Jurnal Sains dan Edukasi Sains
Vol.8, No.2, Agustus 2025: 99-107
https://doi.org/10.24246/juses.v8i2p99-107

Analisis Sebaran Polusi Udara di Kota Pontianak menggunakan Model WRF-Chem (Studi Kasus Kebakaran Hutan 21-25 Agustus 2018)

Deby Kartika Sari[1], Andi Ihwan[1,*], Randy Ardianto[2]

[1]Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Kalimantan Barat 78124
[2]Stasiun Meteorologi Maritim Pontianak, Kalimantan Barat, 78112

*email korespondensi: andihwan@physics.untan.ac.id

Received: 11 Januari 2025; ***Revised***: 24 Februari 2025; ***Accepted***: 11 April 2025; ***Published***: 1 Agustus 2025

ABSTRAK

Kebakaran hutan merupakan salah satu ancaman serius yang berdampak luas terhadap kerusakan ekosistem, pencemaran udara, serta membahayakan kesehatan masyarakat. Salah satu kejadian kebakaran hutan yang signifikan terjadi di wilayah sekitar Kota Pontianak pada bulan Agustus 2018. Peristiwa ini menyebabkan penurunan kualitas udara secara drastis dan memicu munculnya kabut asap tebal yang menyelimuti kota. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pola distribusi polutan udara selama kejadian kebakaran hutan tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah model Weather Research and Forecasting with Chemistry (WRF-Chem), yang memungkinkan simulasi sebaran polutan secara spasial dan temporal. Hasil simulasi menunjukkan bahwa model WRF-Chem cukup efektif dalam merepresentasikan distribusi polutan udara di wilayah Kota Pontianak dan sekitarnya. Pola distribusi polutan menunjukkan peningkatan konsentrasi yang signifikan pada malam hingga pagi hari, yang dikaitkan dengan suhu udara yang relatif rendah dan dominasi angin dari arah tenggara dengan kecepatan rata-rata 9 m/s. Sebaliknya, pada siang hari, suhu yang tinggi dengan rata-rata mencapai 34 °C berkontribusi terhadap penurunan konsentrasi partikel polutan (particulate matter) karena proses pengangkatan partikel ke lapisan atmosfer yang lebih tinggi. Namun demikian, kondisi suhu tinggi pada siang hari justru menyebabkan peningkatan konsentrasi gas nitrogen dioksida yang menyebar ke wilayah yang lebih luas. Temuan ini menunjukkan adanya keterkaitan antara parameter meteorologi dan distribusi polusi udara, yang dapat dijadikan dasar dalam perumusan strategi mitigasi terhadap dampak kebakaran hutan dan lahan di masa mendatang.

Kata-kata kunci: *Kebakaran hutan; Kota Pontianak; Model WRF-Chem; Nitrogen dioksida; Polusi udara*

PENDAHULUAN

Polusi udara merupakan keberadaan zat atau partikel di atmosfer yang dapat berdampak buruk terhadap kualitas udara serta kesehatan manusia. Penyebab utama pencemaran udara adalah pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna dari aktivitas industri, yang menyumbang sekitar 70% dari total polusi (Saidal Siburian & Mar, 2020). Aktivitas manusia yang lain juga memainkan peran besar dalam pencemaran udara, termasuk sektor transportasi, pengelolaan sampah baik yang membusuk maupun dibakar, serta berbagai aktivitas rumah tangga lainnya. Kebakaran hutan menjadi salah satu faktor signifikan yang memperparah polusi udara (Romanov et al., 2022).

Kebakaran hutan merupakan ancaman serius yang berpotensi merusak ekosistem, mencemari udara, serta berdampak luas terhadap kesehatan masyarakat. Pada bulan Agustus 2018, kebakaran hutan besar melanda wilayah sekitar Kota Pontianak, mengakibatkan penurunan kualitas udara secara signifikan. Proses pembakaran hutan dan lahan ini menghasilkan berbagai polutan, seperti karbon monoksida, partikulat, ozon, serta senyawa sulfur oksida dan nitrogen oksida. Kabut asap yang terbentuk berisiko memicu berbagai penyakit, termasuk ISPA, bronkitis, dan iritasi mata. Dampak buruk pencemaran udara terhadap lingkungan pada akhirnya turut memengaruhi kesehatan serta kesejahteraan masyarakat (Maulia et al., 2023).

Salah satu model cuaca skala regional yang dapat memodelkan kondisi meteorologi dan interaksinya dengan senyawa- senyawa kimia yang ada di atmosfer secara spasial dan temporal adalah WRF-Chem (Faisal & Sofyan, 2019). Model WRF-Chem telah digunakan untuk mempelajari dampak kebakaran hutan terhadap konsentrasi polutan udara (Heriyanto & Nuryanto, 2014; Tampubolon & Boedisantoso, 2016). Simulasi ini membantu memahami bagaimana kebakaran hutan memengaruhi kualitas udara yaitu dengan memanfaatkan model meteorologi untuk memprediksi kecepatan angin dan suhu udara (Turyanti et al.,

2016). Penelitian ini memanfaatkan model WRF-Chem untuk menganalisis sebaran polusi udara di wilayah Kota Pontianak yang disebabkan oleh kebakaran hutan dan lahan di sekitar Kota Pontianak pada bulan Agustus 2018.

EKSPERIMEN

Simulasi model pada penelitian ini dilakukan dari tanggal 21 Agustus 2018 hingga 25 Agustus 2018 sesuai dengan kejadian kebakaran hutan dan lahan di wilayah kota Pontianak dan sekitarnya. Lokasi penelitian berada di wilayah Pontianak yang berada antara 0,02º LS dan 109,34º BT. Model yang digunakan untuk simulasi polusi udara akibat kebakaran hutan dan lahan di wilayah penelitian adalah model WRF-Chem versi 4.5 yang dijalankan di atas sistem operasi Linux. Data yang digunakan sebagai data inputan adalah FNL (*final global data assimilation system*) dengan resolusi 0.25 ° x 0.25 °dapat diunduh di https://rda.ucar.edu/, data *Emission Database for Global Atmospheric Research* dengan resolusi spasial 0.1° x 0.1°, serta data FINN (*Fire Emission Factor and Inventories*) dengan resolusi spasial 0.1° x 0.1°. Data meteorologi (kecepatan dan arah angin, suhu dan kelembapan udara) dari Stasiun BMKG Maritim Pontianak.

Prosedur Kerja

Pada model WRF, parameterisasi merupakan komponen yang penting dalam input pengaturan model karena parameterisasi merupakan proses untuk merepresentasikan proses fisis pada atmosfer yang tidak dapat atau sulit dimodelkan dalam model cuaca (Emmanouil et al., 2021). Skema *Grell-Devenyi ensemble* dipilih karena skema tersebut mampu memodelkan polusi udara termasuk pada saat kejadian kebakaran hutan dan lahan (Parra, 2024; Zhang et al., 2016).

Tabel 1. Konfigurasi model WRF- Chem

Variabel	*Input* pengaturan
Tanggal mulai	21-08-2018_00:00:00 *Coordinated Universal Time* (UTC)
Tanggal berakhir	25-08-2018_00:00:00 *Coordinated Universal Time* (UTC)
Jumlah domain	1
Resolusi grid	7,90 km
Time_step	180 detik, 180 detik
History_interval	180 detik, 60 detik
mp_physics	WRF single-Moment 3
cu_physics	Grell-Devenyi ensemble

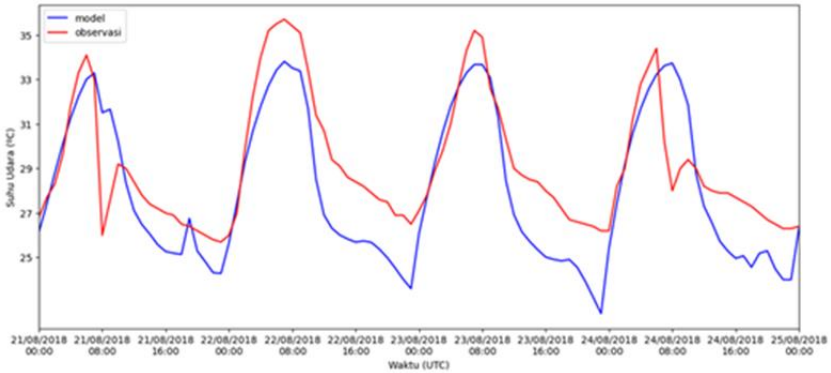
Untuk menjalankan model WRF-Chem terdapat 3 tahapan yaitu tahap pertama: *pre-processing,* merupakan proses penentuan letak lintang dan menginterpolasikan berbagai data terestrial ke dalam model grid, proses pembuatan inputan data emisi dan syarat batas kimia dengan menggunakan *tools fire_emiss* dan *anthro_emiss*, serta penambahan data meteorology FNL. Tahap kedua: adalah tahap *processing*, pada tahap ini dilakukan proses menjalankan simulasi model WRF-Chem pada terminal WRF 4.5/run sesuai dengan syarat batas model serta parameterisasi yang digunakan. Konfiguarsi model WRF-Chem pada penelitian ini diatur seperti **Tabel 1**. Terakhir tahap ketiga *post-processing*: Hasil pemodelan WRF divisualisasikan menggunakan *software NCAR Command Language* (NCL), untuk menghasil keluaran model dengan berbagai parameter, waktu, koordinat, komponen horizontal, komponen vertikal tiap lapisan. Parameter cuaca *output* dari model WRF-Chem yang dikaji dalam penelitian ini adalah suhu udara, kecepatan dan arah angin, parameter polusi udara berupa Particulate matter 10 (PM_{10}), Particulate matter 2.5 ($PM_{2.5}$), dan Nitrogen Dioksida (NO_2).

HASIL DAN DISKUSI

Suhu Udara

Peningkatan suhu udara di Kota Pontianak berdasarkan perbandingan antara luaran model WRF-Chem dan data observasi menunjukkan kesesuaian nilai suhu yang cukup baik (**Gambar 1**). Data *time series* yang diperoleh dari perbandingan hasil keluaran model WRF-Chem dengan data observasi memperlihatkan pola yang serupa, di mana peningkatan suhu udara rata-rata terjadi pada pukul 03.00 hingga 12.00 UTC dengan suhu maksimum mencapai 35 ºC. Sebaliknya, penurunan suhu udara juga mengikuti pola yang sama, yakni berlangsung dari pukul 12.00 hingga 00.00 UTC dengan suhu rata-rata sekitar 25 ºC. Hal ini menujukkan

bahwa penelitian ini serupa dengan yang dilakukan Salsabila et al., (2021) bahwa suhu udara yang rendah dapat menyebabkan partikel-partikel di udara cenderung mengendap di permukaan, sedangkan suhu udara yang tinggi memungkinkan partikel bergerak atau terangkat ke lapisan atmosfer yang lebih tinggi.



Gambar 1. Perbandingan Suhu Udara keluaran model dengan data observasi Kota Pontianak tanggal 21 – 25 Agustus 2018

Variasi suhu udara dapat memengaruhi dinamika atmosfer, sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 2**. Di wilayah Kota Pontianak, suhu udara mengalami peningkatan pada pukul 06 UTC, mencapai suhu tertinggi antara 30 ºC hingga 34 ºC. Sementara itu, suhu terendah terjadi pada malam hingga pagi hari, yaitu pada pukul 12 UTC, 18 UTC, dan 00 UTC. Kondisi ini disebabkan oleh atmosfer yang cenderung stabil pada waktu-waktu tersebut (Mughozali et al., 2018). Dalam prinsip termodinamika suhu udara yang tinggi, dapat mengakibatkan peningkatan konveksi udara. Menurut Salsabila et al., (2021), suhu udara yang tinggi cenderung bergerak ke atas dan memperluas area penyebarannya, sementara suhu yang rendah dapat menyebabkan polutan tetap terperangkap di sekitar sumbernya. Berdasarkan prinsip gas ideal, peningkatan suhu udara menyebabkan volume udara membesar, yang memicu perubahan tekanan di wilayah tersebut. Akibatnya, molekul-molekul gas bergerak lebih cepat, sehingga distribusi polutan menjadi lebih luas. Sebaliknya, pada suhu yang lebih rendah, volume udara mengecil, menyebabkan polutan tetap berada di dekat permukaan karena energi kinetik molekul udara yang lebih rendah. Dalam konteks persamaan kontinuitas, pergerakan udara vertikal dan horizontal memengaruhi distribusi polutan. Saat suhu tinggi, aliran udara naik ke atas, mendorong polutan menyebar ke lapisan atmosfer yang lebih tinggi. Sebaliknya, pada suhu rendah, aliran vertikal yang terbatas menyebabkan polutan tetap terkonsentrasi di dekat permukaan.

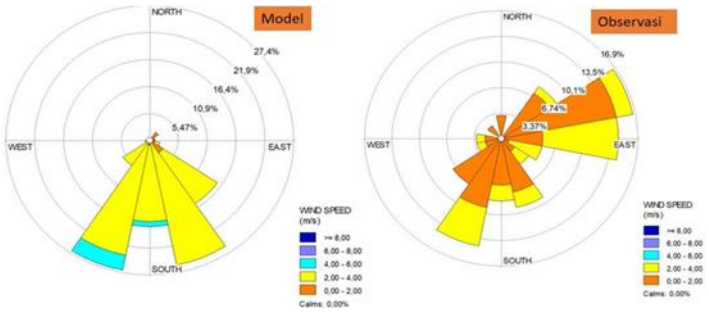


Gambar 2. Suhu Udara wilayah Kalimantan Bagian Barat pada 21 – 25 Agustus 2018 (lingkaran hitam = Wilayah Kota Pontianak dan sekitarnya)

Kecepatan dan Arah Angin

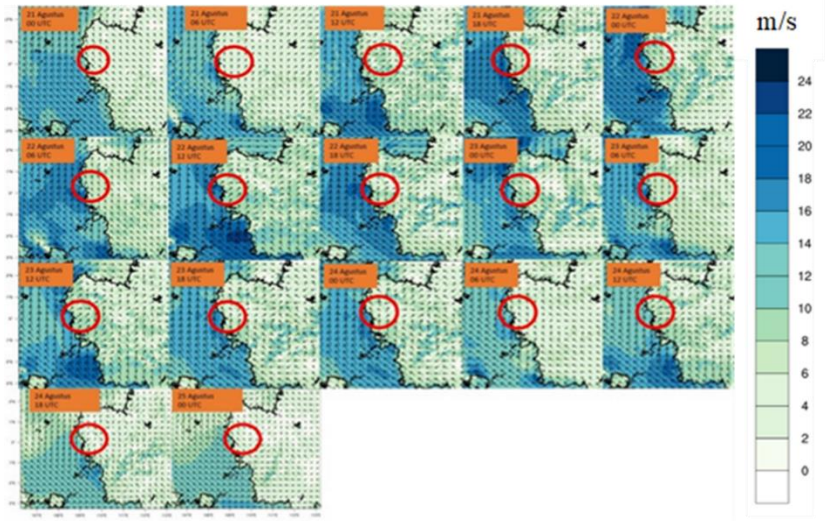
Perbandingan antara data keluaran model WRF-Chem dan data observasi pada koordinat -0,05 LS – 109,35 BT (**Gambar 3**) menunjukkan perbedaan pola arah angin. *Windrose* dari data model mengindikasikan bahwa angin dominan bertiup dari barat daya dan tenggara dengan kecepatan sekitar 2,00–8,00 m/s serta persentase sebesar 27,4%. Sementara itu, *windrose* dari data observasi menunjukkan selain angin bertiup

dari barat daya dan tenggara juga bergerak dari timur laut menuju barat daya dengan kecepatan sekitar 0,00–4,00 m/s dan persentase sebesar 16,9%. Kedua data tersebut, menunjukkan bahwa kecepatan angin yang teramati cenderung rendah. Menurut Salsabila et al., (2021) angin mempengaruhi arah dan nilai partikulat di suatu wilayah dan dapat menentukan seberapa jauh partikulat tersebar.



Gambar 3. Kecepatan dan arah angin Kota Pontianak (a) *windrose* keluaran model (b) *windrose* observasi

Berdasarkan keluaran model WRF-Chem, dapat dilihat bagaimana arah dan kecepatan angin memengaruhi distribusi partikel polutan di wilayah Kota Pontianak, yang berkaitan dengan prinsip-prinsip fisika. Pada **Gambar 4**, lingkaran yang ditandai menunjukkan bahwa angin di wilayah Pontianak dan sekitarnya umumnya bergerak dari tenggara ke utara dengan kecepatan antara 4 hingga 9 m/s. Menurut persamaan kontinuitas, perubahan densitas udara di suatu wilayah harus diimbangi oleh pergerakan massa udara. Hal ini terlihat pada **Gambar 8**, di mana zona divergensi angin terjadi pada beberapa waktu, yaitu pukul 12 UTC, 18 UTC, dan 00 UTC, yang dapat menyebabkan variasi dalam aliran massa udara dan berpengaruh terhadap penyebaran polutan. Pada area dengan pola divergensi angin, massa udara cenderung menyebar keluar, membawa polutan dan memperluas area yang terdampak (Salsabila et al., 2021). Angin dengan kecepatan tinggi dapat menyebarkan polutan lebih luas dan cepat, terutama di area dengan pola divergensi angin. Sebaliknya, saat kecepatan angin lebih rendah, penyebaran polutan menjadi lebih terbatas karena momentum yang lebih kecil. Menurut Nuryanto & Melinda, (2023) kecepatan angin berperan dalam menentukan seberapa jauh partikel polutan dapat tersebar, sementara arah angin menentukan asal sumber dan area yang terdampak. Dalam prinsip termodinamika, energi termal memengaruhi pergerakan udara dan penyebaran polutan. Pada siang hari, suhu yang lebih tinggi meningkatkan energi termal, yang dapat memperkuat aktivitas udara, termasuk konveksi, sehingga polutan dapat tersebar lebih luas meskipun kecepatan angin rendah. Sebaliknya, pada malam hari atau saat suhu lebih rendah, pergerakan udara cenderung lebih tenang, menyebabkan polutan tetap terperangkap di sekitar sumbernya.

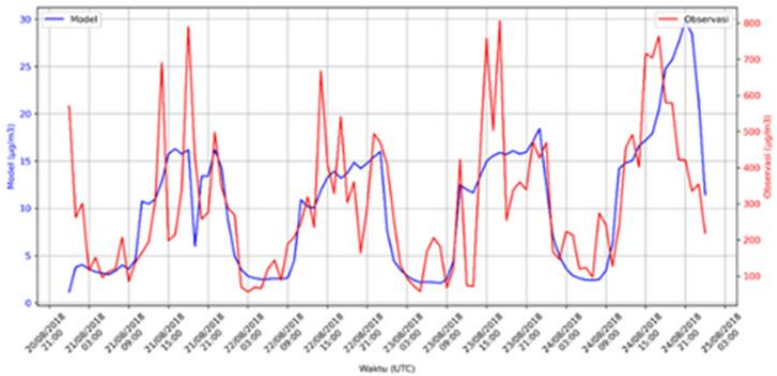


Gambar 4. Arah dan Kecepatan Angin wilayah Kalimantan Bagian Barat pada 21 – 25 Agustus 2018 (lingkaran merah = Wilayah Kota Pontianak dan sekitarnya)

Particulate Matter 10 (PM_{10})

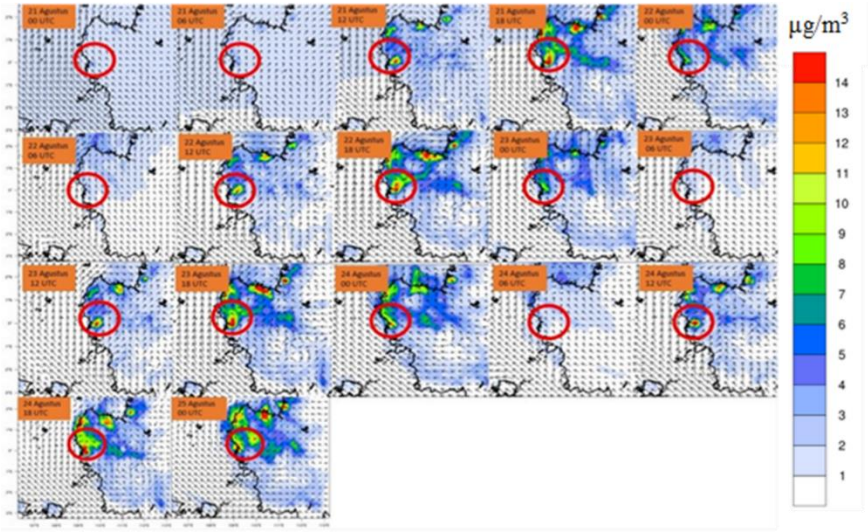
Pola yang dihasilkan dari perbandingan grafik antara data keluaran model WRF-Chem dan data observasi yang ditampilkan pada **Gambar 5** menunjukkan kesesuaian yang cukup baik. Hal ini terlihat dari garis tren yang menunjukkan peningkatan dominan pada waktu yang sama, yaitu sekitar pukul 09.00 UTC.

Hasil keluaran model cenderung mengalami peningkatan konsentrasi polutan dari pukul 10.00 UTC hingga 22.00 UTC, sementara grafik data observasi menunjukkan fluktuasi. Pada **Gambar 5**, grafik hasil keluaran model menunjukkan kualitas udara yang memburuk pada hari keempat, sedangkan data observasi mencatat paparan tertinggi terjadi pada hari pertama, ketiga, dan keempat. Peningkatan konsentrasi polutan ini dapat meningkatkan risiko terhadap kesehatan masyarakat (Anggarani et al., 2016).



Gambar 5. Perbandingan PM_{10} antara model dan observasi di Kota Pontianak

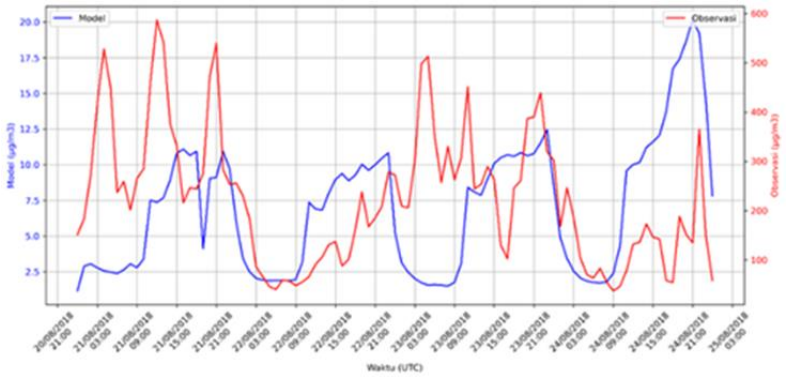
Hasil keluaran model WRF-Chem menunjukkan distribusi PM_{10} di Kota Pontianak, yang ditandai dengan lingkaran pada visualisasi data. Pola sebaran dalam **Gambar 6** mengindikasikan bahwa distribusi partikel polutan cenderung stabil, dengan konsentrasi tertinggi terjadi sekitar pukul 12 UTC, mencapai puncaknya pada pukul 18 UTC, dan kemudian menurun kembali pada pukul 00 UTC. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui prinsip-prinsip fisika. Gambar tersebut juga menunjukkan pola peningkatan konsentrasi pada pukul 00 UTC, 12 UTC, dan 18 UTC, dengan kisaran nilai antara 5 hingga 7 µg/m³. Kondisi ini dipengaruhi oleh faktor atmosfer di Kota Pontianak, khususnya kecepatan angin yang bergerak dari tenggara ke utara. Dalam hal ini, prinsip momentum berperan dalam menentukan konsentrasi dan penyebaran PM10 di wilayah tersebut (Masyhudi et al., 2018). Menurut Sasmita et al., (2019) bahwa penyebaran dan pergerakan polutan sangat dipengaruhi oleh arah serta kecepatan angin. Peningkatan kecepatan angin dapat menyebabkan meningkatnya konsentrasi partikulat di suatu area. Pada rentang waktu 12 UTC hingga 00 UTC, terdapat zona divergensi yang dipengaruhi oleh prinsip kontinuitas, sehingga menyebabkan perubahan dalam aliran udara dan mendukung penyebaran partikel polutan. Akibatnya, pergerakan massa udara yang menyebar dapat berkontribusi pada akumulasi atau pengurangan konsentrasi polutan di wilayah tersebut. Kenaikan suhu udara pada siang hari, seperti yang terlihat pada pukul 06 UTC, dapat meningkatkan energi kinetik, memungkinkan partikel bergerak lebih cepat dan tersebar dalam jarak yang lebih jauh (Sukmawati & Warisaura, 2023). Pemuaian udara akibat peningkatan suhu menyebabkan konsentrasi partikel PM_{10} cenderung berkurang di permukaan, dengan rentang nilai sekitar 2,5 hingga 5 µg/m³. Hal ini terjadi karena partikel tersebut terdorong naik ke atmosfer dan tersebar lebih luas. Variasi suhu dan kecepatan angin sepanjang siang hari berperan penting dalam menentukan pola dispersi dan konsentrasi PM_{10}. Suhu yang lebih tinggi memungkinkan partikel bergerak lebih jauh, sementara angin berkontribusi dalam memperluas penyebaran polutan (Turyanti et al., 2016).



Gambar 6. Sebaran PM_{10} wilayah Kalimantan Bagian Barat pada 21 – 25 Agustus 2018 (lingkaran merah = Wilayah Kota Pontianak dan sekitarnya)

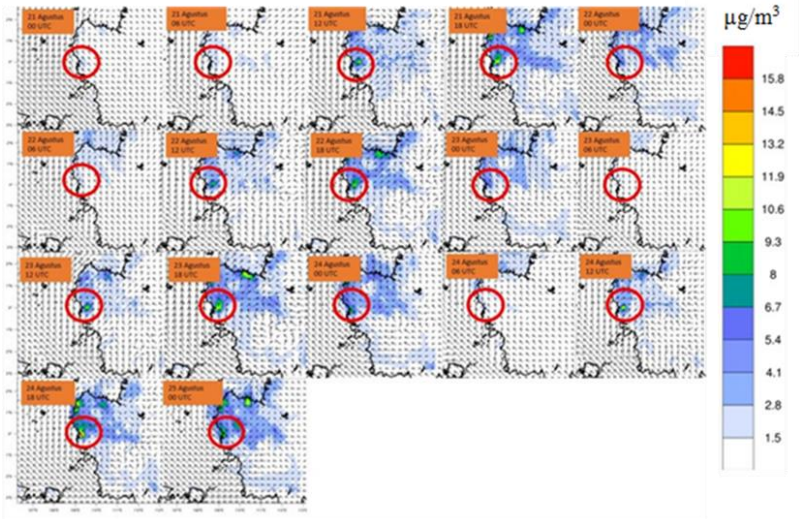
Particulate Matter 2.5 ($PM_{2.5}$)

Perbandingan antara $PM_{2.5}$ berdasarkan hasil keluaran model WRF-Chem dan data observasi (**Gambar 7**) menunjukkan adanya *lag time* pada hari pertama dan kedua, meskipun tetap terjadi peningkatan konsentrasi yang cukup signifikan. Namun, pada hari ketiga dan keempat, grafik menunjukkan pola peningkatan yang terjadi pada waktu yang sama, yaitu antara pukul 09.00 hingga 21.00 UTC, dengan kenaikan yang cukup tinggi. Peningkatan konsentrasi $PM_{2.5}$ yang melebihi ambang batas dapat memperburuk kualitas udara, yang berpotensi menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan masyarakat. Paparan polutan ini dapat menyebabkan gangguan pernapasan seperti Infeksi Saluran Pernapasan Atas (ISPA), serta berdampak pada ekosistem dan makhluk hidup di sekitarnya (Sembiring, 2020).



Gambar 7. Perbandingan $PM_{2.5}$ antara model dan observasi di Kota Pontianak

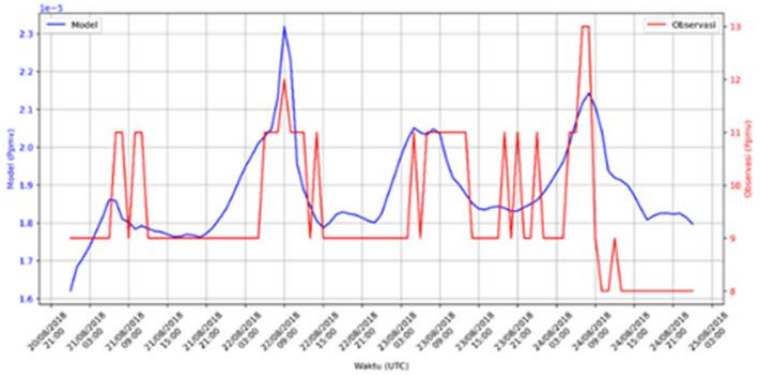
Distribusi partikel polutan $PM_{2.5}$ di Kota Pontianak ditampilkan pada **Gambar 8**, yang menunjukkan bahwa secara umum konsentrasi polutan meningkat pada malam hari. Fenomena ini dapat dijelaskan melalui prinsip-prinsip fisika. Pola peningkatan ditandai dengan lingkaran, di mana konsentrasi polutan mulai naik pada pukul 12 UTC, 18 UTC, hingga mencapai puncaknya pada 00 UTC, dengan nilai tertinggi sekitar 15,8 µg/m³. Peristiwa ini dapat dijelaskan melalui interaksi dengan persamaan momentum. Peta spasial seperti pada **Gambar 2, 4, 6, 8, dan 10**, menunjukkan bahwa angin bergerak dari tenggara ke utara. Berdasarkan persamaan momentum, pergerakan angin ini dapat menyebabkan penyebaran partikel polutan ke wilayah yang lebih luas. Peningkatan konsentrasi polutan ini dipengaruhi oleh kecepatan dan perubahan arah angin. Selain itu, zona divergensi angin yang dipengaruhi oleh prinsip kontinuitas mengubah pola aliran udara, yang pada akhirnya menyebabkan partikel $PM_{2.5}$ tersebar lebih luas ke berbagai daerah. Selain faktor arah dan kecepatan angin, suhu udara juga berperan penting dalam penyebaran polutan. Berdasarkan konsep termodinamika, suhu yang lebih rendah pada malam hingga pagi hari menciptakan kondisi atmosfer yang stabil, mengurangi proses konveksi, dan menyebabkan polutan lebih sulit terdispersi (Mughozali et al., 2018). Ketika suhu lebih rendah, partikel polutan cenderung tetap berada di udara dan tidak tersebar secara luas, sehingga mengakibatkan peningkatan konsentrasi polutan pada malam hari (Sari et al., 2019).



Gambar 8. Sebaran $PM_{2.5}$ wilayah Kalimantan Bagian Barat pada 21 – 25 Agustus 2018 (lingkaran merah = Wilayah Kota Pontianak dan sekitarnya)

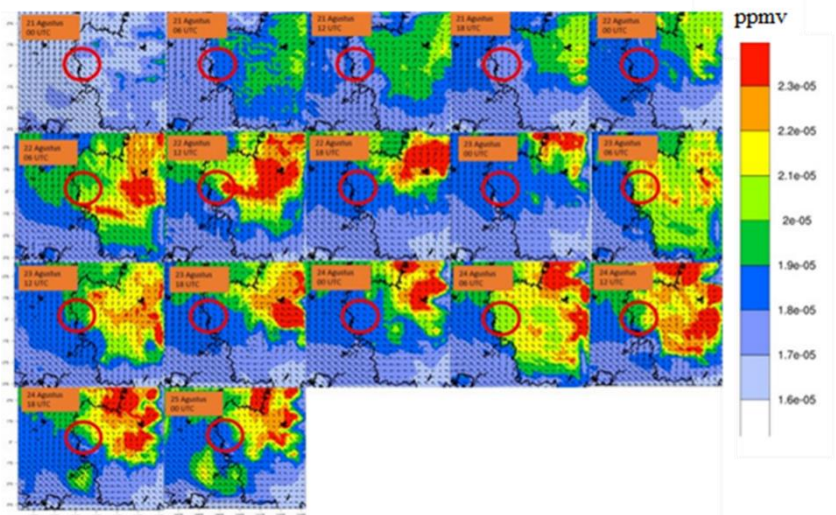
Nitrogen Dioksida (NO_2)

Grafik perbandingan konsentrasi gas Nitrogen Dioksida (NO_2) antara hasil keluaran model WRF-Chem dan data observasi (**Gambar 9**) pada hari pertama dan kedua menunjukkan pola yang serupa, dengan peningkatan dominan terjadi pada pukul 06.00 UTC. Namun, antara pukul 15.00 UTC hingga dini hari, nilai konsentrasi cenderung stabil. Pada hari ketiga, data observasi menunjukkan fluktuasi antara pukul 04.00 hingga 00.00 UTC, sementara hasil model mengalami peningkatan dari pukul 00.00 hingga 12.00 UTC. Sedangkan pada hari keempat, kedua data menunjukkan tren peningkatan yang sama antara pukul 04.00 hingga 12.00 UTC, sebelum akhirnya kembali stabil. Berdasarkan pola ini, dapat diuraikan bahwa konsentrasi polutan gas NO_2 dalam hasil model cenderung lebih rendah dari kenyataan (*underestimate*).



Gambar 9. Perbandingan NO_2 antara model dan observasi di Kota Pontianak

Hasil keluaran model WRF-Chem menunjukkan bahwa distribusi gas Nitrogen Dioksida (NO_2) di wilayah Pontianak dan sekitarnya, yang ditandai dalam lingkaran, dipengaruhi oleh dinamika atmosfer dan dapat dijelaskan melalui konsep fisika. **Gambar 10** memperlihatkan bahwa sebaran NO_2 paling tinggi terjadi di wilayah Pontianak pada pukul 06 UTC, dengan konsentrasi mencapai 2e-05 ppmv, yang berbanding terbalik dengan konsentrasi polutan *Particulate Matter*. Pergerakan dan distribusi NO_2 bergantung pada kecepatan serta arah angin, sebagaimana dijelaskan dalam persamaan momentum. Ketika kecepatan angin meningkat, momentum angin dapat membawa NO_2 lebih jauh dan menyebarkannya ke berbagai arah, sehingga distribusinya menjadi lebih luas. Peningkatan suhu udara hingga 34 ºC pada pukul 06 UTC meningkatkan energi kinetik molekul NO_2, mempercepat pergerakan dan difusi gas tersebut. Suhu yang lebih tinggi memungkinkan NO_2 tersebar lebih luas dan mencapai konsentrasi yang lebih tinggi di atmosfer, sehingga polutan dapat menyebar ke area yang lebih jauh (Hastutiningrum & Sunarsih, 2018; Serlina, 2020). Pada konsep gas ideal mempengaruhi bagaimana suhu mempengaruhi volume dan tekanan gas. Saat suhu tinggi, seperti pada pukul 06 UTC, volume molekul NO_2 mengalami peningkatan. Sebaliknya, ketika suhu lebih rendah, volume molekul NO_2 cenderung menurun. Menurut Kunlestiawati et al., (2023) pada suhu yang lebih rendah, volume partikel berkurang, dan gaya tarik-menarik antarpartikel menjadi lebih dominan. Akibatnya, gas cenderung mengalami kondensasi menjadi cairan, karena gaya tarik antarpartikel lebih kuat dibandingkan energi kinetik yang diperlukan untuk mempertahankan gas dalam fase gas.



Gambar 10. Sebaran NO_2 wilayah Kalimantan Bagian Barat pada 21 – 25 Agustus 2018 (lingkaran merah = Wilayah Kota Pontianak dan sekitarnya)

KESIMPULAN

Model WRF-Chem mampu memvisualisasikan distribusi polutan secara spasial di Kota Pontianak dan sekitarnya, yang berasal dari kebakaran hutan dan lahan di wilayah Kalimantan bagian Barat. Polutan yang dilepaskan ke atmosfer selama kejadian kebakaran hutan dalam penelitian ini meliputi PM_{10}, $PM_{2.5}$, dan NO_2. Peningkatan distribusi polutan dipengaruhi oleh dinamika atmosfer. Hasil simulasi model WRF-Chem menunjukkan bahwa konsentrasi polutan mulai meningkat pada malam hingga pagi hari. Hal ini disebabkan oleh angin dengan kecepatan sekitar 9 m/s yang cukup kuat untuk menyebarkan polutan ke area yang lebih luas. Selain itu, suhu udara yang lebih rendah pada malam hari menyebabkan polutan tetap terkonsentrasi di wilayah yang sama. Pada siang hari, distribusi particulate matter cenderung lebih rendah akibat meningkatnya suhu udara hingga 34ºC. Suhu yang lebih tinggi mendorong partikel naik ke lapisan atas atmosfer, sehingga konsentrasinya di dekat permukaan menurun. Sebaliknya, suhu udara yang tinggi mempercepat pembentukan gas NO_2 di atmosfer, yang kemudian tersebar lebih luas seiring dengan peningkatan konsentrasinya.

DAFTAR PUSTAKA

Anggarani, D. N., Rahardjo, M., & Nurjazuli, N. (2016). Hubungan Kepadatan Lalu Lintas Dengan Konsentrasi Cohb Pada Masyarakat Berisiko Tinggi Di Sepanjang Jalan Nasional Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, *4*(2), 139–148.

Emmanouil, G., Vlachogiannis, D., & Sfetsos, A. (2021). Exploring the ability of the WRF-ARW atmospheric model to simulate different meteorological conditions in Greece. *Atmospheric Research*, *247*, 105226. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105226

Faisal, I., & Sofyan, A. (2019). Analisis Pengaruh Variasi Musiman Terhadap Dispersi No2 Di Kota Tangerang Dengan Menggunakan Model WRF-Chem Seasonal Variation Effect On No. 2 Dispersion In Tangerang Using Wrf-Chem Model. *J. Tekn. Lingk*, *25*(1), 1–14.

Hastutiningrum, S., & Sunarsih, S. (2018). Analisis Hubungan Aktivitas Kendaraan Bermotor Terhadap Konsentrasi SO2 dan NO2 di Udara Ambien (Studi Kasus: Jl. Panembahan Senopati Yogyakarta). *JURNAL TEKNOLOGI TECHNOSCIENTIA*, 85–94.

Heriyanto, E., & Nuryanto, D. E. (2014). Prediksi Sebaran Asap Kebakaran Hutan/Lahan Menggunakan WRF/CHEM (Studi Kasus: Tanggal 14 dan 20 Juni 2012, Pekanbaru-Riau). *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, *15*(1).

Kunlestiawati, K., Muldiani, R. F., & Pratama, D. (2023). Analisis Model Persamaan Gas Nyata Pada Eksperimen Hukum Gay-Lussac Dan Boyle. *Science and Physics Education Journal (SPEJ*, *7*(1), 1–7.

Masyhudi, M. A., Fatahillah, A., & Setiawan, T. B. (2018). Pemodelan matematika penyebaran polutan udara di kawasan pltu menggunakan metode volume hingga. *Kadikma*, *9*(3), 194–203.

Maulia, S. T., Utami, S., & Ichsan, M. (2023). Dampak Polusi Udara Akibat Kebakaran Hutan Dan Lahan Serta Upaya Pengurangannya Untuk Mempertahankan Ketahanan Energi. *Jurnal Ketahanan Nasional*, *29*(3), 384–400.

Mughozali, S., Umar, P., & Irawan, A. (2018). *Analisis Hujan Lebat dan Angin Kencang di Wilayah Banjarnegara Study Kasus Rabu 8 November 2017*.

Nuryanto, N., & Melinda, S. (2023). Identifikasi Sumber Particulate Matter (PM) 2.5 di Sorong Berdasarkan READY Hysplit Backward Trajectory. *Buletin GAW Bariri (BGB)*, *4*(1), 11–20.

Parra, R. (2024). Impact of Cumulus Options from Weather Research and Forecasting with Chemistry in Atmospheric Modeling in the Andean Region of Southern Ecuador. In *Atmosphere* (Vol. 15, Issue 6). https://doi.org/10.3390/atmos15060693

Romanov, A. A., Tamarovskaya, A. N., Gusev, B. A., Leonenko, E. V, Vasiliev, A. S., & Krikunov, E. E. (2022). Catastrophic PM2.5 emissions from Siberian forest fires: Impacting factors analysis. *Environmental Pollution*, *306*, 119324. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119324

Saidal Siburian, M. M., & Mar, M. (2020). *Pencemaran Udara dan Emisi Gas Rumah Kaca*. Kreasi Cendekia Pustaka.

Salsabila, H., Turyanti, A., & Nuryanto, D. E. (2021). Estimation of the spatial distribution of maximum PM10 and PM2.5 concentration in Bandung City and surrounding countries using WRF-Chem Model (case study in July and October 2018). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *893*(1), 12044. https://doi.org/10.1088/1755-1315/893/1/012044

Sari, I. R. J., Fatkhurrahman, J. A., & Andriani, Y. (2019). Pola sebaran polutan PM 2.5 dan PM 10 harian terhadap faktor suhu dan kelembaban. *Prosiding Sains Nasional Dan Teknologi*, *1*(1).

Sasmita, A., Andrio, D., & Hasibuan, P. (2019). Pemetaan Sebaran Partikulat Dari Pembakaran Limbah Padat Industri Pengolahan Sawit, Di Kabupaten Kampar, Riau. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, *18*(2), 57–67.

Sembiring, E. T. J. (2020). Risiko Kesehatan Pajanan Pm2, 5 Di Udara Ambien Pada Pedagang Kaki Lima Di Bawah Flyover Pasar Pagi Asemka Jakarta. *Jurnal Teknik Lingkungan*, *26*(1), 101–120.

Serlina, Y. (2020). Pengaruh Faktor Meteorologi Terhadap Konsentrasi NO2 di Udara Ambien (Studi Kasus Bundaran Hotel Indonesia DKI Jakarta). *Jurnal Serambi Engineering*, *5*(3).

Sukmawati, P. D., & Warisaura, A. D. (2023). Analisis Pengaruh Faktor Meteorologi Terhadap Konsentrasi Gas Monoksida dan Particulate Matter di Jalan Gejayan, Yogyakarta. *Jurnal Serambi Engineering*, *8*(3).

Tampubolon, A. P. C., & Boedisantoso, R. (2016). Analisis persebaran polutan karbon monoksida dan partikulat dari kebakaran hutan di Sumatera Selatan. *Jurnal Teknik ITS*, *5*(2), C160–C165.

Turyanti, A., June, T., Aldrian, E., & Noor, E. (2016). Analisis pola dispersi partikulat dan sulfurdioksida menggunakan model wrfchem di sekitar wilayah industri tangerang dan jakarta (analysis of particulate and sulfurdioxide pattern dispersion using wrfchem model over industrial area in tangerang). *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, *23*(2), 169–178.

Zhang, Y., Zhang, X., Wang, L., Zhang, Q., Duan, F., & He, K. (2016). Application of WRF/Chem over East Asia: Part I. Model evaluation and intercomparison with MM5/CMAQ. *Atmospheric Environment*, *124*, 285–300. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.07.022