

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Udara merupakan hal yang sangat penting bagi makhluk hidup. Udara merupakan campuran banyak komponen yang terdiri dari gas, partikel padat, partikel cair, energi, ion, zat organik yang terdistribusi secara acak dan bebas mengikuti volume bentuk ruang (Cahyono, 2017). Komposisi udara adalah campuran dari berbagai gas yang terdapat pada permukaan bumi. Udara bumi yang kering mengandung 78,09% nitrogen, 20,94% oksigen, dan 0,93% argon, karbondioksida, dan gas-gas lain dengan komposisinya masing-masing (Stern, 1977).

Kualitas udara mempunyai peran penting bagi kehidupan makhluk hidup di bumi ini terutama pada manusia untuk proses pernapasan. Meskipun begitu, banyak dari aktivitas yang dilakukan oleh manusia sendiri yang berkontribusi pada pencemaran udara. Pelepasan berbagai polutan seperti partikulat, oksida nitrogen, karbon monoksida, dan senyawa organik volatil sering kali mengganggu komposisi alami udara yang kita hirup. Salah satu penyebab utama penurunan kualitas udara adalah pertumbuhan industri yang pesat dan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor di jalan raya (Ikhwan Prayoga, Dedi Triyanto, Suhardi, 2020).

Polusi udara di perkotaan dan industri telah menghasilkan emisi berbagai zat berbahaya yang dapat merugikan kesehatan manusia. Misalnya, partikulat halus (PM_{2.5}), yang merupakan partikel sangat kecil yang dapat masuk ke dalam sistem pernapasan manusia, dapat menyebabkan masalah pernapasan, penyakit kardiovaskular, dan bahkan kematian. Selain itu, Oksida nitrogen (NO_x) dan karbon monoksida (CO) yang dilepaskan oleh kendaraan bermotor dapat mengganggu transportasi oksigen dalam darah dan meningkatkan risiko keracunan gas. Data WHO menunjukkan bahwa hampir seluruh populasi global (99%) menghirup udara yang melebihi batas pedoman WHO dan mengandung tingkat polutan yang tinggi, dengan negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah menderita paparan tertinggi. Pada tahun 2016, sekitar 249 ribu kematian dini disebabkan oleh polusi udara luar ruangan dan 83 ribu kematian dini lainnya

disebabkan oleh polusi udara dalam ruangan (World Health Organization, 2021). Hal ini juga didukung oleh data penelitian dari Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia bahwa lebih dari 123 ribu orang meninggal dunia akibat polusi udara di Indonesia (Pinaria, 2023).

Untuk menggambarkan kondisi mutu udara ambien di sebuah lokasi, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) mengeluarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor 14 tahun 2020 tentang Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) yang di dalamnya terdapat kategori indeks kualitas udara yang dibagi menjadi lima kategori yaitu baik, normal, tidak sehat, sangat tidak sehat, dan berbahaya. Adapun Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Bandung melaporkan kota Bandung saat ini berada dalam tingkat polusi yang cukup tinggi dan sangat beresiko masuk level tidak sehat (Diskominfo Kota Bandung, 2023).

Data Centre for Research on Energy and Clean Air (CREA) menyebutkan adanya penurunan kualitas udara di Indonesia, kualitas udara sudah mencapai tingkat tidak sehat bahkan berbahaya di seluruh Indonesia pada tahun 2023. Tindakan di semua sektor sangatlah penting dalam mengatasi polusi udara (Hasan, 2024), salah satu upaya yang bisa dilakukan adalah dengan mengkomputasi prediksi nilai kualitas udara selama beberapa waktu ke depan. Data kualitas udara yang dikumpulkan dari sensor-sensor IoT yang tersebar di beberapa titik lokasi, kemudian dikirimkan ke *platform cloud* untuk diproses dan dianalisis. Prediksi ini membantu dalam meningkatkan kesadaran masyarakat tentang kondisi kualitas udara di lingkungan mereka. Dengan prediksi kualitas udara ini masyarakat juga bisa lebih berhati-hati dan melakukan tindak lanjut ketika kualitas udara berada di tingkat yang tidak baik.

Prediksi kualitas udara bisa dilakukan dengan pendekatan *Machine Learning*, salah satu algoritma yang bisa digunakan adalah *Long Short-Term Memory (LSTM)*. Implementasi *machine learning*, khususnya model *Long Short-Term Memory (LSTM)*, memungkinkan sistem untuk mempelajari pola data historis dan melakukan prediksi mengenai tingkat polusi di masa depan. Algoritma *Long Short-Term Memory (LSTM)* merupakan salah satu jenis dari *Recurrent Neural Network*

(RNN) yang biasa digunakan pada masalah-masalah yang berkaitan dengan *deep learning* (Song et al., 2020). Dengan memanfaatkan *cloud computing*, sistem ini mampu menangani data dalam jumlah besar dan kompleksitas tinggi, memberikan hasil prediksi yang dapat diakses secara *real-time* melalui *dashboard* interaktif.

Penelitian ini didasarkan atas penelitian sebelumnya yang berjudul Pengujian Algoritma *Long Short-Term Memory* untuk Prediksi Kualitas Udara dan Suhu Kota Bandung (Khumaidi et al., 2020) meneliti parameter PM10, ISPU, suhu, dan kelembaban. Tahapan yang dilakukan meliputi kajian pustaka, pengumpulan data, *preprocessing*, proses *training*, dan proses *testing*. Pemodelan menghasilkan keakuratan prediksi yang cukup baik untuk 3 parameter (suhu, kelembaban, dan ISPU). Penelitian lain yang menggunakan LSTM untuk prediksi kualitas udara dilakukan oleh (Li et al., 2023) dengan menganalisis lima jenis polutan yaitu PM10, O₃, SO₂, NO₂, dan CO. Penelitian ini menggunakan model gabungan LSTM-ARIMA, dan mendapatkan hasil prediksi kualitas udara yang cukup baik. Penelitian lainnya yang menggunakan LSTM untuk memprediksi konsentrasi O, PM2.5, NO, dan CO di Kota Delhi oleh (Krishan, M., Jha, S., Das, 2019), faktor dan parameter pendukung yang digunakan pada penelitian ini meliputi emisi kendaraan, kondisi meteorologi, data lalu lintas, dan tingkat polutan digunakan dalam lima kombinasi berbeda. Hasil yang diperoleh adalah model LSTM efisien menangani kompleksitas dan sangat efektif dalam memperkirakan kualitas udara ambien.

Untuk mengatasi permasalahan polusi udara ini diperlukan sistem Pemantauan kualitas udara secara *real-time* di kota Bandung. Sistem ini bisa digunakan untuk memantau dan menjaga kualitas udara agar tetap sehat dari waktu ke waktu. Kualitas udara yang sehat harus dipertahankan secara berkelanjutan untuk melindungi kesehatan masyarakat kota Bandung. Berdasarkan penelitian terdahulu, algoritma *Long Short-Term Memory* (LSTM) ini memungkinkan prediksi nilai konsentrasi partikulat halus PM dan CO di Kota Bandung dari data *real-time* selama beberapa waktu ke depan. Kemudian hasil nilai prediksi tersebut dikonversi karena harus dinyatakan dalam bentuk standar ISPU. Hasil keluaran nilai yang telah terkategori ISPU bisa lebih akurat dan sesuai. Dengan adanya sistem Pemantauan kualitas udara ini harapannya kota Bandung akan lebih waspada

dengan polusi udara serta bisa mengatasi polusi udara berlebih sehingga bisa mewujudkan kota Bandung yang lebih asri.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan sebelumnya, diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana membentuk *dataset* polusi udara yang bersifat *real-time* di Kota Bandung berbasis IoT?
2. Bagaimana perancangan arsitektur sistem *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan polusi udara di Kota Bandung?
3. Bagaimana implementasi algoritma *Long Short-Term Memory* (LSTM) secara *cloud* untuk mengkomputasi prediksi nilai polutan PM1.0, PM2.5, PM10, dan CO dalam sistem Pemantauan polusi udara berbasis IoT di Kota Bandung?
4. Bagaimana perancangan sistem integrasi berbasis IoT untuk pemantauan polusi udara di Kota Bandung berdasarkan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) dalam pemberian kategori kualitas udara?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang dijelaskan sebelumnya, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membentuk *dataset* polusi udara di Kota Bandung berbasis IoT.
2. Merancang arsitektur sistem *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan polusi udara di Kota Bandung.
3. Mengimplementasi algoritma *Long Short-Term Memory* (LSTM) secara *cloud* untuk mengkomputasi prediksi nilai polutan PM1.0 PM2.5, PM10, dan CO dalam sistem pemantauan polusi udara di Kota Bandung.
4. Merancang sistem integrasi berbasis *Internet of Things* (IoT) yang efektif untuk Pemantauan polusi udara di Kota Bandung, menggunakan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) sebagai dasar dalam pemberian kategori kualitas udara.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah, manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menyediakan sistem pemantauan polusi udara yang dapat digunakan untuk memantau secara *real-time*.
2. Membantu pengguna untuk mengetahui kualitas udara di luar ruangan sebelum bepergian.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di kota Bandung dan sistem bersifat *soft real-time* dengan interval waktu 30 detik.
2. Sistem akan ditempatkan di tiga titik lokasi yang merupakan daerah padat transportasi yang meliputi jalan utama dengan lalu lintas padat; daerah atau kawasan industri; pemukiman padat penduduk; dan kawasan perkantoran yang tidak terpengaruh langsung transportasi.
3. Sistem hanya akan mendeteksi beberapa jenis polutan yaitu partikulat halus (PM1.0, PM2.5, PM10) yang biasa terdapat pada debu jalanan atau dari aktivitas industri seperti pembangunan gedung dan gas CO (karbonmonoksida) yang disebabkan oleh kendaraan bermotor.

1.6 Sistematika Organisasi Penulisan

Untuk memudahkan memahami pembahasan pada penelitian ini, maka diperlukan kerangka sebagai pedoman peneliti agar penulisan lebih terstruktur dan sistematis. Sistematika penulisan ini terdiri dari lima bab sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan masalah mengenai polusi udara yang saat ini sedang terjadi, terutama di kota Bandung termasuk penyebab memburuknya kualitas udara, zat-zat yang berbahaya jika dihirup manusia yang menjadi landasan utama dalam pembangunan sistem pemantauan kualitas udara di kota Bandung.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini berisi berbagai teori, penelitian, dan literatur yang berhubungan dengan polusi udara, seperti parameter kualitas udara, polutan PM dan CO, dampak polutan bagi kesehatan, IoT, dan algoritma LSTM. Di bab ini juga berisi penelitian-penelitian terdahulu yang menjadi acuan dilakukan penelitian ini. Teori-teori pada bab ini dijadikan acuan untuk pembangunan sistem pemantauan kualitas udara.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan secara rinci tentang pendekatan dan prosedur yang diadopsi dalam penelitian. Dimulai dari desain penelitian yang terdiri dari tahapan yang dilakukan selama penelitian, penjelasan untuk lokasi dan waktu penelitian, alat dan bahan, serta analisis kebutuhan pada sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memaparkan hasil dan pembahasan dari seluruh proses penelitian yang telah dilakukan mulai dari pembentukan *dataset*, analisis kebutuhan sistem, pembangunan sistem pemantauan polusi udara berbasis IoT, pembangunan model LSTM, skenario eksperimen, hasil eksperimen, analisis hasil eksperimen, dan integrasi sistem.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi mengenai kesimpulan yang dibuat berdasarkan hasil penelitian. Kemudian terdapat beberapa saran yang dapat digunakan di dalam penelitian selanjutnya.