BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Udara adalah campuran gas pada atmosfer bumi yang mempengaruhi kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya. Udara yang baik ialah udara yang memiliki kualitas baik dan tidak mengandung unsur berbahaya (Imas et al., 2020). Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menjelaskan bahwa, pencemaran udara merupakan masuk atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lainnya ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan.

Salah satu pencemar udara penting di udara yang menjadi perhatian adalah partikulat, khususnya partikel halus atau yang berukuran kurang dari 2,5 μm ($\text{PM}_{2.5}$). Partikel tersebut dapat masuk ke jaringan dalam paru – paru sehingga bisa menyebabkan gangguan kesehatan seperti ISPA, gejala anemia, penyakit jantung, hambatan dalam pertumbuhan, sistem kekebalan tubuh menjadi lemah, kanker paru – paru, hingga dapat menyebabkan kematian (Harrison, 2001). Lebih dari 90% populasi di dunia masih tinggal di daerah dengan konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ melebihi tingkat yang telah dianjurkan (WHO, 2021; Hammer et al., 2020; Landrigan et al., 2018).

Konsentrasi $\text{PM}_{2.5}$ yang tinggi merupakan salah satu indikator penting pencemaran udara yang berdampak signifikan terhadap kesehatan manusia dan kualitas lingkungan. Dalam kerangka global, isu ini secara langsung berhubungan dengan pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), terutama pada tujuan-tujuan yang menyangkut sektor kesehatan, lingkungan, dan pembangunan perkotaan berkelanjutan. Salah satu tujuan utama yang relevan adalah SDG 3: Kehidupan Sehat dan Sejahtera, khususnya pada target 3.9 yang menekankan pentingnya mengurangi angka kematian dan penyakit akibat polusi udara, SDG 11: Kota dan Pemukiman yang Berkelanjutan, di mana target 11.6 menyerukan pengurangan dampak lingkungan per kapita, termasuk peningkatan kualitas udara di kawasan perkotaan, dan SDG 13: Penanganan Perubahan Iklim, yang menekankan perlunya upaya mitigasi untuk mengurangi emisi dan dampak negatif perubahan iklim akibat

pencemaran PM_{2.5} yang dapat berasal dari kebakaran hutan dan lahan. (United Nations, 2015).

Pencemaran udara merupakan salah satu isu lingkungan utama di Indonesia yang berdampak luas terhadap kesehatan masyarakat dan kualitas hidup. Berdasarkan laporan IQAir tahun 2023 dan 2024, Indonesia menempati peringkat ke 13 dan 15 negara dengan tingkat polusi udara tertinggi di dunia, dengan rata-rata konsentrasi PM_{2.5} sebesar 37,1 dan 35,5 µg/m³ per tahun. Nilai ini jauh melampaui batas aman yang ditetapkan WHO sebesar 5 µg/m³ per tahun dan Peraturan Pemerintah sebesar 15 µg/m³ per tahun (IQAir, 2023; WHO, 2021; PP No. 22 Tahun 2021). Provinsi Jambi merupakan salah satu Provinsi di Indonesia yang terdampak secara signifikan oleh permasalahan pencemaran udara, khususnya yang berasal dari aktifitas kebakaran hutan dan lahan yang sering terjadi pada saat musim kemarau. Hal ini menyebabkan konsentrasi PM_{2.5} di udara Kota Jambi sering digolongkan dalam kategori tidak sehat, khususnya pada periode tersebut tiap tahunnya (Hasan, 2024).

Berdasarkan data laporan kinerja Direktorat Pengendalian Pencemaran Udara Tahun 2022 dan 2023, nilai rata-rata tahunan konsentrasi PM_{2.5} di Kota Jambi pada tahun 2018 lebih dari 20 µg/m³, pada tahun 2019 lebih dari 45 µg/m³, pada tahun 2021 lebih dari 25 µg/m³, dan pada tahun 2023 lebih dari 17 µg/m³. Nilai ini melebihi nilai baku mutu nasional yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 yaitu diatas 15 µg/m³ per tahun, sehingga dapat disimpulkan bahwa udara di Kota Jambi pada tahun-tahun tersebut sudah tercemar dan tidak sehat. Beberapa kondisi yang dapat mempengaruhi tingginya rata-rata tahunan konsentrasi PM_{2.5} adalah sumber pencemaran yang ada sekitar lokasi pemantauan seperti aktifitas manusia, aktifitas transportasi, serta faktor kondisi alam yang juga dapat mempengaruhi peningkatan konsentrasi parameter debu (partikulat di udara) misalnya kebakaran hutan dan lahan, musim kemarau yang berlangsung lama (Direktorat Pengendalian Pencemaran Udara Tahun 2022; Direktorat Pengendalian Pencemaran Udara Tahun 2023)

Selain dipengaruhi oleh sumber emisi langsung seperti kebakaran hutan dan lahan, konsentrasi PM_{2.5} di atmosfer juga sangat bergantung pada faktor-faktor meteorologi, yang mengatur proses dispersi, transportasi, transformasi kimia, dan

deposisi partikel di udara (Wang and Ogawa, 2015). Faktor meteorologi seperti suhu udara, kelembapan relatif, curah hujan, dan kecepatan angin memiliki peran penting dalam menentukan fluktuasi harian maupun musiman dari konsentrasi $PM_{2.5}$ (Nguyen, dkk. 2017). Penelitian yang dilakukan oleh Chen dkk (2019) menunjukkan bahwa faktor meteorologi berkontribusi sekitar 20% dari pengurangan $PM_{2.5}$ di Beijing dari 2013 hingga 2017. Menurut Wang dan Ogawa (2015), konsentrasi $PM_{2.5}$ menunjukkan hubungan positif yang kuat dengan suhu udara dan hubungan negatif yang kuat dengan kelembapan udara, namun hasil lain ditunjukkan pada penelitian Nuryanto, dkk. (2021) dimana terdapat hubungan positif antara kelembapan udara dengan konsentrasi *particulate matter*. Mukhtar dkk (2013) mengatakan bahwa hujan sebagai pencuci udara dikarenakan saat terjadinya hujan seluruh partikulat yang melayang – layang di udara ikut terbawa meluruh kedalam hujan. Selanjutnya, menurut Hutauruk dkk (2020) faktor angin juga mempengaruhi variasi partikel $PM_{2.5}$, dimana saat kecepatan angin *calm* konsentrasi $PM_{2.5}$ meningkat, namun hasil lain ditunjukkan pada penelitian Wang dan Ogawa (2015) terdapat hubungan positif antara kecepatan angin dan konsentrasi $PM_{2.5}$ dimana ketika kecepatan angin cukup tinggi, angin dapat mengangkut polutan dalam jumlah besar dari tempat yang jauh. Gusnita dan Cholianawati (2019) menemukan bahwa nilai konsentrasi $PM_{2.5}$ tertinggi di Kota Jakarta terjadi saat musim kemarau dibandingkan dengan musim penghujan, dengan puncak konsentrasi maksimal terjadi pada malam hari berdasarkan pola hariannya. Hal sama juga terjadi pada penelitian Irawadi dan Razif (2023) di wilayah Cibereum, Bogor, namun pola harian menunjukkan konsentrasi $PM_{2.5}$ akan meningkat di pagi-sore hari dan menurun di malam hari.

Selain itu, $PM_{2.5}$ merupakan polutan yang bersifat *Long-Range Transport*, dengan kondisi meteorologi tertentu $PM_{2.5}$ dapat terdispersi sejauh lebih dari 1000 km, sehingga selain sumber polutan lokal yang memengaruhi kualitas udara ambien juga terdapat sumber dari regional lain yang ikut memengaruhi konsentrasi $PM_{2.5}$ di udara ambien (Muliane dan Lestari, 2011). Dalam penentuan sumber polutan pada penelitian ini menggunakan model Hybrid *Single – Particle Lagrangian Integrated Trajectory* (HYSPLIT) yang bersumber dari *National Atmospheric and*

Oceanic Administration (NOAA). Penggunaan model HYSPLIT digunakan untuk mengetahui sumber polutan di Kota Jambi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian terkait analisis pola temporal konsentrasi PM_{2.5}, hubungannya dengan faktor meteorologi, dan estimasi asal sumber melalui trajektori udara di Kota Jambi penting dilakukan. Kota Jambi, sebagai ibu kota Provinsi Jambi, telah mengalami perkembangan pesat yang terlihat dari meningkatnya jumlah infrastruktur, permukiman, serta aktivitas industri dan transportasi (RPJPD Kota Jambi 2005-2025). Peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang signifikan, pembakaran lahan dan hutan di musim kemarau dalam rangka pembukaan lahan (Handika et al, 2023), dan pembakaran sampah dan biomass oleh masyarakat yang saat itu betul-betul terlihat pada masa pandemi Covid-19 tahun 2020-2022 (Handika et al, 2024) menjadi sumber utama pencemaran udara, khususnya PM_{2.5} di Kota Jambi tiap tahunnya. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan dalam upaya pengendalian polusi udara, serta dalam merancang kebijakan mitigasi yang lebih efektif guna melindungi kesehatan masyarakat dari paparan PM_{2.5} yang berbahaya.

1.2 Rumusan Masalah

Polusi udara, khususnya PM_{2.5} telah menjadi salah satu isu lingkungan yang penting di Kota Jambi. PM_{2.5} adalah partikel polutan yang berukuran sangat kecil dan mampu bertahan di atmosfer dalam jangka waktu lama. Partikel ini dapat terhirup ke dalam paru-paru, yang pada akhirnya mengganggu kesehatan manusia, terutama pada kelompok rentan seperti anak-anak dan lansia. Meskipun berbagai upaya telah dilakukan untuk memantau kualitas udara di Kota Jambi, pemahaman yang mendalam mengenai pola temporal konsentrasi PM_{2.5}, pengaruh kondisi meteorologi seperti suhu, kelembapan, curah hujan dan kecepatan angin terhadap kondisi konsentrasi PM_{2.5}, serta sumber utama dari polutan tersebut apakah berasal dari aktivitas lokal seperti transportasi dan industri, atau dari sumber eksternal seperti kebakaran hutan di daerah lain masih perlu diinvestigasi lebih lanjut. Minimnya pemahaman ini membuat sulit bagi pemerintah daerah dalam mengembangkan kebijakan dan langkah mitigasi yang efektif sebagai dasar pengambilan kebijakan dalam pengelolaan kualitas udara serta perlindungan

kesehatan masyarakat. Berdasarkan permasalahan tersebut, adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pola temporal konsentrasi $PM_{2.5}$ di Kota Jambi pada tahun 2023-2024?
2. Bagaimana hubungan konsentrasi $PM_{2.5}$ terhadap faktor meteorologi di Kota Jambi tahun 2023-2024?
3. Bagaimana trayektori pergerakan polutan $PM_{2.5}$ yang sampai ke Kota Jambi?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pola temporal konsentrasi $PM_{2.5}$ di Kota Jambi tahun 2023-2024.
2. Menganalisis hubungan konsentrasi $PM_{2.5}$ terhadap faktor meteorologi di Kota Jambi tahun 2023-2024.
3. Mengevaluasi trayektori sumber polutan $PM_{2.5}$ di Kota Jambi.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian yang penulis lakukan ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi instansi, yaitu merancang kebijakan mitigasi yang lebih efektif guna melindungi kesehatan masyarakat dari paparan $PM_{2.5}$ yang berbahaya.
2. Bagi Universitas, yaitu menambah dan memperkaya hasil-hasil penelitian berkaitan dengan kualitas udara, dalam hal ini sebagai lembaga riset terkemuka dalam bidang lingkungan dan polusi udara
3. Bagi peneliti, yaitu menambah wawasan dan mengembangkan kemampuan dalam menganalisa dan memecahkan masalah, khususnya dalam hal ini pemantauan dan alternatif-alternatif pengendalian kualitas udara.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan data konsentrasi $PM_{2.5}$ dari alat pengukur $PM_{2.5}$ *Beta Attenuation Monitor* (BAM)-1020. Peralatan ini merupakan instrumen pengamatan statis dan otomatis yang bekerja secara kontinu, merekam

konsentrasi $PM_{2.5}$ setiap jam selama 24 jam penuh yang dikelola BMKG Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Thaha.

2. Faktor meteorologi yang dikaji hubungannya dengan konsentrasi $PM_{2.5}$ terbatas pada suhu, kelembapan, curah hujan, dan kecepatan angin yang berasal dari Stasiun Meteorologi Kelas I Sultan Thaha.
3. Estimasi asal sumber melalui trajektori udara pada penelitian ini menggunakan model *Hysplit*.
4. Penelitian ini dilakukan di Kota Jambi pada tahun 2023-2024