

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Provinsi Kepulauan Riau terdiri atas sejumlah kabupaten dan gugusan pulau. Salah satunya adalah Kabupaten Natuna yang memiliki Kota Ranai sebagai ibu kota kabupaten tersebut. Secara astronomis, Kabupaten Natuna berada pada koordinat $01^{\circ}18'00''$ hingga $06^{\circ}50'15''$ Lintang Utara dan $104^{\circ}48'30''$ hingga $110^{\circ}02'00''$ Bujur Timur. Jika ditinjau dari letak geografisnya, sebagian besar wilayah Kabupaten Natuna merupakan kawasan perairan, dengan luas wilayah daratan sebesar $2.009,04 \text{ km}^2$ dan wilayah laut mencapai $139.892,16 \text{ km}^2$, sehingga luas daratannya lebih kecil dibandingkan wilayah lautnya. Hal ini menunjukkan wilayah Kabupaten Natuna sebagian besar berupa lautan [1].

Perairan laut Natuna Utara memiliki peran penting dalam Jalur distribusi perdagangan dan pelayaran Internasional [2]. Aktivitas di wilayah Laut Natuna Utara sangat bergantung pada kondisi laut khususnya tinggi gelombang. Gelombang ekstrem di wilayah dapat menimbulkan risiko signifikan terhadap keselamatan pelayaran, operasional kapal nelayan, infrastruktur lepas pantai, dan berpotensi menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan. Frekuensi kejadian gelombang ekstrem pernah terjadi di wilayah laut Natuna Utara pada 28 hingga 29 Januari 2023 dengan kisaran 6-9 m. Hal ini bersumber dari BMKG yang mengeluarkan peringatan dini. Keadaan ini disebabkan oleh pola pergerakan angin di wilayah utara Indonesia yang umumnya bertiup dari arah utara hingga timur dengan kecepatan sekitar 5 sampai 30 knot yang disampaikan oleh Badan Penanggulangan Bencana Natuna [3].

Gelombang laut didefinisikan sebagai gerakan naik dan turunnya air laut dengan arah tegak lurus permukaan air, membentuk kurva sinusoidal. Gerakan ini terjadi akibat transfer energi dari angin ke permukaan air, dimulai dari riak kecil hingga membentuk gelombang yang merambat.

Penelitian [4] menjelaskan bahwa prediksi adalah suatu upaya dalam memperkirakan kejadian yang mungkin terjadi di waktu yang akan datang. Prediksi tidak harus memberikan jawaban secara pasti kejadian yang akan terjadi, melainkan berusaha untuk mencari jawaban sedekat mungkin yang akan terjadi. Prediksi tinggi

gelombang laut sangat dibutuhkan di wilayah sekitar Laut Natuna Utara guna menetapkan apakah kondisi memungkinkan untuk berlayar atau tidak. Metode yang akurat perlu diterapkan dalam memperkirakan tinggi gelombang. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Hybrid* ARIMAX-LSTM .

Model statistik seperti ARIMAX unggul menangkap pola *linear* , stasioner, dan musiman, serta mengintegrasikan variabel eksogen (contoh: pengaruh angin). Namun, model ini gagal menangkap *long-term dependencies* dan *non-linear* itas kompleks. Sebaliknya, LSTM berbasis *deep learning* mampu memodelkan hubungan *non-linear* dan ketergantungan jangka panjang, tetapi cenderung *overfit* pada komponen *linear* yang dominan. ARIMAX merupakan sebuah teknik peramalan deret waktu yang memperluas model ARIMA dengan memasukkan variabel eksternal [5].

Adapun penelitian terdahulu terkait topik ini salah satunya adalah penelitian yang berjudul “*Short-term significant wave height prediction using adaptive variational mode decomposition and error-compensation model*” yang dilakukan oleh [6] dengan tujuan penelitian mengembangkan model prediksi tinggi gelombang signifikan (H_s) yang lebih akurat dan stabil dalam jangka waktu prakiraan pendek (3 jam) dan menengah (6 jam). Metode yang digunakan adalah *Hybrid* GAVMD-GRU-ELM dan mendapatkan hasil model yang diusulkan yaitu GAVMD-GRU-ELM menunjukkan performa prediksi yang sangat baik untuk prakiraan tinggi gelombang signifikan (H_s) dalam jangka pendek. Berdasarkan hasil evaluasi menggunakan empat metrik utama yaitu MAE, MAPE, RMSE, dan koefisien korelasi (R), model ini mampu memberikan tingkat akurasi yang sangat tinggi. Untuk prediksi 3 jam ke depan, model ini mencapai nilai MAE sebesar 0.0344–0.0356 meter, MAPE berkisar antara 0.0172–0.0221, RMSE sebesar 0.0464–0.0513 meter, dan koefisien korelasi R yang sangat tinggi yaitu antara 0.9975 hingga 0.9984 di tiga lokasi pengukuran berbeda. Hasil ini menunjukkan bahwa model tidak hanya mampu meminimalkan kesalahan prediksi, tetapi juga memiliki konsistensi yang kuat terhadap data aktual. Bahkan untuk prediksi 6 jam ke depan yang umumnya lebih menantang, model ini tetap mempertahankan akurasi tinggi dengan R di atas 0.995 dan nilai kesalahan yang relatif rendah, mengungguli semua model pembanding yang digunakan dalam penelitian ini.

Selain itu, penelitian terdahulu terkait *HYBRID ARIMAX-LSTM* yang berjudul “*Hybrid time series models with exogenous variable for improved yield forecasting of major Rabi crops in India*” yang dilakukan [7] dengan tujuan untuk memberikan prakiraan hasil panen yang lebih akurat sebagai dasar pengambilan kebijakan dalam sektor pertanian. Metode yang digunakan adalah model *ARIMAX-LSTM* yaitu gabungan antara model linier *ARIMAX* yang memperhitungkan pengaruh variabel eksogen berupa persentase luas irigasi, dan model non-linier *LSTM* yang mampu menangkap pola residual kompleks dalam data deret waktu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *ARIMAX-LSTM* memberikan performa terbaik dibandingkan model tunggal dan *Hybrid* lainnya, dengan nilai RMSE sebesar 190.68 untuk gandum, 4125.26 untuk tebu, dan 438.58 untuk kacang tanah, serta MAPE masing-masing sebesar 4.25%, 4.16%, dan 21.12%. Model ini terbukti meningkatkan akurasi prediksi rata-rata sebesar 10.41% (RMSE) dan 12.28% (MAPE) dibandingkan model *Hybrid* lainnya, serta 15.83% dan 18.42% dibandingkan model *ARIMA* murni, menegaskan keunggulan integrasi variabel eksogen dan kemampuan *LSTM* dalam memodelkan pola non-linier.

Berdasarkan penjelasan dan uraian di atas, peneliti mencoba melakukan penelitian dengan judul “Implementasi Model *HYBRID ARIMAX-LSTM* Dalam Prediksi Tinggi Gelombang Laut Di Laut Natuna Utara”.

B. Perumusan Masalah

Dari penjelasan latar belakang, adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana hasil prediksi dan akurasi prediksi pada prediksi tinggi gelombang laut di laut Natuna Utara menggunakan Model *Hybrid ARIMAX-LSTM* ?

C. Batasan Penelitian

Berikut adalah batasan-batasan pada penelitian ini:

1. Data yang digunakan bersumber dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Kota Tanjungpinang. Data ini mencakup periode 1 Januari 2023 – 31 Desember 2024.
2. Hanya 2 variabel yang dipakai dalam penelitian ini yaitu data ketinggian

gelombang dan kecepatan angin per 12 jam.

3. Jumlah data *Input* yang digunakan sebanyak 1462 data
4. Metode yang digunakan adalah *Hybrid* ARIMAX-LSTM
5. Data ketinggian gelombang laut dan kecepatan angin yang digunakan pada penelitian ini berbentuk data *time-series* atau deret waktu.
6. Pada penelitian ini, evaluasi tingkat akurasi dilakukan dengan menggunakan MAPE (*Mean Absolute Percentege Error*)

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan permasalahan di atas, tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil prediksi dan akurasi prediksi dari metode *HYBRID ARIMAX-LSTM* dalam memprediksi ketinggian gelombang laut di laut Natuna Utara.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat terhadap berbagai pihak, manfaat penelitian yaitu sebagai berikut.

1. Manfaat bagi Penulis
Memenuhi salah satu syarat kelulusan program sarjana (S1) Teknik InFormatika, Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, Universitas Maritim Raja Ali Haji, serta sebagai sarana untuk menerapkan dan mengembangkan ilmu yang diperoleh selama perkuliahan sekaligus menambah wawasan dalam bidang *Machine Learning* dan *Deep Learning*.
2. Manfaat bagi Universitas
Menambah koleksi skripsi mahasiswa Program Studi Teknik InFormatika, Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, sekaligus menjadi referensi bagi mahasiswa lain untuk melanjutkan atau mengembangkan penelitian serupa serta menjadi tolak ukur keberhasilan universitas dalam menilai kemampuan mahasiswa dalam mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh selama perkuliahan.
3. Manfaat bagi Pembaca
Sebagai referensi mengenai implementasi pemodelan *Hybrid* ARIMAX-LSTM .