

Bab I

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pada era teknologi saat ini sekarang berbagai aspek kehidupan manusia telah dipengaruhi oleh kemajuan teknologi informasi, termasuk pendidikan, bisnis, politik, seni, dan budaya. Udara adalah sumber daya yang terbatas dan penting bagi semua spesies, termasuk manusia. Pemerintah membuat kebijakan yang mendefinisikan pencemaran udara sebagai penurunan kualitas udara yang disebabkan oleh faktor alam atau aktivitas manusia. Ledakan gunung berapi adalah salah satu faktor alam yang dapat menyebabkan pencemaran udara, tetapi faktor utama yang sangat mempengaruhi kualitas udara adalah aktivitas industri, transportasi, dan pertumbuhan penduduk yang semakin pesat.(Atalla et al., 2021).

Udara dibagi menjadi dua kategori, udara emisi dan udara ambien. Udara emisi adalah udara yang dikeluarkan oleh sumber seperti gas buang industri dan knalpot kendaraan bermotor, sedangkan udara ambien adalah udara bebas yang dihirup oleh makhluk hidup setiap hari di permukaan bumi. Menurut PP no.41 Tahun 1999, pengukuran dan pemantauan pencemaran udara dapat dilakukan di kawasan perumahan, industri, dan kawasan padat lalu lintas di mana banyak aktivitas manusia terjadi.(D. et al., 2015).

Menurut(D. et al., 2015), Polusi udara merupakan zat asing yang terdapat di dalam udara, oleh karena itu zat tersebut dapat menyebabkan komponen yang ada di udara tidak normal kembali seperti sebelumnya. Polusi udara juga menjadi masalah di lingkungan masyarakat yang menyebabkan dampak buruk pada kesehatannya yang diakibatkan karena udara yang dihirup oleh masyarakat merupakan udara yang tidak baik. Akibat dari polusi tersebut juga dikarenakan semakin canggih atau majunya suatu teknologi dan industri yang ada di area Urban (wilayah dengan populasi yang stabil). Adapun parameter yang akan diukur pada penelitian ini, yaitu CO (Karbon monoksida), PM₁₀(partikel debu), tekanan udara, suhu dan kelembaban. Dimana parameter tersebut dapat menyebabkan polutan yang sangat berpengaruh pada kualitas udara.

Surabaya merupakan kota metropolitan di Indonesia yang telah mengambil

tindakan strategis untuk mengelola kualitas udara dengan sistem pemantauan yang telah teroganisir dan rutin. Stasiun Pemantauan Kualitas Udara (SPKU), yang terletak di beberapa tempat seperti Wonorejo, Kebonsari, dan Tandes, sebagai alat utama untuk mengukur parameter yang telah memengaruhi kualitas udara seperti, ozon, karbon monoksida(CO), dan partikel debu seperti PM_{10} dan $PM_{2.5}$ (Damayanti and Handriyono, 2022).

Kualitas udara di daerah perkotaan dipengaruhi oleh beragam aspek, termasuk aktivitas transportasi, industri, dan kondisi cuaca. Kota-kota besar seperti Surabaya mengalami peningkatan polusi udara akibat banyaknya kendaraan bermotor dan kegiatan industri yang meningkat, yang menyebabkan pencemaran yang mempengaruhi kesehatan masyarakat dan lingkungan. Sumber data berasal dari Dinas Pengelolaan Lingkungan Hidup Surabaya, kualitas udara dipantau secara berkala melalui beberapa parameter polutan (seperti PM_{10} , CO, kelembapan, kecepatan angin, dan suhu). Data tersebut, yang dikumpulkan dalam interval waktu tertentu, dapat dimanfaatkan untuk membuat prediksi kualitas udara di masa depan.(Nasution and Paristi, 2019)

Adanya zat berbahaya seperti karbon monoksida (CO), ozon (O_3), partikel (PM), oksida nitrat (NO), dan nitrogen dioksida (NO_2) di atmosfer pada konsentrasi yang lebih tinggi dari tingkat normal di lingkungan menyebabkan kerusakan pada kesehatan manusia, makhluk hidup lain, ekosistem, dan lingkungan. Salah satu cara terbaik untuk mencegah dampak negatif polusi udara pada kesehatan manusia dan meningkatkan kualitas hidup adalah dengan membangun sistem peringatan dini dan memberikan informasi prakiraan tentang polusi udara. Beberapa metode, terutama komputasi lunak dan statistik, telah digunakan untuk meramalkan polusi udara. Tujuan utama dari semua teknik ini adalah untuk menganalisis bagaimana konsentrasi polutan udara bertindak di masa lalu untuk memprediksi nilainya di masa depan, dengan asumsi bahwa mereka akan bertindak serupa di masa depan(Damayanti and Handriyono, 2022).

Peramalan terhadap kualitas udara memiliki peran penting dalam upaya pemantauan serta pengendalian tingkat polusi di daerah perkotaan. Salah satu metode yang terbukti efektif dalam analisis data lingkungan adalah *Multivariate Long Short-Term Memory* (LSTM), yang mampu mengolah data deret waktu dari berbagai parameter secara bersamaan. Dengan memanfaatkan data historis, pendekatan ini dapat mengenali pola hubungan yang kompleks antara berbagai indikator seperti kadar polutan, suhu udara, kelembapan, dan kecepatan angin. Keunggulan *multivariate LSTM* terletak pada kemampuannya dalam menangkap ketergantungan temporal jangka panjang antar variabel, sehingga dapat meningkatkan akurasi dalam peramalan kualitas udara. Selain itu, metode ini juga menyediakan informasi yang bernilai dalam memproyeksikan tren kualitas udara ke depan, yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan strategis oleh pemerintah maupun masyarakat dalam

menanggulangi permasalahan pencemaran udara (Damayanti and Handriyono, 2022).

Metode *Long Short-Term Memory* (LSTM) merupakan salah satu algoritma yang terbukti efektif dalam memproses data sekuensial, merupakan salah satu tipe *Recurrent Neural Network* (RNN) yang secara khusus dibuat untuk mengatasi permasalahan long-term dependencies atau dependensi jangka panjang dalam data. Dalam prediksi kualitas udara, data masa lalu dari parameter polutan dan meteorologi dapat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai masa depan, sehingga metode *LSTM* sangat relevan digunakan (Faishol et al., 2020).

1.2 Perumusan Masalah

Berikut rumusan masalah yang ingin saya angkat adalah

1. Bagaimana hubungan signifikansi antara parameter dan karakteristik kualitas udara dalam mempengaruhi tingkat polusi udara ?
2. Bagaimana membangun model LSTM untuk melakukan peramalan kualitas udara di Kota Surabaya berdasarkan data multivariat?
3. Bagaimana hasil peramalan kualitas udara di Kota Surabaya dengan multivariate LSTM?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut adalah tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini:

1. Menganalisis hubungan antara parameter dan karakteristik data kualitas udara untuk mengetahui faktor-faktor utama yang mempengaruhi tingkat polusi udara
2. Membangun model prediksi kualitas udara dengan metode LSTM berdasarkan pada kualitas udara data di Kota Surabaya.
3. Menghasilkan model peramalan yang akurat untuk mendukung pengambilan kebijakan pengendalian kualitas udara oleh pemerintah.

1.4 Batasan dan Asumsi Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini difokuskan secara khusus pada pemantauan kualitas udara di Kota Surabaya, dengan data yang diperoleh dari stasiun pemantauan kualitas udara (SPKU) seperti SPKU Kebonsari. Oleh karena itu, model yang dibangun dirancang untuk merefleksikan kondisi lingkungan spesifik wilayah Surabaya dan belum tentu dapat digeneralisasi untuk daerah lain yang memiliki karakteristik polusi dan lingkungan yang berbeda

2. Penelitian ini menggunakan data yang dikumpulkan dari Januari 2022 hingga Desember 2024. Periode ini dipilih untuk mencakup variasi musim, seperti musim hujan dan kemarau, agar model dapat mengenali pola temporal yang beragam. Namun, data di luar rentang waktu tersebut tidak disertakan, sehingga pola jangka panjang mungkin tidak tergambarkan dalam penelitian ini.
3. Parameter yang dianalisis dalam penelitian ini meliputi Karbon Monoksida (CO), PM₁₀, kelembapan, suhu, dan kecepatan angin. Pemilihan parameter ini didasarkan pada ketersediaan data yang konsisten di wilayah Surabaya serta relevansinya terhadap indikator kualitas udara. Sementara itu, variabel lain yang kurang signifikan atau tidak tersedia dalam cakupan wilayah penelitian tidak disertakan dalam model.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Mengembangkan dan Menghasilkan model prediksi kualitas udara yang berbasis Multivariate Long Short-Term Memory (LSTM) guna mendukung pemerintah Kota Surabaya dalam merancang kebijakan yang lebih tepat sasaran dalam pengendalian pencemaran udara.
2. Memberikan kontribusi sebagai landasan bagi penelitian lanjutan dalam bidang peramalan kualitas udara dengan pendekatan time series multivariat yang lebih adaptif dan presisi menggunakan arsitektur LSTM
3. Mendorong pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan, khususnya dalam penerapan deep learning, untuk analisis data lingkungan dan peningkatan efektivitas sistem pemantauan serta pengendalian polusi udara di perkotaan.

1.6 Sistematika Penulisan

Penelitian ini disusun dalam beberapa bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

1. **BAB I Pendahuluan** Bab ini menjelaskan secara rinci latar belakang penelitian, yang memuat alasan pentingnya dilakukan peramalan kualitas udara di Kota Surabaya, khususnya di wilayah SPKU Kebonsari. Selain itu, diuraikan rumusan masalah yang menjadi fokus penelitian, tujuan penelitian yang ingin dicapai, manfaat teoritis dan praktis dari penelitian ini, serta batasan permasalahan yang digunakan untuk mempersempit ruang lingkup penelitian agar tetap terarah. Di bagian akhir bab, dipaparkan sistematika penulisan laporan secara keseluruhan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA Berisi landasan teori yang relevan dengan topik penelitian. Dalam bab ini dibahas teori-teori dasar mengenai kualitas udara, parameter-parameter polusi seperti PM10 dan CO, indeks kualitas udara (ISPU), konsep deret waktu (time series), serta algoritma Long Short-Term Memory (LSTM). Selain itu, dibahas pula penelitian terdahulu yang berkaitan sebagai dasar perbandingan dan justifikasi metode yang dipilih.
3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN Bab ini menjelaskan tahapan-tahapan yang dilakukan selama proses penelitian. Meliputi metode pengumpulan data, deskripsi lokasi dan variabel penelitian, tahapan pra-pemrosesan data seperti normalisasi dan transformasi time series, pembangunan model LSTM multivariat, serta metode evaluasi model menggunakan metrik RMSE, MSE, dan MAPE.
4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN Bab ini memaparkan hasil penelitian yang telah dilakukan. Termasuk di dalamnya visualisasi tren data kualitas udara, analisis hubungan antar variabel, pembangunan dan pelatihan model LSTM multivariat, hasil evaluasi model, interpretasi hasil prediksi, serta pembahasan mengenai efektivitas model dalam meramalkan kualitas udara di Kota Surabaya.
5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN Bab terakhir berisi kesimpulan dari penelitian berdasarkan hasil yang diperoleh, serta saran-saran yang dapat dijadikan masukan untuk penelitian selanjutnya atau pengembangan sistem prediksi kualitas udara di masa depan.