



# RANCANG BANGUN MODEL PERAMALAN DATA TINGGI GELOMBANG DENGAN METODE *DEEP LEARNING*

**HUSNUL KHATIMAH**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI KELAUTAN  
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik *IPB University*

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “**Rancang Bangun Model Peramalan Data Tinggi Gelombang dengan Metode *Deep Learning***” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2024

*Husnul Khatimah*  
C5502202009



## RINGKASAN

HUSNUL KHATIMAH. Rancang Bangun Model Peramalan Data Tinggi Gelombang dengan Metode *Deep Learning*. Dibimbing oleh INDRA JAYA dan AGUS SALEH ATMADIPOERA.

Gelombang laut merupakan fenomena alam yang utamanya dibangkitkan oleh angin. Informasi mengenai tinggi dan periode gelombang sangat diperlukan dalam berbagai bidang perikanan dan kelautan seperti rekayasa pantai, upaya mitigasi bencana dan transportasi maritim. Karena informasi tinggi gelombang secara *real-time* sangat sulit didapatkan, informasi tinggi gelombang selama ini bersumber dari data prediksi. Beberapa pendekatan untuk memprediksi tinggi gelombang telah banyak dikembangkan, baik pendekatan empiris maupun pendekatan numerik, termasuk model generasi ketiga seperti Model *Wave Modelling* (WAM), Model *Third Generation - Wave height, Water Depth and Current Hindcasting* (WAVEWATCH-III), dan Model *Simulating Wave Nearshore* (SWAN), namun untuk memprediksi tinggi gelombang secara akurat masih menjadi tantangan selain karena komputasi yang mahal juga karena sifat stokastik gelombang laut itu sendiri. Model *Long short Term Memory* (LSTM) yang merupakan salah satu model *deep learning* telah banyak digunakan untuk prediksi tinggi gelombang. Di sisi lain, dibutuhkan aplikasi mengenai informasi tinggi gelombang yang dapat menghemat waktu komputasi dan menghasilkan prediksi yang akurat. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan model prediksi tinggi gelombang signifikan menggunakan algoritma LSTM dan membangun aplikasi untuk sistem informasi tinggi gelombang signifikan berbasis *website*.

Dataset yang digunakan berasal dari data *The European Centre for Medium-Range Weather Forecast* (ECMWF) *Reanalysis 5-th Generation* atau bisa disebut ERA5-ECMWF. Dataset yang digunakan berupa data tinggi gelombang signifikan yang berasal dari komponen angin *zonal* dan *meridional* ( $H_{s(wind)}$ ) serta data tinggi gelombang signifikan ( $H_{s(ERA5)}$ ). Data validasi yang digunakan merupakan data tinggi gelombang signifikan dari kecepatan angin yang diukur oleh instrumen *Automatic Weather System* ( $H_{s(AWS)}$ ). Tahapan penelitian terdiri 5 tahapan, pertama yaitu konversi semua data angin menjadi data tinggi gelombang signifikan. Kedua yaitu *preprocessing* data dengan melakukan normalisasi data. Ketiga yaitu pembuatan model LSTM dengan menetapkan beberapa *hyperparameter*. Keempat adalah evaluasi kinerja Model LSTM menggunakan *evaluation metrics* koefisien korelasi ( $r$ ), *Root Mean Square Error* (RMSE), *Mean Absolute Error* (MAE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Tahapan terakhir yaitu pembuatan *website* dan implementasi model ke dalam *website*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model LSTM yang dibangun mampu melakukan prediksi tinggi gelombang signifikan dengan tingkat akurasi yang tinggi. Hasil evaluasi model dataset  $H_{s(wind)}$  menunjukkan kesesuaian yang baik dengan data aktual dengan nilai  $r$  0,998; RMSE 0,0065; MAE 0,042 dan MAPE 2,388. Hasil evaluasi model dataset  $H_{s(ERA5)}$  menunjukkan kesesuaian yang baik dengan data aktual dengan nilai  $r$  0,989; RMSE 0,0237; MAE 0,0068 dan MAPE 1,870. Prediksi paling tinggi ditemukan untuk prediksi dalam 7 hari ke depan dan hasil dataset  $H_{s(ERA5)}$  menunjukkan kesesuaian yang lebih akurat dengan data  $H_{s(AWS)}$  dengan nilai  $r$  0,344; RMSE 0,1535; MAE 0,1181 dan MAPE 37,11.

Implementasi pembuatan *website* untuk aplikasi informasi tinggi gelombang signifikan menerapkan teknologi *Single Page Application* (SPA) dan menggunakan *bootstrap framework* yang bertujuan untuk mengurangi beban kerja *server*, meminimalisir penggunaan sumber daya dan membuat tampilan dinamis. Hasil tampilan *website* yang dibuat berupa 3 bagian utama yaitu *header*, *body* dan *footer*. Pada bagian *body* yang merupakan informasi utama *website* terdapat *menu Home*, *menu Tabel*, *menu Grafik* dan *menu Lokasi Penelitian*.

Kata kunci: *Deep Learning*, *LSTM*, Peramalan, Tinggi Gelombang Signifikan, *Website*

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





## SUMMARY

HUSNUL KHATIMAH. Design and Development of an Ocean Wave Height Data Forecasting Model using Deep Learning. Supervised by INDRA JAYA, and AGUS SALEH ATMADIPOERA.

Ocean waves are natural phenomena primarily generated by wind. Information about wave height and period is crucial in various maritime fields such as coastal engineering, fisheries, and maritime transportation. Since real-time wave height information is difficult to obtain, wave height information has traditionally been sourced from prediction data. Several approaches to predicting wave height have been developed, including numerical models including models such as Wave Modelling (WAM), Model Third Generation - Wave height, Water Depth and Current Hindcasting (WAVEWATCH-III) and Model Simulating Wave Nearshore (SWAN) Model. However, accurately predicting wave height remains challenging due to the stochastic nature of ocean waves themselves. With the advancement of artificial intelligence, there has been a growing trend in the use of machine learning models to make significant wave height predictions. The Long Short Term Memory (LSTM), which is one of the deep learning models, has been widely used for significant wave height prediction. On the other hand, there is a need for an application to save computational time and produce accurate wave height predictions. The aim of this research is to develop a significant wave height prediction model using the LSTM algorithm and to build an application for a significant wave height information system based on a website.

The dataset used in this study downloaded from The European Centre for Medium-Range Weather Forecast Reanalysis 5-th Generation (ERA5-ECMWF) data. Datasets consisting of significant wave height from zonal and meridional wind components ( $H_{s(wind)}$ ) and significant wave height from ERA5-ECMWF ( $H_{s(ERA5)}$ ). The validation data used is significant wave height for wind speed measurement data from Automatic Weather System (AWS) instrument ( $H_{s(AWS)}$ ). The research stages consist of five steps: first, converting all wind component data into significant wave height data. Second, data preprocessing by normalizing the data. Third, creating the LSTM model by setting several hyperparameters. Fourth, evaluating the performance of the LSTM model using evaluation metrics correlation coefficient ( $r$ ), Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE) and Mean Absolute Percentage Error (MAPE). The final stage is creating the website and implementing the model into the website.

The research results show that the LSTM model built can predict significant wave heights with high accuracy. The model evaluation results for the ( $H_{s(wind)}$ ) dataset show good accuracy with the actual data, with  $r$  0,998; RMSE 0,0065; MAE 0,042 and MAPE 2,388. The model evaluation results for the ( $H_{s(ERA5)}$ ) dataset show good accuracy with the actual data, with the value of  $r$  0,989; RMSE 0,0237; MAE 0,0068 and MAPE 1,870. The highest wave height prediction accuracy is found for predictions one week (7 days) ahead and the ( $H_{s(ERA5)}$ ) dataset results are observed to be closer to field data, with the value of  $r$  0,344; RMSE 0,1535; MAE 0,1181 and MAPE 37,11.



The implementation of the website for the significant wave height information application uses Single Page Application (SPA) technology and the Bootstrap framework. This approach aims to reduce server workload, minimize resource usage, and create a dynamic interface. The website interface consists of three main parts: header, body, and footer. In the body section, there are menus as the main information on the website. The menus include Home, Table, Graph, and Research Location menus.

*Keywords: Deep Learning, Forecasting, LSTM, Significant Wave Height, Website*

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024  
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.*



# **RANCANG BANGUN MODEL PERAMALAN DATA TINGGI GELOMBANG DENGAN METODE *DEEP LEARNING***

**HUSNUL KHATIMAH**

Tesis  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Magister pada  
Program Studi Teknologi Kelautan

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI KELAUTAN  
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2024**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Tim Penguji pada Ujian Tesis:  
1 Dr. Ayi Rahmat, S.Pi, M.Si



IPB University  
— Bogor Indonesia —

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Tesis : Rancang Bangun Model Peramalan Data Tinggi Gelombang dengan Metode *Deep Learning*

Nama : Husnul Khatimah

NIM : C5502202009

Disetujui oleh

Pembimbing 1:  
Prof. Dr. Ir Indra Jaya, M. Sc

Pembimbing 2:  
Prof. Dr. Ir. Agus Saleh Atmadipoera, D.E.S.S

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:  
Prof. Dr. Ir. Jonson Lumban Gaol, M. Si  
NIP. 19660721 199103 1 009

Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan:  
Prof. Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M. Sc  
NIP. 19630731 198803 1 002

Tanggal Ujian:  
28 Mei 2024

Tanggal Lulus:

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga proposal ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah mengenai Kecerdasan Buatan, dengan judul “Rancang Bangun Model Peramalan Data Tinggi Gelombang dengan Metode *Deep Learning*”

Penulis sadar thesis ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Para pembimbing, Prof .Dr. Ir. Indra Jaya, M.Sc dan Prof. Dr. Ir. Agus Saleh Atmadipoera D.E.S.S yang telah membimbing dan banyak memberi saran, masukan dan arahan selama penelitian.
2. Dr. Ayi Rahmat, S.Pi, M.Si selaku dosen penguji luar komisi yang telah memberikan banyak saran dan masukan dalam penyusunan tesis.
3. Prof. Dr. Ir. Jonson Lumban Gaol, M.Si selaku ketua Program Studi Teknologi Kelautan beserta seluruh staf dan jajaran di Prodi Teknologi Kelautan atas ilmu, bantuan dan kerjasamanya selama studi.
4. Bapak dan Ibu, Hadariadi dan Ainur Rahimah, Oma dan Opa, serta adik-adik tercinta atas segala doa, dukungan, kasih sayang serta semangatnya.
5. Suami dan anak tercinta, Muhamad Rakif Panguale dan Muhammad El Rumi Alimurrahman Panguale atas doa, dukungan, semangat dan kesabarannya.
6. Muhammad Iqbal, S. Pi, M. Si, Agung Tri Nugroho, Nurhaliza Amalia Lestari yang beserta staf Laboratorium Instrumentasi dan Robotika Kelautan yang telah banyak membantu selama penelitian.
7. Teman-teman seperjuangan di Prodi Teknologi Kelautan IPB angkatan 2020 khususnya Syifa Afnani Santoso dan Dhea Fajriati Anas atas kerjasama dan bantuannya.

Penulis menyadari bahwa penulis hanyalah manusia biasa yang tak luput dari kekhilafan. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangatlah diperlukan untuk memperbaiki kesalahan yang ada. Akhir kata semoga karya ilmiah ini dapat bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan khususnya bagi kemajuan dunia kelautan.

Bogor, Juni 2024

*Husnul Khatimah*

## DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
II METODE	5
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	5
2.2 Prosedur Penelitian	5
2.3 Dataset Penelitian	7
2.4 Peralatan Penelitian	7
2.5 Konversi data Angin	8
2.6 <i>Preprocessing</i> Data	9
2.7 Prediksi Menggunakan LSTM	9
2.8 Evaluasi Model	12
2.9 Pembuatan <i>Website</i>	12
III HASIL DAN PEMBAHASAN	15
3.1 Karakteristik Data	15
3.2 <i>Preprocessing</i> Data	15
3.3 Pembuatan Model LSTM	17
3.4 Hasil Prediksi Data Tinggi Gelombang Signifikan	18
3.5 Perbandingan Data Hasil Prediksi LSTM dengan Data Lapang	26
3.6 Evaluasi Model	27
3.7 Pembuatan <i>Website</i>	29
IV SIMPULAN DAN SARAN	34
4.1 Simpulan	34
4.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	39
RIWAYAT HIDUP	46



## DAFTAR TABEL

1	Detail dataset yang digunakan dalam penelitian	7
2	Karakteristik dataset yang digunakan	15
3	<i>Hyperparameter</i> pada pembuatan model LSTM yang digunakan	18
4	Rata-rata tinggi gelombang signifikan aktual dan hasil prediksi LSTM	20
5	Rata-rata tinggi gelombang signifikan aktual dan hasil prediksi LSTM	23
6	Hasil Kinerja Model LSTM	29

## DAFTAR GAMBAR

1	Lokasi Penelitian	5
2	Diagram alir tahapan penelitian	6
3	Proses konversi data angin menjadi data tinggi gelombang signifikan	8
4	Diagram struktural dari LSTM	9
5	Diagram skematik unit LSTM (Fan <i>et al.</i> 2020)	10
6	Alur kerja dalam pembuatan <i>website</i> prediksi tinggi gelombang	13
7	Ilustrasi <i>Single Page Application</i> (Santoso 2021)	14
8	<i>Plot</i> data kecepatan angin sebelum dikonversi	16
9	<i>Plot</i> data tinggi gelombang signifikan hasil konversi dari kecepatan angin	16
10	Perbedaan dataset sebelum dan sesudah dilakukan normalisasi pada data tinggi gelombang signifikan ( $Hs(wind)$ )	17
11	Perbedaan dataset sebelum dan sesudah dilakukan normalisasi pada data tinggi gelombang signifikan ( $Hs(ERA5)$ )	17
12	Grafik <i>training loss</i> dan <i>validation loss</i>	19
13	Hasil Prediksi tinggi gelombang signifikan berdasarkan hasil konversi dari data komponen angin ( $Hs(wind)$ )	19
14	Hasil prediksi LSTM selama 6 bulan	20
15	Hasil prediksi LSTM selama 3 bulan	21
16	Hasil prediksi LSTM selama 1 bulan	21
17	Hasil prediksi LSTM selama 1 minggu	21
18	Grafik <i>training loss</i> dan <i>validation loss</i>	22
19	Hasil prediksi tinggi gelombang signifikan berdasarkan data tinggi gelombang signifikan ERA5 ( $Hs(ERA5)$ )	23
20	Hasil prediksi LSTM selama 6 bulan	24
21	Hasil prediksi LSTM selama 3 bulan	24
22	Hasil prediksi LSTM selama 1 bulan	25
23	Hasil prediksi LSTM selama 1 minggu	25
24	Visualisasi hasil data AWS ( $Hs(AWS)$ ) dan data prediksi LSTM ( $Hs(wind)$ dan $Hs(ERA5)$ )	26
25	Analisis korelasi antara ( $Hs(wind)$ ) dan data prediksi LSTM	27
26	Analisis korelasi antara $Hs(ERA5)$ dan data prediksi LSTM	27
27	Analisis korelasi antara $Hs(AWS)$ dan data prediksi $Hs(wind)$	28
28	Analisis korelasi antara $Hs(AWS)$ dan data prediksi $Hs(ERA5)$	28



29	Desain <i>body</i> , <i>header</i> dan <i>footer website</i>	31
30	Tampilan <i>menu Home</i>	32
31	Tampilan <i>menu Tabel</i>	32
32	Tampilan <i>menu Grafik</i>	33
33	Tampilan <i>menu Lokasi Penelitian</i>	33

## DAFTAR LAMPIRAN

1	Proses konversi data kecepatan angin menjadi tinggi gelombang signifikan	40
2	Analisis Korelasi pada setiap periode waktu	43







@Hak cipta milik *IPB University*

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.