSI KEPADATAN PENUMPANG PADA HALTE LAYANAN
BUS RAPID TRANSIT (BRT) TRANSJAKARTA MENGGUNAKAN
MULTI-GRAPH CONVOLUTIONAL NETWOK**

ELIZA RAHMADANIA

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
2026**



@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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
Prof. Dr. Ir. Muhammad Nur Aidi, M.S



Judul Skripsi : Prediksi Kepadatan Penumpang pada Halte Layanan *Bus Rapid Transit* (BRT) Transjakarta Menggunakan *Multi-Graph Convolutional Network*

Nama : Eliza Rahmadania
NIM : G1401221034

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Sachnaz Desta Oktarina, S.Stat., M.Agr.,
Ph.d.

Pembimbing 2:
Akbar Rizki, S.Stat., M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Bagus Sartono, S.Si., M.Si.
NIP 19780411 200501 1 002

Tanggal Ujian:
2 Juli 2026

Tanggal Lulus:



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 Januari 2026 sampai bulan Juli 2026 ini ialah prediksi spasial-temporal, dengan judul “Prediksi Kepadatan Penumpang pada Halte Layanan *Bus Rapid Transit* (BRT) Transjakarta Menggunakan *Multi-Graph Convolutional Network*”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada seluruh pihak yang sudah menjadikan karya ilmiah ini selesai hingga akhir dengan bantuan doa, bimbingan, serta dukungan yang diberikan, diantaranya:

1. Bapak Ahmad Guntur dan Ibu Ida Farida selaku orang tua serta Devina Aprilia Putri selaku saudara kandung yang telah memberikan doa dan kasih sayang penuh kepada penulis;
2. Ibu Sachnaz Desta Oktarina, S.Stat., M.Agr., Ph.D. dan Ibu Akbar Rizki, S.Stat., M.Si. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan saran serta arahan pada penulis untuk dapat menyelesaikan karya ilmiah ini dengan baik;
3. Prof. Dr. Ir. Muhammad Nur Aidi, M.S selaku dosen penguji luar komisi, Bapak La Ode Abdul Rahman, S.Si., M.Si. selaku moderator seminar hasil, dan Dr. Septian Rahardiantoro, S.Stat., M.Si. selaku moderator kolokium yang turut memberikan saran dan masukkan dalam penulisan karya ilmiah ini;
4. Seluruh dosen dan keluarga besar Prodi Statistika dan Sains Data SSMI IPB yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis serta membantu kebutuhan penulis selama masa perkuliahan;
5. PT Transportasi Jakarta yang telah memberikan akses data kepada penulis;
6. Seluruh teman-teman Statistika 59 (Marinestic) terkhusus Uci, Oci, Adit, Salas, Elke, dan Ardel yang telah berjuang bersama-sama;
7. Teman-teman PPKU terkhusus Ailsa, Fadlan, Jodi, Naura, Wyta, Cahya, Ela, dan Fio yang telah menemani penulis dan memberikan dukungan penuh selama penulisan karya ilmiah ini;
8. Seluruh pengurus Himpunan Mahasiswa Gamma Sigma Beta Statistika IPB Kabinet Leverage terkhusus keluarga besar SAMAWA, Abyan, Virgie, Diaz, Fadhil, Hafizh, Nisrina, Ule, Zanira, Robert, Jessica, Putra, Uma, Fido, dan Fikar yang memberikan banyak canda-tawa, kisah tak terlupakan, hingga tangis haru selama penulis menjabat sebagai pengurus hingga penulis menyelesaikan penulisan karya ilmiah ini;
9. Bang Raziq dan Bang Rafael yang turut serta membantu penulis dalam memberikan arahan dan memperlancar pengambilan data untuk penulis;
10. Serta seluruh keluarga, rekan, sahabat, dan pihak lain yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu dalam penyusunan karya ilmiah ini.

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

Bogor, Juli 2026

Eliza Rahmadania

@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.

Perpustakaan IPB University



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xi
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Data Graf	3
2.2 <i>Bus Rapid Transit (BRT)</i>	3
2.3 <i>Graph Convolutional Network (GCN)</i>	4
2.4 <i>Three-Dimensional Convolutional Neural Network</i>	5
2.5 <i>Custom Split Cross-Valiation Skema Expanding Window</i>	6
2.6 Evaluasi Kebaikan Model	7
III METODE	9
3.1 Data	9
3.2 Prosedur Analisis	9
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Eksplorasi Data	14
4.2 Pemodelan dengan <i>Custom Split Cross-Validation</i> Melalui Skema <i>Expanding Window</i>	23
4.3 Hasil Model Terbaik	25
V SIMPULAN DAN SARAN	27
5.1 Simpulan	27
5.2 Saran	27
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN	31
RIWAYAT HIDUP	60

DAFTAR TABEL

1	Data penumpang <i>tap-in</i> layanan BRT Transjakarta	Kesalahan!	Bookmark
2	Skema interval waktu 10 menit untuk data <i>tap-in</i> penumpang		9
3	Kombinasi <i>Hyperparameter</i>		12
4	Statistik deskriptif data <i>tap-in</i> penumpang selama periode pengamatan		15
5	Statistik deskriptif data <i>tap-out</i> penumpang selama periode pengamatan		18
6	Parameter <i>default</i>		23
7	Hasil seleksi interval waktu skema <i>expanding window</i>		23
8	Hasil kombinasi <i>hyperparameter</i> skema <i>expanding window</i>		24
9	Evaluasi akhir model skema <i>expanding window</i>		24

DAFTAR GAMBAR

1	Ilustrasi struktur data graf	3
2	Peta integrasi transportasi umum Jakarta	4
3	Diagram dari (a) 2D CNN dan (b) 3D CNN (Zhang <i>et al.</i> 2020)	6
4	Ilustrasi <i>expanding window</i>	7
5	Ilustrasi pembagian data <i>expanding window</i>	10
6	Tren volume penumpang <i>tap-in</i> antarkoridor BRT Transjakarta	15
7	Grafik perbandingan rata-rata penumpang <i>tap-in</i> pada (a) 10 menit, (b) 15 menit, dan (c) 30 menit	16
8	Perbandingan pola kepadatan penumpang <i>tap-in</i> di 10 halte tersibuk pada interval waktu (a) 10 menit, (b) 15 menit, dan (c) 30 menit	17
9	Tren volume penumpang <i>tap-out</i> antarkoridor BRT Transjakarta	19
10	Grafik perbandingan rata-rata penumpang <i>tap-out</i> pada (a) 10 menit, (b) 15 menit, dan (c) 30 menit	19
11	Grafik perbandingan rata-rata penumpang <i>tap-out</i> pada (a) 10 menit, (b) 15 menit, dan (c) 30 menit	20
12	<i>Heatmap</i> total kepadatan penumpang BRT Transjakarta	21
13	<i>Bubble map</i> total kepadatan penumpang BRT Transjakarta	22
14	Kurva penurunan dari fungsi <i>loss</i> selama pelatihan model	24
15	Perbandingan nilai aktual dengan prediksi pada halte tersibuk (Juanda)	25
16	Prediksi selama dua hari ke depan untuk Halte Juanda	26

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Daftar nama halte BRT berdasarkan koridor Transjakarta	32
2	Lampiran 2 Pola kepadatan penumpang <i>tap-in</i> interval waktu 10 menit berdasarkan (a-n) Koridor 1-14	34
3	Lampiran 3 Pola kepadatan penumpang <i>tap-in</i> interval waktu 15 menit berdasarkan (a-n) Koridor 1-14	38



4	Lampiran 4 Pola kepadatan penumpang <i>tap-in</i> interval waktu 30 menit berdasarkan (a-n) Koridor 1-14	42
5	Lampiran 5 Pola kepadatan penumpang <i>tap-out</i> interval waktu 10 menit berdasarkan (a-n) Koridor 1-14	46
6	Lampiran 6 Pola kepadatan penumpang <i>tap-out</i> interval waktu 15 menit berdasarkan (a-n) Koridor 1-14	50
7	Lampiran 7 Pola kepadatan penumpang <i>tap-out</i> interval waktu 30 menit berdasarkan (a-n) Koridor 1-14	54
8	Lampiran 8 Prediksi dua hari ke depan untuk sembilan halte tersibuk (a) Petukangan Utara, (b) Kalideres, (c) CSW, (d) Puri Beta 2, (e) Ragunan, (f) Pulo Gadung, (g) Cawang Sentral, (h) Petamburan, dan (i) Senayan Bank Jakarta	58

@Hak cipta milik IPB University