

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Metode peramalan merupakan metode yang digunakan untuk memprediksi ketidakpastian yang mungkin terjadi di masa yang akan datang sebagai upaya untuk mengambil keputusan yang lebih baik (Fauziah dkk., 2016). Peramalan deret waktu merupakan teknik yang digunakan untuk memprediksi nilai-nilai tertentu yang akan terjadi di masa yang akan datang berdasarkan data-data di masa lalu. Beberapa contoh teknik peramalan deret waktu yang paling umum diantaranya adalah *Moving Average* (MA), model *Autoregressive* (AR) yang selanjutnya terus berkembang dan menghasilkan metode-metode baru.

Fuzzy Time Series (FTS) merupakan salah satu teknik peramalan yang diaplikasikan sesuai dengan prinsip-prinsip fuzzy yang diperkenalkan oleh Song dan Chissom (1993) dan dikembangkan lagi oleh Song dan Chissom (1994). Dalam *Fuzzy Time Series* (FTS), data deret waktu dimodelkan sebagai sebuah rangkaian himpunan fuzzy yang dikelompokkan dalam kategori-kategori tertentu berdasarkan derajat keanggotaannya. Konsep FTS juga mengalami pengembangan dengan diperkenalkannya konsep *high-order fuzzy time series* yang diperkenalkan oleh Chen (2002) dengan melibatkan dua atau lebih data historis pada tahap menentukan *Fuzzy Logic Relation* (FLR). Meskipun *high-order fuzzy time series* terus dikembangkan oleh berbagai peneliti, metode ini juga memungkinkan untuk dikombinasikan dengan metode atau algoritma lain karena *high-order fuzzy time series* mencatat pola-pola yang telah terbentuk dari data historis yang sehingga memungkinkan untuk diprediksi hasilnya dengan metode-metode lain yang ada.

Beberapa penelitian yang mengombinasikan metode *high-order fuzzy time series* dengan algoritma lain adalah penelitian yang dilakukan oleh Pattanayak dkk. (2020) dan penelitian oleh Pattanayak dkk. (2023).

Dalam dua penelitian tersebut, *high-order fuzzy time series* dikombinasikan dengan *Support Vector Machine* (SVM). SVM dalam penelitian tersebut berperan dalam memodelkan *Fuzzy Logic Relation* (FLR) yang berperan dalam menentukan nilai hasil peramalan, berdasarkan pola-pola yang telah tercatat oleh *Fuzzy Logic Relation* (FLR).

Penelitian oleh Pattanayak dkk. (2023) menggunakan konsep *Hesitant Fuzzy Set* (HFS) yang diperkenalkan oleh Torra (2010) yang pada awalnya bertujuan untuk mengatasi masalah pada *Intuitionistic Fuzzy Sets* (IFS) yang kesulitan dalam merepresentasikan nilai anggota keanggotaan untuk beberapa metode fuzzifikasi yang selanjutnya dikembangkan lagi oleh Bisht dan Kumar (2016) yang mengembangkan model menggunakan teori HFS untuk mengatasi masalah non-determinisme dalam *time series*. Menurut Pattanayak dkk. (2023) HFS merupakan pengembangan dari himpunan fuzzy tradisional yang membantu dalam menghasilkan beberapa nilai derajat keanggotaan untuk setiap elemen *time series* yang diharapkan untuk dapat membantu dalam membuat keputusan yang lebih baik dalam situasi ragu-ragu. *Support Vector Machine* (SVM) merupakan salah satu algoritma *supervised learning* yang umumnya digunakan dalam masalah klasifikasi. Meskipun seringkali digunakan dalam masalah klasifikasi, SVM juga dikembangkan untuk dapat menyelesaikan masalah prediksi yang dikenal dengan *Support Vector Regression* (SVR). Meskipun SVM efektif dalam memetakan data ke dalam ruang dimensi yang lebih tinggi, SVM memiliki keterbatasan dalam menangani data kompleks atau data yang nonlinier. Untuk mencoba mengatasi keterbatasan SVM, dalam penelitian ini model akan dimodifikasi dengan mengganti SVM dengan *Multilayer Perceptron* MLP.

Multilayer Perceptron (MLP) merupakan jenis jaringan saraf maju yang terdiri dari lapisan *input*, lapisan *output* dan lapisan tersembunyi yang dapat menyelesaikan masalah yang tidak terpisah secara linear serta dapat mendekati fungsi kontinu dan digunakan untuk menyelesaikan masalah klasifikasi, pengenalan dan prediksi (Abirami & Chitra, 2020). MLP dapat

menjadi salah satu pendekatan yang memungkinkan untuk lebih baik dalam memodelkan hubungan nonlinier antara variabel *input* dan *output* serta dianggap mampu lebih baik dalam pembelajaran fitur melalui pembelajaran mendalam. MLP memungkinkan untuk dapat dikombinasikan dengan *high order hesitant fuzzy time series* untuk memodelkan relasi fuzzy berbasis HFS yang nantinya akan berperan juga dalam menghasilkan nilai prediksi. MLP memiliki arsitektur yang lebih sederhana dibandingkan dengan algoritma *deep learning* lain seperti *Recurrent Neural Network* (RNN) maupun *Long-Short Term Memory* (LSTM) sehingga memungkinkan efisiensi dalam komputasi yang berdampak pada waktu yang digunakan relatif lebih singkat dan mudah diterapkan ketika data deret waktu telah diproses terlebih dahulu. MLP juga memungkinkan untuk menghasilkan satu nilai *output* saja meskipun dengan melibatkan banyak nilai *input* sekalipun, sehingga relevan untuk dikombinasikan dengan *high order fuzzy time series* yang melibatkan banyak nilai *input* namun menghasilkan satu nilai *output*.

Masalah polusi udara merupakan salah satu masalah utama yang dihadapi oleh umat manusia. Polusi udara menjadi semakin parah yang diakibatkan oleh kegiatan-kegiatan manusia yang juga semakin meningkat, baik yang bersumber dari industri, kendaraan maupun kegiatan lain. Menurut Schmale dkk. (2014) polusi udara adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan banyak gas, partikel dan racun yang terkandung dalam udara dan makhluk hidup dengan konsentrasi yang cukup tinggi sehingga memiliki potensi untuk menimbulkan dampak berbahaya terhadap gangguan pernafasan. Dampak yang dihasilkan oleh polusi udara juga serius, salah satunya adalah terhadap kesehatan manusia itu sendiri. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia/ *World Health Organization* (2022) polusi udara di perkotaan dan pedesaan diperkirakan menyebabkan 4,2 juta kematian dini di seluruh dunia pertahun pada tahun 2019. Menurut *United Nation Environment Program* (2021) tingkat kematian dini di seluruh dunia yang diakibatkan oleh polusi udara mencapai sekitar 6,7 juta kematian pertahun.

Masalah polusi udara akan sangat mungkin semakin buruk di berbagai lokasi di belahan dunia seiring dengan terus berkembangnya industri, meningkatnya jumlah kendaraan dan kebutuhan sumber energi. Untuk menentukan kualitas udara dapat ditentukan dengan mengukur konsentrasi polutan utama dan membandingkan nilai ambang batas dan batasan polutan udara utama yang berisiko bagi kesehatan berdasarkan panduan kualitas udara global dari *World Health Organization*. Untuk memastikan lingkungan yang sehat, sangat penting untuk memantau dan memprediksi indeks kualitas udara/ *air quality index* (AQI) serta konsentrasi polutan.

Prediksi AQI dan konsentrasi polutan akan memungkinkan untuk dapat membantu pemerintah, peneliti dan masyarakat dalam mengambil tindakan pencegahan dan mitigasi. Data historis pencatatan konsentrasi polutan dan indeks kualitas udara umumnya dicatatkan dalam rentang waktu perjam kemudian dihitung untuk pencatatan harian, sehingga dapat dikatakan bahwa dataset konsentrasi polutan dan indeks kualitas udara merupakan suatu bentuk dataset *time series* (deret waktu) yang dapat membantu dalam memprediksi tingkat polusi udara dan memahami tren polusi. Dengan adanya prediksi dan tren tersebut akan diharapkan untuk dapat membantu dalam perencanaan dan implementasi kebijakan lingkungan yang efektif. Pendekatan ini juga membantu masyarakat untuk membuat keputusan yang lebih baik terkait kegiatan sehari-hari mereka, terutama bagi individu yang rentan terhadap dampak buruk polusi udara.

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan memprediksi kualitas udara telah dilakukan dan terus berkembang. Penelitian oleh Saini dkk. (2024) yang memprediksi parameter polusi udara di kota Amravati, India menggunakan model *Artificial Neural Network* (ANN) yaitu LSTM (*Long Short-Term Memory*) dengan menggunakan data masa lampau selama 10 tahun mulai dari tahun 2008 sampai 2018 dengan menggunakan tiga parameter utama yaitu SO_2 , NO_x dan RSPM (*Respirable Suspended Particulate Matter*). Penelitian oleh Marinov dkk. (2022) berfokus pada peramalan di

Sofia, Bulgaria dengan menggunakan model *Auto Regressive Integrated Moving Average* (ARIMA) pada parameter polutan $PM_{2.5}$, ozon (O_3), nitrogendioksida (NO_2) dan karbonmonoksida (CO) dengan interval waktu yang berbeda-beda. Penelitian oleh Hasnain dkk. (2022) memprediksi tingkat polusi udara dengan fokus pada parameter polutan $PM_{2.5}$, PM_{10} , ozon (O_3), nitrogendioksida (NO_2), sulfurdioksida (SO_2) dan karbonmonoksida (CO) dari 72 stasiun pemantauan di Jiangsu sejak tahun 2016 sampai 2020 dengan menggunakan model yang berbasis *Prophet Forecasting Method* (PFM). Penelitian oleh Reikard (2019) membahas dampak emisi vulkanik dari Gunung Kilauea di Hawai'i terhadap kualitas udara dan kesehatan masyarakat dengan mengkaji data emisi vulkanik, gas sulfurdioksida (SO_2), dan partikel halus $PM_{2.5}$ untuk mengembangkan model peramalan menggunakan metode *time series* menggunakan model ARIMA (*Auto Regressive Integrated Moving Average*) dan regresi untuk meramalkan konsentrasi SO_2 dan $PM_{2.5}$.

Dalam penelitian ini, akan dikembangkan suatu model dalam masalah prediksi dengan menggunakan *high-order hesitant fuzzy time series* yang dikombinasikan dengan *multilayer perceptron*. Model yang dikembangkan nantinya akan diujikan pada data konsentrasi polutan di Kota Semarang. Model yang dikembangkan dan diujikan pada data konsentrasi polutan di Kota Semarang performanya akan diukur dengan menggunakan metrik akurasi yaitu dengan menggunakan *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Symmetric Mean Absolute Percentage Error* (SMAPE). Metrik akurasi yang dihasilkan oleh model akan dapat menggambarkan seberapa baik performa model dalam menghasilkan prediksi. Beberapa kontribusi yang diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengintegrasikan *Multilayer Perceptron* (MLP) ke dalam *High Order Hesitant Fuzzy Time Series* (HOHFTS) yang digunakan

sebagai pemodel utama yang terbentuk dari FLR sehingga tidak menggunakan teknik defuzzifikasi tertentu dengan harapan dapat menangani data polusi yang besar dan kompleks sehingga juga dapat memperoleh hasil prediksi yang lebih baik.

2. Menerapkan model prediksi HOHFTS-MLP ke dalam sistem informasi interaktif untuk memprediksi tujuh parameter polutan di Kota Semarang, sebagai studi kasus nyata berbasis data historis.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengkonstruksi model prediksi *high-order hesitant fuzzy time series-multi layer perceptron* dengan *mean aggregated membership value* sebagai operator agregasinya untuk memprediksi konsentrasi polutan sehingga menghasilkan model yang *robust* dan memiliki akurasi yang lebih baik. Model yang dikembangkan juga diaplikasikan untuk membangun sistem informasi prediksi konsentrasi polutan sebagai studi kasus nyata di Kota Semarang yang dapat menampilkan hasil prediksi dari 7 parameter polutan secara interaktif dengan menggunakan data historis.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan akan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

- 1) Membangun model peramalan deret waktu yang lebih akurat dan robust melalui integrasi *High Order Hesitant Fuzzy Time Series* (HOHFTS), *Multilayer Perceptron* (MLP), dan *mean aggregated membership value*. Pendekatan ini memberikan kerangka baru dalam menangani ketidakpastian dan non-linearitas pada data deret waktu, serta mengurangi kebutuhan terhadap proses defuzzifikasi, sehingga dapat dijadikan referensi dalam pengembangan metode prediksi berbasis fuzzy di masa depan.
- 2) Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis melalui pengembangan sistem informasi prediksi konsentrasi polutan di Kota Semarang. Dengan memanfaatkan model HOHFTS-

MLP yang telah dikembangkan, sistem ini mampu memprediksi tujuh parameter polusi udara secara interaktif berbasis data historis. Hasil ini menunjukkan bahwa model tidak hanya unggul secara teoretis, tetapi juga aplikatif dan dapat direplikasi untuk wilayah lain yang memiliki karakteristik serupa dalam pemantauan kualitas udara.



SEKOLAH PASCASARJANA