



PEMODELAN *SPATIO-TEMPORAL* PM_{2.5} DI JAKARTA BERDASARKAN FAKTOR METEOROLOGI MENGGUNAKAN MODIFIKASI *GENERALIZED LASSO*

CAHYANI DYAH ROFIANA



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



- 

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Pemodelan *Spatio-Temporal* PM_{2.5} di Jakarta Berdasarkan Faktor Meteorologi Menggunakan Modifikasi *Generalized Lasso*” 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, Juni 2025

Cahyani Dyah Rofiana
G1401211005

- 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.



ABSTRAK

CAHYANI DYAH ROFIANA. Pemodelan *Spatio-Temporal* PM_{2.5} di Jakarta Berdasarkan Faktor Meteorologi Menggunakan Modifikasi *Generalized Lasso*. Dibimbing oleh SEPTIAN RAHARDIANTORO dan MOHAMMAD MASJKUR.

Udara bersih merupakan komponen penting bagi kesehatan manusia, terutama di kota besar seperti Jakarta dengan mobilitas yang tinggi. Aktivitas tersebut menghasilkan polutan, salah satunya partikel halus PM_{2.5} yang sangat berbahaya. Penelitian ini menerapkan model *spatio-temporal generalized lasso* termodifikasi dengan matriks penalti **D** berbasis *queen's contiguity* untuk mengidentifikasi pengaruh yang sama pada peubah meteorologi terhadap PM_{2.5} di setiap waktu dan wilayah. Penentuan parameter regularisasi dilakukan dengan membandingkan nilai lambda optimum dari dua metode validasi, yaitu *Approximate Leave-One-Out Cross-Validation* (ALOCV) dan *Generalized Cross-Validation* (GCV). Lambda optimum dari GCV sebesar 34,673 dipilih dengan nilai RMSE terkecil sebesar 57,220. Hasil analisis menunjukkan bahwa pengaruh faktor meteorologi cenderung bersifat heterogen berdasarkan waktu atau musim tertentu. Kelembaban (X_2) merupakan peubah paling berpengaruh secara spasial dan temporal, lalu diikuti oleh curah hujan (X_4) dan kecepatan angin (X_3) dengan pengaruh berlawanan arah, serta suhu (X_1) dengan pengaruh searah terhadap PM_{2.5}. *Generalized lasso* mampu mengidentifikasi pola spasial dan temporal dari faktor meteorologi terhadap PM_{2.5} secara efektif, serta memberikan kontribusi penting dalam pemahaman dinamika polusi udara berbasis wilayah dan waktu.

Kata kunci: *generalized lasso*, partikulat (PM_{2.5}), meteorologi, spasial-temporal



ABSTRACT

CAHYANI DYAH ROFIANA. Spatio-Temporal Modeling of $PM_{2.5}$ in Jakarta Using a Modified Generalized Lasso Based on Meteorological Factors. Supervised by SEPTIAN RAHARDIANTORO and MOHAMMAD MASJKUR.

Clean air is a crucial component for human health, particularly in metropolitan areas such as Jakarta, where mobility is high. Such activity contributes to the emission of pollutants, including fine particulate matter ($PM_{2.5}$), which poses significant health risks. This study applies a modified spatio-temporal generalized lasso model with a penalty matrix D based on queen's contiguity to identify consistent effects of meteorological variables on $PM_{2.5}$ across both time and space. The regularization parameter λ is determined by comparing two validation methods: Approximate Leave-One-Out Cross-Validation (ALOCV) and Generalized Cross-Validation (GCV). The optimal lambda from GCV is 34.673 was selected due to the lowest RMSE of 57.220. The analysis reveals that meteorological influences on $PM_{2.5}$ are heterogeneous depending on time or seasonal patterns. Humidity (X_2) is identified as the most influential variable both spatially and temporally, followed by rainfall (X_4) and wind speed (X_3), which show inverse effects, and temperature (X_1), which shows a positive association with $PM_{2.5}$. The generalized lasso effectively captures spatio-temporal patterns of meteorological impacts on $PM_{2.5}$ and contributes significantly to understanding the dynamics of air pollution across regions and time.

Keywords: generalized lasso, meteorology, particulate ($PM_{2.5}$), spatio-temporal



- 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.



PEMODELAN *SPATIO-TEMPORAL* PM_{2.5} DI JAKARTA BERDASARKAN FAKTOR METEOROLOGI MENGGUNAKAN MODIFIKASI *GENERALIZED LASSO*

CAHYANI DYAH ROFIANA

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

**PROGRAM STUDI 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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
1 Dr. Ir. Indahwati, M.Si.

Judul Skripsi : Pemodelan *Spatio-Temporal* PM_{2.5} di Jakarta Berdasarkan Faktor Meteorologi Menggunakan Modifikasi *Generalized Lasso*

Nama : Cahyani Dyah Rofiana

NIM : G1401211005

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Septian Rahardianto, S. Stat., M.Si.



Pembimbing 2:

Ir. Mohammad Masjkur, M.S.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Bagus Sartono, S.Si., M.Si.

NIP. 197804112005011002



Tanggal Ujian:
24 Juni 2025

Tanggal Lulus:



- 

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian ini dilaksanakan sejak bulan Januari 2025 sampai bulan Juni 2025 dengan judul “Pemodelan *Spatio-Temporal* PM_{2.5} di Jakarta Berdasarkan Faktor Meteorologi Menggunakan Modifikasi *Generalized Lasso*”.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan karya ilmiah ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, doa, serta masukan yang sangat berharga. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Keluarga penulis tercinta Ibu Indah Rukmini, Bapak Imam Abdul Rofiq, Bapak Senu, Ibu Retno, Kakak Fahmi Muammar Khadafi, Adik Cahyani Dyah Rofiani, nenek tersayang penulis (Almh) Sutji Martati, dan seluruh keluarga yang senantiasa mendoakan, mendukung, dan memotivasi penulis sejak awal masuk perkuliahan hingga penyusunan karya ilmiah ini;
2. Dr. Septian Rahardiantoro, S.Stat., M.Si. dan Ir. Mohammad Masjkur, M.S. selaku dosen pembimbing yang telah bersedia untuk memberikan arahan, bimbingan, dan motivasi sehingga penyusunan karya ilmiah ini dapat terselesaikan dengan baik;
3. Dr. Indahwati, M.Si selaku dosen penguji, juga kepada moderator kolokium dan seminar yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan;
4. Seluruh dosen, tenaga pendidik, dan keluarga besar Program Studi Statistika dan Sains Data yang memberikan ilmu bermanfaat dan membantu kebutuhan administrasi penulis;
5. Sahabat kuliah penulis, Nida, Lulu, Rafi Fauzi, Prity, Gladys, Davina, Syifa, Sabil yang selalu menemani, memberikan dukungan, doa, dan canda tawa, serta berjuang bersama selama masa perkuliahan;
6. Teman seperjuangan penulis, Adisti, Fajar, Makky, Farras, Fadly, dan Aida yang telah membantu, memberikan dukungan, semangat, dan waktunya selama menyusun karya ilmiah ini;
7. Teman-teman penulis, Statistika 58, Kehidupunk 60, GSB IPB 2023, SOC Gen 1, PPKO BEM FATETA, PIMNAS 36 *Integrated Animal Conservation*, Cawan MPKMB, OMDA Himasurya Plus, Imajatim, Khansa, Bara, Za'im, Alfian, Addin, Daffa, Sabil, Cendekia, Dwi, Daffu, Irsyad, Shenada, Etu, dan lainnya yang telah memberikan dukungan, canda tawa, dan doa kepada penulis; dan
8. Semua pihak yang telah membantu dan mendoakan saya dalam menyelesaikan penulisan karya ilmiah ini yang tidak bisa disebutkan satu per-satu.

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

Bogor, Juni 2025

Cahyani Dyah Rofiana



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 Definisi Peubah Penelitian	3
2.2 <i>Generalized Lasso</i>	4
2.3 <i>Spatio-Temporal Generalized Lasso</i>	4
2.4 Asumsi Kesimetrisan dalam <i>Generalized Lasso</i>	6
2.5 <i>Approximate Leave-One-Out Cross-Validation (ALOCV)</i>	6
2.6 <i>Generalized Cross-Validation (GCV)</i>	7
III METODE	8
3.1 Data	8
3.2 Prosedur Analisis	8
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	11
4.1 Eksplorasi Data	11
4.2 Pra-proses Data	13
4.3 Penentuan Matriks Penalti D	14
4.4 Pemodelan <i>Generalized Lasso</i>	15
V SIMPULAN DAN SARAN	22
5.1 Simpulan	22
5.2 Saran	22
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN	26
RIWAYAT HIDUP	28



DAFTAR TABEL

1	Peubah Penelitian	8
2	Korelasi antara peubah bebas dan peubah respons	12
3	Perbandingan galat ALOCV dan GCV	16
4	Perbandingan koefisien tertinggi setiap peubah	20

DAFTAR GAMBAR

1	Peta <i>Queen's Contiguity</i> Kota Jakarta	10
2	<i>Box-plot</i> konsentrasi PM _{2.5} Jakarta	11
3	<i>Heatmap</i> konsentrasi PM _{2.5}	12
4	Histogram peubah respons (a) sebelum dan (b) sesudah transformasi	13
5	Plot kedekatan wilayah berdasarkan <i>queen's contiguity</i>	15
6	<i>Heatmap</i> pendugaan koefisien suhu (X_1) terhadap PM _{2.5}	16
7	<i>Heatmap</i> pendugaan koefisien kelembaban (X_2) terhadap PM _{2.5}	17
8	<i>Heatmap</i> pendugaan koefisien kecepatan angin (X_3) terhadap PM _{2.5}	18
9	<i>Heatmap</i> pendugaan koefisien curah hujan (X_4) terhadap PM _{2.5}	19

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Plot <i>profile log-likelihood</i> transformasi Box-Cox untuk menentukan nilai γ optimum. Nilai γ optimum yang digunakan $\gamma = 1,393939$	27
2	Lampiran 2 Plot galat ALOCV	27
3	Lampiran 3 Plot galat GCV	27