

ANALISIS PENGARUH VARIASI MUSIMAN TERHADAP DISPERSI NO₂ DI KOTA TANGERANG DENGAN MENGUNAKAN MODEL WRF-CHEM

SEASONAL VARIATION EFFECT ON NO₂ DISPERSION IN TANGERANG USING WRF-CHEM MODEL

Irvan Faisal¹ dan Asep Sofyan²

Program Studi Teknik Lingkungan, FTSL, Institut Teknologi Bandung

Jalan Ganesha No. 10 Bandung 40132

E-mail: irvan.faisal@gmail.com dan asepsofyan@gmail.com

Abstrak: Nitrogen dioksida (NO₂) merupakan salah satu pencemar udara yang sebagian besar diemisikan ke atmosfer melalui aktivitas transportasi yang terbentuk akibat adanya reaksi antara nitrogen dan oksigen di udara ketika pembakaran bahan bakar pada temperatur tinggi. NO₂ merupakan salah satu faktor penting dalam pembentukan partikulat matter (PM) dan ozon troposferik yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Kota Tangerang merupakan salah satu kota di Banten yang memiliki perkembangan pesat di berbagai bidang, termasuk ekonomi, industri, dan transportasi. Pesatnya perkembangan Kota Tangerang berbanding lurus dengan meningkatnya jumlah pencemar udara yang diemisikan oleh aktivitas-aktivitas tersebut. Dispersi dari pencemar udara di suatu wilayah sangat bergantung pada kondisi meteorologi dari wilayah tersebut. Analisis pengaruh variasi musiman dari pencemar udara dapat dilakukan dengan menggunakan model WRF-Chem. Simulasi dengan menggunakan WRF-Chem dilakukan dengan menggunakan inventarisasi emisi Kota Tangerang. Simulasi dilakukan selama 3 hari di musim basah dan musim kering, dengan domain paling dalam memiliki resolusi spasial 1 km dan resolusi temporal 1 jam. Hasil simulasi kualitas udara di bulan basah dan bulan kering menunjukkan bahwa dispersi NO₂ di Kota Tangerang sangat dipengaruhi oleh kondisi sirkulasi angin laut di daerah tersebut. Ketika musim kering, monsun Australia akan memperkuat sirkulasi angin darat di malam hari, namun memperlemah sirkulasi angin laut di siang hari. Ketika musim basah, sirkulasi angin laut akan diperkuat oleh monsun Asia namun memperlemah angin darat di malam hari. Selain kondisi angin, tingkat kestabilan atmosfer juga mempengaruhi variasi diurnal dari konsentrasi NO₂. Di siang hari, kondisi atmosfer yang cenderung tidak stabil akan mengakibatkan konsentrasi NO₂ terdispersi secara vertikal. Di malam hari, kondisi atmosfer yang lebih stabil mengakibatkan NO₂ akan terdispersi secara horizontal.

Kata kunci: pemodelan pencemaran udara, NO₂, WRF-Chem

Abstract: Nitrogen dioxide (NO₂) are air pollutants emitted mainly from vehicle combustion which formed by a reaction between nitrogen and oxygen during fuel combustion in high temperature. NO₂ is important in particulate matter (PM) and tropospheric ozone production that could harm human health. Tangerang is one major city in Banten that have rapid development in various sector, including economy, industry, and transportation. This rapid development causing an increase of air pollutant emitted by these activities. Air pollutant dispersion is very dependent with meteorological condition in the Tangerang. Seasonal variation of

air pollutant could be done with WRF-Chem model. Simulation using WRF-Chem is done using Tangerang emission inventory for 3 days during wet season and dry season, with spatial resolution of 1 km in the finest domain and temporal resolution of 1 hour. The simulations show the dispersion of NO₂ in Tangerang are following the sea breeze flow wind pattern both in dry and wet season. During dry season, Australian monsoon will strengthen landbreeze circulation in the night, but weaken seabreeze circulation in the day. During wet season, Asian monsoon will strengthen seabreeze circulation but weaken landbreeze circulation. The dispersion of NO₂ also closely connected to atmosphere stability condition. During day, the unstable atmosphere causing the NO₂ dispersed more vertically, while during night, NO₂ is dispersed far horizontally caused by stable atmosphere.

Keywords: air pollution model, NO₂, WRF-Chem

PENDAHULUAN

Nitrogen dioksida (NO₂) merupakan polutan di atmosfer yang sangat reaktif. NO₂ terbentuk akibat reaksi pembakaran bahan bakar pada temperatur tinggi. NO₂ biasa diemisikan ke atmosfer oleh kendaraan bermotor maupun kegiatan industri (Hastuti dan Driejana, 2018). NO₂ dapat membahayakan kesehatan (Octaviani dkk., 2010) manusia karena dapat menyebabkan gangguan pada sistem pernapasan maupun paru-paru. Konsentrasi NO₂ yang tinggi juga dapat menyebabkan terganggunya pertumbuhan tanaman. NO₂ juga merupakan prekursor dari ozon troposferik yang dapat menyebabkan penurunan hasil panen secara signifikan (Wilkinson dkk., 2012) dan menyebabkan kematian prematur pada manusia (Lelieveld, dkk., 2015).

Kota Tangerang merupakan salah satu kota di Banten yang memiliki perkembangan secara pesat. Perkembangan ini meliputi perkembangan di bidang kependudukan, ekonomi, industri, jasa, dan transportasi. Perkembangan yang pesat ini akan berdampak pada perubahan fungsi lahan, bertambahnya industri, dan meningkatnya jumlah kendaraan (Maulana dkk., 2016). Hal ini dapat berdampak pada lingkungan, termasuk kualitas udara di Kota Tangerang. Pada periode 2009 hingga 2014, banyak kondisi kualitas udara perkotaan di Pulau Jawa termasuk dalam kategori sedang (Rita, dkk., 2016).

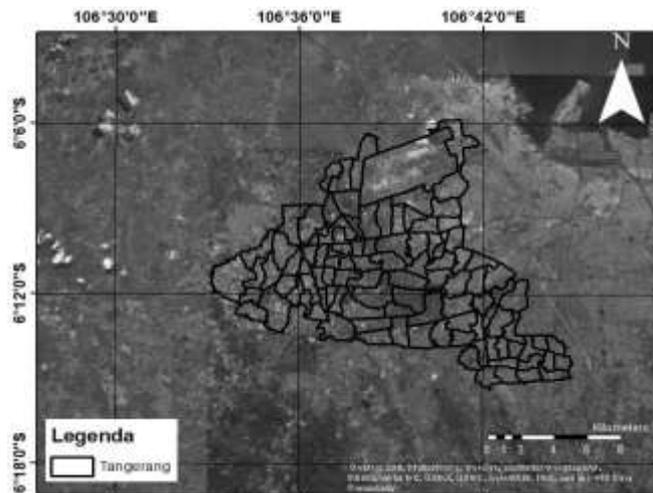
Salah satu model yang biasa digunakan untuk memodelkan kondisi udara ambien adalah *Weather Reseach and Forecasting with Chemical* (WRF-Chem). WRF-Chem adalah model cuaca skala regional yang memodelkan kondisi meteorologi dan interaksinya dengan senyawa-senyawa kimia yang ada di atmosfer secara spasial dan temporal. Simulasi WRF-Chem dengan menggunakan inventori emisi regional dapat menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan model skala global (Power, dkk., 2017).

Penelitian mengenai kualitas udara dengan menggunakan model WRF-Chem telah banyak dilakukan. Zhao, dkk. pada tahun 2014 melakukan penelitian mengenai variasi musiman *black carbon* dengan menggunakan model WRF-Chem. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa terdapat pengaruh dari variasi musim akibat perbedaan angin dominan yang bertiup di tiap musimnya. Selain itu, konsentrasi maksimum terjadi pada saat musim dingin dan konsentrasi minimum terjadi pada musim panas. Penggunaan WRF-Chem dalam memodelkan udara ambien juga pernah dilakukan oleh Sharma, dkk. pada tahun 2016. Sharma (2016) melakukan simulasi ozon dengan menggunakan WRF-Chem pada periode *pre-monsoon*. Zabkar, dkk. pada tahun 2015 melakukan penelitian untuk mengevaluasi prediksi ozon dengan menggunakan model WRF-Chem dan perbandingannya dengan menggunakan model statistik. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa WRF-Chem dapat mengeluarkan hasil prediksi yang baik, dan di beberapa sisi lebih baik dibandingkan dengan model statistik, tergantung pada lokasi pengamatan dan evaluasi pengukuran yang dilakukan.

Di Indonesia, penelitian mengenai kualitas udara dengan menggunakan model WRF-Chem pernah digunakan untuk menganalisis distribusi pencemar udara di Jakarta (Darmanto dan Sofyan, 2011). Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa hasil dari model masih *overestimate* dibandingkan dengan hasil observasi. Penelitian mengenai konsentrasi polutan di wilayah perkotaan di Indonesia juga pernah dilakukan oleh Wasi'ah (2017) dengan menggunakan metode multi-variat menggunakan konsentrasi prekursor ozon dan parameter meteorologi. Rashid, dkk.(2014) melakukan perbandingan konsentrasi polutan antara musim basah dan musim kering. Hasil penelitiannya menunjukkan konsentrasi polutan *black carbon* di Kota Makassar lebih tinggi pada musim kering.

METODOLOGI PENELITIAN

Secara geografis, Kota Tangerang terletak pada 6,2024 lintang selatan dan 106,6527 bujur timur. Kota Tangerang sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Teluk Naga dan Kecamatan Sepatan Kabupaten Tangerang, sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Curug dan Kecamatan Serpong, sebelah timur dengan DKI Jakarta, sedangkan sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Cikupa Kabupaten Tangerang. Peta Kota Tangerang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta batas administrasi Kota Tangerang

Data dan Alat

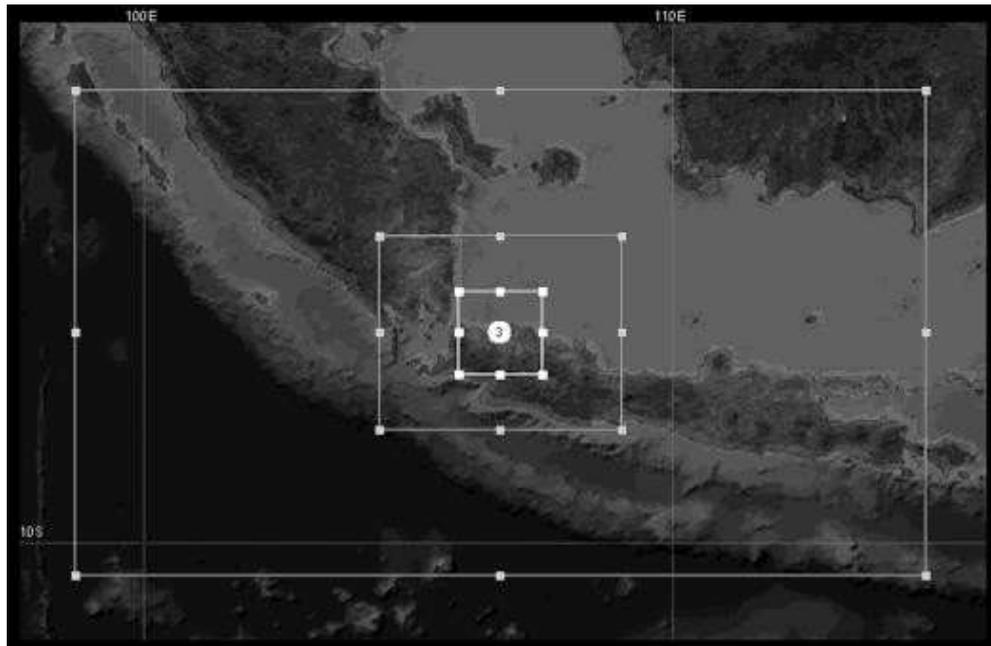
Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data emisi antropogenik global, inventarisasi emisi pencemar udara Kota Tangerang, dan data meteorologi global, yang digunakan sebagai masukan dalam model WRF-Chem. Data inventarisasi emisi pencemar udara Kota Tangerang tahun 2014 diperoleh dari Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Tangerang. Data emisi yang dipergunakan adalah emisi yang berasal dari aktivitas rumah tangga, industri, dan transportasi. Data emisi global yang digunakan adalah data inventarisasi antropogenik EDGAR-HTAP yang diperoleh dari Emission Database for Global Atmospheric Research (EDGAR) tahun 2010 dengan resolusi spasial $0,1^{\circ} \times 0,1^{\circ}$. Data meteorologi global didapatkan dari National Atmospheric Administration (NOAA) berupa data Global Forecasting Systems (GFS) dengan resolusi spasial $0,25^{\circ} \times 0,25^{\circ}$ dan resolusi temporal 3 jam.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah model WRF-Chem versi 3.6.1. Alat penunjang lainnya yang digunakan untuk pengolahan data dan analisis hasil luaran model.

Simulasi Model

Simulasi dengan menggunakan model WRF-Chem dapat dibagi menjadi 3 tahapan, yaitu tahap *pre-processing*, *processing*, dan *post processing*. Simulasi dilakukan selama 4 hari di bulan kering pada tanggal 4-8 September 2016 dan bulan basah pada tanggal 4-8 Januari 2017. Tahap *pre-processing* terdiri dari persiapan domain, persiapan data meteorologi, dan persiapan data inventarisasi emisi sebagai masukan dari model WRF-Chem. Domain yang digunakan dalam penelitian berjumlah 3 domain dengan domain terkasar memiliki resolusi 25 km dan domain terhalus memiliki resolusi 1 km. Gambar 2

menunjukkan pengaturan domain yang digunakan dalam penelitian ini. *Pre-processing* data meteorologi dilakukan dengan menggunakan WRF *Pre-processing System* (WPS) yang mengonversi data GFS dan data topografi wilayah kajian menjadi data masukan dari WRF-Chem. *Pre-processing* data inventarisasi emisi dilakukan dengan mengonversi data inventarisasi emisi menjadi data grid yang sesuai dengan grid yang terdapat pada model WRF-Chem.



Gambar 2. Konfigurasi domain simulasi

Sebelum tahap *processing*, dilakukan pemilihan parameterisasi yang digunakan untuk menyimulasikan kondisi atmosfer dengan menggunakan model WRF-Chem. Tabel 1 menunjukkan daftar parameterisasi yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Konfigurasi parameterisasi WRF-Chem

Proses	Parameter
<i>Microphysics</i>	Lin et al. <i>scheme</i>
<i>Long wave radiation</i>	Rapid Radiative Transfer Model (RRTM)
<i>Short wave radiation</i>	Goddard <i>Shortwave scheme</i>
<i>Boundary layer scheme</i>	Mellor-Yamada-Janjic (Eta) TKE <i>scheme</i>
<i>Cumulus parameterization</i>	Grell Devenyi Ensemble
<i>Chemical parameterization</i>	RADM2 Chemistry and GOCART aerosols
<i>Emission input</i>	GOCART RACM_KPP emissions

Pada tahapan *post-processing*, dilakukan visualisasi dan analisis dari hasil luaran model WRF-Chem. Analisis dibagi menjadi 3 tahapan, yaitu:

1. Verifikasi hasil luaran model dengan data observasi. Verifikasi dilakukan dengan menghitung koefisien korelasi dan *Mean Absolute Error* (MAE) antara hasil model dengan data observasi.
2. Analisis dispersi NO₂ secara spasial dan temporal untuk melihat pola persebaran dan wilayah-wilayah yang rawan akibat paparan NO₂.
3. Analisis pengaruh dari variasi musiman yang dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi pada bulan basah dan bulan kering di Kota Tangerang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Inventarisasi Emisi

Inventarisasi emisi Kota Tangerang untuk tahun 2014 dilakukan dengan data emisi yang diinventarisasi adalah emisi yang berasal dari aktivitas rumah tangga, industri, dan transportasi, baik dalam sumber titik, bergerak, maupun area. Sumber titik dibagi menjadi 4 jenis sumber, yaitu krematorium, hotel, mall, dan industri. Sumber emisi bergerak dibagi menjadi 2 jenis, yaitu emisi yang berasal dari jalan dan bandara. Sumber emisi area dibagi menjadi 4 jenis, yaitu rumah tangga, SPBU, konstruksi, dan TPA. Pencemar yang diinventarisasi dan menjadi input dalam model WRF-Chem adalah NO_x. Data inventarisasi emisi tersebut kemudian dikonversi menjadi *grid* 1 km x 1 km untuk menjadi input emisi dalam model WRF-Chem.

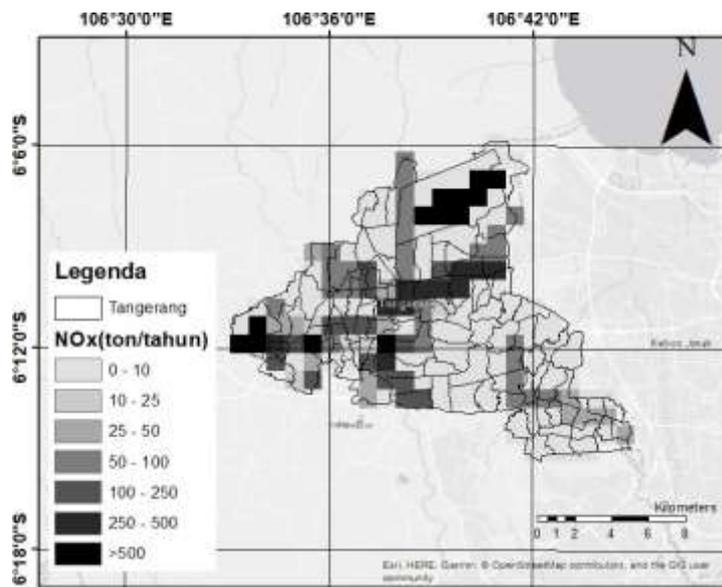
Emisi NO_x di Kota Tangerang didominasi oleh emisi yang berasal dari industri. Sektor transportasi di Kota Tangerang juga mengeluarkan emisi NO_x yang cukup besar di jalan-jalan utama yang padat kendaraan dan emisi yang berasal dari aktivitas di bandara. Tabel 2 menunjukkan hasil inventarisasi NO_x di Kota Tangerang.

Tabel 2. Inventarisasi NO_x Kota Tangerang

No	Sumber	Jenis	NO _x
1	Titik	Krematorium	1,17
		Hotel	19,73
		Mall	1,68
		Industri	13618,91
		Jalan	1267,35

No	Sumber	Jenis	NO _x
2	Garis	Bandara	3706,01
3	Area	Rumah Tangga	94,47
		SPBU	0
		Konstruksi	0
		TPA	1,17

Gambar 3 menunjukkan peta inventarisasi emisi NO_x di Kota Tangerang. NO_x yang diemisikan oleh sektor industri mencapai total 13618,91 ton/tahun dan berpusat di wilayah barat Kota Tangerang. Inventarisasi emisi NO_x di bandara Soekarno-Hatta mencapai 3706,01 ton/tahun mengakibatkan tingginya emisi NO_x di wilayah timur laut Kota Tangerang. Sektor transportasi di jalan-jalan utama di Kota Tangerang mengemisikan 1267,35 ton/tahun.



Gambar 3. Inventarisasi emisi NO_x Kota Tangerang

Uji Verifikasi

Uji verifikasi dilakukan untuk menguji kemampuan model WRF-Chem dalam melakukan simulasi. Verifikasi dilakukan terhadap parameter meteorologi, yaitu temperatur udara, kecepatan angin, dan arah angin. Data yang digunakan untuk verifikasi hasil simulasi model WRF-Chem adalah data pengamatan di stasiun pengamatan meteorologi yang terdapat di wilayah Kota Tangerang dan sekitarnya. Verifikasi hasil model dengan data pengamatan cuaca dilakukan dengan menggunakan nilai korelasi Pearson dan *mean absolute error* (MAE).

Tabel 3 menunjukkan hasil verifikasi parameter temperatur udara di 6 stasiun pengamatan meteorologi. Hasil verifikasi parameter temperatur udara di wilayah Tangerang menunjukkan rata-rata nilai korelasi pearson $>0,7$ di 6 stasiun pengamatan. Nilai korelasi Pearson yang mendekati 1 menunjukkan hubungan yang erat antara hasil model dengan data pengamatan. MAE untuk parameter temperatur udara bernilai relatif kecil menunjukkan kemampuan model yang mampu merepresentasikan parameter temperatur udara sesuai dengan kondisi yang sebenarnya, baik pada simulasi di bulan basah dan di bulan kering.

Tabel 3. Hasil verifikasi temperatur udara

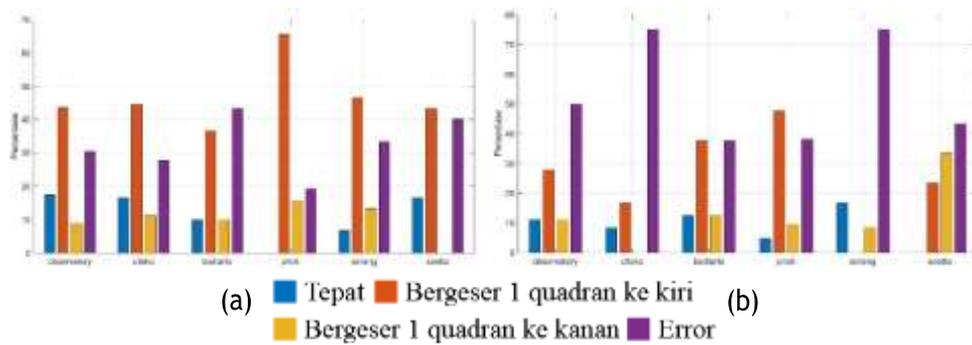
Stasiun Pengamatan	<u>Musim Basah</u>		<u>Musim Kering</u>	
	r	MAE	r	MAE
Budiarto	0,87	1,22	0,78	1,53
Citeko	0,89	1,18	0,78	1,22
Jakarta Observatory	0,82	1,06	0,89	1,46
Tanjung Priok	0,73	1,68	0,78	1,68
Serang	0,94	0,80	0,82	0,98
Soekarno-Hatta	<u>0,89</u>	<u>1,04</u>	<u>0,92</u>	<u>1,04</u>

Tabel 4 menunjukkan hasil verifikasi parameter temperatur udara di 6 stasiun pengamatan meteorologi. Nilai korelasi Pearson untuk parameter kecepatan angin menunjukkan nilai rata-rata $>0,5$ dan nilai MAE yang relatif kecil. Hal ini menunjukkan model cukup baik dalam merepresentasikan kondisi kecepatan udara yang sebenarnya.

Tabel 4. Hasil verifikasi kecepatan angin

Stasiun Pengamatan	<u>Musim Basah</u>		<u>Musim Kering</u>	
	r	MAE	r	MAE
Budiarto	0,66	2,58	0,56	2,61
Citeko	0,51	2,90	0,29	3,13
Jakarta Observatory	0,51	2,03	0,55	2,11
Tanjung Priok	0,20	2,92	0,80	2,23
Serang	0,27	3,60	0,51	1,67
Soekarno-Hatta	<u>0,64</u>	<u>2,24</u>	<u>0,44</u>	<u>1,67</u>

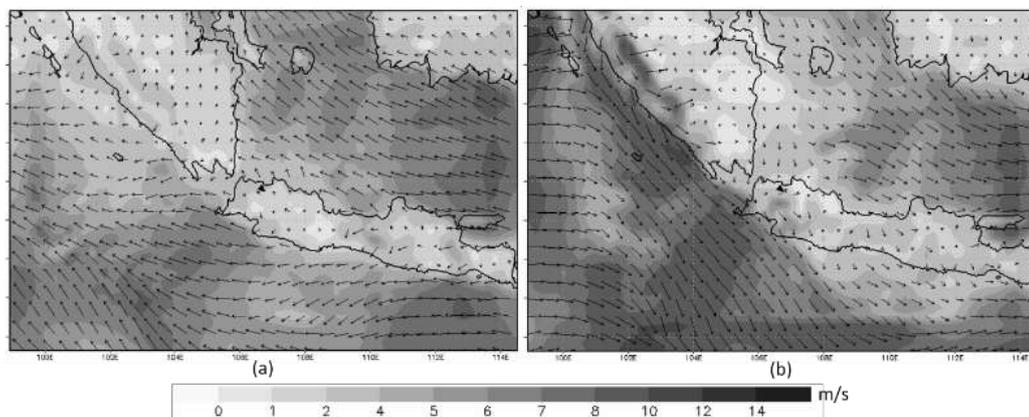
Gambar 4 menunjukkan hasil verifikasi arah angin di 6 stasiun pengamatan meteorologi. Baik pada bulan kering dan bulan basah, model mampu menghasilkan nilai tepat sebesar $>60\%$. Berdasarkan hal tersebut, hasil verifikasi arah angin menunjukkan hasil yang cukup baik.



Gambar 4. Verifikasi arah angin pada (a) musim kering dan (b) musim basah

Karakteristik Angin Kota Tangerang

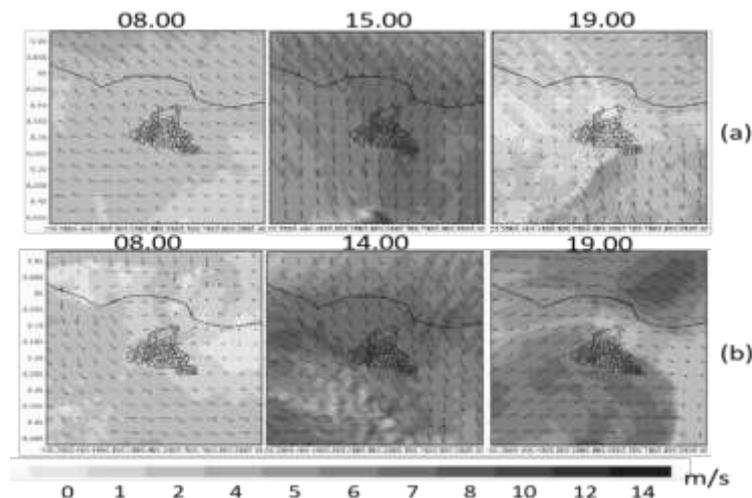
Karakteristik angin di suatu wilayah dipengaruhi oleh karakteristik angin secara regional dan lokal. Salah satu sirkulasi angin yang mempengaruhi karakteristik angin di Kota Tangerang adalah sirkulasi monsun. Gambar 5 menunjukkan karakteristik monsun di wilayah Kota Tangerang. Sirkulasi monsun yang mempengaruhi karakteristik angin di Kota Tangerang adalah sirkulasi monsun Asia dan monsun Australia. Sirkulasi monsun ini menyebabkan Kota Tangerang memiliki dua musim, yaitu musim basah dan musim kering, ditandai dengan arah pergerakan angin dan jumlah curah hujan yang terjadi.



Gambar 5. Kondisi angin regional pada (a) musim kering dan (b) musim basah

Di musim basah, angin regional akan bergerak dari arah benua Asia di Timur laut menuju benua Australia di Tenggara Indonesia. Sirkulasi ini memiliki karakteristik udara yang lembap sehingga menimbulkan puncak curah hujan di Kota Tangerang. Di musim kering, angin regional yang bergerak menuju benua Asia yang berasal dari wilayah benua Australia. Karakteristik udara yang dibawa oleh sirkulasi angin monsun ini adalah kering, sehingga menimbulkan kondisi kering di Kota Tangerang.

Selain sirkulasi angin regional, salah satu kondisi yang mempengaruhi kondisi angin di suatu wilayah adalah sirkulasi angin lokal. Di wilayah Kota Tangerang, karakteristik angin dapat dipengaruhi oleh sirkulasi angin darat dan angin laut. Sirkulasi ini terjadi akibat adanya perbedaan kapasitas kalor yang dimiliki oleh daratan dan lautan. Perkembangan sirkulasi angin laut di Kota Tangerang dari waktu ke waktu ditunjukkan pada gambar 6.



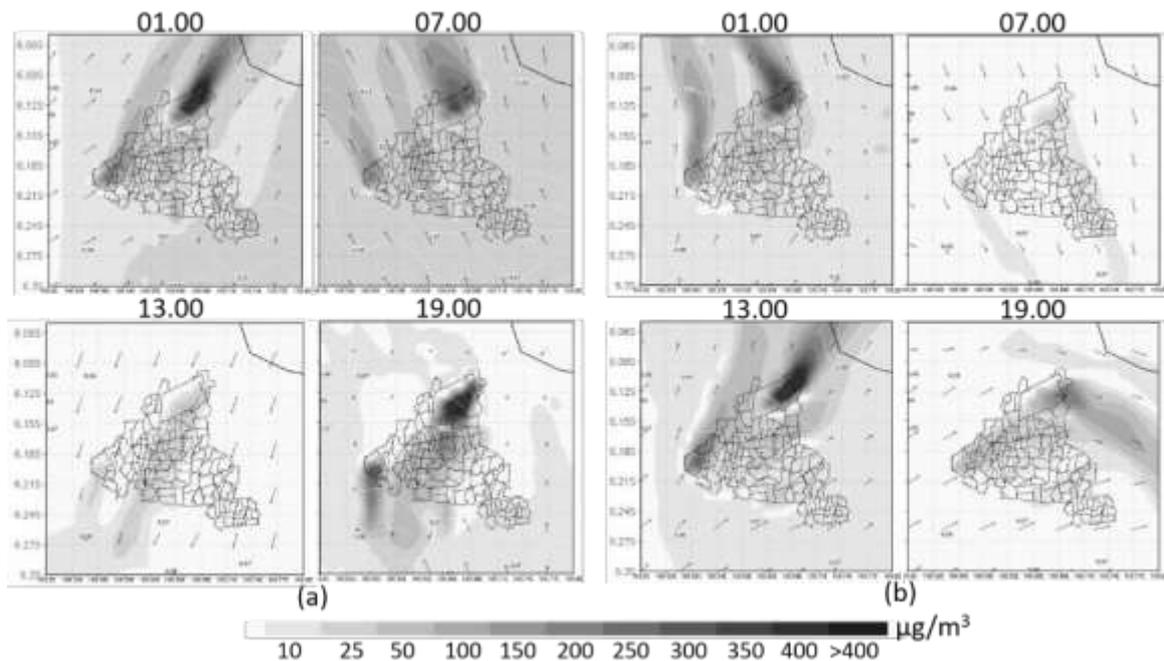
Gambar 6. Sirkulasi angin laut pada (a) musim kering dan (b) musim basah

Di musim kering, angin laut mulai bangkit pada pukul 09.00 ditandai dengan perubahan arah angin yang mengarah ke selatan (darat). Sirkulasi angin laut mencapai puncaknya pada pukul 14.00 ditandai dengan penetrasi angin yang kuat ke arah daratan. Pada pukul 19.00, angin mulai berbalik arah seiring dengan melemahnya angin laut, digantikan dengan sirkulasi angin darat. Di musim basah, sirkulasi angin laut mulai bangkit pada pukul 08.00 ditandai dengan perubahan arah angin yang mengarah ke selatan (darat). Angin laut mencapai puncaknya pada pukul 15.00 ditandai dengan penetrasi angin yang kuat ke arah daratan dan berakhir pada pukul 19.00 ditandai dengan kondisi angin yang berbalik arah.

Persebaran NO₂ di musim kering dan musim basah

Secara umum, dispersi NO₂ di Kota Tangerang mengikuti pola pergerakan arah angin lokal yang berpengaruh di musim basah maupun musim kering. Angin lokal yang berpengaruh di Kota Tangerang adalah sirkulasi angin darat dan angin laut. Sirkulasi ini mempengaruhi dispersi NO₂ dari waktu ke waktu, bergantung pada fase dari sirkulasi tersebut. Selain kondisi angin, tingkat kestabilan atmosfer juga berpengaruh dalam dispersi NO₂ di Kota Tangerang. Gambar 7 menunjukkan dispersi NO₂ di permukaan. Dispersi dari NO₂ bergerak mengikuti arah pergerakan angin. Di siang hari, kondisi atmosfer yang tidak

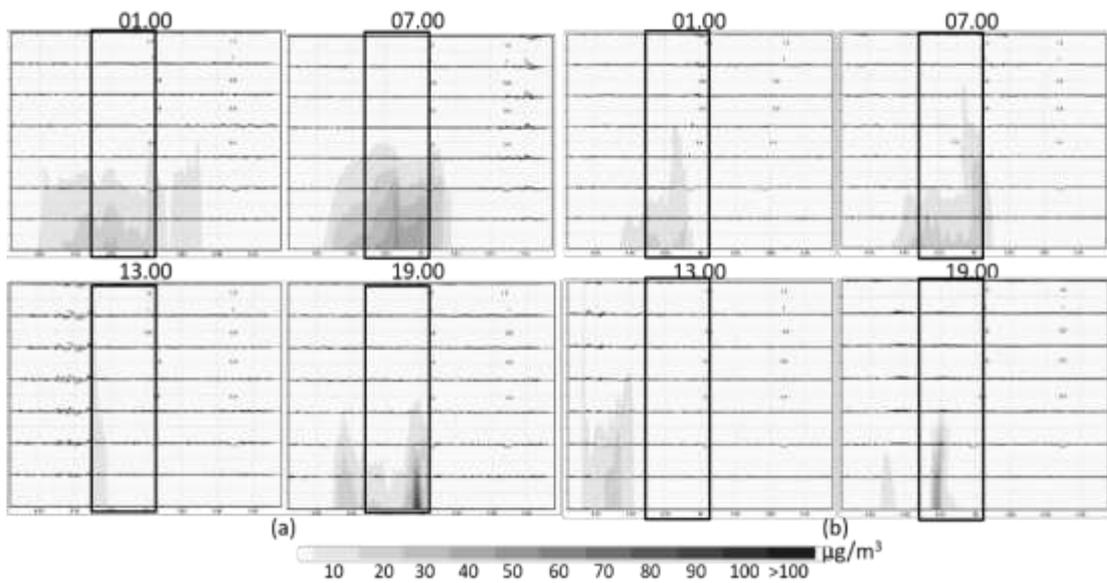
stabil mengakibatkan NO₂ terdispersi secara vertikal sedangkan di malam hari, NO₂ akan terdispersi secara horizontal karena kondisi atmosfer yang cenderung stabil.



Gambar 7. Dispersi NO₂ pada (a) musim kering dan (b) musim basah

Konsentrasi tertinggi terjadi di malam hari dan pagi hari, dimana kondisi atmosfer cenderung stabil. Lokasi konsentrasi NO₂ tertinggi berada di daerah barat Kota Tangerang, dimana terdapat pusat industri, dan timur laut Kota Tangerang, dimana terdapat bandara Soekarno-Hatta yang mengemisikan NO₂ yang tinggi dari aktivitasnya. Di siang hari, NO₂ lebih terdispersi secara vertikal diakibatkan oleh kondisi atmosfer yang tidak stabil. Ketinggian dari lapisan stabil di siang hari lebih tinggi dibandingkan dengan malam hari dikarenakan terdapat turbulensi di *mixed layer* yang mengakibatkan transpor vertikal pada atmosfer.

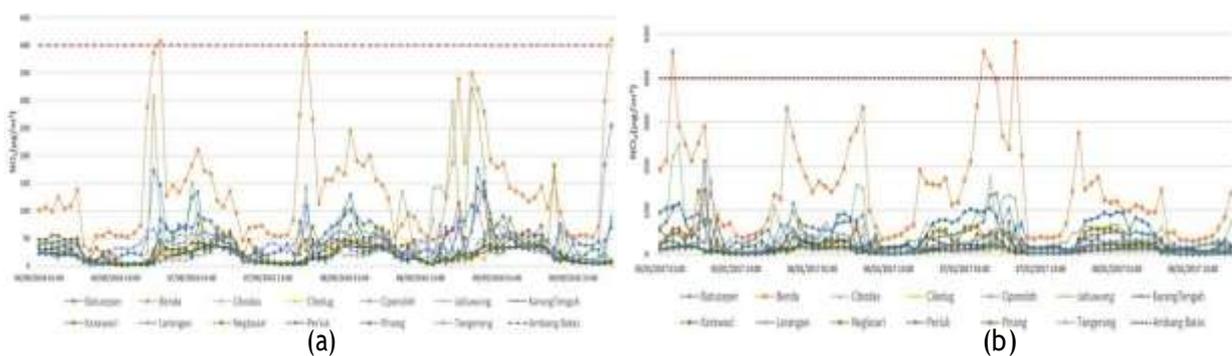
Gambar 8 menunjukkan dispersi NO₂ secara vertikal dari utara ke selatan. NO₂ terdispersi ke arah laut di utara pada malam hari diakibatkan oleh pergerakan sirkulasi angin darat yang terjadi di Kota Tangerang. Ketika musim kering, NO₂ akan terdispersi lebih jauh ke utara dibandingkan ketika musim basah karena monsun Australia akan memperkuat sirkulasi dari angin darat sementara pada musim basah angin darat akan diperlemah oleh monsun Asia yang bergerak dari arah utara Kota Tangerang. Di siang hari, NO₂ akan terdispersi secara vertikal, dan pergerakan NO₂ secara horizontal akan diperlemah oleh monsun Australia di bulan kering dan diperkuat oleh monsun Asia di bulan basah.



Gambar 8. Konsentrasi NO₂ (N-S) pada (a) musim kering dan (b) musim basah

Perbandingan Konsentrasi NO₂ dengan Baku Mutu Udara Ambien Nasional

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, terdapat wilayah di Kota Tangerang yang telah melebihi baku mutu udara ambien nasional untuk NO₂ berdasarkan PP. No. 41 Tahun 1999. Gambar 9 menunjukkan konsentrasi NO₂ tiap jam di 13 kecamatan di Kota Tangerang. Baik pada bulan kering dan bulan basah, Kecamatan Benda memiliki konsentrasi NO₂ yang melebihi baku mutu, yaitu 400 ug/Nm³, pada dini hari. Hal ini dapat dikarenakan bandara Soekarno-Hatta yang ada pada Kecamatan Benda.



Gambar 9. Konsentrasi NO₂ pada (a) musim kering dan (b) musim basah di tiap Kecamatan

KESIMPULAN

Simulasi kualitas udara pada musim kering dan musim basah di Kota Tangerang menunjukkan bahwa dispersi dari NO₂ sangat dipengaruhi oleh parameter-parameter meteorologi, diantaranya adalah temperatur udara, arah dan kecepatan angin, stabilitas atmosfer, dan curah hujan.

Temperatur udara akan mempengaruhi kecepatan angin yang disebabkan oleh sirkulasi angin darat dan angin laut. Kecepatan angin musim basah lebih kuat 27,297% dibandingkan ketika musim kering. Hal ini dikarenakan karakteristik monsun dimana monsun Asia yang lebih kuat dibandingkan dengan monsun Australia dan monsun tersebut memperkuat sirkulasi angin darat dan angin laut di Kota Tangerang. pengaruh presipitasi yang lebih sering terjadi di musim basah juga akan sangat mempengaruhi dispersi NO₂ melalui proses deposisi basah yang terjadi ketika hujan. Konsentrasi rata-rata NO₂ di Kota Tangerang pada musim basah adalah 33,135 µg/m³, lebih rendah 14,5% dibandingkan dengan musim kering yang memiliki konsentrasi rata-rata NO₂ sebesar 38,769 µg/m³. Dispersi NO₂ secara vertikal akan dipengaruhi oleh ketinggian stabilitas atmosfer. Di malam hari, ketinggian dari lapisan stabil sangat rendah, berkisar di ketinggian 200 meter sehingga NO₂ tidak dapat terdispersi lebih tinggi secara vertikal sedangkan di siang hari, ketinggian lapisan stabil mencapai ketinggian 700 meter menyebabkan NO₂ tidak akan terkonsentrasi di permukaan.

Di Kota Tangerang, terdapat 1 kecamatan yang telah melebihi baku mutu udara ambien nasional, yaitu Kecamatan Benda. Tingginya konsentrasi NO₂ di Kecamatan Benda diakibatkan oleh adanya aktivitas bandara Soekarno-Hatta. Konsentrasi NO₂ di kecamatan ini melebihi baku mutu pada malam dini hari, di saat kondisi atmosfer yang cenderung stabil dan ketinggian lapisan batas yang rendah sehingga NO₂ terkonsentrasi di lapisan permukaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Darmanto dan Sofyan. (2011). *Analisis Distribusi Pencemar Udara No2, So2, Co, Dan O3 di Jakarta Dengan WrfChem*. Skripsi. Bandung:ITB.
- Hastuti, Y., & Driejana, D. (2018). Pengaruh Temperatur Terhadap Difusivitas Sampler Pasif Tipe Tube Untuk Pengukuran No2 Effect Of Temperature On The Diffusivity Of Passive Sampler Tube Type For No2 Measurement. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 18(2), 201-211.
- Lelieveld, J., Evans, J. S., Fnais, M., Giannadaki, D., dan Pozzer, A. (2015): *The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale*, *Nature*, 525(7569):367-371.
- Maulana, Q., Sofyan, A., & Frazila, R. B. (2016). Simulasi pemodelan jaringan jalan untuk memprediksi pengurangan emisi co, nox, pm10, dan so2 dari rencana pembangunan bus rapid transit di kota tangerang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 22(1), 63-72.

- Octaviani, R., & Reksowardojo, I. K. (2010). Pengaruh Penambahan Bioetanol Terhadap Konsentrasi Emisi Gas HC, CO, Dan CO₂ Pada Motor 2 Langkah. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 16(2), 173-184.
- Powers, J., J. Klemp, W. Skamarock, C. Davis, J. Dudhia, D. Gill, J. Coen, D. Gochis, R. Ahmadov, S. Peckham, G. Grell, J. Michalakes, S. Trahan, S. Benjamin, C. Alexander, G. DiMego, W. Wang, C. Schwartz, G. Romine, Z. Liu, C. Snyder, F. Chen, M. Barlage, W. Yu, dan M. Duda. (2017): *The Weather Research AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY and Forecasting (WRF) Model: Overview, System Efforts, and Future Directions*. Bull. Amer. Meteor. Soc. doi:10.1175/BAMS-D-15-00308.1, in press.
- Rashid, Mohd & Yunus, Sattar & Mat, Ramli & Baharun, Sabariah & Lestari, Puji. (2014): *PM10 black carbon and ionic species concentration of urban atmosphere in Makassar of South Sulawesi Province, Indonesia*. Atmospheric Pollution Research. 5. 10.5094/APR.2014.070.
- Rita, dkk. (2016): Kualitas Udara PM10 dan PM2.5 Untuk Melengkapi Kajian Indeks Kualitas Lingkungan Hidup. *Ecolab Vol. 10 No. 1 Januari 2016*.
- Sharma, A., Ojha, N., Pozzer, A., Mar, K. A., Beig, G., Lelieveld, J., dan Gunthe, S. S. (2016): *WRF-Chem simulated surface ozone over South Asia during the pre-monsoon: Effects of emission inventories and chemical mechanisms*, Atmos. Chem. Phys. Discuss., doi:10.5194/acp-2016-1083, in review.
- Wasi'ah, Nadiyahur Rahmatikal & Driejana, Driejana. (2017): *Modelling of Tropospheric Ozone Concentration in Urban Environment*. IPTEK Journal of Proceedings Series. 3. 10.12962/j23546026.y2017i6.3279.
- Wilkinson, S., Mills, G., Illidge, R., and Davies, W. J. 2012. *How is ozone pollution reducing our food supply?*, J. Exp. Bot., 63, 527–536, doi:10.1093/jxb/err317.
- Žabkar, R., Honzak, L., Skok, G., Forkel, R., Rakovec, J., Cegljar, A., Žagar, N., (2015): *Evaluation of the high resolution WRF-Chem (v3.4.1) air quality forecast and its comparison with statistical ozone predictions*. Geosci. Model Dev., 9, 2119-2137, doi:10.5194/gmd-8-2119-2015
- Zhao, S., Tie, X., Cao, J., Li, N., Li, G., Zhang, Q., Zhu, C., Long, X., Li, J., Feng, T., Su, X., (2015): *Seasonal variation and four-year trend of black carbon in the Mid-west China: The analysis of the ambient measurement and WRF-Chem modeling*. Atmospheric Environment, 123, 430-439, doi:10.1016/j.atmosenv.2015.05.008.