

PENGUNAAN WRF-CHEM UNTUK ANALISIS POTENSI PENCEMARAN UDARA LINTAS BATAS (TRANSBOUNDARY AIR POLLUTION) DI JABODETABEK

BRILLIANZHA ADHIRA OCTTAMA



**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@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 “Penggunaan WRF-Chem untuk Analisis Potensi Pencemaran Udara Lintas Batas (*Transboundary Air Pollution*) di Jabodetabek” 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, November 2024

Brillianzha Adhira Octtama
G24190053

- 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 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;

ABSTRAK

BRILLIANZHA ADHIRA OCTTAMA. Penggunaan WRF-Chem untuk Analisis Potensi Pencemaran Udara Lintas Batas (*Transboundary Air Pollution*) di Jabodetabek. Dibimbing oleh ANA TURYANTI dan DANANG EKO NURYANTO.

Emisi lokal bukan satu-satunya penyebab pencemaran udara di suatu wilayah, tetapi terdapat faktor-faktor lain yang memengaruhi seperti faktor meteorologi (arah dan kecepatan angin, suhu permukaan), dan emisi dari wilayah lain. Pencemaran udara lintas batas atau *Transboundary Air Pollution* (TAP) dapat memiliki efek yang signifikan pada kualitas udara di suatu wilayah. Penelitian ini bertujuan menganalisis dan mengestimasi pola dispersi dan sebaran dari pencemar SO₂ dan partikulat (PM₁₀), serta memprediksi area yang berpotensi sebagai sumber TAP di Jabodetabek. Simulasi dilakukan menggunakan model WRF Chem, pada periode 10 hari (240 jam) pada bulan Agustus 2022 (mewakili musim kemarau) dengan ukuran grid sebesar 6 km x 6 km. Data meteorologi yang digunakan adalah data dari *Global Forecast System* (GFS) dan data emisi global dari EDGAR. Visualisasi luaran model menunjukkan PM₁₀ dan SO₂ memiliki karakteristik yang serupa, yaitu konsentrasi maksimumnya terjadi pada pagi hari dan terdapat di wilayah Tangerang. PM₁₀ bertahan lebih lama di atmosfer sehingga dapat bergerak lebih jauh daripada SO₂, di sisi lain dispersi dan sebaran SO₂ tidak begitu luas dikarenakan telah terdispersi sebelum dapat bergerak jauh. Faktor meteorologi berperan penting dalam dispersi pencemar, terutama arah dan kecepatan angin. Pada malam hingga pagi hari angin bertiup dari arah timur dan selatan sehingga berpotensi membawa zat-zat pencemar dari wilayah Bekasi, Karawang, dan Bogor menuju ke laut melalui Tangerang dan Jakarta. Sedangkan pada siang hingga sore hari angin dari selatan berbalik arah menuju ke selatan (angin laut), sehingga berpotensi membawa zat pencemar dari wilayah Tangerang dan Jakarta Utara menuju Bogor.

Kata kunci: partikulat PM₁₀, pencemaran udara lintas batas, SO₂, WRF-Chem.



ABSTRACT

BRILLIANZHA ADHIRA OCTTAMA. Application of WRF-Chem for Potential Transboundary Air Pollution Analysis in Jabodetabek. Supervised by ANA TURYANTI and DANANG EKO NURYANTO.

Local emissions are not the only causes of air pollution in a region, but there are other influencing factors such as meteorological factors (wind direction and speed, surface temperature) and also emissions from other regions. Transboundary Air Pollution (TAP) can have a significant effect on a region's air quality. This study aims to analyze and estimate the dispersion and distribution pattern of SO₂ and particulate matter (PM₁₀), as well as predict areas that have the potential emission sources of TAP in Jabodetabek. The simulation is done using WRF-Chem simulation for the period of 10 days (240 hours) in August 2022 (representing dry season) with grid size of 6 km x 6 km. The meteorological data is using Global Forecast System (GFS) data and global emission data from EDGAR. The visualized model output shows that both PM₁₀ and SO₂ have similar characteristic, which is the maximum concentration occurs around morning, and can be found in Tangerang region. PM₁₀ is much more resilient in the atmosphere so that it can travel farther than SO₂, on the other hand the dispersion and distribution of SO₂ is not so much that it seems to be dissipate first before it can travel far away. Meteorological factors have a great role in pollutant dispersion, especially wind direction and speed. In midnight until morning, the wind blows from the east and south so that it can potentially carry pollutants from Bekasi, Karawang, and Bogor towards the sea passing through Tangerang and Jakarta. At noon until evening, the southerly wind reverses its course towards the land that can potentially carry the pollutants from Tangerang and Jakarta towards Bogor.

Keywords: particulate PM₁₀, SO₂, transboundary air pollution, WRF-Chem.

@Hak cipta milik IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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 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 2024
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.



@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.

PENGUNAAN WRF-CHEM UNTUK ANALISIS POTENSI PENCEMARAN UDARA LINTAS BATAS (*TRANSBOUNDARY AIR POLLUTION*) DI JABODETABEK

BRILLIANZHA ADHIRA OCTTAMA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada
Program Studi Meteorologi Terapan

**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@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.



Judul Skripsi : Penggunaan WRF-Chem untuk Analisis Potensi Pencemaran
Udara Lintas Batas (*Transboundary Air Pollution*) di Jabodetabek
Nama : Brillianzha Adhira Octtama
NIM : G24190053

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ana Turyanti, S.Si., M.T.

Pembimbing 2:
Dr. Danang Eko Nuryanto, M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Departemen Geofisika dan Meteorologi:
Dr. Ana Turyanti, S.Si, M.T.
NIP 197107071998032002

IPB University

Tanggal Ujian:
21 Agustus 2024

Tanggal Lulus:

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 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 SWT atas segala berkah dan karunia-Nya sehingga tugas akhir yang berjudul “Penggunaan WRF-Chem untuk Analisis Potensi Pencemaran Udara Lintas Batas (*Transboundary Air Pollution*) di Jabodetabek” berhasil diselesaikan. Tugas akhir ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu dan mendapat gelar Sarjana Sains di Departemen Geofisika dan Meteorologi.

Terima kasih penulis ucapkan khususnya kepada:

1. Bapak Mulyadi Sadeli dan Ibu Rahmawati selaku orang tua kandung penulis yang senantiasa memberikan dukungan dalam segala hal serta doa yang terbaik setiap waktunya,
2. Ibu Dr. Ana Turyanti S.Si., M.T. dan Bapak Dr. Danang Eko Nuryanto M.Si. yang telah membimbing dan banyak memberi saran serta motivasi,
3. Teman-teman The Rebellion (Yuri, Arief, Lupita, Nopri) yang menghibur, memotivasi, serta membawa gelak tawa selama perkuliahan. Semoga kita diberi kesempatan untuk sama-sama menyaksikan akhir dari petualangan di dunia Hoyoverse suatu saat nanti.
4. Teman-teman GFM 56 serta seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak mungkin disebutkan satu per satu.

Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan, serta bagi pembaca yang membutuhkan. Penulis sadar bahwasanya masih terdapat berbagai kekurangan dalam tugas akhir ini, maka dari itu penulis membuka diri untuk kritik, saran, dan masukan yang dapat membangun.

Bogor, November 2024

Brillianzha Adhira Octtama



@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	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kondisi Wilayah Kajian	5
2.2 <i>Transboundary Air Pollution</i>	6
2.3 Karakteristik Pencemar dan Dampaknya	7
2.4 Pengaruh Faktor Meteorologi terhadap Pencemar Udara	8
2.5 Model WRF-Chem	9
III METODE	11
3.1 Waktu dan Lokasi	11
3.2 Alat dan Data	11
3.3 Tahapan Analisis	12
3.4 Analisis Data	14
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Pola Sebaran Partikulat (PM ₁₀)	18
4.2 Pola Sebaran Sulfurdioksida (SO ₂)	19
4.3 Analisis Perbandingan Pola Diurnal	20
V SIMPULAN DAN SARAN	25
5.1 Simpulan	25
5.2 Saran	25
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN	31
RIWAYAT HIDUP	43



DAFTAR TABEL

1	Spesifikasi perangkat keras PC yang digunakan	11
2	Data dan sumber data penelitian	11
3	Konfigurasi skema parameter model	13
4	Koefisien korelasi pola diurnal faktor meteorologi dan pencemar output WRF-Chem dengan data observasi Agustus 2022	21
5	Nilai RMSE setiap parameter dan lokasi	21

DAFTAR GAMBAR

1	Peta sebaran stasiun pemantau kualitas udara di DKI Jakarta	12
2	Domain pemodelan	13
3	Diagram alir penelitian	16
4	Pola sebaran PM ₁₀ bulan Agustus pukul 11:00 WIB (a) Turyanti <i>et al.</i> 2016 (b) visualisasi luaran model	18
5	Sebaran konsentrasi PM ₁₀ bulan Agustus 2022 pukul (a) 00:00 WIB, (b) 06:00 WIB, (c) 12:00 WIB, (d) 18:00 WIB	18
6	Sebaran konsentrasi SO ₂ bulan Agustus 2022 pukul (a) 00:00 WIB, (b) 06:00 WIB, (c) 12:00 WIB, (d) 18:00 WIB	20
7	Fluktuasi rata-rata diurnal luaran model WRF-Chem dan observasi (a) Suhu permukaan 2 m dan kelembaban relatif, (b) Arah dan kecepatan angin, (c) PM ₁₀ , (d) SO ₂	22

DAFTAR LAMPIRAN

1	Peta sebaran konsentrasi partikulat PM ₁₀ diurnal	33
2	Peta sebaran konsentrasi gas SO ₂ diurnal	35
3	Fluktuasi diurnal luaran model dan observasi di stasiun pemantau	37
4	Konfigurasi pemodelan WRF-Chem	40