

ANALISIS DAN PEMODELAN DERET WAKTU UNTUK DETEKSI FENOMENA *UPWELLING* DI LAUT ARAFURA DAN SEKITARNYA MENGGUNAKAN LSTM

RAFI FABIAN SYAH



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

@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 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 LAPORAN AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan akhir dengan judul “Analisis dan Pemodelan Deret Waktu untuk Deteksi Fenomena *Upwelling* di Laut Arafura dan Sekitarnya Menggunakan LSTM” 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 laporan akhir ini.

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

Bogor, Agustus 2025

Rafi Fabian Syah
G6401211025

- 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.



ABSTRAK

RAFI FABIAN SYAH. Analisis dan Pemodelan Deret Waktu untuk Deteksi Fenomena *Upwelling* di Laut Arafura dan Sekitarnya Menggunakan LSTM. Dibimbing oleh YENI HERDIYENI dan FIRMAN ARDIANSYAH.

Upwelling merupakan fenomena oseanografi penting yang meningkatkan produktivitas laut dengan naiknya massa air dingin kaya nutrisi ke permukaan, berkontribusi signifikan terhadap potensi perikanan di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia (WPPNRI 718), yang meliputi Laut Aru, Laut Arafura, dan Laut Timor bagian timur, dikenal sebagai *golden fishing ground* dengan potensi perikanan tangkap tertinggi di Indonesia, mencapai 1,99 juta ton per tahun. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah model deteksi fenomena *upwelling* di WPPNRI 718 berbasis deret waktu menggunakan algoritma *Long Short-Term Memory (LSTM)* dengan fokus utama mengidentifikasi pola relevan untuk analisis lebih lanjut. Data penelitian ini diperoleh dari Copernicus Marine Service untuk periode waktu 2007-2017 dengan variabel suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a sebagai fokus penelitian. Tahapan penelitian meliputi akuisisi dan pra-proses data, analisis data eksplorasi dengan pendekatan bulanan dan musiman, deteksi *upwelling* menggunakan metode *interquartile range (IQR)* dan *time window*, analisis lag time *upwelling*, analisis wilayah pusat *upwelling* dan *fishing ground*, serta pembuatan model LSTM untuk memprediksi *upwelling*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fenomena *upwelling* umumnya terjadi di bulan Juni hingga Oktober, dengan puncak fenomena berada pada bulan Agustus dan September. Algoritma LSTM terbukti mampu mempelajari pola fluktuasi data kelautan WPP 718 dengan baik, dengan akurasi keseluruhan mencapai 95,04% dan *F1-Score* sebesar 88,16% untuk algoritma deteksi *upwelling*, R^2 sebesar 0,93 dan MdAPE sebesar 0,74% untuk algoritma prediksi suhu permukaan laut, serta R^2 sebesar 0,72 dan MdAPE sebesar 24,03% untuk algoritma prediksi konsentrasi klorofil-a. Penelitian ini diharapkan mampu membantu peneliti lain dalam mengidentifikasi pola terjadinya *upwelling* dan membantu dalam pengambilan keputusan terkait pengelolaan sumber daya perikanan di WPPNRI 718.

Kata kunci: *Upwelling*, WPPNRI 718, suhu permukaan laut, klorofil-a, LSTM.

ABSTRACT

RAFI FABIAN SYAH. Time Series Analysis and Modeling for Upwelling Phenomenon Detection in Arafura Sea and Surrounding Areas Using LSTM. Supervised by YENI HERDIYENI and FIRMAN ARDIANSYAH.

Upwelling is a crucial oceanographic phenomenon that boosts marine productivity by bringing cold, nutrient-rich water to the sea surface. This significantly contributes to the fisheries potential in Indonesia's WPPNRI 718, a "golden fishing ground" encompassing the Aru, Arafura, and eastern Timor Seas, yielding 1.99 million tons annually. This research aims to develop a time series-based upwelling detection model for WPPNRI 718 using the Long Short-Term Memory (LSTM) algorithm, focusing on identifying relevant patterns. This research utilized data from the Copernicus Marine Service (2007-2017), with sea surface temperature and chlorophyll-a intensity as its primary focus. This research involved data acquisition, preprocessing, exploratory data analysis (monthly and seasonal), upwelling detection via interquartile range (IQR) and time windows, upwelling lag time analysis, and identifying upwelling center areas and fishing grounds, culminating in an LSTM intensity detection model. This study results show upwelling primarily occurs from July to October, peaking in August and September. The LSTM algorithm effectively identified fluctuation patterns of marine data in WPP 718, achieving 95,04% overall accuracy and 88,16% F1-Score for the upwelling detection, an R^2 of 0,93 and MdAPE of 0,74% for the sea surface temperature prediction, as well as an R^2 of 0,72 and MdAPE of 24,03% for the chlorophyll-a intensity prediction. This research is expected to aid researchers in identifying upwelling patterns and support decision-making for fisheries resource management in WPPNRI 718.

Keywords: Upwelling, WPPNRI 718, sea surface temperature, chlorophyll-a, LSTM.



@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.

© 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.

ANALISIS DAN PEMODELAN DERET WAKTU UNTUK DETEKSI FENOMENA *UPWELLING* DI LAUT ARAFURA DAN SEKITARNYA MENGGUNAKAN LSTM

RAFI FABIAN SYAH

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.



Judul Laporan : Analisis dan Pemodelan Deret Waktu untuk Deteksi Fenomena
Upwelling di Laut Arafura dan Sekitarnya Menggunakan LSTM

Nama : Rafi Fabian Syah
NIM : G6401211025

Disetujui oleh

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

Pembimbing 2:
Firman Ardiansyah, S.Kom., M.Si.

Diketahui oleh

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

Tanggal Ujian:
5 Agustus 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. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2024 sampai bulan Juli 2025, dengan judul “Analisis dan Pemodelan Deret Waktu untuk Deteksi Fenomena *Upwelling* di Laut Arafura dan Sekitarnya Menggunakan LSTM”.

Selama penyelesaian skripsi ini, tidak sedikit kendala yang dihadapi oleh penulis, namun dapat penulis selesaikan berkat bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Yeni Herdiyeni, S.Si., M.Kom. selaku dosen pembimbing pertama dan Bapak Firman Ardiansyah, S.Kom., M.Si. selaku dosen pembimbing kedua dan pembimbing akademik, yang telah membimbing dan banyak memberi saran.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Agus Saleh Atmadipoera, DESS dan Bapak Prof. Dr. Indra Jaya, M.Sc. yang telah memberikan arahan serta masukan terkait ilmu oseanografi selama penelitian berlangsung.
3. Papa, Mama, dan adik, serta seluruh keluarga besar yang telah memberikan doa dan dukungan tanpa henti dan tak terhingga kepada penulis selama ini.
4. Teman-teman Perdesi Academy (Andhika Rafi Lazuardi, Muhammad Rangga Rafif, Pramudya Oktareza, Muhammad Ilham Hakim Suherman, Naufal Fa'iq Ramadhani, Muhammad Naufal Daffa Salim, Muhammad Tegar Santoso, Dwi Putra Prayoga Sulaeman, Dwinanda Rizkiansyah, dan Muhammad Khalil Adha) selaku teman seperjuangan melewati masa perkuliahan.
5. Rekan-rekan penelitian UpwellingXpert selaku teman seperjuangan dan teman diskusi seputar *upwelling* dan ilmu oseanografi lainnya.
6. Para sahabat sejak masa SMP, terutama Alyaridha Yuliassepti dan Gharry Ray Chandra.
7. Rekan sekaligus tempat penulis banyak belajar seputar sains data dan kecerdasan buatan, Andika Risky Sururi dan Muhammad Nafiz.
8. Bang Abin (Ahmad Bintang Arif) dan Bang Oman (Nur Rohman), yang pernah mengajak penulis untuk mengikuti kompetisi Satria Data 2022, yang menjadi titik awal yang memantik ketertarikan penulis untuk lebih mendalami bidang sains data dan kecerdasan buatan.
9. Seluruh teman-teman Ilmu Komputer angkatan 58 (Assembly).

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

Bogor, Agustus 2025

Rafi Fabian Syah

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	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia 718 (WPPNRI 718)	4
2.2 <i>Upwelling</i>	5
2.3 <i>Long Short-Term Memory (LSTM)</i>	6
III METODE PENELITIAN	10
3.1 Data Penelitian	10
3.2 Peralatan Penelitian	10
3.3 Tahapan Penelitian	10
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Persiapan Data	19
4.2 Analisis Data Eksplorasi	19
4.3 Deteksi <i>Upwelling</i>	26
4.4 Analisis <i>Fishing Ground</i>	30
4.5 <i>Feature Engineering</i>	33
4.6 Pemodelan LSTM	37
V SIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Simpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	60
RIWAYAT HIDUP	62



DAFTAR TABEL

1	Data penelitian	10
2	Pembagian kelompok musim	13
3	Distribusi proporsi <i>timestamp</i> yang hilang	22
4	Distribusi kategori intensitas <i>upwelling</i>	30
5	Data penelitian setelah pembagian dengan proporsi 70%/15%/15% (model klasifikasi)	38
6	Data penelitian setelah pembagian dengan proporsi 70%/20%/10% (model regresi)	38
7	Fitur pelatihan model klasifikasi LSTM	39
8	Fitur pelatihan model regresi LSTM	39
9	Inisialisasi parameter dari arsitektur model klasifikasi LSTM	40
10	Inisialisasi parameter dari arsitektur model regresi LSTM	41
11	Evaluasi hasil pelatihan model klasifikasi LSTM	42
12	Evaluasi metrik model LSTM (5 <i>hidden layer</i> , unit <i>neuron</i> pada <i>layer</i> pertama sebesar 512)	44
13	Evaluasi hasil pelatihan model regresi LSTM	46

DAFTAR GAMBAR

1	Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia 718 (WPPNRI 718)	4
2	Arsitektur LSTM	7
3	<i>Forget Gate</i>	7
4	<i>Input gate</i>	8
5	Proses pembaruan <i>cell state</i>	8
6	<i>Output gate</i>	9
7	Tahapan penelitian	11
8	Tahapan Deteksi <i>Upwelling</i>	14
9	Peta titik data wilayah fokus penelitian, WPPNRI 718	19
10	Grafik estimasi densitas kernel	20
11	Grafik <i>heatmap</i> variasi musiman suhu permukaan laut	21
12	Grafik <i>heatmap</i> variasi musiman konsentrasi klorofil-a	21
13	Peta distribusi lokasi titik hasil penggabungan data suhu permukaan laut dan klorofil-a	22
14	Perbandingan data asli dengan hasil percobaan interpolasi GP pada periode 2010-04-01 hingga 2013-08-01 (lon: 136,52, lat: -7,52)	23
15	Data hasil interpolasi <i>Gaussian Process</i>	23
16	Grafik estimasi densitas kernel setelah praproses	24
17	Grafik fluktuasi tahunan suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a periode 2007–2017	25
18	Grafik fluktuasi rata-rata bulanan suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a	25
19	<i>Boxplot</i> distribusi data bulanan	26

20	<i>Boxplot</i> distribusi data musiman	26
21	Grafik estimasi densitas kernel konsentrasi klorofil-a dengan informasi <i>threshold</i> bawah dan atas	27
22	Hasil deteksi dan kategorisasi <i>upwelling</i> berdasarkan fluktuasi suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a (lon: 136,48, lat: -6,48)	27
23	Distribusi <i>lag time</i> antara penurunan suhu permukaan laut dengan kenaikan konsentrasi klorofil-a	28
24	Distribusi jumlah intensitas <i>upwelling</i> per bulan	29
25	<i>Boxplot</i> distribusi data variabel per intensitas <i>upwelling</i>	29
26	<i>Scatter plot</i> konsentrasi klorofil-a terhadap suhu permukaan laut berdasarkan intensitas <i>upwelling</i>	30
27	Distribusi spasial konsentrasi klorofil-a pada area yang teridentifikasi memiliki <i>upwelling</i> intensitas tinggi	31
28	Distribusi <i>fishing ground</i> nelayan <i>dropline</i> tahun 2014–2018 berdasarkan data <i>Spot Trace</i>	31
29	Peta Zona Potensi Penangkapan Ikan (ZPPI) di Laut Arafura selama bulan Agustus 2018	32
30	Grafik hasil dekomposisi deret waktu	34
31	Representasi siklikal data waktu bulanan	34
32	Matriks korelasi antar variabel	35
33	<i>Autocorrelation function</i> (ACF) dan <i>partial autocorrelation function</i> (PACF)	36
34	Distribusi data konsentrasi klorofil-a	37
35	Perbandingan performa kombinasi parameter LSTM	43
36	<i>Confusion matrix</i> hasil prediksi model LSTM	44
37	Distribusi akurasi hasil deteksi intensitas <i>upwelling</i>	45
38	Grafik perbandingan hasil klasifikasi model LSTM terhadap data uji (lon: 135,02, lat: -7,48)	45
39	Grafik perbandingan hasil klasifikasi model LSTM terhadap data uji (lon: 139,98, lat: -9,98)	46
40	Perbandingan performa kombinasi parameter LSTM suhu permukaan laut	48
41	Perbandingan performa kombinasi parameter LSTM konsentrasi klorofil-a	48
42	Distribusi MdAPE hasil prediksi suhu permukaan laut	49
43	Distribusi MdAPE hasil prediksi konsentrasi klorofil-a	50
44	Grafik fluktuasi hasil prediksi model LSTM terhadap data uji (lon: 132,52, lat: -8,98)	50
45	Grafik fluktuasi hasil prediksi model LSTM terhadap data uji (lon: 133,48, lat: -7,52)	51
46	Implementasi deteksi <i>upwelling</i> pada titik (lon: 132,52, lat: -8,98)	52
47	Implementasi deteksi <i>upwelling</i> pada titik (lon: 133,48, lat: -7,52)	53



DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil <i>hyperparameter tuning</i> pelatihan model klasifikasi LSTM	60
2	Hasil <i>hyperparameter tuning</i> pelatihan model regresi LSTM	61

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.