



Jurnal TELUK

Teknik Lingkungan UM Kendari

p-ISSN: 2797-4049 ; e-ISSN: 2797-5614

Artikel Penelitian

Pemodelan $PM_{2.5}$ pada Musim Kemarau menggunakan *Software Graz Lagrangian Model* di Kecamatan Kota Baru, Kota Jambi

Mayra Alviani ^a, Febri Juita Anggraini ^{a,*}, Zuli Rodhiyah ^a^a Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Pondok Meja, Jalan Tri Barata KM11, Mestong 36364 – Provinsi Jambi

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 25 September 2022

Revisi Akhir: 28 November 2022

Diterbitkan Online: 01 Desember 2022

KATA KUNCI

 $PM_{2.5}$, GRAL, Pemodelan

KORESPONDENSI

Telepon: -

E-mail: febri_juita@unja.ac.id

A B S T R A C T

Particulate Matter 2.5 ($PM_{2.5}$) is one type of pollutant with a size of less than 2.5 microns which can cause increased mortality due to exposure. $PM_{2.5}$ can be generated from natural activities, motor vehicles, industrial activities, and household activities. $PM_{2.5}$ in Jambi City continues to increase from year to year until it is included in the dangerous category in 2019, with a concentration of $39.25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Graz Lagrangian Model (GRAL) is an application that can model air pollution by entering meteorological data and pollutant concentrations. This study aims to determine the results of measuring the concentration of $PM_{2.5}$ in Kota Baru District, Jambi City during the dry season and its comparison with the applicable quality standards and to model the distribution of $PM_{2.5}$ in the Jambi City area using GRAL. The research was conducted in Simpang Tiga Sipin Village, Kota Baru District, Jambi City. In this study, measurements were carried out 3 times per month on weekdays for 72 hours. It is known that the average concentration of $PM_{2.5}$ during the months of May, June, July and August 2021, respectively, is $30.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $63.29 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $43.66 \mu\text{g}/\text{m}^3$, and $26.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$. The GRAL simulation results show that the areas that are often exposed to $PM_{2.5}$ are Alam Barajo, Telanaipura, and Danau Sipin Districts.

1. PENDAHULUAN

Particulate Matter (PM) menurut Sportisse (2010) dalam Aprianto (2017) adalah salah satu jenis pencemar udara yang terdiri atas campuran sulfat, amoniak, materi organik, nitrat, garam laut, debu, air, serta unsur-unsur senyawa lainnya. Menurut Jing *et al.*, (2020) $PM_{2.5}$ merupakan salah satu dari jenis PM halus yang memiliki diameter kurang dari $2,5 \mu\text{m}$ dan memiliki dampak terhadap kesehatan manusia, visibilitas atmosfer, iklim, dan ekosistem. $PM_{2.5}$ dapat mencapai bagian terdalam paru-paru yaitu alveoli. Secara alamiah sumber $PM_{2.5}$ berasal dari debu tanah kering yang terbawa angin, abu dan bahan vulkanik yang terlempar ke udara akibat letusan gunung berapi, dan semburan uap panas di dekat sumber panas bumi. Sementara sumber $PM_{2.5}$ akibat kegiatan manusia sebagian besar berasal dari pembakaran bahan bakar minyak, pembakaran batu bara, kegiatan industri, serta kebakaran hutan dan lahan (Ahmad, 2017).

Menurut Haidar (2020), kualitas udara di suatu area dipengaruhi sumber emisi dan juga kondisi meteorologi seperti kecepatan angin, arah angin, dan kelembapan. Kecepatan angin mempengaruhi persebaran dan pelarutan polutan, sementara kelembapan mempengaruhi pengendapan polutan. Saat ini telah

banyak tersedia berbagai *software* untuk memodelkan pencemaran udara dan persebaran polutan, akan tetapi terdapat ketidakpastian terkait dengan model polusi udara. Menurut Hanna (1989) dalam Oettl *et al.*, (2008), model yang sangat sederhana memiliki ketidakpastian terutama karena kesalahan dalam fisika, sedangkan model yang sangat canggih memiliki kesalahan yang meningkat karena *input* data yang tidak diketahui dengan baik. Model *lagrangian* lebih fleksibel berdasarkan konfigurasi dan kombinasi sumber yang berbeda, membuatnya berguna dan alat yang kuat untuk penilaian polusi udara dan evaluasi scenario dibandingkan *eulerian*. Salah satu model yang menggunakan teori *Lagrangian* adalah GRAL (*Graz Lagrangian Model*) yang digunakan untuk memperhitungkan peta kualitas udara pada suatu kota dengan menghitung emisi dari lalu lintas, pemanasan domestik, jalur masuk terowongan, industri besar, tenaga dan panas dari titik sumber pembangkit secara horizontal dengan resolusi 5 m dan 10m (Oettl, 2008).

2. METODOLOGI

2.1 Lokasi dan Data

Penelitian ini dilakukan di kawasan pemukiman di Jln. Purnama, Kelurahan Simpang Tiga Sipin, kecamatan Kota Baru. Data primer pada penelitian ini merupakan data pengukuran langsung konsentrasi $PM_{2.5}$ di lokasi penelitian menggunakan alat *air nano sampler*, dan data sekunder pada penelitian ini yaitu data kondisi meteorologi yang diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup Kota Jambi. Waktu pengukuran dilakukan selama 72 jam setiap pada 10 hari pertama, kedua dan ketiga waktu pengukuran. Waktu pengukuran dipilih untuk mengetahui pola konsentrasi $PM_{2.5}$ pada awal bulan, pertengahan bulan, dan akhir bulan. Pengukuran dilakukan pada hari Senin pukul 09.00 dan berakhir pada hari Kamis pukul 09.00.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Air Nano Sampler (ANS)* dan menggunakan pompa hisap *High Volume Air Sampler (HVAS)*. Pengambilan sampel dilakukan sesuai SNI-19-7119-2005. Penelitian dilakukan selama 4 bulan, dari Mei 2021-Agustus 2021, dengan pengukuran dilakukan 3 kali setiap bulannya pada hari kerja (*weekdays*), dengan waktu pengukuran selama 72 jam.

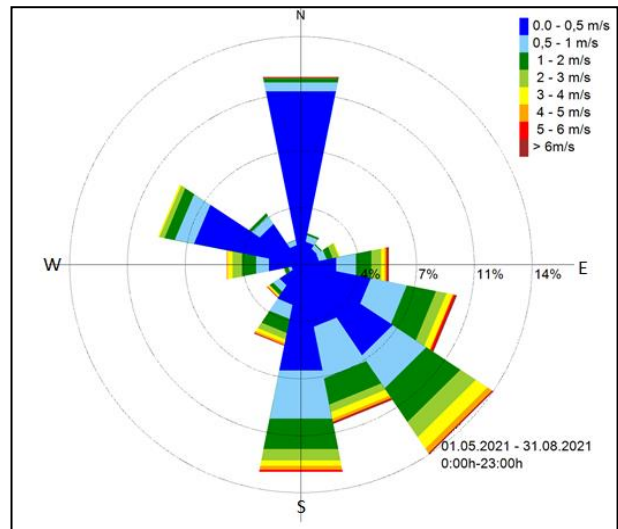
2.3 Metode Penelitian

Metode Penelitian pada penelitian ini terbagi atas 3 tahap yaitu pengolahan data arah angin dan kecepatan angin, inventori data $PM_{2.5}$, serta *running* GRAL dan analisis hasil model. Model *Graz Lagrangian* (GRAL), dikembangkan pada tahun 1999, telah digunakan secara luas dalam penilaian regulasi dan studi ilmiah. Data yang dimasukkan ke dalam *software* yaitu data meteorologi, peta lokasi penelitian serta konsentrasi $PM_{2.5}$. Apabila penginputan data yang dibutuhkan telah dilakukan, maka GRAL dijalankan dan akan menghasilkan peta sebaran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi meteorologi di sekitar kawasan Kota Jambi dan sekitarnya selama waktu penelitian yaitu dari Mei-Agustus 2021 diolah menggunakan GRAL yang menghasilkan *wind rose* seperti pada Gambar 2. Tampak arah yang dominan selama bulan Mei hingga Agustus. Arah angin sering terjadi dari arah tenggara, arah selatan, selatan menenggara dan utara. Arah angin dari utara cukup sering terjadi umumnya dengan kecepatan 0,0-0,5 m/s.

Pada Gambar 2 mewakili kondisi kecepatan angin dan arah angin pada bulan Mei-Agustus 2021 di Kota Jambi dan sekitarnya. Berdasarkan gambar tersebut, tampak arah yang dominan selama bulan Mei hingga Agustus. Arah angin sering terjadi dari arah tenggara, arah selatan, Selatan menenggara dan utara. Arah angin dari utara cukup sering terjadi umumnya dengan kecepatan 0,0-0,5 m/s. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Chaloulakou *et al.*, (2003) menghasilkan nilai korelasi negatif antara kecepatan angin dan konsentrasi PM. Kuatnya nilai negatif pada korelasi antara kecepatan angin dan konsentrasi PM mengindikasikan dominasi dari sumber lokal. Kecepatan angin yang kuat akan membawa polusi yang berasal dari suatu wilayah, dan kecepatan angin yang rendah akan menyebabkan polusi di suatu sistem berpotensi terus meningkat.



Gambar 2. Wind Rose Mei-Agustus 2021

Berdasarkan penelitian Alfiandy *et al.*, (2020), korelasi konsentrasi harian $PM_{2.5}$ dengan kecepatan angin bernilai negatif, menurutnya hal tersebut menandakan bahwa kecepatan angin yang kuat akan membuat $PM_{2.5}$ yang ada di suatu lokasi akan terdispersi ke area sekitarnya sehingga konsentrasi akan menurun. Pergerakan angin dapat mempengaruhi pelarutan, penyebaran dan pengangkutan polutan di atmosfer dalam skala lokal ataupun regional. Menurut Sepriani *et al.*, (2014) kecepatan angin dapat mempengaruhi konsentrasi partikulat. Apabila kecepatan angin tinggi maka partikulat akan tersebar luas dan menurunkan konsentrasinya, apabila kecepatan angin rendah, maka konsentrasi pencemar akan menumpuk pada suatu lokasi. Menurut Hutauruk *et al.*, (2020), Konsentrasi maksimum $PM_{2.5}$ akan mencapai puncaknya pada musim peralihan hingga musim kemarau, dikarenakan curah hujan yang lebih sedikit dan kecepatan angin *calm* ($>1m/s$) sering terjadi sehingga menyebabkan polutan terperangkap di suatu lokasi, suhu dan kecepatan angin yang rendah akan menyebabkan penumpukan partikulat. Kondisi meteorologi di sekitar perletakan alat *Air Nano Sampler* selama periode pengukuran konsentrasi $PM_{2.5}$ dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kondisi Meteorologi di Kota Jambi Selama Periode Pengambilan Sampel

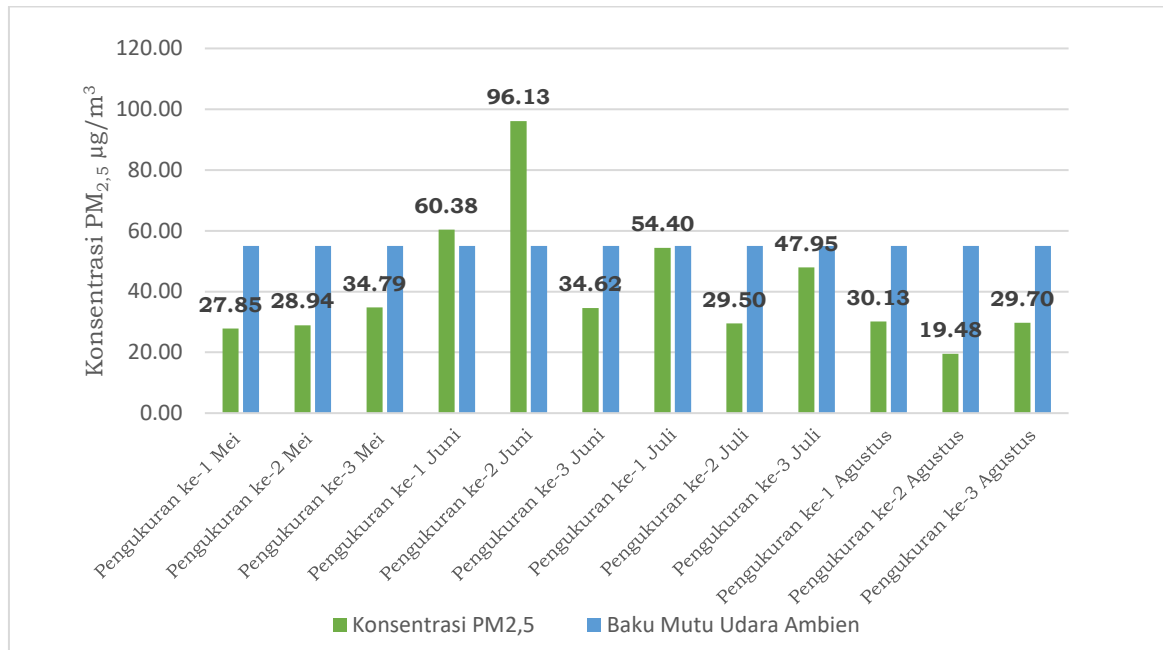
Bulan/ Tahun	Suhu Rata- Rata (°C)	Kecepatan Angin (m/s)	Kelembapan Rata-Rata (%)
Mei/ 2021	27,7	1,6	84,7
Juni/ 2021	27,7	1,8	82,4
Juli/ 2021	27,1	2,1	80,8
Agustus/ 2021	26,7	2,0	84,8

Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika Online (2021)

Berdasarkan Tabel 1, diketahui suhu tertinggi terjadi pada bulan Mei 2021 dan Juni 2021 dengan nilai rata-rata suhu yang sama yaitu 27,7°C. Sedangkan suhu terendah terjadi pada bulan Agustus 2021, dengan nilai rata-rata suhu sebesar 26,7°C. Nilai

suhu rata-rata dari masing-masing bulan tidak begitu jauh rentangnya, hal itu dapat dikarenakan oleh kondisi cuaca yang tidak terlalu berbeda. Kecepatan angin tertinggi terdapat pada bulan Juli 2021 dengan nilai sebesar 2,1 m/s, dan kecepatan angin terendah terdapat pada bulan Mei 2021 dengan nilai sebesar 1,6 m/s. Menurut Hutaeruk *et al.*, (2020), Konsentrasi maksimum

PM_{2,5} akan mencapai puncaknya pada musim peralihan hingga musim kemarau, dikarenakan curah hujan yang lebih sedikit dan kecepatan angin *calm* (>1m/s) sering terjadi sehingga menyebabkan polutan terperangkap di suatu lokasi, suhu dan kecepatan angin yang rendah akan menyebabkan penumpukan partikulat.



Gambar 3. Perbandingan Konsentrasi PM_{2,5} dengan Baku Mutu

Pada PP. Nomor 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Pemerintah Indonesia menetapkan standar baku mutu PM_{2,5} untuk pengukuran selama 24 jam sebesar 55 µg/m³. Berdasarkan Gambar 2 dapat terlihat bahwa dari hasil pengukuran yang dilakukan terdapat 2 pengukuran yang melewati baku mutu yaitu pengukuran ke-1 bulan Juni dan pengukuran ke-2 bulan Juni. Konsentrasi yang melewati baku mutu secara berturut-turut yaitu 60,38 µg/m³ dan 96,13 µg/m³.

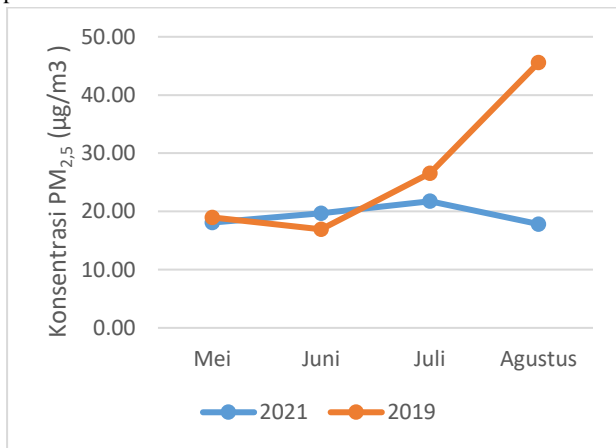
Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh bahwa konsentrasi pada pengukuran ke-2 bulan Juni memiliki konsentrasi paling tinggi dengan nilai rata-rata kecepatan angin di lokasi penelitian pada pengukuran ke 2 bulan Juni lebih rendah dibandingkan nilai rata-rata pengukuran lainnya, dengan nilai kecepatan angin rata-rata yaitu 0,9 m/s, sementara konsentrasi terendah pada pengukuran ke-2 bulan Agustus yaitu nilai kecepatan angin rata-rata yaitu 1,0 m/s. Kecepatan angin mempengaruhi tingkat konsentrasi partikulat.

Ketika angin bertiup kencang, partikulat akan tersebar lebih luas dan menurunkan konsentrasinya. Menurut Rosalia *et al.*, (2018) konsentrasi PM_{2,5} yang rendah dapat dipengaruhi oleh kecepatan angin yang membawa partikulat menuju dari sumber pencemar menuju tempat yang lebih jauh sehingga menghasilkan konsentrasi yang lebih rendah di sekitar wilayah yang dekat dengan pencemar. Kelembaban pada pengukuran ke-2 bulan Juni memiliki rata-rata sebesar 86% sedangkan kelembaban rata-rata pada pengukuran ke-2 bulan Agustus sebesar 88%. Menurut Cahyadi *et al.*, (2016), kelembaban udara relatif turun maka akan meningkatkan konsentrasi polutan, dikarenakan udara yang kering membuat polutan terangkat dan melayang ke udara bebas.

Tingginya konsentrasi pada pengukuran ke-1 bulan Juni 2021 dapat dikarenakan terjadinya pembakaran sampah rumah tangga di lokasi penelitian tepatnya pada tanggal 07 Juni 2021 pukul 16.30. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Aziz *et al.*, (2021) pembakaran sampah rumah tangga secara langsung berpengaruh terhadap kenaikan konsentrasi PM_{2,5} sebesar ~64 µg/m³. Konsentrasi pada pengukuran ke-2 bulan Juni 2021 merupakan konsentrasi tertinggi PM_{2,5} selama penelitian yaitu sebesar 96,13 µg/m³. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan tingginya konsentrasi partikulat di suatu wilayah, yaitu kondisi meteorologi dan kondisi lokasi penelitian. Pada saat pengukuran, terdapat pekerjaan konstruksi pembangunan drainase yang berada pada radius kurang dari 1 Km di sekitar lokasi penelitian.

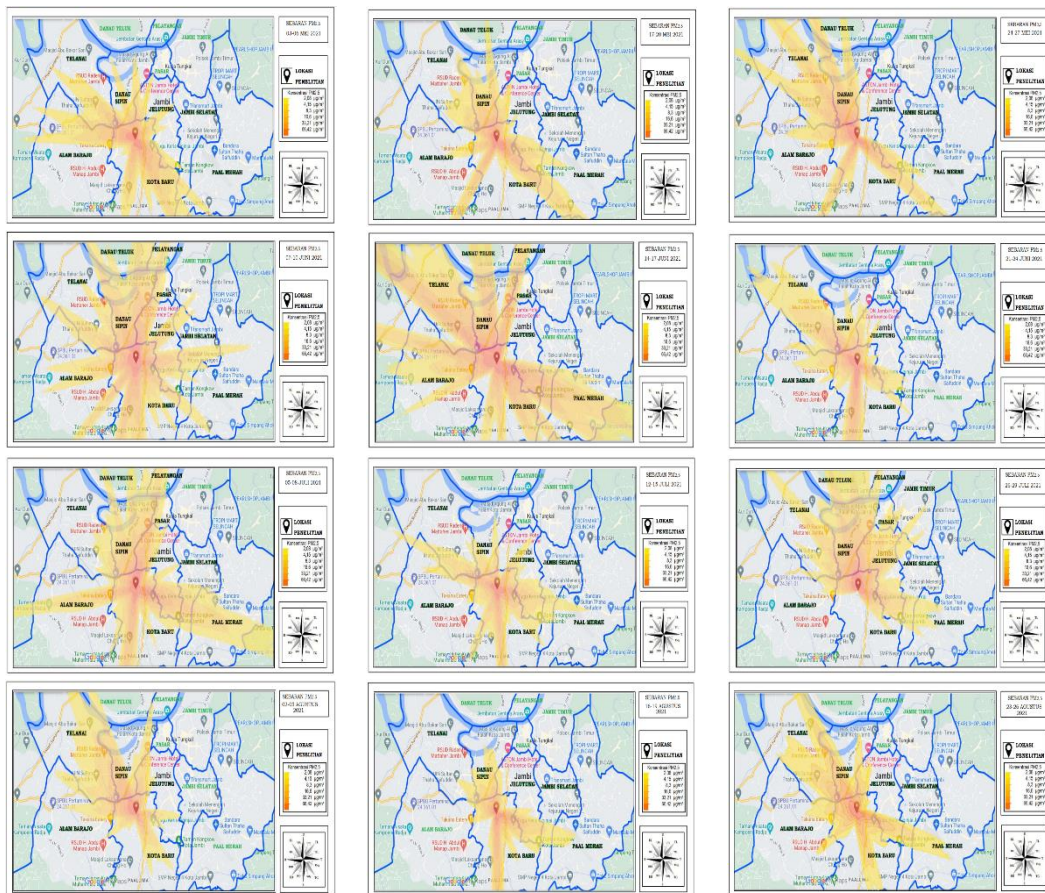
Konsentrasi PM_{2,5} terendah adalah pada pengukuran ke-2 bulan Agustus sebesar 19,35 µg/m³. Hal tersebut terjadi dikarenakan berkurangnya aktivitas masyarakat di Kota Jambi dikarenakan pemerintah melakukan pembatasan aktivitas akibat pandemi virus COVID-19 yang terkonfirmasi masuk ke Indonesia pada bulan Maret Pada bulan Desember tahun 2019 COVID-19 pertama kali ditemukan di kota Wuhan, Cina. Penyebaran infeksi terus meningkat hingga ke negara lain, oleh sebab itu diterapkan kebijakan *lockdown* oleh pemerintah setempat untuk membatasi pergerakan manusia agar dapat mengurangi penyebaran (Arfiani & Azizah, 2021). Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2021), untuk mengetahui dan menjelaskan dampak PSBB terhadap kualitas udara ambien, tidak dapat dilakukan dengan membandingkan data kualitas udara di suatu wilayah pada saat diberlakukan PSBB dan bulan sebelum diberlakukannya PSBB, akan tetapi data dapat dibandingkan pada bulan yang sama dengan tahun yang berbeda

(year on year). Perbandingan kualitas udara sebelum pandemi COVID-19 dengan kualitas udara selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan Konsentrasi PM_{2.5} sebelum pandemi dan selama pandemi Covid-19

Analisis hasil sebaran PM_{2.5} pada gambar 5 di atas, dilakukan dengan melihat perbedaan warna yang menunjukkan perbedaan konsentrasi. Terdapat 6 interval warna kuning hingga jingga yang digunakan pada penelitian ini dengan nilai konsentrasi dari warna paling kekuningan hingga jingga yaitu 2,08 µg/m³, 4,15 µg/m³, 8,3 µg/m³, 16,6 µg/m³, 33,21 µg/m³, dan 66,42 µg/m³.



Gambar 5. Hasil sebaran PM_{2.5} bulan Mei, Juni, Juli dan Agustus 2021(dari atas ke bawah)

Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan pada bulan Mei 2021 hingga Agustus 2021 diketahui bahwa kesebelas kecamatan yang ada di Kota Jambi terpapar PM_{2.5} dengan kecamatan yang sering terpapar yaitu Kecamatan Alam Barajo, Telanaipura, dan Danau Sipin. Menurut Ling *et al.*, (2020), bahwa dispersi PM cenderung dipengaruhi jarak bangunan rumah terhadap tepi jalan. Dispersi PM di kawasan urban banyak dipengaruhi oleh kepadatan rumah, ketinggian bangunan dan lebar gang antar perumahan. Konsentrasi dan persebaran dipengaruhi oleh kecepatan angin yang membawa partikulat dari sumber menuju tempat yang berbeda.

Penelitian ini dapat memiliki keterbatasan dalam memperkirakan konsentrasi PM_{2.5} menggunakan parameter meteorologi, yaitu parameter meteorologi yang digunakan terlalu sedikit serta terdapat variabel lain yang dapat berpengaruh besar terhadap variasi konsentrasi PM_{2.5} di wilayah tersebut seperti kondisi iklim mikro dan pengaruh lalu lintas. Akan tetapi, pada penelitian ini telah diketahui bahwa model GRAL dapat digunakan untuk memodelkan PM_{2.5} di Kecamatan Kota Baru, Kota Jambi, Hasil pemodelan menggunakan GRAL berupa peta sebaran PM_{2.5} di kawasan domain dapat digunakan oleh pemerintah terkait dalam manajemen kualitas udara di perkotaan. Serta hasil pengukuran menggunakan *Air Nano Sampler* dapat digunakan sebagai data evaluasi kondisi kualitas udara di wilayah tersebut dan sekitarnya.

4. KESIMPULAN

Konsentrasi PM_{2,5} di Kecamatan Kota Baru, Kota Jambi selama periode pengukuran memiliki nilai rata-rata konsentrasi tertinggi pada bulan Juni 2021 dan konsentrasi terendah pada bulan Agustus 2021. Rata-rata konsentrasi PM_{2,5} pada bulan Mei-Agustus 2021 yang diukur selama 3 kali setiap bulannya di Kecamatan Kota Baru, Kota Jambi secara berturut-turut yaitu 18,07 µg/m³, 19,68 µg/m³, 21,75 µg/m³, 17,83 µg/m³.

Dari hasil pengukuran, terdapat 2 konsentrasi yang melebihi baku mutu yang ditetapkan pemerintah pada Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dengan konsentrasi sebesar 55 µg/m³, yaitu pada pengukuran ke-1 bulan Juni, pengukuran ke-2 bulan Juni, dengan konsentrasi masing-masing yaitu 60,38 µg/m³ dan 96,13 µg/m³.

Dari hasil pemodelan dispersi PM_{2,5} pada domain model yang berlokasi di Kecamatan Kota Baru, Kota Jambi diketahui bahwa arah persebaran polutan PM_{2,5} yang terpapar PM_{2,5} adalah Kecamatan Danau Sipin, Kecamatan Jelutung, Kecamatan Alam Barajo, Kecamatan Jambi Selatan, Kecamatan Pasar Jambi dan Kecamatan Telanaipura.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Udara Program Studi Teknik Lingkungan atas kesempatannya untuk menggunakan alat *Air Nano Sampler* serta kepada Bapak Rizki Andre Handika yang telah memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A. (2017). Studi reduksi PM_{2,5} Udara Ambien oleh Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Industri PT Petrokimia Gresik. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Aprianto, M. C. (2017). Kajian Fisika Lingkungan dan Demografi untuk Karakteristik PM_{2,5} di Wilayah Perkotaan. *Omega: Jurnal Fisika dan Pendidikan Fisika*. 3(1); 27-30.
- Arfiani, N. D., & Azizah, R. (2021). Pengaruh Lockdown dan pembatasan Aktivitas Selama Pandemi COVID-19 Terhadap Polusi Udara di Asia. *Jurnal Penelitian Kesehatan "SUARA FORIKES"(Journal of Health Research "Forikes Voice")*, 12(3); 280-286.
- Aziz, M. F., Abdurrachman, A., Chandra, I., Majid, L. I., Vaicdan, F., & Salam, R. A. (2021). Pemantauan Konsentrasi Gas (CO₂, NO₂) Dan Partikulat (PM_{2,5}) Pada Struktur Horizontal Di Kawasan Dayeuhkolot, Cekungan Udara Bandung Raya. *Jurnal Sains Dirgantara*, 18(1), 1–12.
- Haidar, F. A. (2020). Analisis pengaruh aktivitas kendaraan bermotor dan faktor meteorologi terhadap konsentrasi PM_{2,5} pada udara ambien di kawasan universitas pertamina.
- Hutauruk, R. C. H., Rahmanto, E., & Pancawati, M. C. (2020). Variasi Musiman dan Harian PM di Jakarta Periode 2016-2019. *Buletin GAW Bariri*, 1(1); 20–28.
- Ling, H., Candice Lung, S. C., & Uhrner, U. (2020). *Micro-scale particle simulation and traffic-related particle exposure assessment in an Asian residential community. Environmental Pollution*, 266, 115046. 46
- Oettl, D. (2008). Modelling of primary PM₁₀ concentrations for the city of Graz, Austria. *Hrvatski Meteoroloski Casopis*, 43 PART 1, 375–379.
- Rosalia, O., Wispriyono, B., & Kusnopranto, H. (2018). Karakteristik Risiko Kesehatan Non Karsinogen pada Remaja Siswa Characteristic of Health Risks on Students Due to Dust Inhalation Debu Particulate Matter <2,5 (PM_{2,5}). *Jurnal Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 14(1); 26–35.
- Sepriani, K. D., Turyanti, A., & Kudsy, M. (2014). Sebaran Partikulat (PM₁₀) Pada Musim Kemarau Di Kabupaten Tangerang Dan Sekitarnya. *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, 15(2); 89.

BIODATA PENULIS



Mayra Alviani

Merupakan mahasiswi yang terdaftar pada Teknik Lingkungan Universitas Jambi melalui jalur SBMPTN pada tahun 2017.



Febri Juita Anggraini, S.T., M.T

Saat ini bekerja sebagai staf pengajar (dosen) pada Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Jambi. Beliau mendapatkan gelar master teknik lingkungan di Institut Teknologi Bandung (ITB) pada tahun 2010.



Zuli Rodhiyah, S.Si., M.T.

Merupakan staf pengajar (dosen) pada Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Jambi. Beliau mendapatkan gelar master teknik lingkungan di Institut Teknologi Bandung (ITB) pada tahun 2017.