

ANALISIS PREDIKSI DAERAH PENANGKAPAN IKAN CAKALANG MENGGUNAKAN MACHINE LEARNING DI LAUT LEPAS SAMUDERA HINDIA BARAT SUMATERA

RIDWAN NURZEHA



**TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
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 TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Analisis Prediksi Daerah Penangkapan Ikan Cakalang Menggunakan *Machine Learning* di Laut Lepas Samudera Hindia Barat Sumatera” 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, Agustus 2025

RIDWAN NURZEHA
C5502231007



@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.

RINGKASAN

RIDWAN NURZEHA. Analisis Prediksi Daerah Penangkapan Ikan Cakalang Menggunakan *Machine Learning* di Laut Lepas Samudera Hindia Barat Sumatera. Dibimbing oleh JONSON LUMBAN GAOL dan SYAMSUL BAHRI AGUS.

Ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) merupakan salah satu komoditas perikanan bernilai ekonomi tinggi bagi Indonesia, khususnya di wilayah Samudera Hindia Barat Sumatera. Pengelolaan sumber daya ini menghadapi tantangan akibat dinamika kondisi oseanografi yang memengaruhi distribusi spasial dan temporal ikan. Pemanfaatan teknologi *machine learning* menawarkan pendekatan untuk menganalisis data lingkungan dan memprediksi daerah penangkapan ikan (DPI). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi spasial dan temporal parameter oseanografi, mengidentifikasi faktor oseanografi yang paling berpengaruh terhadap habitat cakalang, dan mengembangkan model prediktif menggunakan *machine learning* untuk menghasilkan peta *Habitat Suitability Index* (HSI) sebagai rekomendasi DPI. Metode penelitian ini mencakup analisis data pada wilayah laut lepas Samudera Hindia Barat Sumatera. Data yang digunakan terdiri dari Suhu Permukaan Laut (SPL), klorofil-a, salinitas, dan *Sea Surface Height* (SSH), data *logbook* penangkapan ikan, serta data *Vessel Monitoring System* (VMS) periode Tahun 2014-2023. Aktivitas penangkapan ikan dari data VMS dideteksi menggunakan fungsi *vmstofish* yang dibangun dengan model *machine learning*. Delapan model *machine learning* (*Support Vector Machines* (SVM), *Boosted Regression Trees* (BRT), *Random Forests* (RF), *Multivariate Adaptive Regression Splines* (MARS), GAM, *Multi-Layer Perceptron* (MLP), *Recursive Partitioning and Regression Trees* (RPART), dan *MaxEnt*) digunakan untuk memodelkan habitat ikan cakalang. Data *logbook* dan VMS yang telah divalidasi digunakan sebagai data *training* dan evaluasi. Kinerja model dievaluasi menggunakan metrik *Area Under the Curve* (AUC), *True Skill Statistic* (TSS), serta analisis statistik distribusi untuk peta prediksi HSI yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perekaman aktivitas penangkapan ikan cakalang mengalami peningkatan signifikan sejak 2019, seiring dengan implementasi *e-logbook*. Fungsi *vmstofish* terbukti efektif mendeteksi *fishing effort* dari data VMS dan memiliki konsistensi tinggi dengan data *logbook*, menjadikannya alternatif data *input* yang valid. Secara umum, parameter SSH memiliki kontribusi terbesar dalam pemodelan habitat, diikuti oleh salinitas, SPL, dan chl-a. Hasil evaluasi model menunjukkan model RF, SVM, dan MARS menunjukkan performa terbaik. Analisis distribusi data *logbook* pada peta prediksi HSI menghasilkan kesimpulan bahwa model SVM dan MARS terbukti paling baik dalam memprediksi lokasi habitat dengan hasil distribusi yang relatif normal. Peta HSI menunjukkan bahwa habitat yang paling sesuai untuk ikan cakalang berada pada rentang 7° LS - 3° LU dan 80°BT – 100°BT, dengan puncak kesesuaian habitat terjadi pada periode Bulan April hingga Juli.

Kata kunci: cakalang, daerah penangkapan ikan, *machine learning*, samudera hindia, spasiotemporal

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.



SUMMARY

RIDWAN NURZEHA. Analysis of Skipjack Tuna Fishing Ground Prediction Using Machine Learning In The High Seas Of The Western Sumatra Indian Ocean. Supervised by JONSON LUMBAN GAOL and SYAMSUL BAHRI AGUS.

Skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) is a fishery commodity of high economic value for Indonesia, particularly in the Western Sumatra Indian Ocean region. The management of this resource faces challenges due to dynamic oceanographic conditions that affect the spatial and temporal distribution of the fish. The use of machine learning technology offers an approach to analyze environmental data and predict potential fishing grounds (PFGs). This study aims to analyze the spatiotemporal distribution of oceanographic parameters, identify the most influential oceanographic factors on skipjack habitat, and develop a predictive model using machine learning to produce a Habitat Suitability Index (HSI) map as a recommendation for PFGs.

The research method involved data analysis in the high seas of the Western Sumatra Indian Ocean. The data used included Sea Surface Temperature (SST), chlorophyll-a, salinity, and Sea Surface Height (SSH), as well as fishing logbook data and Vessel Monitoring System (VMS) data from the 2014-2023 period. Fishing activities from VMS data were detected using the *vmstofish* function, which was built with a machine learning model. Eight machine learning models (Support Vector Machines (SVM), Boosted Regression Trees (BRT), Random Forests (RF), Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS), GAM, Multi-Layer Perceptron (MLP), Recursive Partitioning and Regression Trees (RPART), and MaxEnt) were used to model skipjack tuna habitat. Validated logbook and VMS data were used for training and evaluation. Model performance was evaluated using metrics such as Area Under the Curve (AUC), True Skill Statistic (TSS), and statistical distribution analysis for the resulting HSI prediction map.

The results showed that the recording of skipjack tuna fishing activities has significantly increased since 2019, in line with the implementation of e-logbook. The *vmstofish* function proved effective in detecting fishing effort from VMS data and showed high consistency with logbook data, making it a valid alternative for input data. In general, the SSH parameter had the largest contribution to the habitat modeling, followed by salinity, SST, and chl-a. In the model evaluation, the RF, SVM, and MARS model demonstrated the best performance. However, based on the distribution analysis of logbook data on the predicted HSI map, the SVM and MARS models proved to be the best at predicting habitat locations with normal distribution as a result. The HSI map indicates that the most suitable habitat for skipjack tuna located in the range of 7°S - 3°N and 80°E - 100°E, with peak habitat suitability occurring from April to July.

Keywords: fishing ground, indian ocean, machine learning, skipjack tuna, spatiotemporal



@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 PREDIKSI DAERAH PENANGKAPAN IKAN CAKALANG MENGGUNAKAN MACHINE LEARNING DI LAUT LEPAS SAMUDERA HINDIA BARAT SUMATERA

RIDWAN NURZEHA

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

**TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
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 Tesis:

1. Emiyati, S.Si., M.Si., Ph.D.,
2. Dr. Risti Endriani Arhatin, S.Pi., M.Si.

Judul Tesis : Analisis Prediksi Daerah Penangkapan Ikan Cakalang Menggunakan Machine Learning Di Laut Lepas Samudera Hindia Barat Sumatera

Nama : Ridwan Nurzaha

NIM : C5502231007

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Jonson Lumban Gaol, M.Si



Pembimbing 2:

Dr. Syamsul Bahri Agus, S.Pi, M.Si



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Prof. Dr. Ir. Sri Pujiyati, M.Si

NIP. 19671021 199212 1 002



Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

Prof. Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M.Sc.

NIP. 19630731 198803 1 002



Tanggal Ujian:
11 Juli 2025

Tanggal Lulus:
12 Agustus 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.

PRAKATA

Puji dan syukur kepada Allah Subhanaahu Wa Ta'ala Yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga proposal tesis ini berhasil dituntaskan. Penelitian ini mengusung tema “Analisis Prediksi Daerah Penangkapan Ikan Cakalang Menggunakan *Machine Learning* di Laut Lepas Samudera Hindia Barat Sumatera” dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Jonson Lumban Gaol, M.Si dan Bapak Dr. Syamsul Bahri Agus, S.Pi., M.Si yang selalu memberikan arahan, petunjuk, dan bimbingan sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik.
2. Seluruh dosen dan staff Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan FPIK-IPB University atas ilmu yang sudah diberikan selama perkuliahan.
3. Laboratorium Penginderaan Jauh dan Sistim Informasi Geografis Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan Institut Pertanian Bogor atas izin penggunaan alat dan fasilitas lab.
4. Direktorat Jenderal PSDKP dan Pelabuhan Perikanan Nizam Zachman Jakarta atas izin penggunaan datanya.
5. Istri dan anak penulis yang telah membantu penulis memberikan semangat dan motivasi terbesar penulis untuk menyelesaikan tesis dengan baik.
6. Orangtua penulis dan saudara atas segala dukungan moril dan doa selama menempuh studi ini hingga selesai.
7. Teman-teman Pascasarjana TEK 2023 atas kerjasama dan dukungan selama perkuliahan berlangsung serta selama mengerjakan penelitian ini hingga selesai
8. Semua pihak terkait yang telah membantu selesainya tesis ini.

Diharapkan tesis ini mampu memberikan manfaat dan sumbangsih bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2025

Ridwan Nurzaha



@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.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Kerangka Pemikiran	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
1.6 Ruang Lingkup	4
II METODE	5
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	5
2.2 Alat dan Bahan	5
2.3 Prosedur Kerja	8
2.4 Analisis Data	8
III HASIL DAN PEMBAHASAN	17
3.1 Aktivitas Penangkapan Ikan Cakalang	17
3.2 Evaluasi Fungsi <i>VMStofish</i> Untuk Mendeteksi <i>Fishing Effort</i>	21
3.3 Hubungan Data <i>Logbook</i> Perikanan Tangkap dengan VMS	24
3.4 Distribusi Parameter Oseanografi	26
3.5 Hubungan Parameter Oseanografis dengan Habitat Ikan Cakalang Menggunakan <i>Machine Learning</i>	34
3.6 Pemetaan <i>Habitat Suitability Indeks</i> (HSI) Ikan Cakalang	38
IV SIMPULAN DAN SARAN	41
4.1 Simpulan	41
4.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	47

DAFTAR TABEL

1	Perangkat keras dan lunak yang digunakan	6
2	Data parameter oseanografi	6
3	Model <i>machine learning</i> yang digunakan	8
4	Data utama VMS	9
5	Informasi terkait pergerakan kapal	10
6	Hasil evaluasi model <i>machine learning</i> terhadap deteksi <i>fishing effort</i> dari data SPKP	23
7	Jumlah data VMS berdasarkan pelabuhan pendaratan	24
8	Hasil uji multikolinearitas	35
9	Hasil pemodelan <i>machine learning</i> dengan data <i>logbook</i>	36
10	Hasil distribusi data <i>logbook</i> terhadap nilai HSI	39
11	Hasil perhitungan nilai <i>skewness</i> dan <i>kurtosis</i>	40

DAFTAR GAMBAR

1	Kerangka pikir penelitian	4
2	Peta lokasi penelitian yang terletak di Samudera Hindia Barat Sumatera	5
3	Diagram alir penelitian	7
4	Visualisasi SVM <i>hyperplane</i>	11
5	Contoh pemodelan dengan BRT	12
6	Visualisasi <i>boosting</i> dan <i>bagging</i>	13
7	Arsitektur <i>Artificial Neural Network</i> (ANN)	14
8	Contoh RPART	14
9	Aktivitas dan hasil tangkapan (a) dan jumlah kapal perikanan (b) pada periode tahun 2014-2023	17
10	<i>Scatterplot</i> tangkapan ikan pada periode tahun 2014-2023	17
11	Perbandingan jumlah kapal beroperasi (hitam) dengan jumlah tangkapan ikan (abu-abu) berdasarkan bulan operasi	18
12	Jumlah kapal berdasarkan ukuran kapal	18
13	Sebaran lokasi penangkapan ikan berdasarkan data <i>logbook</i> dari tahun 2014-2023	19
14	Intensitas penangkapan periode tahun 2014-2023	20
15	Histogram terkait hubungan jarak lokasi penangkapan dengan pelabuhan pangkal (Nizam Zachman Jakarta) (a) dan variasi per bulan (b)	20
16	Intensitas sampel data VMS di periode tahun 2014-2023	21
17	Identifikasi awal lokasi <i>fishing effort</i> (warna merah gelap) dari data sampel SPKP. Warna hitam merupakan <i>tracking</i> pergerakan kapal	22
18	Dugaan lokasi penangkapan ikan	22
19	<i>Precision recall</i> model <i>vmstofish</i> .	23
20	<i>Confusion matrix</i> hasil prediksi dari model.	23
21	Perbandingan sebaran lokasi operasional kapal perikanan dari data VMS (a) dan <i>logbook</i> (b) pada periode tahun 2014-2023	24
22	Tren bulanan data VMS (biru) dan <i>logbook</i> (merah)	25
23	Perbandingan data VMS dan hasil dari <i>vmstofish</i>	25
24	Perbandingan data <i>vmstofish</i> (a) dan <i>logbook</i> (b)	25

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.

25	Hasil analisis spasiotemporal data VMS dan <i>logbook</i>	26
26	Distribusi data chl-a berdasarkan data tahun 2014-2023	27
27	Rentang variasi nilai chl-a berdasarkan bulan	27
28	Grafik nilai rata-rata chl-a tiap tahun	27
29	Distribusi secara spasial nilai rata-rata chl-a per bulan	28
30	Perbandingan data SPL dengan data <i>buoy</i> RAMA dalam <i>scatterplot</i> (a) dan temporal (b)	29
31	Distribusi data SPL berdasarkan data tahun 2014-2023	29
32	Rentang variasi nilai SPL berdasarkan bulan	29
33	Nilai rata-rata SPL tiap bulan dan diperbandingkan per tahun	30
34	Distribusi spasial nilai rata-rata SPL per bulan	30
35	Perbandingan data salinitas dengan <i>buoy</i> RAMA dalam <i>scatterplot</i> (a) dan temporal (b)	31
36	Distribusi data salinitas berdasarkan data tahun 2014-2023	31
37	Rentang variasi nilai salinitas berdasarkan bulan	31
38	Nilai rata-rata salinitas tiap bulan dan diperbandingkan per tahun	32
39	Distribusi spasial nilai rata-rata salinitas per bulan	32
40	Perbandingan data SSH dengan data <i>buoy</i> RAMA dalam <i>scatterplot</i> (a) dan temporal (b) hasil perbaikan	33
41	Distribusi data tinggi muka air laut data tahun 2014-2023	33
42	Rentang variasi nilai muka air laut berdasarkan bulan	34
43	Distribusi spasial nilai rata-rata tinggi muka air laut per bulan	34
44	Nilai rata-rata SSH tiap bulan dan diperbandingkan per tahun	34
45	Perbandingan kolerasi antar model	35
46	Perbandingan antar model terkait kontribusi setiap parameter oseanografi	37
47	Rata-rata <i>feature importance</i> dari semua model	37
48	Frekuensi <i>eddy</i> dengan data <i>Sea Level Anomaly</i> (SLA)	37
49	Perbandingan distribusi data antara data <i>logbook</i> dengan peta HSI	38
50	Perbandingan distribusi data <i>logbook</i> pada peta HSI <i>MaxEnt</i> (atas) dan RF (bawah)	40

DAFTAR LAMPIRAN

1	Skrip pemrosesan data marine copernicus dan resampling	47
2	Skrip fungsi <i>vmstofish</i>	51
3	Skrip pemodelan <i>machine learning</i>	56
4	Analisis distribusi musiman dari setiap model	78
5	Peta HSI dari semua model	79

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

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.