

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kota Semarang merupakan salah satu pusat kegiatan ekonomi dan perdagangan di Jawa Tengah. Kota Semarang sebagai kota metropolitan yang terus berkembang, menghadapi tantangan peningkatan jumlah penduduk, volume kendaraan, dan aktivitas industri yang menyebabkan pencemaran udara. Paparan pencemaran udara dapat meningkatkan risiko gangguan saluran pernapasan seperti asma dan bronkitis, memperburuk kondisi jantung dan pembuluh darah, serta mempercepat penurunan fungsi tubuh yang dapat berujung pada kematian dini. Dampak-dampak ini lebih dirasakan oleh kelompok rentan seperti anak-anak, lansia, dan individu dengan penyakit kronis yang memiliki sistem tubuh yang lebih sensitif terhadap polusi udara (Sarief *et al.*, 2024).

Menurut laporan *IQAir World Air Quality Report 2023*, Kota Semarang menempati peringkat kelima kota dengan konsentrasi PM_{2.5} tahunan tertinggi di Indonesia yakni sebesar 28,1 µg/m³, angka ini jauh melebihi ambang batas tahunan yang direkomendasikan oleh *World Health Organization* (WHO) yaitu 5 µg/m³. Konsentrasi harian PM_{2.5} di Semarang bervariasi antara 13,6 µg/m³ hingga 44,6 µg/m³ yang menunjukkan fluktuasi signifikan yang berpotensi membahayakan kesehatan.

Beberapa indikator yang digunakan sebagai penentu kualitas udara meliputi PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, SO₂, NO₂, dan CO. Indikator-indikator ini menjadi fokus utama dalam menilai kualitas udara karena kontribusinya terhadap polusi dan dampaknya yang signifikan pada kesehatan. Pemantauan kualitas udara secara teratur

diperlukan untuk mengidentifikasi polutan udara yang berpotensi membahayakan kesehatan dan lingkungan. Informasi ini sangat berharga untuk memberikan peringatan dini dan memungkinkan tindakan pencegahan, seperti penggunaan masker atau menghindari wilayah dengan kualitas udara buruk. Upaya tersebut membantu menurunkan dampak negatif bagi kesehatan yang disebabkan oleh polusi udara. Peramalan kualitas udara memiliki peran penting dalam memprediksi tingkat polutan di masa depan, sehingga langkah-langkah pencegahan dapat diambil lebih awal.

Dalam memprediksi kualitas udara, teknologi berbasis *machine learning* dan *deep learning* menjadi pendekatan yang banyak digunakan. *Neural network* salah satu jenis *machine learning*, meniru cara kerja otak biologis manusia. Sementara itu, *deep learning* adalah pengembangan lebih lanjut dengan menggunakan banyak lapisan (*layers*) untuk meningkatkan kemampuan analisis data (Hinton *et al.*, 2012).

Salah satu pendekatan *deep learning* yang mampu mempelajari fitur secara otomatis dalam bentuk vektor adalah *Recurrent Neural Networks* (RNN). Pada RNN, teknik *learning* bekerja dengan menyimpan *output* dari satu *layer* untuk digunakan kembali sebagai *input* pada *hidden layer* berikutnya hingga memprediksi hasil akhir (Tarkus *et al.*, 2020). Kelemahan RNN adalah ketidakmampuannya dalam menghubungkan informasi ketika ada kesenjangan yang terus tumbuh, sehingga memori yang tersimpan menjadi semakin tidak relevan seiring waktu karena tertimpa memori baru (Putra *et al.*, 2020).

Long Short-Term Memory (LSTM) merupakan pengembangan dari metode arsitektur RNN. LSTM mampu mengatasi kekurangan RNN karena dapat mengatur

memori pada setiap *input* dengan menggunakan *memory cells* dan *gate units* pada setiap neuron yang berfungsi untuk mengatur memori (Putra *et al.*, 2020).

Penelitian terdahulu mengenai LSTM dilakukan oleh Ramadhan *et al.* (2024) memprediksi polusi udara di DKI Jakarta dengan metode LSTM menggunakan data dari tahun 2010-2022. Parameter polusi udara yang diprediksi meliputi PM10, SO₂, CO, O₃, dan NO₂. Hasil penelitian diperoleh model terbaik yang menghasilkan rata-rata RMSE sebesar 9,57.

Karyadi (2023) meneliti penggunaan algoritma *deep learning*, yaitu *Long Short Term Memory* (LSTM), *Bidirectional LSTM*, dan *Gated Recurrent Unit* (GRU), untuk memprediksi kualitas udara berdasarkan data *time series*. Parameter yang digunakan mencakup suhu, kelembaban, PM10, dan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). Hasil pengujian menunjukkan bahwa model LSTM dan *Bidirectional LSTM* memberikan performa yang baik berdasarkan nilai RMSE dari data pengujian, sedangkan GRU menunjukkan performa yang kurang optimal untuk permasalahan prediksi kualitas udara ini.

Istiana *et al.* (2023) mengkaji penggunaan LSTM untuk memprediksi konsentrasi PM2.5 sebagai bagian dari upaya mengendalikan polusi udara. LSTM terbukti unggul dalam mengidentifikasi hubungan kompleks dalam data berurutan, menghasilkan akurasi lebih tinggi dibanding model *deep learning* lainnya. Penelitian ini juga menganalisis metode hibrida CNN-LSTM karena kemampuannya memadukan ekstraksi fitur spasial-temporal dan analisis data sekuensial. Penelitian ini menunjukkan bahwa parameter meteorologi dan polutan gas lainnya memiliki pengaruh signifikan terhadap konsentrasi PM2.5, menjadikannya relevan sebagai masukan dalam model prediksi.

Dalam penelitian ini, dilakukan peramalan konsentrasi indikator-indikator kualitas udara yaitu PM10, PM2.5, O₃, SO₂, NO₂, dan CO. Hasil prediksi dari parameter-parameter tersebut kemudian digunakan untuk menghitung Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) yang menjadi acuan utama dalam menilai kondisi kualitas udara secara komprehensif.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Bagaimana penerapan algoritma *Long Short-Term Memory* dalam memprediksi parameter kualitas udara di Kota Semarang?
2. Bagaimana kinerja model *Long Short-Term Memory* dalam memprediksi parameter kualitas udara di Kota Semarang?
3. Bagaimana Indeks kualitas udara berdasarkan hasil prediksi parameter kualitas udara di Kota Semarang?

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi dengan metode prediksi menggunakan *Long Short-Term Memory*, data yang digunakan merupakan data parameter kualitas udara di Kota Semarang dengan rentang waktu tiap jam dari tanggal 1 November 2023 hingga 31 Oktober 2024 yang terdiri dari PM10, PM2.5, O₃, SO₂, NO₂, dan CO. Data diperoleh dari <https://www.weatherbit.io/> yang merupakan website penyedia layanan API cuaca dan kualitas udara.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan algoritma *Long Short-Term Memory* dalam melakukan prediksi parameter kualitas udara di Kota Semarang.
2. Mengevaluasi kinerja model yang dihasilkan dari algoritma *Long Short-Term Memory* dalam memprediksi parameter kualitas udara di Kota Semarang.
3. Menghitung Indeks kualitas udara berdasarkan hasil prediksi parameter kualitas udara di Kota Semarang.