

ANALISIS DAN PEMBUATAN MODEL LSTM UNTUK DETEKSI *UPWELLING* BERBASIS KLOOROFIL-A DAN SUHU PERMUKAAN LAUT DI WPP 714

AYYAS MUMTAZ YUDHA



**PROGRAM SARJANA ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

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 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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis dan Pembuatan Model LSTM Untuk Deteksi *Upwelling* Berbasis Klorofil-a dan Suhu Permukaan Laut di WPP 714” 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 skripsi ini.

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

Bogor, Juli 2025

Ayyas Mumtaz Yudha
G6401211146

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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRAK

AYYAS MUMTAZ YUDHA. Analisis dan Pembuatan Model LSTM Untuk Deteksi *Upwelling* Berbasis Klorofil-a dan Suhu Permukaan Laut di WPP 714. Dibimbing oleh YENI HERDIYENI dan HAFIDLOTUL FATIMAH AHMAD.

Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) 714, yang mencakup Laut Banda, merupakan salah satu kawasan perairan Indonesia yang kaya secara ekologi dan produktivitas perikanan. Salah satu dinamika oseanografis penting di wilayah ini adalah fenomena *upwelling*, yaitu proses naiknya massa air laut yang lebih dingin dan kaya nutrisi ke permukaan. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik *upwelling*, membangun model deteksi, dan prediksi berbasis data suhu permukaan laut (SST) dan klorofil-a. Deteksi *upwelling* dilakukan dengan pendekatan IQR serta metode *Time Window*. Klasifikasi intensitas *upwelling* dikelompokkan menjadi *Low*, *Medium*, dan *High*. Model deteksi dikembangkan menggunakan *Long Short-Term Memory* (LSTM) dan mencapai akurasi hingga 95%. Selain itu, model prediksi untuk SST dan klorofil-a juga dibangun, dengan hasil evaluasi R^2 sebesar 0,892 untuk SST dan 0,648 untuk klorofil-a.

Kata Kunci: Upwelling, WPP 714, Klorofil-a, Suhu Permukaan Laut, Deep Learning, Long Short-Term Memory.

ABSTRACT

AYYAS MUMTAZ YUDHA. Analysis and LSTM Model Development for Upwelling Detection Based on Chlorophyll-a and Sea Surface Temperature in FMA 714. Supervised by YENI HERDIYENI and HAFIDLOTUL FATIMAH AHMAD.

The Fisheries Management Area (FMA) 714, encompassing the Banda Sea, is one of Indonesia's ecologically rich and highly productive fishing grounds. One of the key oceanographic dynamics in this region is the upwelling phenomenon, a process in which cooler, nutrient-rich seawater rises to the surface. This study aims to analyze the characteristics of upwelling and develop detection and prediction models based on sea surface temperature (SST) and chlorophyll-a data. Upwelling detection was performed using the Interquartile Range (IQR) approach combined with the Time Window method. Upwelling intensity was classified into Low, Medium, and High categories. The detection model was developed using a Long Short-Term Memory (LSTM) network, achieving an accuracy of up to 95%. In addition, prediction models for SST and chlorophyll-a were constructed, yielding R^2 values of 0.892 for SST and 0.648 for chlorophyll-a.

Keywords: Upwelling, FMA 714, Chlorophyll-a, Sea Surface Temperature, Deep Learning, Long Short-Term Memory.

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 2025
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.



@Hak cipta milik 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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ANALISIS DAN PEMBUATAN MODEL LSTM UNTUK DETEKSI *UPWELLING* BERBASIS KLOOROFIL-A DAN SUHU PERMUKAAN LAUT DI WPP 714

AYYAS MUMTAZ YUDHA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Ilmu Komputer

**PROGRAM SARJANA ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik 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.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1 Prof. Dr. Ir. Agus Saleh Atmadipoera, D.E.S.S.

Judul Skripsi : Analisis dan Pembuatan Model LSTM Untuk Deteksi *Upwelling*
Berbasis Klorofil-a dan Suhu Permukaan Laut di WPP 714

Nama : Ayyas Mumtaz Yudha

NIM : G6401211146

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Yeni Herdiyeni, S.Si., M.Kom.

Pembimbing 2:

Hafidlotul Fatimah Ahmad, S.Kom., M.Kom.

Diketahui oleh

Ketua Program Sarjana Ilmu Komputer:

Dr. Sony Hartono Wijaya, S.Kom., M.Kom.

19810809 200812 1 002

Tanggal Ujian:
30 Juli 2025

Tanggal Lulus:



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian ini dilaksanakan sejak bulan Agustus 2024 sampai bulan Juni 2025, dengan judul "Analisis dan Pembuatan Model LSTM Untuk Deteksi *Upwelling* Berbasis Klorofil-a dan Suhu Permukaan Laut di WPP 714".

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Yeni Herdiyeni, S.Si., M.Kom. dan Hafidlotul Fatimah Ahmad, S.Kom., M.Kom. selaku pemberi dukungan, saran, motivasi, arahan, dan penyumbang gagasan dalam penelitian serta penulisan karya ilmiah ini. Penulis juga menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada penguji, Prof. Dr. Ir. Agus Saleh Atmadipoera, D.E.S.S., atas masukan, arahan, dan evaluasi yang sangat berharga dalam penyempurnaan karya ilmiah ini. Ungkapan terima kasih juga disampaikan khusus kepada kedua orang tua (Alm. Bapak Asep Dedi Yudha dan Ibu Epong Wiqoyati), kakak (Aghniya Rahma Yudha), serta seluruh keluarga yang telah memberikan doa, dukungan, motivasi, serta kasih sayangnya. Tidak lupa juga penulis mengucapkan terima kasih kepada Indira Dara Savira dan seluruh rekan Ilmu Komputer Angkatan 58 (*Assembly*) yang telah menemani, membantu, memberikan dukungan, saran, dan motivasi selama proses penelitian maupun penyusunan karya ilmiah.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, 30 Juli 2025

Ayyas Mumtaz Yudha

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Upwelling</i>	4
2.2 Parameter Indikator <i>Upwelling</i>	5
2.3 Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) 714	6
2.4 <i>Data Time Series</i>	7
2.5 <i>Interquartile Range (IQR)</i>	7
2.6 <i>Sliding Window</i>	8
2.7 <i>Long Short-Term Memory (LSTM)</i>	8
III METODE	10
3.1 Data Penelitian	10
3.2 Tahapan Penelitain	10
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Pra-proses Data	19
4.2 Analisis Data Eksplorasi	20
4.3 Deteksi <i>Upwelling</i>	24
4.4 Pemodelan LSTM	29
V SIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Simpulan	44
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	49
RIWAYAT HIDUP	51



DAFTAR TABEL

1	Data penelitian yang digunakan mencakup SST (<i>Sea Surface Temperature</i>) dan <i>Chlorophyll-a</i>	11
2	Pembagian data	31
3	Fitur fitur pelatihan model LSTM deteksi <i>upwelling</i> (klasifikasi)	31
4	Fitur fitur pelatihan model LSTM prediksi suhu permukaan laut dan klorofil-a	32
5	Parameter dan arsitektur model LSTM (klasifikasi)	33
6	Parameter dan arsitektur model LSTM (regresi)	33
7	Hasil <i>F1-Score</i> eksperimen kombinasi parameter	34
8	Evaluasi hasil pelatihan model LSTM untuk prediksi SST (<i>Sea Surface Temperature</i>) dan klorofil-a terhadap <i>data test</i>	38

DAFTAR GAMBAR

1	Ilustrasi proses <i>upwelling</i> (dibelahan bumi utara) (NOAA National Ocean Service 2023)	4
2	Peta Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia (WPPNRI) 714 yang mencakup Laut Banda, serta dikelilingi oleh wilayah Sulawesi, Maluku, dan Nusa Tenggara (Permen KP No. 18/2014)	6
3	Proses kerja metode <i>Sliding Window</i> dengan <i>window size</i> = 5 (Hota <i>et al.</i> 2021)	8
4	Arsitektur <i>Internal Long Short-Term Memory</i> (LSTM) yang menunjukkan mekanisme gerbang input, forget, dan output dalam memproses informasi sekuensial serta mempertahankan dependensi jangka panjang pada time series (Luo <i>et al.</i> 2021)	9
5	Bagan alir tahapan penelitian	10
6	Diagram alir deteksi <i>upwelling</i> menggunakan parameter SST (<i>Sea Surface Temperature</i>) dan klorofil-a di wilayah WPP 714	13
7	Diagram alir klasifikasi intensitas <i>upwelling</i> melalui pendekatan kuantil klorofil-a	14
8	Titik titik koordinat lokasi yang menjadi bahan penelitian di WPP 714	19
9	Distribusi SST (<i>Sea Surface Temperature</i>) (A) Berdasarkan bulan yang dipetakan pada <i>boxplot</i> dan <i>violin plot</i> ; (B) Berdasarkan musim yang dipetakan pada <i>boxplot</i> dan <i>violin plot</i>	20
10	<i>Heatmap</i> nilai SST (<i>Sea Surface Temperature</i>) pada musim Muson Timur	21
11	Distribusi klorofil-a (A) Berdasarkan bulan yang dipetakan pada <i>boxplot</i> dan <i>violin plot</i> ; (B) Berdasarkan musim yang dipetakan pada <i>boxplot</i> dan <i>violin plot</i>	21
12	<i>Heatmap</i> nilai SST (<i>Sea Surface Temperature</i>) pada musim Muson Timur	22
13	Grafik rata-rata SST (<i>Sea Surface Temperature</i>) dan klorofil-a dari tahun 2007 sampai 2017	22

14	Grafik rerata bulanan SST (<i>Sea Surface Temperature</i>) dan klorofil-a di WPP 714	23
15	Perbandingan <i>heatmap</i> SST (<i>Sea surface Temperature</i>) dan klorofil-a pada bulan Agustus di WPP 714	23
16	Lokasi lokasi yang dijadikan sampel deteksi <i>upwelling</i> di WPP 714	24
17	KDE (<i>Kernel density estimation</i>) konsentrasi klorofil-a, garis kuning merupakan titik persentil ke-94 dan garis merah merupakan titik persentil ke-98	25
18	Grafik hasil deteksi dan kategorisasi <i>upwelling</i> berdasarkan SST dan klorofil-a pada Lokasi (lon 125.52, lat -6.48)	25
19	<i>Scatter Plot</i> intensitas <i>upwelling</i> terhadap SST dan klorofil-a	26
20	<i>Heatmap</i> korelasi antara <i>sst_diff</i> (Nilai anomali suhu permukaan laut) <i>chl_diff</i> (Nilai anomali klorofil-a) dan intensitas <i>upwelling</i>	26
21	Distribusi jumlah kejadian <i>upwelling</i> perbulan berdasarkan intensitasnya	27
22	Lokasi pusat pusat <i>upwelling</i> di WPP 714 berdasarkan intensitas klorofil-a yang di petakan berdasarkan <i>longitude</i> dan <i>latitude</i>	27
23	Grafik distribusi <i>lag time</i> di WPP 714 berdasarkan frekuensinya	28
24	Kurva history pelatihan model dengan 3 <i>hidden layer</i> dan 64 <i>neuron</i>	35
25	<i>Confussion matrix</i> model dengan 3 <i>hidden layer</i> dan 64 <i>neuron</i>	35
26	Grafik hasil perbandingan prediksi model dengan <i>ground truth</i> di titik 122.48° BT -3.52° LS	36
27	Grafik hasil perbandingan prediksi model dengan <i>ground truth</i> di titik 124.02° BT -1.98° LS	37
28	Peta akurasi model LSTM deteksi <i>upwelling</i> berdasarkan lokasi di WPP 714	37
29	Distribusi nilai akurasi model LSTM deteksi <i>upwelling</i> berdasarkan jumlah lokasinya	38
30	Distribusi MAPE hasil prediksi suhu permukaan laut	39
31	Distribusi MAPE hasil prediksi intensitas klorofil-a	39
32	Grafik fluktuasi hasil prediksi SST (<i>Sea Surface Temperature</i>) dan klorofil-a terhadap data uji di titik 121.98° BT -7.52° LS	40
33	Analisis perbandingan intensitas <i>upwelling</i> hasil prediksi dengan hasil IQR pada lon 129.52 dan lat -7.98 (A) Klasifikasi intensitas <i>upwelling</i> berdasarkan data prediksi SST dan klorofil-a; (B) Grafik SST dan klorofil-a dengan intensitas <i>upwelling</i> menggunakan IQR	41
34	Analisis perbandingan intensitas <i>upwelling</i> hasil prediksi dengan hasil IQR pada lon 122.98 dan lat -3.52 (A) Klasifikasi intensitas <i>upwelling</i> berdasarkan data prediksi SST dan klorofil-a; (B) Grafik SST dan klorofil-a dengan intensitas <i>upwelling</i> menggunakan IQR	42

DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil <i>hyperparameter tuning</i> pelatihan model klasifikasi LSTM	50
---	---	----



@Hak cipta milik 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.