

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, Indonesia memiliki kekayaan maritim yang sangat luar biasa, dengan 17.508 pulau yang tersebar dari Sabang hingga Merauke. Berdasarkan data dari Badan Informasi Geospasial, luas wilayah daratan Indonesia mencapai 1.905 juta km², sementara wilayah perairannya mencakup 3.257 juta km², sehingga total luas wilayah Indonesia diperkirakan sekitar 5.180 juta km². Luasnya wilayah Perairan, menjadikan sektor kelautan sebagai salah satu pilar utama perekonomian nasional, dengan potensi yang meliputi perikanan, transportasi laut, pariwisata bahari, hingga industri maritim (Hastuti, 2022). Perairan Merak, Banten, merupakan salah satu wilayah strategis di Indonesia yang memainkan peran penting dalam berbagai aktivitas maritim. Terletak di ujung barat Pulau Jawa, kawasan ini menjadi pusat vital bagi transportasi laut, perikanan, dan berbagai industri maritim. Posisi geografisnya yang berdekatan dengan Selat Sunda menjadikan perairan merak sebagai salah satu jalur utama lalu lintas kapal antara Pulau Jawa dan Sumatera (Ma'ruf *et al.*, 2024). Selain itu, perairan ini juga berperan signifikan dalam mendukung perekonomian regional melalui aktivitas perikanan dan operasional pelabuhan yang aktif.

Suhu permukaan laut (SPL) di perairan merak memiliki peran yang sangat penting dalam berbagai aspek, termasuk ekologi laut, keberlanjutan perikanan, dan aktivitas ekonomi masyarakat. Sebagai salah satu parameter penting dalam oseanografi, suhu permukaan laut (SPL) berpengaruh terhadap sirkulasi atmosfer, perubahan cuaca, serta perubahan iklim, dan juga berkontribusi terhadap kemunculan fenomena-fenomena iklim baik global maupun regional (Fadziella *et al.*, 2020). Perubahan suhu permukaan laut dapat memengaruhi kesehatan terumbu karang, distribusi spesies ikan, dan produktivitas ekosistem laut secara keseluruhan (Prasita *et al.*, 2023). Perubahan suhu dapat menyebabkan pemindahan spesies, pengurangan stok ikan, serta dampak negatif pada struktur terumbu karang. Dampak dari perubahan suhu permukaan laut sangat signifikan, mengingat sektor

perikanan berfungsi sebagai sumber mata pencaharian bagi lebih dari 300 juta orang di seluruh dunia, sementara lebih dari 3 miliar orang mengandalkan makanan laut sebagai sumber utama protein (Magfirah, 2024). Sehubungan dengan pentingnya sektor perikanan bagi perekonomian lokal dan keberlanjutan lingkungan, pemahaman yang mendalam tentang variasi dan tren suhu permukaan laut di perairan ini sangat penting.

Pengukuran suhu permukaan laut (SPL) dapat dilakukan langsung di kapal atau menggunakan pelampung (*buoy*) di lokasi tertentu. Namun, cara ini memiliki batasan karena tidak bisa memberikan informasi yang mencakup wilayah yang luas atau berskala global. Oleh karena itu, diperlukan sistem penginderaan jauh yang mampu mengukur SPL secara spasial dan temporal. Memungkinkan analisis pada area yang luas dan sulit dijangkau dalam waktu singkat (Tanto, 2020). Dalam menghadapi tantangan ini, model prediksi suhu permukaan laut menjadi alat yang berharga untuk memantau dan memprediksi perubahan suhu secara akurat.

Salah satu teknologi yang diandalkan adalah citra satelit *Aqua MODIS* (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*). *Aqua MODIS* dirancang untuk mendeteksi radiasi termal yang dipancarkan oleh permukaan laut, memungkinkan pengukuran suhu permukaan dengan sensitivitas tinggi dalam rentang spektral tertentu (Amran, 2024). Menurut Anugrah *et al.*, (2023) Satelit *Aqua-MODIS* mengorbit Bumi secara polar pada ketinggian 705 km dan melewati wilayah sekitar ekuator ($\pm 30^\circ$ LU-LS) setiap dua hari pada pukul 10.30 waktu lokal. Dengan resolusi temporal tersebut, pemantauan harian terhadap dinamika atmosfer dan lautan dapat dilakukan secara kontinu. Selain itu, satelit *Aqua-MODIS* memiliki resolusi spektral yang lebih tinggi dibandingkan satelit sejenis, seperti NOAA-AVHRR (*Advanced Very High Resolution Radiometer*), SeaWiFS (*Sea-viewing Wide Field of View Sensor*) dan HIRS (*High Resolution Imaging Spectrometer*).

Sensor pada satelit *Aqua-MODIS* mampu mendeteksi pantulan gelombang elektromagnetik dalam 36 saluran (*band*) berbeda. Khusus untuk deteksi fitoplankton, warna laut (*ocean color*), dan proses biogeokimia laut, saluran yang digunakan adalah *band* 8–16 dengan panjang gelombang (λ) 405–877 nm. Konfigurasi band pada satelit *Aqua-MODIS* ini sangat bermanfaat untuk mengamati

dinamika atmosfer dan permukaan laut secara global. Dengan resolusi spasial 4 km, satelit ini mampu menyediakan data suhu permukaan laut (SST) secara konsisten dalam cakupan skala luas serta dengan resolusi temporal yang baik. Keunggulan *Aqua-MODIS* juga terletak pada kemampuan kalibrasi dan validasi datanya menggunakan pengukuran in situ, seperti pelampung laut dan kapal penelitian, sehingga menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi, khususnya di wilayah pesisir seperti Perairan Merak.

Pemanfaatan data *Aqua MODIS* dalam prediksi suhu permukaan laut telah terbukti efektif dalam mendukung penelitian oseanografi, analisis dinamika iklim, serta pengelolaan sumber daya laut (Anugrah *et al.*, 2023). Dengan kemampuan untuk memantau variasi suhu permukaan laut secara spasial dan temporal, teknologi ini menjadi alat penting untuk memahami tren perubahan suhu di perairan strategis, termasuk Perairan Merak. Oleh karena itu, penelitian yang memanfaatkan citra satelit *Aqua MODIS* tidak hanya relevan untuk mengukur suhu permukaan laut, tetapi juga berkontribusi pada upaya keberlanjutan ekosistem laut dan pengelolaan sumber daya maritim yang lebih baik.

Machine learning sebagai salah satu bidang ilmu utama dalam pengembangan prediksi, memiliki peran yang sangat penting. *Machine learning* adalah salah satu bidang dalam kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) yang memungkinkan mesin untuk belajar secara mandiri tanpa arahan langsung dari manusia (Abrurrahman *et al.*, 2025). Metode-metode *machine learning* yang diterapkan dalam data science mencakup berbagai proses, seperti klasifikasi, klusterisasi, prediksi, dan identifikasi. Salah satu metode yang digunakan adalah Metode *Smoothing* dan *Long Short-Term Memory*, metode *smoothing* seperti *Exponential Smoothing* dan *Moving Average*, digunakan untuk menghaluskan fluktuasi jangka pendek dalam data *time series*, membantu mengidentifikasi *trend* jangka panjang. Metode ini efektif untuk pola data yang linier, namun memiliki keterbatasan dalam menangani data non-linier atau dengan dinamika kompleks. Sebagai varian dari jaringan saraf tiruan berbasis *Recurrent Neural Networks* (RNN), model LSTM banyak diterapkan dalam berbagai bidang, seperti analisis teks, video, dan data deret waktu, termasuk prediksi suhu permukaan laut (Nugraha *et al.*, 2023).

Long Short-Term Memory memiliki kemampuan canggih dalam memproses data *time series* dengan ketergantungan temporal jangka panjang (Arwansyah *et al.*, 2024). *Long Short-Term Memory* dirancang untuk mengatasi tantangan yang sering muncul dalam prediksi *time series*, seperti hilangnya informasi penting dari data masa lalu yang jauh, serta memiliki kemampuan untuk menangani non-linearitas dalam data. Penggunaan *machine learning* dengan model LSTM ini memberikan kemampuan lebih dalam mengidentifikasi pola tersembunyi dan *trend* kompleks termasuk data prediksi suhu permukaan laut yang akurat.

Beberapa penelitian terdahulu yang menggunakan metode *Smoothing* dan metode *Long Short-Term Memory* telah menghasilkan nilai *Mean Absolute Error* (MAE), *Root Mean Squared Error* (RMSE) yang bervariasi. Penelitian oleh Marita *et al.*, (2022) menggunakan tiga metode *Smoothing* untuk memperkirakan persediaan, yaitu *Weighted Moving Average*, *Exponential Smoothing*, dan *Simple Moving Average*, dengan data diolah menggunakan *Python* di *Jupyter Notebook*. Hasilnya, metode *Exponential Smoothing* dengan nilai α sebesar 0,1 terbukti paling optimal, menghasilkan RMSE 13,616 dan memprediksi kebutuhan amplop coklat sebanyak 57 lembar untuk periode berikutnya.

Penelitian oleh Hendra *et al.*, (2023) menggunakan data BMKG Kota Pekanbaru tahun 2010–2020 untuk memprediksi curah hujan yang mengalami fluktuasi, menyebabkan masalah seperti banjir dan bencana lainnya. Metode LSTM (*Long Short-Term Memory*) diterapkan dengan evaluasi menggunakan metrik RMSE dan MSE. Hasil penelitian menunjukkan akurasi yang baik, dengan tingkat kesalahan terendah sebesar 21,328 pada data *train* dan 454,901 pada data *test*, di mana komposisi data *train* dan *test* yang seimbang memberikan hasil terbaik.

Dalam penelitian ketiga, Selat Bali berperan penting sebagai jalur strategis yang menghubungkan Pulau Jawa dan Bali, dengan peranan yang semakin signifikan seiring pertumbuhan ekonomi dan pariwisata di kedua pulau tersebut. Oleh karena itu, pemahaman mengenai kondisi perairan di Selat Bali, khususnya terkait arus laut, menjadi sangat penting. Penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan arus laut di Selat Bali dengan menganalisis data yang tercatat setiap 30 menit selama periode 16 Mei hingga 9 Juni 2021, yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi

Maritim Perak II Surabaya, menggunakan metode *Long Short-Term Memory* (LSTM). Berdasarkan jumlah parameter *hidden layer*, ukuran *batch*, dan penurunan tingkat pembelajaran yang diterapkan, penelitian ini menghasilkan nilai MAPE terendah sebesar 18,64% untuk kecepatan arus laut U dan 5,29% untuk kecepatan arus laut V (Pramesti *et al.*, 2022).

Penelitian oleh Khumaidi *et al.*, (2020) menguji algoritma LSTM untuk memprediksi kualitas udara dan suhu di Kota Bandung, menggunakan data deret waktu dari parameter PM10, ISPU, suhu, dan kelembaban. Model LSTM dengan empat lapisan tersembunyi, *batch size* 32, optimizer Adam, dan 1000 *epoch* menunjukkan kinerja prediksi yang baik, terutama untuk suhu, kelembaban, dan ISPU, dengan nilai RMSE lebih rendah dari standar deviasi dataset. Namun, performa prediksi untuk PM10 kurang memuaskan dibandingkan parameter lainnya.

Sebagai aspek lain, penelitian menggunakan metode LSTM untuk memprediksi kenaikan muka air laut di Teluk Jakarta menunjukkan bahwa model ini dapat memperkirakan kenaikan maksimum hingga 140 cm pada tahun 2040, dengan dampak area terdampak seluas 6144,2 hektar, yang menyoroti pentingnya kebijakan mitigasi di wilayah pesisir (Rais *et al.*, 2022). Penelitian oleh Ersita *et al.*, (2023) menggunakan metode *Multiplicative Triple Exponential Smoothing* dan *Multiplicative Classical Decomposition* untuk memprediksi peningkatan rata-rata CO₂ global (2013–2022). Hasilnya menunjukkan MAPE sebesar 0,09395% untuk metode *Holt-Winter* dan 0,07021% untuk metode *Classical Decomposition*, dengan metode terakhir memberikan hasil terbaik.

Berdasarkan Penjabaran dari penelitian-penelitian tersebut, Pemanasan global dan perubahan iklim berdampak signifikan pada kondisi lautan, termasuk suhu permukaan laut. Dalam penelitian ini, metode *time series* diterapkan untuk memprediksi suhu permukaan laut di Perairan Merak, Banten. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode *Smoothing*, khususnya *Exponential Smoothing*, serta model *Long Short-Term Memory* (LSTM), efektif dalam memprediksi berbagai jenis data *time series*, seperti persediaan, curah hujan, arus laut, kualitas udara, dan konsentrasi karbon dioksida global. Namun, penelitian

terdahulu masih memiliki keterbatasan, terutama dalam hal perbandingan efektivitas metode *Smoothing* dan *Long Short-Term Memory* secara langsung dalam prediksi suhu permukaan laut. Sebagian besar studi hanya berfokus pada salah satu metode tanpa analisis perbandingan yang mendalam. Selain itu, banyak penelitian dilakukan di wilayah perairan dengan karakteristik oseanografi yang berbeda, sehingga belum sepenuhnya mencerminkan kondisi spesifik di Perairan Merak. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan performa metode *Smoothing* dan *Long Short-Term Memory* dalam memprediksi suhu permukaan laut di Perairan Merak berdasarkan nilai *error* MAE dan RMSE guna menentukan metode yang lebih akurat.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan diatas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana performa model *Smoothing* dan LSTM dalam memprediksi Suhu Permukaan Laut di Perairan Merak, Banten?
2. Seberapa Besar tingkat akurasi prediksi Suhu Permukaan Laut yang dihasilkan oleh metode *Smoothing* dan LSTM?
3. Bagaimana pengaruh parameter-parameter yang digunakan dalam model *Smoothing* dan LSTM terhadap hasil prediksi Suhu Permukaan Laut?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari Penelitian ini adalah:

1. Menganalisis dan membandingkan keakuratan model *Smoothing* dan LSTM dalam memprediksi Suhu Permukaan Laut di Perairan Merak, Banten
2. Menentukan tingkat akurasi prediksi Suhu Permukaan Laut yang dihasilkan oleh metode *Smoothing* dan LSTM
3. Menentukan parameter-parameter yang paling berpengaruh dalam model *Smoothing* dan LSTM untuk memaksimalkan akurasi prediksi Suhu Permukaan Laut

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan pemahaman mendalam tentang keakuratan dan efisiensi model *Smoothing* dan LSTM dalam memprediksi suhu permukaan laut di perairan merak, banten. Pengembangan metode prediksi suhu permukaan laut dapat menjadi referensi untuk penelitian lanjutan di bidang kelautan, pemodelan iklim, dan oseanografi, serta membuka peluang studi lebih mendalam terkait prediksi suhu laut dan metode statistik.
2. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi sumber informasi yang komprehensif mengenai penerapan model prediksi perubahan suhu permukaan laut di perairan merak, banten. Informasi tersebut diharapkan bermanfaat bagi masyarakat umum untuk meningkatkan pemahaman serta kesadaran terhadap dinamika lingkungan laut serta mendukung aktivitas yang berhubungan dengan ekosistem pesisir secara berkelanjutan.

E. Ruang Lingkup Peneliti

Dalam pembuatan sistem ini diperlukan penetapan ruang lingkup agar pembahasan tidak meluas topik yang akan dibahas. Adapun ruang lingkup masalah ini adalah:

1. Sumber data diperoleh dari Data Citra Satelit *Aqua Modis* kemudian menggunakan *Software SeaDAS*.
2. Objek penelitian di perairan merak banten wilayah timur selat sunda.
3. Metode yang digunakan adalah *Smoothing* dan LSTM dan tidak melakukan uji korelasi antar variabel.
4. *Implementasi System* dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *Python*.