

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Cuaca memainkan peran penting dalam kehidupan manusia, memengaruhi berbagai sektor seperti pertanian, transportasi, dan aktivitas sehari-hari. Perubahan iklim dan pemanasan global memperburuk kondisi cuaca di banyak negara, termasuk Indonesia, dengan peningkatan suhu global dan aktivitas manusia yang menyebabkan frekuensi cuaca ekstrem meningkat, seperti badai, gelombang panas, dan banjir [1]. Sebagai negara tropis, Indonesia rentan terhadap fenomena cuaca seperti muson, *El Niño*, dan *La Niña*, yang sering kali menghasilkan cuaca ekstrem sulit diprediksi [2]. Dampaknya dirasakan dalam bentuk banjir, tanah longsor, serta fenomena lain yang memengaruhi kesejahteraan dan ekonomi Masyarakat[3].

Surabaya merupakan salah satu kota padat di Jawa Timur yang mengalami peningkatan suhu signifikan dalam dekade terakhir, sebagai dampak dari perubahan iklim yang mencerminkan intensitas pemanasan global [4]. Kota ini kerap menghadapi cuaca ekstrem seperti hujan deras dan suhu tinggi, yang berdampak pada kehidupan warga serta sektor ekonomi dan infrastruktur. Sebagai pusat perdagangan dan pelabuhan utama di Indonesia, termasuk Pelabuhan Perak, cuaca buruk membawa tantangan bagi Surabaya dalam menjaga kelancaran aktivitas bisnis dan transportasi [5]. Prediksi cuaca yang akurat sangat penting untuk perencanaan aktivitas masyarakat dan stabilitas ekonomi kota.

Meskipun Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) telah menyediakan prediksi cuaca secara nasional, tantangan tetap ada khususnya dalam memberikan informasi yang lebih rinci dan akurat. Menurut Farikhul Firdaus et al. (2022), akurasi prediksi cuaca di beberapa wilayah Indonesia masih perlu ditingkatkan, terutama dalam memberikan informasi yang tepat waktu dan sesuai dengan kondisi cuaca. Hal ini sejalan dengan pendapat pakar analisis BMKG yang menyatakan bahwa ketepatan prediksi cuaca masih kurang akurat dan dapat ditingkatkan dengan pemilihan metode yang lebih tepat dan canggih [6]. Oleh sebab itu, diperlukan pengembangan dan evaluasi berkelanjutan terhadap metode-metode

yang digunakan untuk prediksi cuaca, termasuk penerapan teknologi terbaru dan algoritma yang lebih canggih.

Menurut Dewi et al. (2014), permintaan akan informasi cuaca yang lebih cepat, akurat, dan terperinci bahkan hingga skala harian, jam, atau menit terus mendorong penelitian serta pengembangan metode prediksi cuaca yang lebih canggih dan tepat [7]. Seiring dengan perkembangan teknologi informasi, banyak metode baru yang digunakan untuk melakukan prediksi cuaca dengan akurasi yang lebih tinggi [8]. Berbagai metode telah diterapkan dalam prediksi cuaca, termasuk model-model berbasis statistik dan algoritma machine learning. Namun, metode-metode tersebut juga memiliki keterbatasan, terutama dalam hal mengatasi data cuaca yang bersifat kompleks dan melibatkan banyak variabel yang saling berkaitan.

Seiring perkembangan teknologi informasi, berbagai metode telah diterapkan, mulai dari model statistik hingga algoritma machine learning untuk prediksi cuaca. Misalnya, penelitian yang dilakukan Supriyadi, (2020) dengan judul "Prediksi Parameter Cuaca Menggunakan *Deep Learning Long-Short Term Memory* (LSTM) [9]. Penelitian lain dilakukan Dewi et al., (2014), berjudul "Prediksi Cuaca pada Data *Time Series* Menggunakan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) [7]. Selain itu, Ulinnuha dan Farida, (2018), juga melakukan studi berjudul Prediksi Cuaca Kota Surabaya Menggunakan *Autoregressive Integrated Moving Average* (ARIMA) *Box Jenkins* dan *Kalman Filter* [3]. Meskipun LSTM dan ANFIS relatif lebih adaptif terhadap pola data yang tidak stasioner, metode berbasis statistik seperti ARIMA umumnya membutuhkan data yang telah distasionerkan terlebih dahulu. Secara umum, metode-metode tersebut masih menghadapi keterbatasan dalam menangani data cuaca yang kompleks, multivariat, dipengaruhi oleh faktor musiman, serta mengandung noise.

Salah satu pendekatan yang potensial adalah *Multivariate Singular Spectrum Analysis* (MSSA). *Multivariate Singular Spectrum Analysis* (MSSA) adalah metode peramalan non-parametrik yang mampu memecah data deret waktu menjadi beberapa komponen, seperti tren, musiman, dan noise [10]. Kelebihan MSSA terletak pada tingkat akurasi peramalannya yang sangat tinggi, serta kemampuannya untuk diterapkan pada data dengan hubungan linier maupun non-

linier [10]. *Multivariate Singular Spectrum Analysis* (MSSA) adalah pengembangan dari *Singular Spectrum Analysis* (SSA) yang berfungsi untuk menganalisis deret waktu tunggal. Sementara itu, *Multivariate Singular Spectrum Analysis* (MSSA) dirancang untuk bekerja dengan beberapa deret waktu dalam sistem yang bersamaan. Tahapan MSSA dan SSA hampir sama, yaitu dekomposisi dan rekonstruksi. Namun, perbedaannya terletak pada proses dekomposisi, di mana MSSA menggunakan blok Hankel matriks.

Meskipun penerapan peramalan cuaca menggunakan MSSA masih jarang dilakukan, penelitian sebelumnya telah menunjukkan potensi SSA dalam memprediksi cuaca dengan data univariat, yang memberikan hasil yang baik. Misalnya penelitian yang dilakuakn Anom (2023) dengan judul Penerapan Metode *Singular Spectrum Analysis* (SSA) Untuk Memprediksi Rata-Rata Suhu Udara Provinsi Lampung dengan dengan nilai MAPE sebesar 1,19 % [11]. Serta penelitian yang dilakuakn Silvia et al., (2023) berjudul *Rainfall Forecasting in Medan City Using Singular Spectrum Analysis* (SSA) memperoleh akurasi peramalan dengan nilai MAPE sebesar 15,5% [12]. Dengan mempertimbangkan hasil SSA dari penelitian-penelitian sebelumnya yang menunjukkan performa baik dalam memprediksi data cuaca univariat, terdapat kemungkinan bahwa MSSA akan menghasilkan prediksi yang akurat ketika diterapkan pada data cuaca multivariat.

Berikut beberapa penelitian terdahulu yang telah membuktikan efektivitas MSSA untuk peramalan menggunakan data multivariat dengan studi kasus yang berbeda. Penelitian oleh Marjuni (2022) berjudul Peramalan Harga Saham Serentak Menggunakan Model *Multivariate Singular Spectrum Analysis* menunjukkan bahwa MSSA dapat mencapai tingkat kesalahan di bawah 5%, dengan MAPE masing-masing sebesar 3,18% untuk open price dan 3,21% untuk close price [13]. Penelitian oleh Hasanah dan Lestari (2021) dengan judul Peramalan Nilai Tukar Petani (NTP) Di Pulau Jawa Menggunakan Metode *Multivariate Singular Spectrum Analysis* (MSSA) juga menunjukkan hasil yang baik, dengan MAPE tertinggi 0,71% di Jawa Timur dan terendah 0,33% di Yogyakarta [10].

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa *Multivariate Singular Spectrum Analysis* (MSSA) telah banyak digunakan pada sektor ekonomi, keuangan, dan energi karena kemampuannya menguraikan pola kompleks data multivariat serta

menghasilkan prediksi akurat. Namun, penerapannya di bidang meteorologi masih terbatas, sementara sebagian besar penelitian hanya menggunakan SSA *univariate* pada variabel tunggal seperti suhu atau curah hujan.

Data cuaca sendiri memiliki karakteristik khusus, yaitu bersifat nonstasioner karena rata-rata dan variansnya dapat berubah dari waktu ke waktu. Selain itu, data cuaca menunjukkan pola musiman yang berulang dalam skala harian, bulanan, maupun tahunan. Variabel cuaca juga bersifat multivariat dan saling berkaitan, misalnya peningkatan suhu sering diikuti oleh penurunan kelembapan relatif. Di samping itu, data cuaca sering mengandung *noise* akibat faktor acak maupun kesalahan pengukuran.

Data cuaca bersifat nonstasioner, memiliki pola musiman, multivariat, serta sering mengandung *noise*. Oleh karena itu, *Multivariate Singular Spectrum Analysis* (MSSA) dipilih karena mampu memisahkan komponen tren, musiman, dan *noise* sehingga menghasilkan prediksi yang lebih akurat tanpa memerlukan asumsi standar seperti normalitas, stasioneritas, serta linearitas.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini difokuskan pada prediksi cuaca satu minggu ke depan di Kota Surabaya menggunakan metode *Multivariate Singular Spectrum Analysis* (MSSA) dengan data multivariat yang mencakup temperatur maksimum, temperatur rata-rata, temperatur minimum dan kelembapan rata-rata. Selain itu, peneliti merancang *Graphical User Interface* (GUI) untuk menampilkan hasil prediksi secara interaktif dan mudah dipahami.

1.2. Rumusan Masalah

Dengan mempertimbangkan latar belakang tersebut, rumusan masalah yang akan dianalisis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi data cuaca dan tahapan pra-pemrosesan yang dilakukan sehingga data tersebut siap digunakan dalam pelatihan model *Multivariate Singular Spectrum Analysis* (MSSA)?
2. Bagaimana penerapan metode *Multivariate Singular Spectrum Analysis* (MSSA) dalam memprediksi cuaca di Surabaya?
3. Bagaimana hasil prediksi temperatur minimum, temperatur maksimum, temperatur rata-rata dan kelembapan rata-rata untuk 1 minggu ke depan?

4. Bagaimana implementasi MSSA dalam pengembangan antarmuka interaktif untuk memprediksi cuaca?

1.3. Batasan Masalah

Sesuai dengan rumusan masalah yang telah dirumuskan, penelitian ini memiliki beberapa batasan sebagai berikut:

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari situs resmi Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dibatasi pada data cuaca harian yang diambil dari Stasiun Meteorologi Perak 1 di Surabaya, dengan periode pengamatan dari tanggal 1 Agustus 2024 hingga 7 Januari 2025, yang mencakup 160 hari.
2. Penelitian ini menggunakan empat variabel cuaca, yaitu temperatur maksimum, temperatur rata-rata, temperatur minimum dan kelembapan rata-rata.
3. Model prediksi yang dikembangkan ditargetkan memiliki tingkat kesalahan (error) di bawah 10%.
4. *graphical user interface* (GUI) yang dirancang dalam penelitian ini terbatas pada pengembangan lokal menggunakan R-Shiny, tanpa melibatkan deployment ke server eksternal.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui kondisi data cuaca dan melakukan tahapan pra-pemrosesan sehingga data dapat digunakan dalam pelatihan model *Multivariate Singular Spectrum Analysis* (MSSA).
2. Menerapkan metode *Multivariate Singular Spectrum Analysis* (MSSA) dalam memprediksi cuaca di Surabaya.
3. Menganalisis dan mengevaluasi hasil prediksi temperatur minimum, temperatur maksimum, temperatur rata-rata dan kelembapan rata-rata?
4. Menerapkan MSSA dalam pengembangan antarmuka interaktif *GUI R Shiny* untuk memprediksi cuaca.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis, di antaranya:

1. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teori mengenai metode *Multivariate Singular Spectrum Analysis* (MSSA) dalam konteks prediksi cuaca, sehingga menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan analisis deret waktu. Selain itu, penerapan MSSA diharapkan mampu memberikan wawasan baru mengenai teknik analisis data cuaca multivariat, serta memperkaya literatur yang ada di bidang ini.

2. Manfaat Praktis

Temuan dari penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh pihak-pihak terkait, seperti Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) serta lembaga lainnya, guna meningkatkan ketepatan dalam ramalan cuaca dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih efektif dalam menghadapi kondisi cuaca ekstrem. Selain itu, informasi yang dihasilkan juga dapat memberikan panduan bagi masyarakat untuk merencanakan aktivitas sehari-hari mereka dengan lebih baik, seperti dalam sektor pertanian, transportasi, dan kegiatan ekonomi lainnya yang sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca. Dengan adanya prediksi cuaca yang lebih akurat, diharapkan dapat mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh cuaca ekstrem dan meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi perubahan cuaca yang tiba-tiba.