

ANALISIS DAN PENERAPAN MODEL LSTM UNTUK DETEKSI DAN PREDIKSI UPWELLING DI WPP 713 BERBASIS DATA CHL-A DAN SST

IFDHA'UL FITRI



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.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis dan Penerapan Model LSTM untuk Deteksi dan Prediksi *Upwelling* di WPP 713 Berbasis Data Chl-a dan SST” 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, Agustus 2025

Ifdha’ul Fitri
G6401211033



ABSTRAK

IFDHA'UL FITRI. Analisis dan Penerapan Model LSTM untuk Deteksi dan Prediksi *Upwelling* di WPP 713 Berbasis Data Chl-a dan SST. Dibimbing oleh YENI HERDIYENI dan INDRA JAYA.

Fenomena *upwelling* berperan penting dalam meningkatkan produktivitas laut dan mendukung sektor perikanan. Penelitian ini menganalisis hubungan suhu permukaan laut (SST) dan konsentrasi klorofil-a (Chl-a) terhadap kejadian *upwelling* di WPP 713, serta mengembangkan metode deteksi dan prediksi berbasis data. Data SST dan Chl-a periode 2007–2017 diolah menggunakan metode Interquartile Range (IQR) dan *time window* untuk mendeteksi kejadian *upwelling* dan mengklasifikasikannya berdasarkan intensitas. Model Long Short-Term Memory (LSTM) digunakan untuk klasifikasi *intensitas* *upwelling* serta prediksi nilai SST dan Chl-a. Hasil menunjukkan penurunan SST dan peningkatan Chl-a secara konsisten mengindikasikan *upwelling*, terutama pada Muson Timur, dengan *lag time* sekitar tiga minggu. Model klasifikasi LSTM mencapai *F1-Score* 80,84%, sedangkan model prediksi menghasilkan R^2 sebesar 0,944 untuk SST dan 0,893 untuk Chl-a. Secara umum, penggabungan model regresi dan klasifikasi LSTM mampu menangkap pola *upwelling* yang konsisten dengan kondisi aktual, meskipun pada periode tertentu masih terdapat prediksi yang tidak selaras dengan hasil deteksi berbasis metode IQR. Pendekatan ini menunjukkan potensi besar penerapan *machine learning* untuk pemantauan *upwelling* secara otomatis guna mendukung pengelolaan perikanan berkelanjutan.

Kata kunci: *upwelling*, WPP 713, klorofil-a, suhu permukaan laut, LSTM



ABSTRACT

IFDHA'UL FITRI. Analysis and Implementation of LSTM Model for Upwelling Detection and Prediction in WPP 713 Based on Chl-a and SST Data. Supervised by YENI HERDIYENI and INDRA JAYA.

The upwelling phenomenon plays an important role in increasing marine productivity and supporting the fisheries sector. This study analyzes the relationship between sea surface temperature (SST) and chlorophyll-a (Chl-a) concentration on upwelling events in WPP 713, and develops a data-based detection and prediction method. SST and Chl-a data from 2007 to 2017 were processed using the Interquartile Range (IQR) method and time window to detect upwelling events and classify them based on intensity. The Long Short-Term Memory (LSTM) model was used for upwelling intensity classification and prediction of SST and Chl-a values. The results showed that a consistent decrease in SST and increase in Chl-a indicated upwelling, particularly during the East Monsoon, with a lag time of approximately three weeks. The LSTM classification model achieved an *F1-Score* of 80.84%, while the prediction model yielded an R^2 of 0.944 for SST and 0.893 for Chl-a. Overall, the combination of regression and LSTM classification models was able to capture upwelling patterns consistent with actual conditions, although during certain periods there were still predictions that did not align with results from IQR-based detection methods. This approach demonstrates the significant potential of machine learning for automated upwelling monitoring to support sustainable fisheries management.

Keywords: upwelling, WPP 713, chlorophyll-a, sea surface temperature, LSTM

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 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 2025¹
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.

ANALISIS DAN PENERAPAN MODEL LSTM UNTUK DETEKSI DAN PREDIKSI UPWELLING DI WPP 713 BERBASIS DATA CHL-A DAN SST

IFDHA'UL FITRI

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. Dr. Medria Kusuma Dewi Hardienata, S.Komp., Ph.D

Judul Skripsi : Analisis dan Penerapan Model LSTM untuk Deteksi dan Prediksi
Upwelling di WPP 713 Berbasis Data Chl-a dan SST

Nama : Ifdha'ul Fitri
NIM : G6401211033

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Yeni Herdiyeni, S.Si, M.kom

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Ir. Indra Jaya, M.Sc.



Diketahui oleh

Ketua Program Sarjana Ilmu Komputer:
Dr. Sony Hartono Wijaya, S.Kom., M. Kom.
19810809 200812 1 002



Tanggal Ujian:
1 Agustus 2025

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 karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. . Penelitian ini telah dilakukan sejak Agustus 2024 hingga Juli 2025 dengan judul “Analisis dan Penerapan Model LSTM untuk Deteksi dan Prediksi *Upwelling* di WPP 713 Berbasis Data Chl-a dan SST”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada kedua orang tua penulis yaitu Ibu Rosmalina dan Bapak Wal Asri atas dukungan, doa, dan kasih sayangnya kepada penulis selama ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada para pembimbing, Prof. Dr. Yeni Herdiyeni, S.Si, M.kom dan Prof. Dr. Ir. Indra Jaya, M.Sc. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kedua abang, kakak ipar, serta seluruh keluarga besar penulis yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya. Tidak lupa penulis juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman satu bimbingan yaitu Tita, Ayyas, Fabian, Afriel, dan Bima yang telah bersama-sama dalam penyelesaian studi ini. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada teman-teman penulis yang tidak bisa disebutkan satu per satu begitupun dengan seluruh rekan Ilmu Komputer Angkatan 58 (Assembly) yang telah kebersamaan selama ini.

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

Bogor, Agustus 2025

Ifdha'ul Fitri

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	3
1.4 Manfaat	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Upwelling</i>	5
2.2 Suhu Permukaan Laut dan Klorofil-a	6
2.3 Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) 713	6
2.4 <i>Interquartile Range</i> (IQR)	7
2.5 <i>Sliding Window</i>	8
2.6 <i>Long Short Term Memory</i> (LSTM)	8
III METODE	10
3.1 Data Penelitian	10
3.2 Tahapan Penelitian	10
3.2.1 Akuisisi Data	11
3.2.2 Praproses Data	11
3.2.3 <i>Explanatory Data Analysis</i> (EDA)	11
3.2.4 Deteksi <i>Upwelling</i>	12
3.2.5 Klasifikasi Intensitas <i>Upwelling</i>	13
3.2.6 Analisis <i>Lag Time</i>	13
3.2.7 Pemodelan LSTM Deteksi <i>Upwelling</i> Berbasis Klasifikasi	13
3.2.8 Pemodelan LSTM Prediksi Suhu Permukaan Laut dan Konsentrasi Klorofil-a Berbasis Regresi	15
3.2.9 Implementasi Model Klasifikasi pada Hasil Prediksi Model Regresi (Penggabungan Model)	16
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Pra-proses Data	17
4.2 <i>Exploratory Data Analysis</i> (EDA)	17
4.3 Hasil Deteksi <i>Upwelling</i>	20
4.4 Pemodelan LSTM	29
4.4.1 <i>Feature Engineering</i>	29
4.4.2 Pembagian Data (<i>Data Splitting</i>)	31
4.4.3 Pembangunan dan Evaluasi Model	32
4.4.4 Implementasi Model Klasifikasi pada Hasil Prediksi Model Regresi	45
V SIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Simpulan	48
5.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	54
RIWAYAT HIDUP	57

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.



DAFTAR TABEL

1	Data yang digunakan dalam penelitian	10
2	<i>Confussion matrix</i>	14
3	Pembagian data dan frekuensi tiap kategori intensitas <i>upwelling</i>	31
4	Fitur-fitur model LSTM klasifikasi intensitas <i>upwelling</i>	32
5	Konfigurasi <i>hyperparameter</i> dan arsitektur model LSTM klasifikasi	34
6	Fitur-fitur model prediksi SST dan Chl-a	39
7	Konfigurasi <i>hyperparameter</i> dan arsitektur model LSTM prediksi	41
8	Hasil metrik evaluasi model LSTM prediksi SST dan Chl-a	41

DAFTAR GAMBAR

1	Peta Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) 713	7
2	Ilustrasi arsitektur LSTM (Laghrissi et al. 2021)	9
3	Tahapan Penelitian	11
4	Tahapan deteksi <i>upwelling</i>	12
5	Titik-titik lokasi observasi WPP 713	17
6	Boxplot distribusi bulanan data SST dan Chl-a WPP 713 periode tahun 2007-2017	18
7	Boxplot distribusi musim di Indonesia untuk data SST dan Chl-a WPP 713 periode tahun 2007-2017	18
8	Heatmap bulan Agustus WPP 713 Tahun 2007-2017. (a) Data SST; (b) Data konsentrasi Chl-a	19
9	Grafik rata-rata Chl-A dan SST Tahun 2007-2017	19
10	Lokasi deteksi <i>upwelling</i> WPP 713	20
11	<i>Kernel Density Estimation</i> (KDE) konsentrasi klorofil-a, garis kuning merupakan titik persentil ke-90 dan garis merah merupakan titik persentil ke-98	21
12	Deteksi dan kategorisasi <i>upwelling</i> berdasarkan fluktuasi SST dan Chl-a pada titik <i>lon</i> 119.52 dan <i>lat</i> -5.98	21
13	Grafik hubungan SST, Chl-a, dan intensitas <i>upwelling</i> . (a) <i>Boxplot</i> SST dan Chl-a berdasarkan intensitas <i>upwelling</i> ; (b) <i>Scatterplot</i> SST dan Chl-a terhadap intensitas <i>upwelling</i>	22
14	Dua <i>scatterplot</i> yang menghubungkan antara SST, Chl-a, dan intensitas <i>upwelling</i> pada periode. (a) Bulan April – Oktober; (b) Bulan November – Maret	24
15	Frekuensi kejadian <i>upwelling</i> pada WPP 713 (a), Pusat <i>upwelling</i> lokasi WPP 713 periode 2007-2017 (b)	25
16	Pusat <i>upwelling</i> WPP 713 per tahunnya selama periode 2007-2017	26
17	Distribusi <i>lag time</i> WPP 713	29
18	Hasil kombinasi eksperimen model klasifikasi intensitas <i>upwelling</i>	35
19	Histori loss model dengan <i>hidden layer</i> dua dengan neuron awalan 512	35
20	Hasil <i>confussion matrix</i> model klafisikasi intensitas <i>upwelling</i>	36

21	Grafik perbandingan <i>ground truth</i> dan <i>predicted model</i> LSTM untuk klasifikasi intensitas <i>upwelling</i> . (a) Lokasi <i>lon</i> 188,98 dan <i>lat</i> -6,02 dengan akurasi 99,12%; (b) Lokasi <i>lon</i> 117,52 dan <i>lat</i> -2,48 dengan akurasi 64,04%	37
22	Histogram distribusi akurasi dan peta akurasi prediksi model klasifikasi intensitas <i>upwelling</i>	38
23	Peta distribusi akurasi prediksi model model LSTM untuk klasifikasi intensitas <i>upwelling</i> di WPP 713	38
24	Sebaran antar nilai aktual dan hasil prediksi model: SST (a), Konsentrasi Chl-a (b)	42
25	Grafik <i>training loss</i> model prediksi SST dan Chl-a terbaik (<i>hidden layer</i> satu dan neuron 128)	43
26	Distribusi MdAPE model prediksi SST WPP 713	43
27	Distribusi MdAPE model prediksi Chl-a WPP 713	44
28	Grafik perbandingan <i>ground truth</i> dan <i>predicted model</i> LSTM terbaik untuk prediksi SST dan Chl-a pada lokasi <i>lon</i> 119,02 dan <i>lat</i> -6,02	45
29	Analisis intensitas <i>upwelling</i> pada <i>lon</i> 116,02 dan <i>lat</i> -5,52 tahun 2016–2017. (a) Klasifikasi intensitas <i>upwelling</i> berdasarkan data prediksi SST dan Chl-a; (b) Grafik suhu permukaan laut (SST) dan klorofil-a (Chl-a) dengan intensitas <i>upwelling</i>	46

DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil <i>hyperparameter tuning</i> pelatihan model klasifikasi LSTM	55
2	Hasil <i>hyperparameter tuning</i> pelatihan model regresi LSTM	56

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.