

ANALISIS HUBUNGAN DENSITAS IKAN DENGAN PARAMETER OSEANOGRAFI MENGGUNAKAN MODEL MAXENT DI PERAIRAN PULAU MENJANGAN, BALI

IMAM SYAHNANDA IRAWAN



**PROGRAM MAGISTER TEKNOLOGI KELAUTAN
DEPARTEMEN ILMU DAN TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
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 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 Hubungan Densitas Ikan dengan Parameter Oseanografi Menggunakan Model MaxEnt di Perairan Pulau Menjangan, Bali” 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 2025

Imam Syahnanda Irawan
C5502241009



RINGKASAN

IMAM SYAHNANDA IRAWAN. Analisis Hubungan Densitas Ikan dengan Parameter Oseanografi Menggunakan Model MaxEnt di Perairan Pulau Menjangan, Bali. Dibimbing oleh SRI PUJIYATI dan SYAMSUL BAHRI AGUS.

Perairan Pulau Menjangan masuk ke dalam wilayah Taman Nasional Bali Barat (TNBB) dan memiliki tingkat keanekaragaman ikan yang tinggi. Kekayaan alam bahari tersebut senantiasa harus terus dipertahankan guna melestarikan ekosistem dan segala bentuk kehidupan di perairan tersebut dengan menggunakan pendekatan yang bersifat non-destruktif, seperti teknologi hidroakustik. Teknologi ini dapat dimanfaatkan untuk mengkaji dan mengevaluasi tingkat suksesi suatu area konservasi melalui pendeteksian objek-objek dari kolom hingga dasar perairan. Penelitian ini bertujuan mengintegrasikan teknologi hidroakustik dan pengindraan jauh satelit untuk mendeteksi, menganalisis, dan memetakan densitas akustik ikan menggunakan model prediksi berbasis metode *Maximum Entropy*.

Penelitian ini dilaksanakan di perairan Pulau Menjangan TNBB pada hari Rabu, 9 Agustus 2023 saat Ekspedisi Himiteka VIII oleh Himpunan Mahasiswa Ilmu dan Teknologi Kelautan IPB University. Akuisisi data dilakukan dengan melakukan pemeruman akustik sebanyak 2 putaran mengelilingi Pulau Menjangan, pengukuran nilai suhu menggunakan *Conductivity Temperature Depth* (CTD), pengambilan sampel air, mengunduh data prediksi pasang surut dan citra satelit Landsat 8.

Hasil penelitian menunjukkan, suhu perairan ini berkisar 27,40 - 28,81°C dan konsentrasi klorofil-a berkisar 0,25473 - 1,35605 mg/m³. Kedalaman, TS, maupun dugaan ukuran panjang saling memengaruhi kemungkinan kemunculan keberadaan ikan baik tunggal maupun bergerombol. Model *MaxEnt* mampu memprediksi keberadaan densitas ikan dan menilai area perairan semi tertutup di bagian barat pulau berdasarkan *Habitat Suitability Index* sebagai habitat yang digemari oleh ikan, khususnya ikan-ikan pelagis. Hasil pemodelan spasial menduga bahwa perairan Pulau Menjangan berperan sebagai *feeding ground* bagi ikan. Asumsi ini diperkuat oleh hasil akurasi model sebesar 96,8% dan hierarki parameter yang menunjukkan parameter klorofil-a memiliki persentase kontribusi yang lebih besar dari suhu permukaan laut.

Berdasarkan seluruh hasil tersebut, perairan Pulau Menjangan dapat disimpulkan sebagai kawasan yang diduga kuat sebagai area mencari makan atau *feeding ground* bagi ikan karena tingginya tingkat keanekaragaman hayati laut. Perairan Pulau Menjangan masih terpelihara dan terjaga dengan sangat baik secara keseluruhan. Hal ini dibuktikan oleh banyaknya ikan-ikan yang berhasil terdeteksi, hasil evaluasi parameter oseanografi, dan interaksi antara mangsa dan pemangsa di dalam suatu.

Kata kunci: Densitas akustik ikan, klorofil-a, Landsat 8, *Maximum Entropy*, suhu

SUMMARY

IMAM SYAHNANDA IRAWAN. Analysis of the Relationship between Fish Density and Oceanographic Parameters Using the MaxEnt Model in the Waters of Menjangan Island, Bali. Supervised by SRI PUJIYATI and SYAMSUL BAHRI AGUS.

The waters of Menjangan Island within the West Bali National Park (TNBB) and have a high level of fish diversity. The natural marine wealth must always be maintained in order to preserve the ecosystem and all forms of life in these waters using a non-destructive approach, such as hydroacoustic technology. This technology can be utilized to assess and evaluate the succession level of a conservation area by detecting objects from the water column to the bottom. This research aims to integrate hydroacoustic and satellite remote sensing technology to detect, analyze and map fish acoustic density using a prediction model based on the Maximum Entropy method.

This research was conducted in the waters of Menjangan Island, TNBB on Wednesday, August 9, 2023 during the Himiteka VIII Expedition by the Marine Science and Technology Student Association of IPB University. Data acquisition was carried out by conducting 2 rounds of acoustic drumming around Menjangan Island, measuring temperature values using Conductivity Temperature Depth (CTD), taking water samples, downloading tide prediction data and Landsat 8 satellite images.

The results showed that the water temperature ranged from 27,40 - 28,81°C and chlorophyll-a concentration ranged from 0,25473 - 1,35605 mg/m³. Depth, TS, and approximate length all affect the likelihood of single fish or shoals. The MaxEnt model was able to predict the presence of fish density and assess the semi-enclosed water area in the western part of the island based on the Habitat Suitability Index as a favored habitat for fish, especially pelagic fishes. Spatial modeling results suggest that Menjangan Island waters act as a feeding ground for fish. This assumption is reinforced by the model accuracy result of 96,8% and the parameter hierarchy that shows chlorophyll-a parameter has a greater percentage contribution than sea surface temperature.

Based on all these results, the waters of Menjangan Island can be concluded as an area that is strongly suspected as a feeding ground for fish due to the high level of marine biodiversity. The waters of Menjangan Island are still very well preserved and maintained overall. This is evidenced by the large number of fishes detected, the results of the oceanographic parameter evaluation, and the interaction between prey and predator in a particular area.

Keywords: Chlorophyll-a, fish acoustic density, Landsat 8, Maximum Entropy, temperature.

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 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 HUBUNGAN DENSITAS IKAN DENGAN PARAMETER OSEANOGRAFI MENGGUNAKAN MODEL MAXENT DI PERAIRAN PULAU MENJANGAN, BALI

IMAM SYAHNANDA IRAWAN

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

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI KELAUTAN
DEPARTEMEN ILMU DAN 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 Prof. Henry Munandar Manik S.Pi., M.T., Ph.D
- 2 Dr. Risti Endriani Arhatin, S.Pi, M.Si

Judul Tesis : Analisis Hubungan Densitas Ikan dengan Parameter Oseanografi
Menggunakan Model MaxEnt di Perairan Pulau Menjangan, Bali
Nama : Imam Syahnanda Irawan
NIM : C5502241009

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Sri Pujiyati, M.Si

Pembimbing 2:
Dr. Syamsul Bahri Agus, S.Pi, M.Si

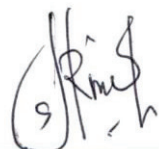
Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Sri Pujiyati, M.Si
NIP 19671021 199203 2 002

a.n Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan :
Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kemahasiswaan
Dr. Ir. Agus Oman Sudrajat, M.Sc.
NIP 19640813 199103 1 001

Tanggal Ujian: 26 Mei 2025

Tanggal Lulus:











@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 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 2023 ini ialah kombinasi serta integrasi teknologi hidroakustik dengan pengindraan jauh dalam pemodelan spasial, dengan judul “Analisis Hubungan Densitas Ikan dengan Parameter Oseanografi Menggunakan Model MaxEnt di Perairan Pulau Menjangan, Bali”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Pujiyati, M.Si dan Bapak Dr. Syamsul Bahri Agus, S.Pi, M.Si yang telah membimbing dan banyak memberi saran dan masukan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Prof. Henry Munandar Manik, S.Pi., M.T., Ph.D selaku penelaah gugus kendali mutu dan penguji tamu, serta Ibu Dr. Risti Endriani Arhatin, S.Pi, M.Si selaku perwakilan program studi magister teknologi kelautan. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Taman Nasional Bali Barat dan seluruh pihak atas kerjasamanya dalam mendukung kelancaran kegiatan. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada kedua orang tua Ayah Doni Irawan, Bunda Syahri Ramadani Harahap, adik Tarishah Humairah dan Azri Rinaldy Irawan, Nenek Ayang, Zulfadli, Keysha, Ari, Kak Melvi, dan Kak Manda serta seluruh keluarga besar yang turut mendoakan dan memberikan dukungan dari awal hingga saat ini. Penghargaan sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada Bapak Syahrul Purnawan, S.Pi., M.Si selaku Dosen Universitas Syiah Kuala Banda Aceh, Bapak Dr. Steven Solikin, S.I.K, M.Si selaku Dosen IPB University, Mba Sri Ratih Deswati, S.Pi, M.Si, Bang Farel Ahadyatulakbar Aditama, S.Si dan Bang Muhammad Abdul Ghofur Al Hakim, S.Kel, M.Si selaku Asisten Kependidikan, Friansyah, S.Kel selaku Ketua Pelaksana yang telah mengizinkan penulis menggunakan data Ekspedisi Himiteka VIII serta seluruh panitia yang telah membantu dan memfasilitasi penulis selama penelitian. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada *Pterapogon kauderni* ITK 57, Tim Akustik ITK 57, Medan X8, Bapak Dr. La Elson, S.Pi, M.Si, Bang Mochamad Rafif Rabbani, S.Si, Bang Muhammad Fadhil Ilham, S.Kel, Mba Dhea Ananda Masdar, S.Pi, dan Bang Surya Hasondangan Marpaung, S.Kel.

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

Bogor, Juni 2025

Imam Syahnanda Irawan



@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 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	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II METODE	4
2.1 Lokasi dan Waktu	4
2.2 Alat dan Bahan	5
2.3 Akuisisi Data	6
2.3.1 Data Oseanografi	6
2.3.2 Data Hidroakustik	7
2.4 Pengolahan dan Analisis Data	11
2.4.1 Analisis Data <i>In Situ</i>	11
2.4.2 Pemrosesan Citra Satelit	12
2.4.3 Batimetri	14
2.4.4 Estimasi Densitas Akustik Ikan	15
2.4.5 Estimasi Dugaan Ukuran Panjang Ikan	20
2.4.6 Model <i>Maximum Entropy</i>	21
III HASIL DAN PEMBAHASAN	24
3.1 Kondisi Perairan Pulau Menjangan, TNBB	24
3.1.1 Prediksi Pasang Surut	24
3.1.2 Batimetri	25
3.1.3 Variabilitas Suhu dan Klorofil-a	26
3.2 Kuantifikasi Akustik Ikan	29
3.3.1 <i>Target Strength</i> ikan	29
3.3.2 Dugaan Ukuran Panjang Ikan	32
3.3.3 Densitas Akustik Ikan	35
3.3 Model <i>Maximum Entropy</i>	41
3.4.1 Visualisasi Model	41
3.4.2 Evaluasi Model	45
3.4.3 Kurva Respon Kesesuaian	48
3.4.4 Persentase Kontribusi Parameter	50
IV SIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Simpulan	53
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	63
RIWAYAT HIDUP	80



DAFTAR TABEL

1	Spesifikasi instrumen Simrad EK15	5
2	Alat dan bahan lainnya dalam penelitian	6
3	Koordinat stasiun oseanografi	7
4	Pengaturan <i>echosounder</i>	9
5	Konsentrasi klorofil-a dari hasil analisis sampel air	28
6	Indeks kelas densitas akustik ikan	37
7	Hierarki parameter oseanografi	50

DAFTAR GAMBAR

1	Peta penelitian perairan Pulau Menjangan, TNBB	4
2	Ilustrasi kalibrasi alat hidroakustik	9
3	Ilustrasi akuisisi data akustik	10
4	Ilustrasi desain jalur survei akustik	11
5	Diagram alir pengolahan data citra satelit	13
6	Diagram alir pengolahan data batimetri	15
7	Diagram alir pengolahan dan analisis data akustik ikan	21
8	Diagram alir pemodelan MaxEnt	23
9	Grafik model prediksi pasang surut bulan Agustus 2023 perairan Pulau Menjangan, TNBB	24
10	Peta batimetri 2 dimensi perairan Pulau Menjangan, TNBB	26
11	Peta batimetri 3 dimensi perairan Pulau Menjangan, TNBB	26
12	Profil vertikal suhu di perairan Pulau Menjangan	27
13	Grafik distribusi nilai <i>target strength</i> ikan	30
14	Grafik sebaran nilai <i>target strength</i> ikan di setiap strata kedalaman	31
15	Grafik distribusi nilai dugaan ukuran panjang ikan	33
16	Grafik sebaran dugaan ukuran panjang ikan di setiap strata kedalaman	34
17	Grafik hubungan strata kedalaman dengan densitas akustik ikan	36
18	Grafik hubungan TS dengan densitas akustik ikan	38
19	Grafik hubungan densitas akustik ikan dengan dugaan ukuran panjang ikan	40
20	Visualisasi hasil model spasial MaxEnt	42
21	Peta hasil sebaran densitas akustik ikan terhadap HSI perairan	44
22	Kurva <i>omission</i> dan area prediksi densitas akustik ikan	45
23	Kurva evaluasi model MaxEnt	47
24	Kurva respons marginal suhu permukaan laut	48
25	Kurva respons marginal klorofil-a	49
26	Grafik <i>jackknife of AUC</i>	52

DAFTAR LAMPIRAN

1	Proses akuisisi data <i>in situ</i> oseanografi	64
2	Proses akuisisi data citra satelit Landsat 8	65
3	Proses akuisisi data akustik	66
4	Peta rancangan awal desain survei penelitian	67
5	Panjang total jalur (D) dan area pemeruman (A)	68
6	Orde-orde survei hidrografi IHO (2020)	69
7	Proses pengolahan dan analisis data batimetri	70
8	Ilustrasi TVG 20LogR dan 40LogR	71
9	Proses pengolahan dan analisis data akustik ikan	72
10	Proses pengolahan dan analisis model MaxEnt	74
11	Proses perhitungan prediksi pasang surut	75
12	Hasil uji ketelitian batimetri	76
13	Profil perambatan kecepatan gelombang suara di kolom air	77
14	Proses perhitungan jalur pemeruman	78
15	Peta zonasi Taman Nasional Bali Barat	79

