

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas udara merupakan salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh besar terhadap kesehatan manusia dan keberlanjutan lingkungan. Peningkatan aktivitas industri, urbanisasi, serta transportasi menyebabkan meningkatnya konsentrasi polutan udara seperti PM_{2.5}, PM₁₀, CO, NO₂, dan O₃. Kondisi ini menuntut adanya sistem prediksi kualitas udara yang mampu memberikan informasi secara akurat dan tepat waktu sebagai dasar pengambilan keputusan serta peringatan dini.

Dalam beberapa tahun terakhir, pendekatan berbasis machine learning banyak digunakan untuk memprediksi kualitas udara. Salah satu algoritma yang paling sering digunakan adalah Long Short-Term Memory (LSTM), yang merupakan pengembangan dari Recurrent Neural Network (RNN) dan memiliki kemampuan untuk memodelkan data time-series yang bersifat non-linear dan dinamis.

Di sisi lain, perkembangan teknologi web memungkinkan hasil prediksi kualitas udara disajikan secara real-time dan mudah diakses oleh pengguna. Namun, penelitian terkait penerapan LSTM dalam prediksi kualitas udara masih tersebar di berbagai publikasi ilmiah dan belum banyak dirangkum secara sistematis, khususnya dalam konteks integrasi dengan sistem berbasis web.

Oleh karena itu, diperlukan suatu penelitian berbasis Systematic Literature Review (SLR) untuk mengkaji, menganalisis, dan membandingkan hasil-hasil penelitian terdahulu mengenai penerapan algoritma LSTM dalam prediksi kualitas udara, serta menilai potensi integrasinya ke dalam platform web.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana penerapan algoritma LSTM dalam prediksi kualitas udara berbasis web berdasarkan penelitian terdahulu?
2. Seberapa akurat algoritma LSTM dibandingkan metode prediksi lainnya dalam memprediksi kualitas udara?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis penerapan algoritma LSTM dalam prediksi kualitas udara berdasarkan kajian literatur.

2. Membandingkan tingkat akurasi algoritma LSTM dengan metode prediksi lain yang digunakan dalam penelitian terdahulu.
3. Mengkaji potensi integrasi algoritma LSTM ke dalam sistem prediksi kualitas udara berbasis web secara konseptual.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1.4.1 Manfaat Akademis

- Menjadi referensi ilmiah bagi mahasiswa dan akademisi terkait penerapan algoritma LSTM dalam prediksi kualitas udara.
- Memberikan kontribusi kajian literatur yang sistematis di bidang data science dan lingkungan.

1.4.2 Manfaat Praktis

- Memberikan gambaran konseptual bagi pengembang sistem terkait integrasi LSTM dalam platform web.
- Menjadi dasar pertimbangan bagi penelitian selanjutnya dalam pengembangan sistem prediksi kualitas udara.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terfokus, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR).
2. Literatur yang digunakan berasal dari jurnal ilmiah ber-DOI dengan rentang tahun 2020–2025.
3. Penelitian hanya membahas algoritma LSTM dan perbandingannya dengan metode lain.
4. Penelitian tidak mencakup implementasi, pelatihan model, maupun pengembangan sistem secara langsung.
5. Integrasi sistem berbasis web dibahas secara konseptual.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN KERANGKA PENELITIAN

2.1 Kualitas Udara

Kualitas udara merupakan kondisi udara di suatu wilayah yang ditentukan oleh konsentrasi zat pencemar di dalamnya. Pencemaran udara terjadi ketika zat atau partikel berbahaya masuk ke atmosfer dan berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia, hewan, tumbuhan, serta lingkungan secara umum.

Parameter kualitas udara yang umum digunakan dalam penelitian meliputi:

- PM2.5 (Particulate Matter $\leq 2.5 \mu\text{m}$)
- PM10 (Particulate Matter $\leq 10 \mu\text{m}$)
- CO (Carbon Monoxide)
- NO₂ (Nitrogen Dioxide)
- SO₂ (Sulfur Dioxide)
- O₃ (Ozon)

Parameter-parameter tersebut bersifat time-series, yaitu memiliki ketergantungan terhadap waktu dan dipengaruhi oleh kondisi sebelumnya, sehingga memerlukan metode prediksi yang mampu menangkap pola temporal secara efektif.

2.2 Prediksi Kualitas Udara

Prediksi kualitas udara bertujuan untuk memperkirakan kondisi udara di masa mendatang berdasarkan data historis. Informasi hasil prediksi dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan, peringatan dini, serta perencanaan kebijakan lingkungan.

Berbagai metode telah digunakan dalam prediksi kualitas udara, antara lain:

- Metode statistik seperti ARIMA
- Metode machine learning seperti Support Vector Regression (SVR)

- Metode deep learning seperti Recurrent Neural Network (RNN) dan Long Short-Term Memory (LSTM)

Namun, metode konvensional sering mengalami kesulitan dalam menangani data yang bersifat non-linear dan fluktuatif, sehingga mendorong penggunaan metode deep learning.

2.3 Algoritma Long Short-Term Memory (LSTM)

Long Short-Term Memory (LSTM) merupakan salah satu jenis Recurrent Neural Network (RNN) yang dirancang untuk mengatasi permasalahan vanishing gradient pada data time-series. LSTM memiliki struktur sel memori yang memungkinkan model menyimpan dan mengelola informasi jangka pendek maupun jangka panjang.

Secara umum, LSTM terdiri dari tiga gerbang utama, yaitu:

1. Forget Gate, untuk menentukan informasi yang perlu dilupakan
2. Input Gate, untuk menentukan informasi baru yang disimpan
3. Output Gate, untuk menentukan keluaran dari sel memori

Kemampuan ini menjadikan LSTM sangat efektif dalam memprediksi data kualitas udara yang memiliki pola kompleks dan dinamis.

2.4 Systematic Literature Review (SLR)

Systematic Literature Review (SLR) merupakan metode penelitian yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis hasil penelitian terdahulu secara sistematis dan terstruktur. Berbeda dengan literature review biasa, SLR memiliki prosedur yang jelas dan dapat direplikasi.

Dalam penelitian ini, SLR digunakan untuk:

- Mengidentifikasi tren penelitian prediksi kualitas udara
- Menganalisis performa algoritma LSTM
- Membandingkan LSTM dengan metode prediksi lain
- Mengkaji potensi integrasi ke sistem berbasis web

2.5 Metode PRISMA dalam SLR

PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) merupakan pendekatan yang digunakan untuk memastikan proses seleksi literatur dilakukan secara transparan dan sistematis.

Tahapan PRISMA meliputi:

1. Identification – pengumpulan artikel dari database ilmiah
2. Screening – penyaringan judul dan abstrak
3. Eligibility – penilaian kelayakan artikel
4. Included – penentuan artikel terpilih

Pendekatan ini membantu mengurangi bias dan meningkatkan kualitas hasil kajian.

2.6 Penelitian Terkait

Berdasarkan hasil kajian terhadap jurnal ilmiah pada rentang tahun 2020–2025, sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa algoritma LSTM memiliki performa yang baik dalam memprediksi kualitas udara.

Beberapa temuan penting dari penelitian terdahulu antara lain:

- LSTM mampu menangkap pola temporal data kualitas udara secara lebih akurat
- Nilai kesalahan prediksi (RMSE dan MAE) LSTM cenderung lebih rendah dibandingkan metode statistik
- LSTM banyak digunakan untuk memprediksi parameter PM2.5 dan PM10
- Beberapa penelitian mengintegrasikan LSTM ke dalam sistem berbasis web untuk menampilkan hasil prediksi secara real-time

Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa LSTM merupakan metode yang relevan dan efektif untuk prediksi kualitas udara.

2.7 Kerangka Pemikiran Penelitian

Kerangka pemikiran penelitian ini dimulai dari permasalahan kualitas udara yang bersifat dinamis dan kompleks. Data historis kualitas udara dianalisis melalui pendekatan Systematic Literature Review untuk mengkaji penerapan algoritma LSTM dalam prediksi kualitas udara.

Hasil analisis literatur kemudian disintesis untuk:

- Menjawab research question
- Menilai keunggulan LSTM

- Memberikan rekomendasi konseptual integrasi ke sistem berbasis web

Proses Penelitian LSTM untuk Prediksi Kualitas Udara

