

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran udara terus terjadi setiap tahun dan menjadi persoalan kesehatan yang hingga kini belum dapat diatasi. Masalah ini timbul sebagai akibat dari kemajuan teknologi dan ilmu pengetahuan yang diciptakan manusia untuk menunjang berbagai aktivitas di era modern. Perkembangan teknologi yang semakin maju, meningkatnya jumlah industri yang menggunakan mesin bermotor, serta semakin banyaknya kendaraan yang dipakai masyarakat setiap hari, menghasilkan berbagai zat berbahaya yang mampu mencemari udara. Akibatnya, udara yang menjadi sumber pernapasan manusia kehilangan kualitasnya, sehingga dapat menimbulkan gangguan kesehatan. Selain itu, pencemaran udara juga berpotensi mengganggu keseimbangan ekosistem alami di lingkungan sekitar yang terpapar pencemar tersebut (Ertiana, 2022)

Pencemaran udara adalah masuknya zat, energi, atau komponen lain ke udara ambien akibat aktivitas manusia yang menyebabkan penurunan mutu udara hingga tidak dapat menjalankan fungsinya. Kondisi ini terjadi ketika satu atau lebih kontaminan seperti debu, busa, gas, kabut, bau, asap, atau uap hadir di atmosfer dalam jumlah besar dengan sifat dan durasi tertentu sehingga dapat mengganggu kehidupan manusia, hewan, tumbuhan, serta merusak benda atau mengancam kelestarian organisme. Pencemaran udara dapat berasal dari sumber alami maupun aktivitas manusia, termasuk gangguan fisik seperti kebisingan, panas, radiasi, atau polusi cahaya. Setiap zat yang tidak termasuk dalam komposisi udara normal disebut polutan (Indrayani & Asfiati, 2018)

Salah satu sumber utama pencemaran udara di wilayah perkotaan adalah aktivitas transportasi yang menghasilkan berbagai jenis polutan berbahaya di atmosfer. Jenis pencemar yang dihasilkan oleh aktivitas transportasi memiliki sifat yang kompleks, terdiri atas berbagai kandungan gas kimia reaktif dan partikel hasil pembentukan sekunder *Particulate Matter* (PM) yang mengalami perubahan di atmosfer dengan ukuran sangat kecil. Partikulat di udara ambien umumnya dibedakan menjadi PM_{10} , $PM_{2,5}$, dan PM_1 berdasarkan ukurannya dalam satuan mikrometer. PM_{10} memiliki

ukuran antara 10 hingga 2,5 mikrometer, $PM_{2,5}$ berukuran antara 2,5 hingga 1 mikrometer, sedangkan PM_1 merupakan partikulat paling halus dengan ukuran sama atau kurang dari 1 mikrometer. Karena ukurannya yang sangat kecil, partikel ini dapat terhirup hingga ke saluran pernapasan bagian dalam bahkan masuk ke aliran darah. Sifatnya yang mudah terhirup menjadikannya berpotensi menimbulkan masalah kesehatan serius. Partikulat ini banyak tersebar di udara, terutama pada area publik yang berdekatan langsung dengan aktivitas transportasi (US EPA, 2024).

Standar ASHRAE tahun 2013 menetapkan ambang batas konsentrasi PM_1 sebesar $25 \mu g/Nm^3$ sebagai acuan kualitas udara dalam ruang tertutup (*occupied space*) agar tetap aman bagi kesehatan penghuninya. Batas ini ditetapkan karena partikulat berukuran sangat halus seperti PM_1 memiliki diameter yang cukup kecil untuk menembus jauh ke dalam saluran pernapasan, bahkan hingga mencapai alveolus paru-paru dan berpotensi masuk ke aliran darah. Apabila konsentrasi PM_1 melebihi $25 \mu g/Nm^3$ secara terus-menerus, paparan tersebut dapat menimbulkan berbagai dampak kesehatan, mulai dari iritasi saluran pernapasan, penurunan fungsi paru-paru, memperparah kondisi asma dan penyakit paru obstruktif kronis (PPOK), hingga meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular akibat peradangan sistemik yang ditimbulkan oleh partikel halus tersebut (Shafie dkk., 2015).

Perlu upaya pemantauan kualitas udara untuk mengetahui tingkat konsentrasi partikulat di lingkungan, khususnya pada area yang dipengaruhi aktivitas transportasi. Salah satu teknologi pemantauan kualitas udara yang berkembang saat ini adalah *low-cost sensor*, yaitu sensor kualitas udara berbiaya rendah yang mampu melakukan pengukuran partikulat secara kontinu dan *real-time*. Teknologi ini banyak digunakan dalam penelitian kualitas udara karena memiliki ukuran relatif kecil, mudah dipindahkan, serta mampu memberikan data dengan resolusi waktu tinggi dibandingkan metode pemantauan konvensional. Penggunaan *low-cost sensor* juga memungkinkan pemantauan kualitas udara pada area yang lebih luas dengan biaya operasional lebih rendah sehingga cocok diterapkan pada penelitian lingkungan perkotaan dan transportasi umum (Buček dkk., 2021).

Paparan partikulat tidak hanya terjadi di lingkungan luar (*outdoor*), tetapi juga dapat dialami masyarakat selama beraktivitas di dalam moda transportasi umum. Penumpang transportasi publik berpotensi terpapar partikulat yang berasal dari infiltrasi udara luar, emisi kendaraan di sekitar jalur lalu lintas, maupun aktivitas di dalam kendaraan. Oleh karena itu, pemantauan konsentrasi PM_{10} pada transportasi publik menjadi penting untuk mengetahui tingkat paparan yang diterima penumpang selama perjalanan.

Salah satu moda transportasi publik yang banyak dimanfaatkan Masyarakat di Kota Padang adalah Trans Padang. Sebagai angkutan massal yang beroperasi pada koridor dengan karakteristik lalu lintas yang beragam, Trans Padang memiliki potensi mengalami variasi konsentrasi partikulat selama operasionalnya. Dengan memanfaatkan sensor *PurpleAir* pada rute Trans Padang, data kualitas udara dapat diperoleh untuk memetakan pola konsentrasi PM_{10} pada berbagai kondisi operasional, waktu, dan lokasi. Informasi ini dapat menjadi dasar bagi pemerintah daerah, operator transportasi, dan masyarakat untuk merumuskan strategi pengendalian polusi udara, meningkatkan kenyamanan penumpang, serta melindungi kesehatan publik di Kota Padang.

Salah satu sensor *low-cost* yang banyak digunakan dalam penelitian kualitas udara adalah *PurpleAir*. *PurpleAir* merupakan sensor kualitas udara yang dikembangkan oleh *PurpleAir Inc.*, Amerika Serikat dan dirancang untuk memantau konsentrasi partikulat secara *real-time*. Sensor ini menggunakan prinsip *laser scattering* yaitu memanfaatkan hamburan cahaya laser untuk mendeteksi jumlah partikel di udara dan mengonversinya menjadi konsentrasi massa PM_{10} , $PM_{2.5}$, dan PM_{10} . *PurpleAir* banyak digunakan dalam penelitian kualitas udara karena memiliki sensitivitas yang baik terhadap perubahan konsentrasi partikulat serta mampu menghasilkan data kontinu dengan biaya yang relatif lebih rendah dibandingkan alat referensi standar. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa *PurpleAir* memiliki korelasi yang cukup baik dengan alat pemantauan standar sehingga dinilai cukup andal untuk pemantauan kualitas udara ambien maupun *mobile monitoring* (Ardon-Dryer dkk., 2020).

Pengukuran konsentrasi PM_{10} secara *real-time* menjadi penting untuk mengetahui tingkat paparan yang dialami penumpang transportasi publik. Dengan memanfaatkan *PurpleAir* pada rute dan halte Trans Padang, data kualitas udara dapat diperoleh untuk memetakan pola konsentrasi PM_{10} pada berbagai kondisi operasional, waktu, dan lokasi. Informasi ini dapat menjadi dasar bagi pemerintah daerah, operator transportasi, dan masyarakat untuk merumuskan strategi pengendalian polusi udara, meningkatkan kenyamanan penumpang, serta melindungi kesehatan publik di Kota Padang.

Karakteristik sensor *PurpleAir* yang bersifat *portabel* juga memungkinkan penerapan metode pemantauan kualitas udara secara *mobile monitoring*. Pengukuran dapat dilakukan dengan pendekatan *mobile monitoring*, yaitu pemantauan konsentrasi partikulat dengan membawa sensor mengikuti rute tertentu sehingga data kualitas udara dapat dikumpulkan pada berbagai lokasi. Pendekatan ini memiliki kelebihan karena mampu menggambarkan variasi spasial konsentrasi partikulat pada area yang lebih luas dibandingkan stasiun pemantauan tetap, serta memungkinkan masyarakat atau peneliti memperoleh data kualitas udara secara lebih mudah dan *real-time* (Farooqui dkk., 2023).

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.2.1 Maksud Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis kondisi kualitas udara di rute Trans Padang melalui pengukuran konsentrasi *Particulate Matter* (PM_{10}) secara *real-time* di lingkungan Kota Padang.

1.2.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari pengerjaan tugas akhir ini yaitu:

1. Menganalisis konsentrasi PM_{10} secara *real-time* pada penumpang Trans Padang di Kota Padang dengan menggunakan sensor *PurpleAir*;
2. Membandingkan tingkat konsentrasi PM_{10} di enam koridor utama Trans Padang untuk mengetahui perbedaan paparan antar rute;
3. Membandingkan konsentrasi PM_{10} pada berbagai waktu pengukuran yaitu pagi dan sore hari;

4. Menganalisis keterkaitan kondisi meteorologi (suhu, kelembapan, dan tekanan) dengan tingkat konsentrasi PM_{10} .

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan gambaran nyata mengenai konsentrasi PM_{10} secara *real-time* pada penumpang Trans Padang dengan menggunakan sensor *PurpleAir*. Hasil penelitian dapat menjadi referensi akademis dalam bidang kualitas udara perkotaan, sekaligus memberikan informasi praktis bagi pengelola transportasi umum terkait kondisi lingkungan yang dialami penumpang. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan bagi pemerintah daerah dalam merumuskan kebijakan pengendalian pencemaran udara serta upaya peningkatan kualitas udara di Kota Padang.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini dibuat suatu batasan-batasan dengan maksud memudahkan analisis yang dibutuhkan dalam rangka pemecahan masalah. Adapun batasannya sebagai berikut:

1. Parameter yang diteliti adalah PM_{10} ;
2. Penelitian ini menggunakan data meteorologi, yaitu suhu, kelembapan dan tekanan;
3. Penelitian dilakukan di 6 rute yang dilewati Trans Padang;
4. Pengukuran dilaksanakan secara *real-time* dengan memanfaatkan sensor *PurpleAir* yang ditempatkan pada tubuh penumpang Trans Padang sebagai perangkat pemantauan bergerak;
5. Pengamatan dilakukan selama delapan hari, mulai hari Senin hingga Minggu, dengan rentang waktu pagi pukul 06.00–09.00 dan sore pukul 15.00–18.00;

1.5 Sistematika Penulisan Laporan

Sistematika penulisan laporan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini mencakup latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat tinjauan literatur yang relevan dengan penelitian, membahas teori-teori mengenai pencemaran udara; karakteristik PM_{10} , $PM_{2,5}$, dan PM_{10} ; faktor meteorologi; dan alat sensor *PurpleAir*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tahapan penelitian yang dilakukan, termasuk metode pengambilan sampel, metode analisis, serta lokasi dan waktu penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil penelitian yang diperoleh berdasarkan metode yang telah diterapkan, serta analisis dan pembahasannya.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan serta saran yang disusun berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan.

