

Pemodelan Sebaran Polutan PM_{10} dan $PM_{2,5}$ Model *Hysplit* pada Kawasan Gentala Arasy Kota Jambi

Rizky Muhamad Ilyas¹, Febri Juita Anggraini¹, dan Zuli Rodhiyah¹

¹Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

Email: surelkiki@gmail.com, febri_juita@unja.ac.id, zuli.rodhiyah@unja.ac.id

Info Artikel

Diterima: 29 Agustus 2022

Disetujui: 5 September 2022

Dipublikasikan: 30 September 2022

Alamat Korespondensi:

febri_juita@unja.ac.id

Copyright © 2022 Jurnal Engineering

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

Abstrak

Kawasan Gentala Arasy Kota Jambi sebagai area wisata berdampingan dengan Sungai Batanghari. Terdapat berbagai macam aktivitas seperti perdagangan, perkantoran, penginapan, pendidikan, dan aktivitas transportasi darat maupun air yang dapat mempengaruhi kualitas udara sehingga menjadi tercemar. Partikulat dapat tersebar ke berbagai daerah yang dapat mengakibatkan gangguan pada sistem pernafasan dan kesehatan. Maka, perlu dilakukannya pemodelan sebaran udara sebagai pertimbangan untuk mengambil kebijakan terkait masalah lingkungan dengan memprediksi arah sebaran polutan dari suatu sumber. Sebaran polutan di udara diprediksi dengan model *Hysplit* menggunakan program READY NOAA *Hysplit*. Hasil penelitian menggunakan model *Hysplit* dapat memprediksi konsentrasi PM_{10} dan $PM_{2,5}$ yang menyebar di sekitar lokasi penelitian dan sejauh mana sebarannya. Arah sebaran PM_{10} dan $PM_{2,5}$ pada saat penelitian sebagian besar mengarah ke arah barat laut Kota Jambi. Adapun daerah yang berpotensi terkena sebaran PM_{10} dan $PM_{2,5}$ meliputi 8 Kecamatan yaitu Pasar Jambi, Danau Teluk, Pelayangan, Jambi Timur, Telanaipura, Jelutung, Jambi Selatan dan Kota Baru. Kecamatan Pasar Jambi, Danau Teluk dan Pelayangan merupakan 3 Kecamatan yang paling beresiko terkena paparan PM_{10} dan $PM_{2,5}$ pada kawasan Gentala Arasy Kota Jambi.

Kata kunci: Model *Hysplit*; Sebaran Polutan; *Particulate Matter*

1. Pendahuluan

Kawasan Gentala Arasy Kota Jambi merupakan area wisata yang berlokasi di kawasan komersial Kota Jambi dan berdampingan dengan Sungai Batanghari. Terdapat berbagai macam aktivitas seperti perdagangan, perkantoran, penginapan, pendidikan, dan aktivitas transportasi darat maupun air yang dapat mempengaruhi kualitas udara sehingga menjadi tercemar. Penelitian Purwaningrum et al., (2018), menunjukkan bahwa konsentrasi PM_{10} di daerah Kecamatan Pasar Jambi melebihi baku mutu dalam PP

No. 22 Tahun 2021 mencapai angka 209,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yang artinya terjadi pencemaran udara oleh partikulat di daerah tersebut. Bahaya yang dapat ditimbulkan oleh PM_{10} karena mampu menembus bagian sensitif sistem pernafasan adalah jika terhirup dapat menyebabkan penyakit pada sistem pernafasannya dan dapat membahayakan jaringan paru-paru dan tenggorokan (Biancofiore et al., 2016). $\text{PM}_{2,5}$ dapat masuk hingga ke dalam paru-paru dan masuk ke dalam aliran darah menyebabkan kardiovaskular, cerebrovascular, berbagai penyakit pernafasan, dan telah diklasifikasikan sebagai penyebab dari kanker paru-paru (WHO, 2019).

Polutan di udara termasuk partikulat dapat tersebar ke berbagai daerah dan terpengaruh oleh kondisi meteorologis. Polutan di udara dapat di prediksi sebarannya dengan pemodelan sebaran udara. Salah satu model yang bisa digunakan dalam memprediksi sebaran polutan di udara ambien adalah model *Hysplit*. Model *Hysplit* adalah sistem yang lengkap untuk menghitung lintasan udara parsel sederhana (trayektori), serta transportasi yang kompleks, dispersi, transformasi kimia, dan simulasi deposisi. *Hysplit* juga telah digunakan dalam berbagai simulasi yang menggambarkan atmosfer transportasi, dispersi, dan deposisi polutan dan bahan berbahaya (Ryan dan Pratama, 2017).

Merujuk dari adanya bahaya yang dapat ditimbulkan oleh PM_{10} dan $\text{PM}_{2,5}$ pada kesehatan manusia serta pergerakannya yang sulit dilihat oleh mata secara langsung, maka perlu dilakukan penelitian mengenai pemodelan sebaran PM_{10} dan $\text{PM}_{2,5}$ pada kawasan Gentala Arasy Kota Jambi dengan model *Hysplit*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran dan perbandingan pola sebaran dari PM_{10} dan $\text{PM}_{2,5}$ yang terjadi pada lokasi tersebut pada hari kerja dan hari libur.

2. Metode Penelitian

a. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam kurun waktu kurang lebih selama 6 bulan. Data konsentrasi polutan partikulat yang digunakan merupakan hasil dari sampel yang diambil pada minggu kedua bulan Agustus 2019. Penelitian ini menggunakan sampel data konsentrasi yang diambil pada kawasan Jembatan Gentala Arasy, tepatnya di halaman Rumah Dinas Gubernur Jambi.

b. Pengumpulan Data

Penelitian dengan pemodelan sebaran polutan menggunakan model *Hysplit* membutuhkan beberapa data utama yaitu data lokasi dan waktu pengambilan sampel, data meteorologis, dan data konsentrasi polutan. Data konsentrasi polutan yang digunakan adalah data olahan dari penelitian yang dilakukan oleh Putri dan Rahmadita (2019). Data meteorologi yang akan digunakan merupakan data sekunder dari *Global Data Assimilation System* (GDAS) yang disesuaikan dengan waktu pengambilan sampel udara. Data pengukuran meteorologi pada kawasan penelitian akan digunakan sebagai validasi data GDAS.

c. Pengolahan Data

Analisis Sebaran PM_{10} dan $\text{PM}_{2,5}$

Dalam teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan model *Hysplit Archive Dispersion* yang merupakan sebuah model sebaran udara yang dikelola oleh NOAA Air Resources Laboratory Amerika Serikat. Pengolahan dispersi model *Hysplit* dilakukan dengan *Run Hysplit Dispersion Model*. Selanjutnya akan dimasukkan data yang telah didapatkan ke dalam model *Hysplit* yaitu

data meteorologi dan konsentrasi PM₁₀ dan/atau PM_{2,5} pada kawasan Gentala Arasy Kota Jambi. Setelah semua data telah di input maka model *Hysplit* akan melakukan proses serta menghasilkan pola sebaran. Analisis yang didapatkan sesuai dengan durasi dan interval yang telah ditentukan yakni 1 kali 24 jam perhari. Berikut adalah langkah dalam menggunakan pemodelan sebaran polutan model *Hysplit*:

1. Membuka laman web *Hysplit* (www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php) dan memilih *run Hysplit Dispersion* model
2. Pilih opsi *Compute archive dispersion* pada tab *Archive Dispersion (all user)*
3. Masukkan tipe polutan dan data meteorologis serta lokasi geografis pengambilan sampel
4. Pilih arsip data meteorologi sesuai dengan waktu pengambilan sampel polutan
5. Masukkan data konsentrasi polutan dan data pendukung lainnya kemudian pilih *Request dispersion run* ketika data telah terisi dan aplikasi akan melakukan komputasi model sebaran polutan

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

- a. Pemodelan Sebaran PM₁₀ dan PM_{2,5} dengan Menggunakan Model *Hysplit* di Kawasan Gentala Arasy Kota Jambi

Pemodelan sebaran PM₁₀ dan PM_{2,5} menggunakan model *Hysplit* memerlukan data meteorologi dan konsentrasi PM₁₀ dan PM_{2,5} untuk didapatkan pola sebaran PM₁₀ dan PM_{2,5}. Kondisi meteorologi merupakan salah satu faktor penentu dalam penyebaran konsentrasi partikulat di udara ambien. Pada saat penelitian, kondisi meteorologi yang diukur adalah kecepatan dan arah angin, suhu udara, tekanan udara, serta kelembaban udara. Pada penelitian ini, data meteorologi dan konsentrasi PM₁₀ dan PM_{2,5} menggunakan data hasil penelitian Putri dan Rahmadita (2019). Adapun data tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

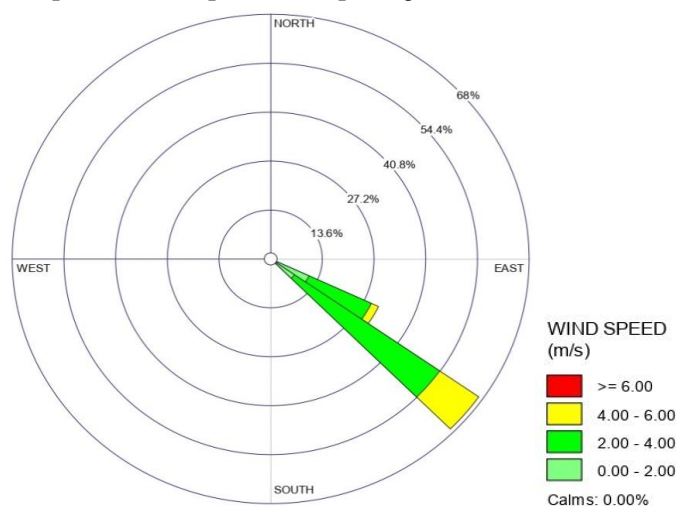
Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Meteorologi dan Konsentrasi PM₁₀ dan PM_{2,5}

Hari Ke-	Konsentrasi PM ₁₀ (µg/m ³)	Konsentrasi PM _{2,5} (µg/m ³)	Kecepatan Angin (m/s)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Tekanan Udara (kPa)
1	24,41	31,30	2,30	27,15	53,00	100,90
2	5,23	62,88	2,35	27,75	62,20	100,85
3	10,52	43,87	2,30	29,15	60,20	100,85
4	14,05	54,44	1,65	31,20	58,75	100,75
5	10,54	50,88	1,60	30,05	57,80	100,80
6	10,55	29,88	1,50	32,10	55,55	100,50

Sumber: Putri dan Rahmadita, 2019

Data konsentrasi PM₁₀ dan PM_{2,5} serta data meteorologi dari penelitian Putri dan Rahmadita (2019) yang digunakan pada penelitian ini dilakukan selama 6 hari berturut-turut yaitu dimulai dari Rabu, 7 Agustus 2019 sampai dengan Senin, 12 Agustus 2019. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan alat *Nano Sampler*. Berdasarkan tabel 1, dapat dilihat bahwa konsentrasi PM₁₀ tertinggi terjadi pada hari pertama pengukuran yaitu Rabu, 7 Agustus 2019 sebesar 24,41 µg/m³. Konsentrasi PM_{2,5} tertinggi sebesar 62,88 µg/m³ terjadi pada hari kedua pengukuran yaitu Kamis, 8 Agustus 2019. Sedangkan, konsentrasi terendah PM₁₀ terjadi pada hari kedua pengukuran yaitu sebesar 5,23 µg/m³ dan konsentrasi PM_{2,5} terendah terjadi pada hari terakhir pengukuran yaitu Senin, 12 Agustus 2019 sebesar 29,88 µg/m³.

Pengukuran kecepatan angin menggunakan alat *anemometer*. Berdasarkan tabel 1, kecepatan angin di kawasan Gentala Arasy berkisar antara 1,60 m/s sampai dengan 2,35 m/s. Kecepatan angin tertinggi terjadi pada hari kedua penelitian yaitu sebesar 2,35 m/s, sedangkan kecepatan angin terendah terjadi pada hari terakhir penelitian yaitu sebesar 1,60 m/s. Data kecepatan dan arah angin selanjutnya dibuatkan ke dalam *wind rose* yang dibuat dengan menggunakan *software* WRPLOT. *Wind rose* merupakan salah satu metode untuk merepresentasikan kejadian angin dengan kecepatan tertentu dari berbagai arah dalam periode waktu pencatatan (Purwono dan Sismiani, 2018). *Wind rose* di Kawasan Gentala Arasy selama waktu penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. *Windrose* Selama Periode Penelitian di Kawasan Gentala Arasy

Wind rose digambarkan dalam format melingkar dengan jari-jari yang menunjukkan arah darimana angin bertiup, sedangkan panjang segmen dari jari-jarinya menunjukkan persen dari waktu angin bertiup berdasarkan kecepatannya (Rahmadita, 2019). Berdasarkan data hasil pengukuran, bahwa selama periode penelitian didapatkan hasil bahwa arah angin dominan bertiup dari arah timur dan timur tenggara menuju ke arah barat laut atau menuju ke arah Sungai Batanghari. Hal ini disebabkan karena saat penelitian, pengambilan sampel dilakukan pada bulan Agustus 2019 yang berarti sedang terjadi angin muson timur. Angin muson timur merupakan angin yang mengalir dari Benua Australia (musim dingin) ke Benua Asia (musim panas). Angin muson timur terjadi pada periode April sampai Oktober, maka pada periode ini Indonesia mengalami musim kemarau (Sudarto, 2011).

Selama pengukuran, kawasan Gentala Arasy memiliki suhu berkisar antara 27,15 (°C) sampai dengan 32,10 (°C). Berdasarkan data hasil pengukuran pada tabel 2, suhu tertinggi terjadi pada hari keenam yaitu sebesar 32,10 (°C). Suhu terendah yaitu pada hari pertama penelitian sebesar 27,15 (°C). Kelembaban udara berkisar antara 53,00% sampai dengan 62,20% di kawasan Gentala Arasy sebagai lokasi sampling. Kelembaban udara tertinggi terjadi pada hari kedua penelitian yaitu sebesar 62,20% sedangkan kelembaban udara terendah terjadi pada hari pertama penelitian yaitu sebesar 53,00%.

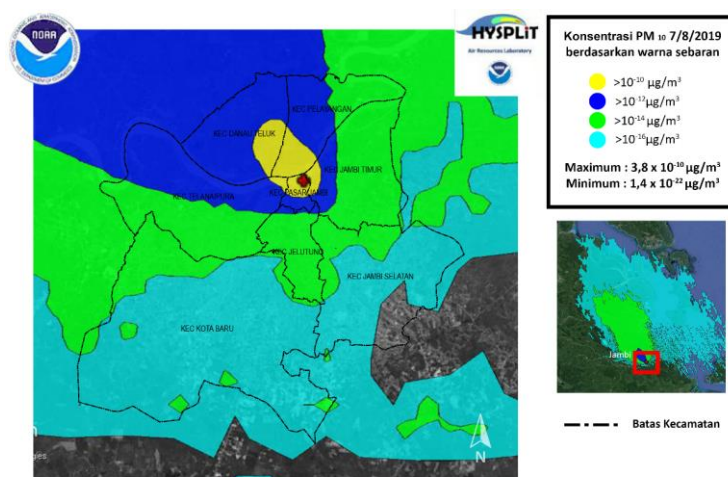
Tekanan udara di kawasan Gentala Arasy berkisar antara 100,50 kPa sampai dengan 100,90 kPa. Tekanan udara tertinggi terjadi pada hari pertama penelitian yaitu sebesar 100,90 kPa. Tekanan udara terendah yaitu sebesar 100,50 kPa terjadi pada hari keenam penelitian. Pengukuran meteorologi meliputi pengukuran terhadap suhu, tekanan udara dan kelembaban udara menggunakan alat *humidity meter*. Setelah data meteorologi dan konsentrasi PM_{10} dan $PM_{2,5}$ didapatkan, selanjutnya pemodelan dapat dijalankan melalui laman web *Hysplit* (www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php).

Simulasi pemodelan sebaran PM_{10} dan $PM_{2,5}$ menggunakan model *Hysplit*. Perbedaan tingkat konsentrasi sebaran PM_{10} dan $PM_{2,5}$ dibedakan berdasarkan warna kuning, biru tua, hijau dan biru muda yang menandai setiap daerah disekitar lokasi pengambilan sampel. Daerah yang ditandai dengan warna kuning memiliki konsentrasi sebaran PM_{10} dan $PM_{2,5}$ tertinggi selanjutnya konsentrasi sebaran PM_{10} dan $PM_{2,5}$ akan berkurang pada daerah yang ditandai dengan warna biru tua, hijau serta konsentrasi sebaran PM_{10} dan $PM_{2,5}$ terendah pada daerah yang ditandai dengan warna biru muda.

Pemodelan Sebaran PM_{10} dan $PM_{2,5}$ Hari Pertama Pengukuran Rabu, 7 Agustus 2019

Konsentrasi PM_{10} sebesar $24,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pada hari pertama pengukuran Rabu, 7 Agustus 2019 merupakan konsentrasi PM_{10} tertinggi selama penelitian namun kelembaban udara pada Rabu, 7 Agustus 2019 menjadi yang terendah selama penelitian yaitu sebesar 53%. Hal ini menunjukkan bahwa ketika kelembaban udara relatif turun maka konsentrasi PM_{10} akan naik. Kejadian ini disebabkan karena ketika kelembaban udara rendah, maka keadaan udara akan kering sehingga sumber pencemar/polutan akan mudah terangkat dan meningkatkan nilai konsentrasi PM_{10} (Cahyadi et al., 2016).

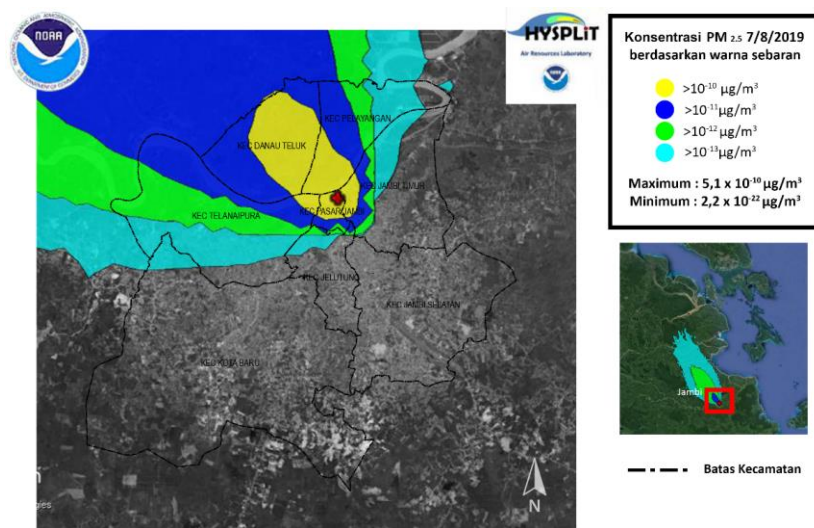
PM_{10} pada Rabu, 7 Agustus 2019 mampu menyebar hingga 398,20 Km dari lokasi pengambilan sampel. Adapun hasil simulasi pemodelan sebaran PM_{10} pada Rabu, 7 Agustus 2019 dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Simulasi Sebaran PM_{10} pada Rabu, 7 Agustus 2019

Berdasarkan gambar 2 dapat dilihat bahwa, Kecamatan Pasar Jambi ditandai dengan daerah berwarna kuning. Kecamatan Danau Teluk, Kecamatan Pelayangan dan Telanaipura ditandai dengan daerah berwarna biru tua. Kecamatan Jelutung, dan Kecamatan Jambi Timur ditandai dengan daerah berwarna hijau. Kecamatan Jambi Selatan dan Kecamatan Kota Baru ditandai dengan daerah berwarna biru muda. Adapun konsentrasi sebaran PM_{10} secara berturut-turut adalah sebesar $>10^{-10} \mu\text{g}/\text{m}^3$, $>10^{-12} \mu\text{g}/\text{m}^3$, $>10^{-14} \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan $>10^{-16} \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pada Rabu, 7 Agustus 2019 arah angin dominan bertiup ke arah tenggara yang menyebabkan daerah-daerah tersebut terkena paparan sebaran PM_{10} berdasarkan simulasi model *Hysplit*.

Konsentrasi $PM_{2,5}$ pada Rabu, 7 Agustus 2019 adalah sebesar $31,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. $PM_{2,5}$ mampu menyebar hingga 199,42 Km dari lokasi pengambilan sampel. Adapun hasil pemodelan sebaran konsentrasi $PM_{2,5}$ pada Rabu, 7 Agustus 2019 ditunjukkan pada gambar 3.



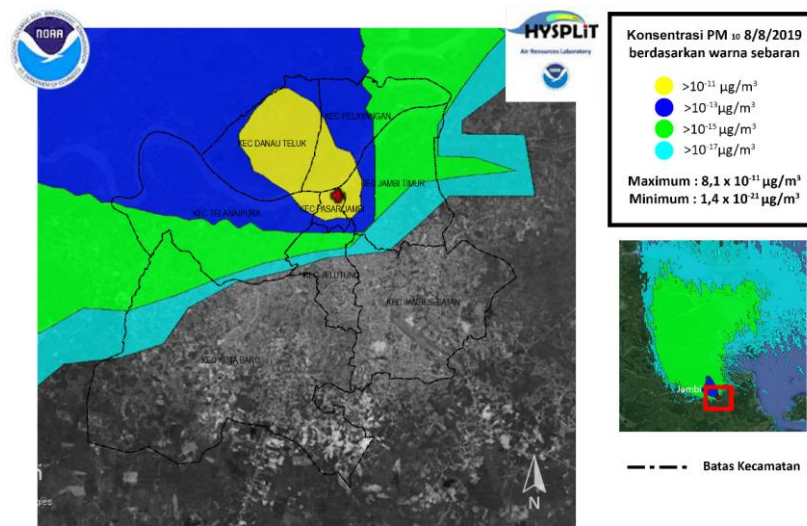
Gambar 3. Simulasi Paparan $PM_{2,5}$ pada Rabu, 7 Agustus 2019

Berdasarkan gambar 3, nilai maksimum konsentrasi $PM_{2,5}$ adalah sebesar $5,1 \times 10^{-10} \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan nilai minimum konsentrasi $PM_{2,5}$ adalah sebesar $2,2 \times 10^{-22} \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kecamatan Pasar Jambi dan Kecamatan Danau Teluk ditandai dengan daerah berwarna kuning dengan konsentrasi $PM_{2,5}$ tertinggi sebesar $10^{-10} \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini disebabkan karena rendahnya kecepatan angin sehingga $PM_{2,5}$ berkumpul di daerah tersebut. Kecepatan angin pada Rabu, 7 Agustus 2019 relatif rendah yaitu sebesar 2,30 m/s. Saat Kecepatan angin rendah, $PM_{2,5}$ akan cenderung diam dan berkumpul disuatu lokasi yang menyebabkan konsentrasi $PM_{2,5}$ di daerah tersebut akan tinggi. Sebaliknya, kecepatan angin yang tinggi akan membuat $PM_{2,5}$ menyebar ke daerah sekitarnya (Yardi, 2018). Kecamatan Pelayangan, Kecamatan Telanaipura dan Kecamatan Jambi Timur ditandai dengan daerah berwarna biru tua, hijau dan biru muda secara berturut-turut. Dengan konsentrasi sebaran $PM_{2,5}$ masing-masing warna yang menandai daerah tersebut adalah sebesar $10^{-11} \mu\text{g}/\text{m}^3$, $10^{-12} \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan $10^{-13} \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Pemodelan Sebaran PM_{10} dan $PM_{2,5}$ Hari Kedua Pengukuran Kamis, 8 Agustus 2019

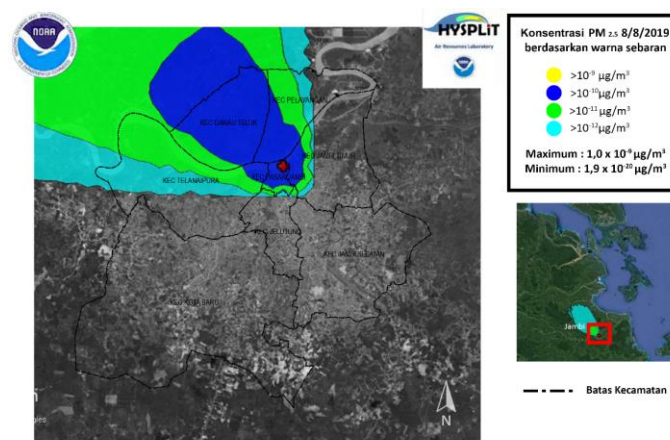
Hasil pengukuran konsentrasi PM_{10} di kawasan Gentala Arasy pada Kamis, 8 Agustus 2019 adalah sebesar $5,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$. atau dapat dikatakan bahwa konsentrasi PM_{10} pada Jumat, 9 Agustus 2019 jauh dibawah baku mutu konsentrasi PM_{10} yang telah ditetapkan pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yaitu sebesar $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Meskipun demikian, bahaya PM_{10} tetap tidak bisa diabaikan. Menurut WHO (2019), paparan PM_{10} dalam waktu singkat dapat mempengaruhi reaksi radang paru-paru, ISPA (Infeksi saluran pernafasan atas), dan gangguan pada sistem kardiovaskular. Bahkan dapat mengakibatkan kematian dalam jangka panjang.

Kecepatan angin pada Kamis, 8 Agustus 2019 sebesar 2,35 m/s atau yang paling tinggi selama penelitian dapat mendorong menyebarnya PM_{10} sejauh 470,80 Km dari lokasi pengambilan sampel. Hal ini disebabkan karena, kecepatan angin mempengaruhi penyebaran PM_{10} . Kecepatan angin yang tinggi membuat PM_{10} menyebar ke daerah sekitar pengambilan sampel (Yardi, 2018). Nilai konsentrasi maksimum PM_{10} pada Kamis, 8 Agustus 2019 adalah sebesar $8,1 \times 10^{-11} \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan nilai konsentrasi minimum sebesar $1,4 \times 10^{-21} \mu\text{g}/\text{m}^3$. Adapun hasil simulasi pemodelan sebaran PM_{10} menggunakan model *Hysplit* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Simulasi Paparan PM_{10} pada Kamis, 8 Agustus 2019

Gambar 4 menunjukkan bahwa pada Kamis, 8 Agustus 2019 PM_{10} mampu menyebar ke daerah-daerah disekitar lokasi pengambilan sampel meliputi Kecamatan Pasar Jambi dan Kecamatan Danau Teluk yang ditandai dengan daerah berwarna kuning. Kecamatan Pelayangan, Kecamatan Jambi Timur dan Kecamatan Telanaipura ditandai dengan daerah berwarna biru tua, hijau dan biru muda. Selanjutnya, simulasi pemodelan sebaran $PM_{2,5}$ dengan model *Hysplit* pada Kamis, 8 Agustus 2019 dapat dilihat pada gambar 5.

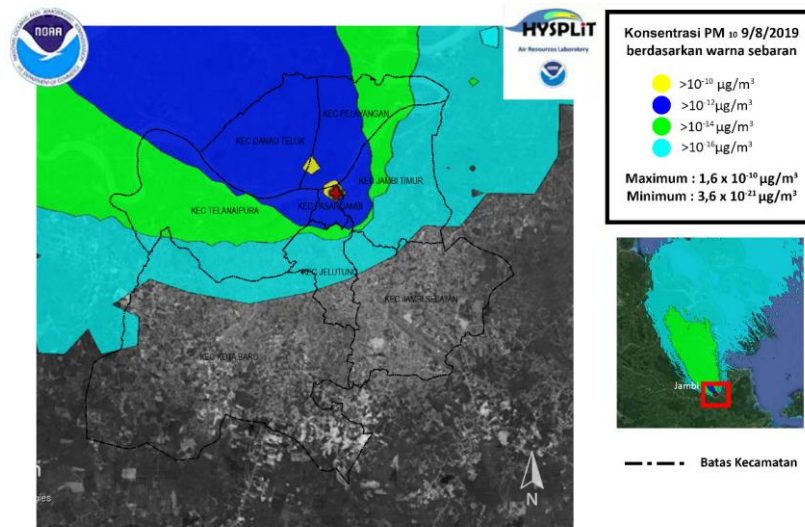


Gambar 5. Simulasi Paparan $PM_{2,5}$ pada Kamis, 8 Agustus 2019

Berdasarkan gambar 5 terlihat bahwa sebaran $PM_{2,5}$ melewati daerah Kecamatan Pasar Jambi dan Kecamatan Danau Teluk yang ditandai dengan warna biru tua. Kecamatan Pelayangan dan Jambi Timur ditandai dengan warna hijau sedangkan Kecamatan Telanaipura ditandai dengan daerah berwarna biru muda. Semakin jauh sebaran $PM_{2,5}$ dari lokasi pengambilan sampel maka konsentrasinya akan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena suhu udara yang tinggi saat pengambilan sampel membuat konsentrasi $PM_{2,5}$ terdispersi ke daerah di sekitar lokasi penelitian (Hadi, 2021). Selain itu, juga berkenaan dengan kemampuan lingkungan untuk memulihkan dan mereduksi beban pencemar secara alamiah atau yang disebut sebagai *self purification* (Wahyuningsih et al., 2019).

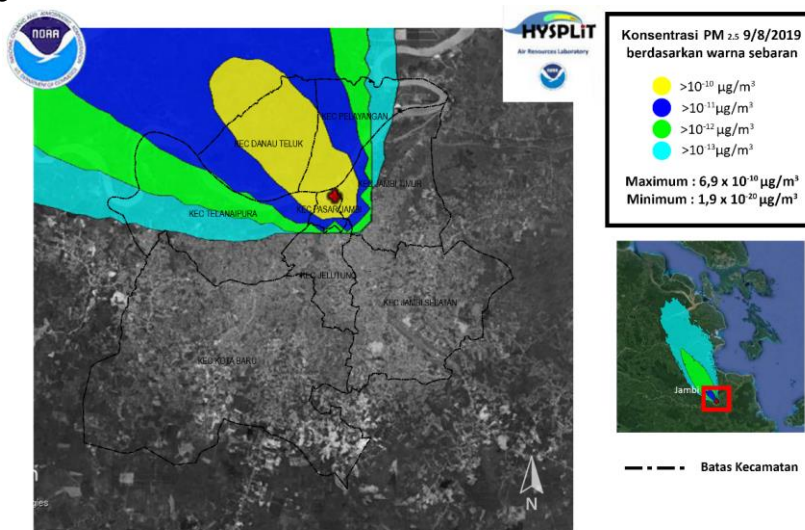
Pemodelan Sebaran PM_{10} dan $PM_{2,5}$ Hari Ketiga Pengukuran Jumat, 9 Agustus 2019

Pada Jumat, 9 Agustus 2019 angin dominan bertiup ke arah tenggara dan mampu menyebar hingga 556,54 Km dari lokasi pengambilan sampel. Saat pengambilan sampel tengah terjadi angin muson timur. Dimana angin akan mengalir dari Benua Australia menuju Benua Asia (Sudarto, 2011) yang mengakibatkan angin bertiup dari arah tenggara atau akan menjauhi lokasi pengambilan sampel menuju ke arah Sungai Batanghari. Hasil pemodelan sebaran PM_{10} menggunakan model Hysplit pada Jumat, 9 Agustus 2019 dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Simulasi Sebaran Paparan PM_{10} pada Jumat, 9 Agustus 2019

Adapun daerah yang berpotensi terkena sebaran PM_{10} adalah Kecamatan Pasar Jambi, Kecamatan Danau Teluk dan Kecamatan Pelayangan ditandai dengan daerah berwarna biru tua. Kecamatan Jambi Timur dan Kecamatan Telanaipura ditandai dengan warna hijau. Sedangkan, Kecamatan Jelutung ditandai dengan warna biru muda. Adapun konsentrasi sebaran PM_{10} secara berturut-turut adalah sebesar $>10^{-12}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$, $>10^{-14}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan $>10^{-16}$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Selanjutnya, analisis sebaran $PM_{2,5}$ pada Jumat, 9 Agustus 2019 dapat dilihat pada gambar 7.

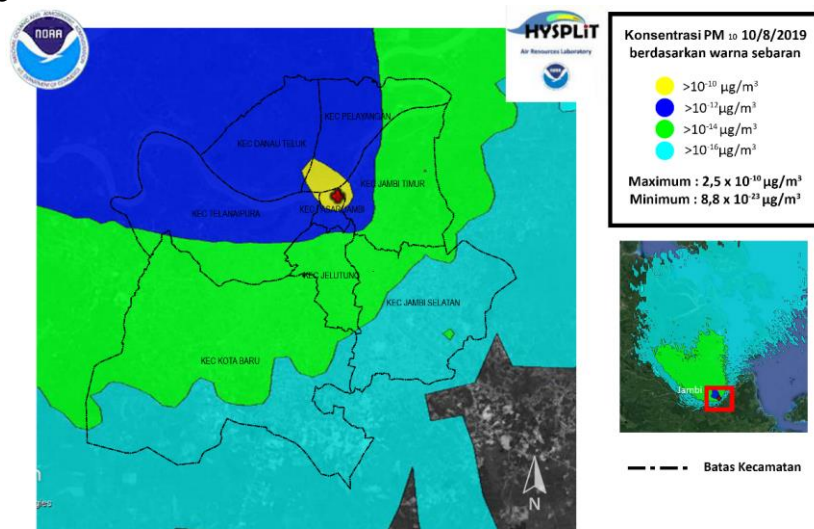


Gambar 7. Simulasi Sebaran Paparan $PM_{2,5}$ pada Jumat, 9 Agustus 2019

Terlihat pada gambar 7 bahwa, Kecamatan Pasar Jambi dan Danau Teluk ditandai dengan daerah berwarna kuning. Kecamatan Pelayangan ditandai dengan daerah berwarna biru tua. Kecamatan Jambi Timur dan Telanaipura ditandai dengan daerah berwarna hijau. Daerah-daerah tersebut berpotensi terkena sebaran $PM_{2,5}$ karena pada Jumat, 9 Agustus 2019 angin dominan bertiup ke arah tenggara membawa $PM_{2,5}$ melewati daerah-daerah tersebut.

Pemodelan Sebaran PM_{10} dan $PM_{2,5}$ Hari Keempat Pengukuran Sabtu, 10 Agustus 2019

Hasil simulasi sebaran PM_{10} pada Sabtu, 10 Agustus 2019 dapat dilihat pada gambar 8. Konsentrasi maksimum PM_{10} adalah sebesar $2,5 \times 10^{-10} \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan konsentrasi minimum PM_{10} adalah sebesar $8,8 \times 10^{-23} \mu\text{g}/\text{m}^3$.

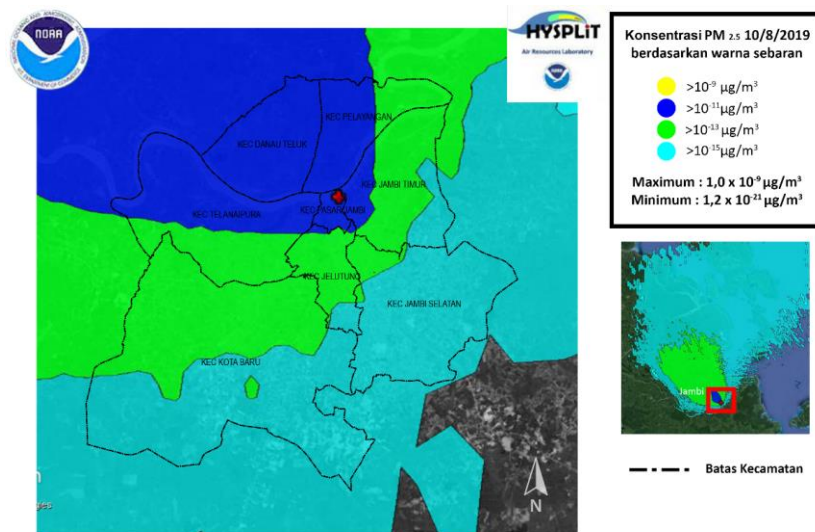


Gambar 8. Simulasi Sebaran Paparan PM_{10} pada Sabtu, 10 Agustus 2019

Adapun daerah yang berpotensi terkena sebaran PM_{10} berdasarkan gambar 8 diantaranya adalah Kecamatan Pasar Jambi yang ditandai dengan daerah berwarna kuning. Kecamatan Danau Teluk, Kecamatan Pelayangan, dan Kecamatan Telanaipura ditandai dengan daerah berwarna biru tua. Kecamatan Jambi Timur dan Kecamatan Jelutung ditandai dengan warna hijau serta Kecamatan Jambi Selatan ditandai dengan daerah berwarna biru muda.

Kecamatan Pasar Jambi ditandai dengan daerah berwarna kuning yang berarti nilai konsentrasi sebaran PM_{10} di daerah tersebut menjadi paling tinggi yaitu sebesar $>10^{-10} \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hal ini dapat disebabkan karena rendahnya kecepatan angin saat pengukuran yaitu sebesar 1,65 m/s. Kecepatan angin mempengaruhi pencampuran dan pendispersian PM_{10} di udara. Ketika kecepatan angin rendah, PM_{10} cenderung akan diam dan terkumpul pada suatu lokasi sehingga konsentrasi PM_{10} di daerah tersebut akan tinggi. Namun sebaliknya, ketika kecepatan angin tinggi akan membuat PM_{10} terdispersi ke daerah sekitarnya (Yardi, 2018).

Selanjutnya, analisis dilakukan untuk melihat sebaran konsentrasi $PM_{2,5}$ pada Sabtu, 10 Agustus 2019. Adapun nilai konsentrasi maksimum $PM_{2,5}$ adalah sebesar $1,0 \times 10^{-9} \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan nilai minimum konsentrasi $PM_{2,5}$ adalah sebesar $1,2 \times 10^{-21} \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil simulasi sebaran $PM_{2,5}$ pada Sabtu, 10 Agustus 2019 dapat dilihat pada gambar 9.



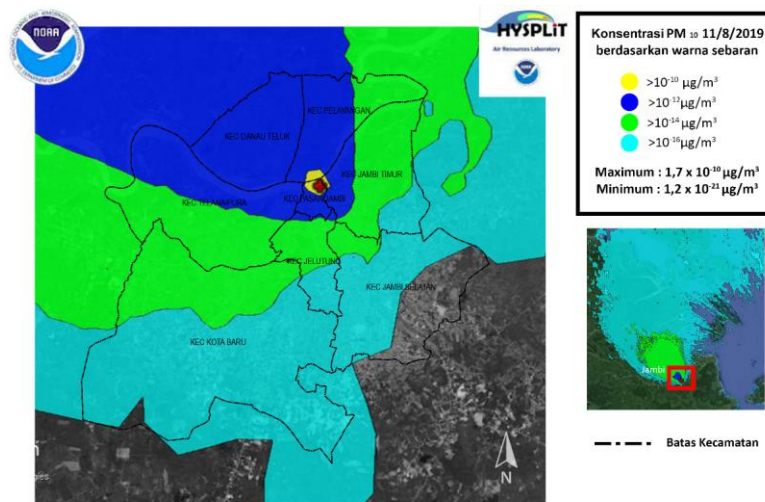
Gambar 9. Simulasi Sebaran Paparan $PM_{2,5}$ pada Sabtu, 10 Agustus 2019

Berdasarkan gambar 9, adapun daerah yang berpotensi terkena sebaran $PM_{2,5}$ adalah Kecamatan Pasar Jambi, Kecamatan Danau Teluk, dan Kecamatan Pelayangan ditandai dengan daerah berwarna biru tua dengan konsentrasi $PM_{2,5}$ sebesar $>10^{-11} \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kecamatan Jambi Timur, Kecamatan Telanaipura dan Kecamatan Jelutung ditandai dengan daerah berwarna hijau dengan konsentrasi $PM_{2,5}$ sebesar $>10^{-13} \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan Kecamatan Jambi Selatan dan Kecamatan Kota Baru ditandai dengan daerah berwarna biru muda dengan konsentrasi $PM_{2,5}$ sebesar $>10^{-15} \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Pada Sabtu, 10 Agustus 2019 kelembaban udara saat penelitian mengalami penurunan jika dibandingkan dengan kelembaban udara pada Jumat, 9 Agustus 2019 yaitu sebesar 58,75% dan suhu udara sebesar $31,20^\circ\text{C}$. Turunnya kelembaban udara mengakibatkan naiknya konsentrasi $PM_{2,5}$ menjadi $54,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Selain itu, menurut Yardi (2018) suhu udara yang tinggi akan mengakibatkan keadaan lingkungan menjadi panas dan kering sehingga $PM_{2,5}$ akan mudah terangkat dan melayang di udara. Oleh karena itu, pada Sabtu, 10 Agustus 2019 sebaran $PM_{2,5}$ mencapai jarak 555,49 km dari lokasi pengambilan sampel.

Pemodelan Sebaran PM_{10} dan $PM_{2,5}$ Hari Kelima Pengukuran Minggu, 11 Agustus 2019

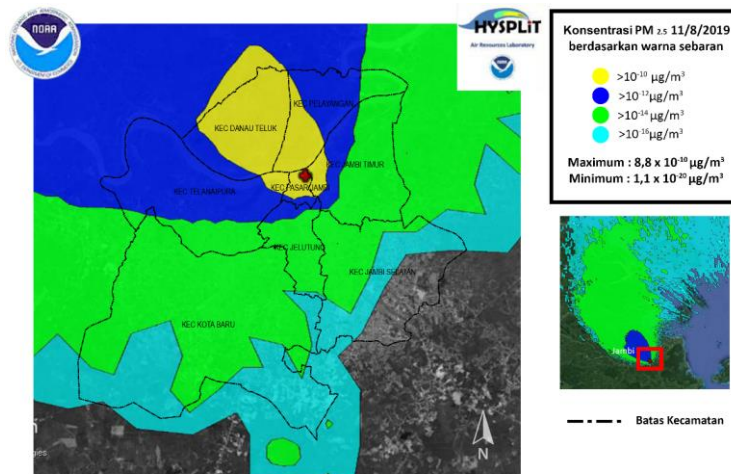
Hasil simulasi sebaran PM_{10} pada Minggu, 11 Agustus 2019 dengan menggunakan model *Hysplit* dapat dilihat pada gambar 10. Konsentrasi PM_{10} sebesar $10,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mampu menyebar sejauh 548,07 Km dari lokasi pengambilan sampel. Adapun nilai konsentrasi maksimum PM_{10} adalah sebesar $1,7 \times 10^{-10} \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan nilai konsentrasi minimum adalah sebesar $1,2 \times 10^{-21} \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Gambar 10. Simulasi Sebaran Paparan PM₁₀ pada Minggu, 11 Agustus 2019

Dapat dilihat pula pada gambar 10 bahwa, daerah yang paling berpotensi terkena paparan PM₁₀ tertinggi ditandai dengan daerah berwarna kuning dengan konsentrasi >10⁻¹⁰ µg/m³ yang meliputi daerah sekitar pengambilan sampel di Kecamatan Pasar Jambi. Kecamatan Danau Teluk dan Kecamatan Pelayangan ditandai dengan daerah berwarna biru tua dengan konsentrasi PM₁₀ sebesar >10⁻¹² µg/m³. Kecamatan Jambi Timur, Kecamatan Jelutung, dan Kecamatan Telanaipura ditandai dengan daerah berwarna hijau dengan konsentrasi PM₁₀ sebesar >10⁻¹⁴ µg/m³. Sedangkan, Kecamatan Kota Baru dan Kecamatan Jambi Selatan ditandai dengan daerah berwarna biru muda dengan konsentrasi PM₁₀ sebesar >10⁻¹⁶ µg/m³. Dengan arah angin dominan bertiup ke arah tenggara melewati daerah-daerah tersebut.

Selanjutnya, simulasi juga dilakukan pada sebaran PM_{2,5}. Adapun Hasil simulasi sebaran PM_{2,5} pada Minggu, 11 Agustus 2019 dengan menggunakan model *Hysplit* dapat dilihat pada gambar 11.

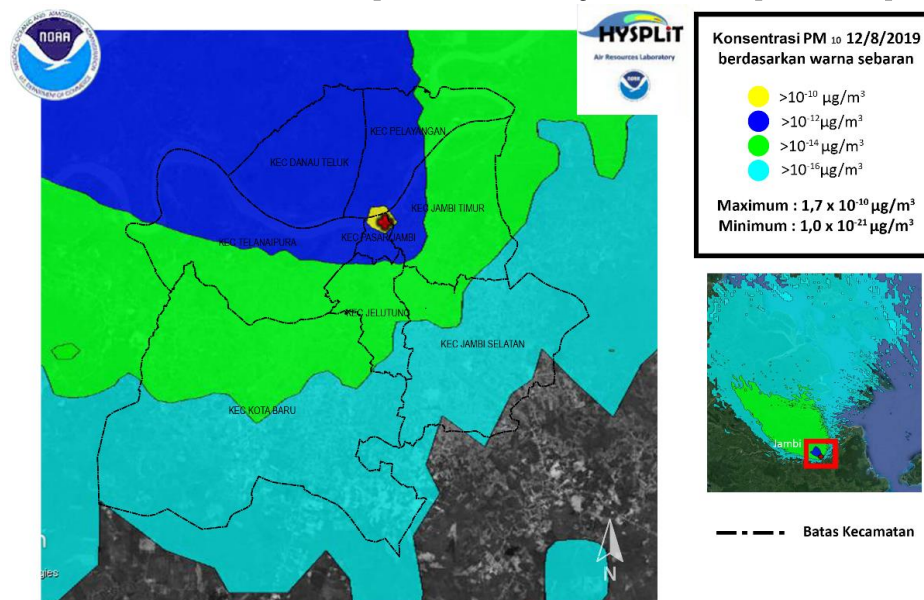


Gambar 11. Simulasi Sebaran Paparan PM_{2,5} pada Minggu, 11 Agustus 2019

Dapat dilihat pada gambar 11 sebaran $PM_{2,5}$ pada Minggu, 11 Agustus 2019 semakin luas dengan konsentrasi maksimum sebesar $8,8 \times 10^{-10} \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan konsentrasi minimum sebesar $1,1 \times 10^{-20} \mu\text{g}/\text{m}^3$ mampu menyebar hingga 619,06 Km dari lokasi pengambilan sampel. Adapun daerah yang berpotensi terkena sebaran $PM_{2,5}$ adalah Kecamatan Pasar Jambi, Danau Teluk dan Pelayangan ditandai dengan daerah berwarna kuning. Kecamatan Telanaipura dan Jambi Timur ditandai dengan daerah berwarna biru tua. Kecamatan Jelutung, Jambi Selatan dan Kota Baru ditandai dengan daerah berwarna hijau. Dengan nilai konsentrasi sebaran $PM_{2,5}$ adalah sebesar $>10^{-10} \mu\text{g}/\text{m}^3$, $>10^{-12} \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan $>10^{-14} \mu\text{g}/\text{m}^3$ secara berturut-turut.

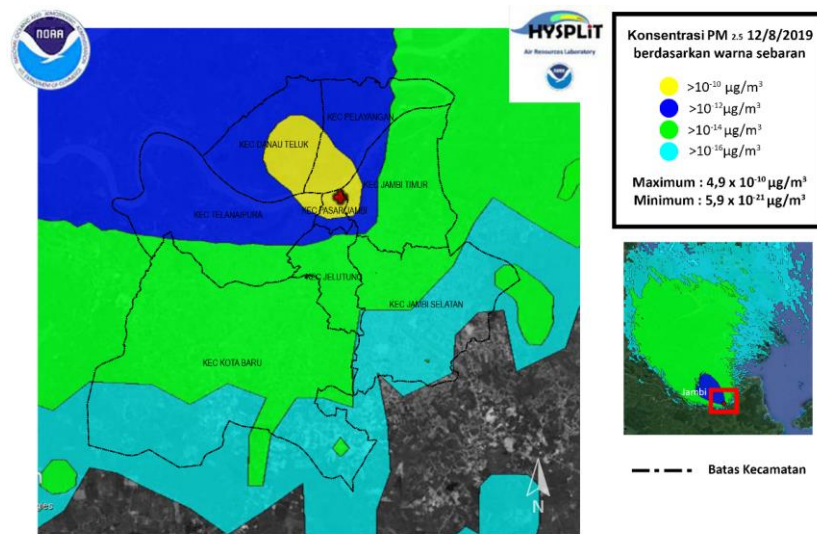
Pemodelan Sebaran PM_{10} dan $PM_{2,5}$ Hari Keenam Pengukuran Senin, 12 Agustus 2019

Pengukuran konsentrasi PM_{10} pada hari keenam pengukuran yaitu Senin, 12 Agustus 2019 adalah sebesar $14,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan menyebar hingga 481,33 Km dari lokasi pengambilan sampel. Adapun nilai maksimum konsentrasi PM_{10} adalah sebesar $1,7 \times 10^{-10} \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan nilai minimum konsentrasi PM_{10} sebesar $1,0 \times 10^{-21} \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil simulasi sebaran PM_{10} pada Senin, 12 Agustus 2019 dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Simulasi Sebaran Paparan PM_{10} pada Senin, 12 Agustus 2019

Selama pengukuran, angin dominan bertiup ke arah tenggara. Adapun daerah yang berpotensi terkena sebaran PM_{10} berdasarkan hasil simulasi pada Senin, 12 Agustus 2019 adalah Kecamatan Pasar Jambi, Kecamatan Danau Teluk, dan Kecamatan Pelayangan yang ditandai dengan daerah berwarna biru tua. Kecamatan Jambi Timur, Kecamatan Jelutung dan Kecamatan Pelayangan ditandai dengan daerah berwarna hijau. Serta Kecamatan Jambi Selatan dan Kecamatan Kota Baru ditandai dengan daerah berwarna biru muda. Selain itu, di lokasi penelitian atau tepatnya di halaman rumah dinas Gubernur Jambi dan sekitarnya ditandai dengan daerah berwarna kuning dengan nilai konsentrasi PM_{10} adalah sebesar $>10^{-10} \mu\text{g}/\text{m}^3$. Selanjutnya, analisis sebaran $PM_{2,5}$ pada Senin, dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Simulasi Sebaran Paparan $PM_{2,5}$ pada Senin, 12 Agustus 2019

Berdasarkan gambar 13, dapat dilihat bahwa Kecamatan Pasar Jambi dan Kecamatan Danau Teluk ditandai dengan daerah berwarna kuning dan nilai konsentrasi sebaran $PM_{2,5}$ tertinggi sebesar $>10^{-10} \mu\text{g}/\text{m}^3$. $PM_{2,5}$ diam dan berkumpul di lokasi tersebut dikarenakan rendahnya kecepatan angin saat penelitian yaitu sebesar 1,50 m/s. Menurut Yardi (2018), kecepatan angin yang tinggi akan membuat $PM_{2,5}$ menyebar. Namun sebaliknya, ketika kecepatan angin rendah $PM_{2,5}$ akan diam dan tidak bergerak. Selanjutnya, terdapat daerah-daerah yang ditandai dengan biru tua, hijau, dan biru muda. Adapun daerah-daerah tersebut adalah Kecamatan Pelayangan, Kecamatan Telanai Pura, Kecamatan Jambi Timur, Kecamatan Jelutung, Kecamatan Kota Baru, dan Kecamatan Jambi Selatan.

Pada Senin, 12 Agustus 2019 konsentrasi $PM_{2,5}$ menjadi yang paling rendah selama pengukuran yaitu sebesar $29,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan belum melampaui baku mutu konsentrasi $PM_{2,5}$ yang telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yaitu sebesar $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Namun demikian, meskipun nilai konsentrasi $PM_{2,5}$ rendah tidak menutup kemungkinan bahwa $PM_{2,5}$ dapat memberikan dampak negatif terhadap kesehatan manusia. Dikarenakan ukurannya yang sangat kecil, apabila terhirup akan masuk ke dalam paru-paru hingga masuk ke dalam aliran darah akan menyebabkan kardiovaskular, cerebrovascular, berbagai penyakit pernafasan, dan telah diklasifikasikan sebagai penyebab dari kanker paru-paru (WHO, 2019).

b. Analisis Daerah Sebaran PM_{10} dan $PM_{2,5}$ Menggunakan Model *Hysplit*

Berdasarkan hasil pengukuran dan simulasi menggunakan model *Hysplit* dapat diketahui daerah-daerah yang berpotensi terkena sebaran PM_{10} dan $PM_{2,5}$ pada tabel 2.

Tabel 2. Daerah-daerah Sebaran PM₁₀ dan PM_{2,5}

Hari dan Tanggal	Tingkat Paparan (Warna)	Daerah Sebaran PM ₁₀ dan PM _{2,5} (Kecamatan)			
		PM ₁₀	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM _{2,5}	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Rabu, 7 Agustus 2019	Kuning	Pasar Jambi, Danau Teluk, Pelayangan	$>10^{-10}$	Pasar Jambi, Danau Teluk, Pelayangan	$>10^{-10}$
	Biru	Telanaipura, Danau Teluk, Pelayangan	$>10^{-12}$	Danau Teluk, Pelayangan, Telanaipura	$>10^{-11}$
	Hijau	Jelutung, Jambi Timur, Telanaipura, Pelayangan	$>10^{-14}$	Telanaipura, Pelayangan	$>10^{-12}$
	Biru Muda	Kota Baru, Jambi Selatan	$>10^{-16}$	Telanaipura, Jambi Timur, Peelayangan	$>10^{-13}$
Kamis, 8 Agustus 2019	Kuning	Pasar Jambi, Danau Teluk, Pelayangan	$>10^{-11}$	Pasar Jambi	$>10^{-9}$
	Biru	Telanaipura, Pelayangan, Danau Teluk	$>10^{-13}$	Pasar Jambi, Danau Teluk, Pelayangan, Jambi Timur	$>10^{-10}$
	Hijau	Jelutung, Jambi Timur, Pelayangan	$>10^{-15}$	Telanaipura, Pelayangan, Jambi Timur	$>10^{-11}$
	Biru Muda	Jambi Timur	$>10^{-17}$	Telanaipura	$>10^{-12}$
Jumat, 9 Agustus 2019	Kuning	Pasar Jambi, Pelayangan	$>10^{-10}$	Pasar Jambi, Danau Teluk, Pelayangan, Jambi Timur	$>10^{-10}$
	Biru	Pasar Jambi, Pelayangan, Danau Teluk, Telanaipura, Jambi Timur	$>10^{-12}$	Pelayangan, Danau Teluk	$>10^{-11}$
	Hijau	Telanaipura, Jambi Timur, Peelayangan	$>10^{-14}$	Pelayangan, Telanaipura	$>10^{-12}$
	Biru Muda	Jelutung, Telanaipura, Jambi Timur, Pelayangan	$>10^{-16}$	Telanaipura, Pelayangan	$>10^{-13}$
Sabtu, 10 Agustus 2019	Kuning	Pasar Jambi, Pelayangan	$>10^{-10}$	Pasar Jambi	$>10^{-9}$
	Biru	Danau Teluk, Pelayangan, Telanaipura, Pasar Jambi	$>10^{-12}$	Pasar Jambi, Jambi Timur, Pelayangan, Danau Teluk, Telanaipura	$>10^{-11}$
	Hijau	Kota Baru, Jambi Selatan, Jelutung, Jambi Timur, Jambi Selatan	$>10^{-14}$	Jambi Timur, Pelayangan, Jelutung, Telanaipura, Kota Baru	$>10^{-13}$
	Biru Muda	Jambi Selatan, Kota Baru	$>10^{-16}$	Jambi Timur, Jambi Selatan, Kota Baru	$>10^{-15}$
Minggu, 11 Agustus 2019	Kuning	Pasar Jambi	$>10^{-10}$	Pasar Jambi, Pelayangan, Danau Teluk	$>10^{-10}$
	Biru	Danau Teluk, Pelayangan, Telanaipura, Jambi Timur, Pasar Jambi	$>10^{-12}$	Pelayangan, Jambi Timur, Telanaipura	$>10^{-12}$
	Hijau	Telanaipura, Jelutung, Jambi Timur, Kota Baru	$>10^{-14}$	Jambi Timur, Jambi Selatan, Kota Baru, Jelutung	$>10^{-14}$
	Biru Muda	Kota Baru, Jambi Selatan, Jelutung	$>10^{-16}$	Jambi Selatan, Kota Baru	$>10^{-16}$

	Kuning	Pasar Jambi	>10 ₁₀	Pasar Jambi, Pelayangan, Danau Teluk	>10 ₁₀
Senin, 12 Agustus 2019	Biru	Danau Teluk, Pelayangan, Telanai Pura, Jambi Timur	>10 ₁₂	Telanaipura, Pelayangan, Danau Teluk, Jambi Timur	>10 ₁₂
	Hijau	Kota Baru, Jelutung, Jambi Timur, Telanai Pura,	>10 ₁₄	Jambi Timur, Jelutung, Kota Baru, Telanaipura	>10 ₁₄
	Biru Muda	Kota Baru, Jambi Selatan	>10 ₁₆	Jambi Selatan, Kota Baru	>10 ₁₆

Berdasarkan tabel 2, dapat diketahui bahwa terdapat 8 Kecamatan yang sering terkena paparan sebaran PM₁₀ dan PM_{2,5} diantaranya adalah Kecamatan Pasar Jambi, Kecamatan Danau Teluk, Kecamatan Pelayangan, Kecamatan Jambi Timur, Kecamatan Telanaipura, Kecamatan Jelutung, Kecamatan Jambi Selatan dan Kecamatan Kota Baru. Kecamatan Pasar Jambi, Kecamatan Danau Teluk dan Kecamatan Pelayangan merupakan 3 Kecamatan yang dominan ditandai dengan daerah berwarna kuning. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi sebaran PM₁₀ dan PM_{2,5} pada 3 Kecamatan tersebut paling tinggi jika dibandingkan dengan Kecamatan lainnya.

Selain itu, perlu diketahui pula bahwa berdasarkan hasil pemodelan *Hysplit*, konsentrasi sebaran PM₁₀ dan PM_{2,5} saat penelitian tidak ada yang melewati baku mutu yang telah ditetapkan pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yaitu sebesar 75 µg/m³ untuk konsentrasi PM₁₀ dan 55 µg/m³ untuk konsentrasi PM_{2,5}.

Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dan hasil analisa sebaran PM₁₀ dan PM_{2,5} yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Model sebaran PM₁₀ dan PM_{2,5} menggunakan model *Hysplit* yang ditandai dengan warna kuning, biru tua, hijau dan kuning yang menunjukkan konsentrasi yang berbeda pula untuk setiap warnanya. Arah sebaran PM₁₀ dan PM_{2,5} pada saat penelitian sebagian besar mengarah ke arah barat laut Kota Jambi dan dipengaruhi oleh kondisi meteorologi harian saat pengambilan sample, kondisi meteorologi daerah terpapar juga dapat mempengaruhi pergerakan serta jangkauan sebaran partikulat.
2. Daerah yang berpotensi terpapar sebaran terdapat 8 Kecamatan yang sering terkena paparan sebaran PM₁₀ dan PM_{2,5} diantaranya adalah Kecamatan Pasar Jambi, Kecamatan Danau Teluk, Kecamatan Pelayangan, Kecamatan Jambi Timur, Kecamatan Telanaipura, Kecamatan Jelutung, Kecamatan Jambi Selatan dan Kecamatan Kota Baru. Sedangkan, Kecamatan Pasar Jambi, Danau Teluk dan Pelayangan merupakan 3 Kecamatan yang paling beresiko terkena paparan PM₁₀ dan PM_{2,5}.

Daftar Pustaka

- [1] Cahyadi, W., B. Achmad, E. Suhartono, F. Razie. (2016). Pengaruh Faktor Meteorologis dan Konsentrasi Partikulat (PM₁₀) Terhadap Kejadian Infeksi Saluran Pernapasan Akut (Ispra) (Studi Kasus Kecamatan Banjarbaru Selatan, Kota Banjarbaru Tahun 2014-2015). *Enviro Scientae*. 12(3): 302-311.
- [2] Hadi, B. S. (2012). Pemantauan Kualitas Udara Ambien PM₁₀ dan Risiko Kesehatan terhadap Masyarakat di Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Yogyakarta, Universitas Islam Indonesia.

- [3] Pemerintah Indonesia. (2021). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Sekretariat Negara, Jakarta.
- [4] Purwaningrum, S. I., R. A. Handika dan R. A. Lestari. (2018). Analisis Resiko Non Karsinogenik Paparan PM_{10} di Kawasan Komersil Kota Jambi. *Serambi Engineering*, 4(2): 514-521.
- [5] Putri, M. J. (2019). Analisis Konsentrasi dan Komposisi Logam $PM_{2,5}$ Ambien pada Malam Hari di Kota Jambi. Jambi, Universitas Jambi.
- [7] Rahmadita, W. (2019). Analisis Konsentrasi dan Komposisi Logam $PM_{2,5}$ Ambien pada Siang Hari di Kota Jambi. Jambi, Universitas Jambi.
- [8] Ryan, M., dan K. R. Pratama. (2017). Identifikasi Trajektori Debu Vulkanik Letusan Gunung Gamalama dengan Hysplit dan Metode RGB pada Citra Satelit Himawari 8. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 4(2): 29-34.
- [9] Sudarto. (2011). Pemanfaatan dan Pengembangan Energi Angin untuk Proses Produksi Garam di Kawasan Timur Indonesia. *Jurnal Triton*, 7(2): 61-70.
- [10] Wahyuningsih, S., A. Dharmawan, E. Novita. (2019). Purifikasi Alami Sungai Bedadung Hilir Menggunakan Pemodelan Streeter-Phelps. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 19(2): 95-102.
- [11] World Health Organization. 2019. Ambient Air Pollution - A Major Threat to Health and Climate. WHO: <https://www.who.int/airpollution/ambient/en/> Diakses pada 01 Agustus 2019
- [12] Yardi, M. S. (2017). Pengaruh Faktor Meteorologi dan Karakteristik Lalu Lintas Terhadap Dispersi Konsentrasi Particulate Matter 10 (PM_{10}) pada Udara Roadside Malam Hari di Kota Padang. Padang, Universitas Andalas.