

**TESIS**

**PEMETAAN PUSAT GRAVITASI DAERAH PENANGKAPAN  
DAN DAMPAK PERUBAHAN SUHU PERMUKAAN LAUT  
TERHADAP POTENSI DISTRIBUSI IKAN CAKALANG  
*Katsuwonus pelamis* DI TELUK BONE-LAUT FLORES**

Disusun dan diajukan oleh :

**SULYANA ERMA DESIANTY**

**L012171031**



**PROGRAM MAGISTER ILMU PERIKANAN  
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2021**

**MAPPING THE GRAVITY CENTER OF FISHING GROUND  
AND THE IMPACT OF SEA SURFACE TEMPERATURE  
CHANGES ON POTENTIAL SKIPJACK TUNA  
*KATSUWONUS PELAMIS* DISTRIBUTION  
IN BONE GULF-FLORES SEA**

**Pemetaan Pusat Gravitasi Daerah Penangkapan Dan Dampak  
Perubahan Suhu Permukaan Laut Terhadap Potensi Distribusi Ikan  
Cakalang *Katsuwonus Pelamis* Di Teluk Bone-Laut Flores**

**SULYANA ERMA DESIANTY  
L012171031**

**THESIS**

Submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of Master  
of Science (MSc)

**MAGISTER PROGRAM IN FISHERIES SCIENCE  
FACULTY OF MARINE SCIENCE AND FISHERIES  
HASANUDDIN UNIVERSITY  
MAKASSAR  
2021**

## LEMBAR PENGESAHAN TESIS

### PEMETAAN PUSAT GRAVITASI DAERAH PENANGKAPAN DAN DAMPAK PERUBAHAN SUHU PERMUKAAN LAUT TERHADAP POTENSI DISTRIBUSI IKAN CAKALANG *Katsuwonus pelamis* DI TELUK BONE-LAUT FLORES

Disusun dan diajukan oleh :

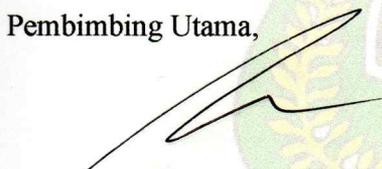
**SULYANA ERMA DESIANTY**  
**L012171031**

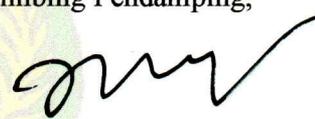
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Ilmu Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin pada tanggal 13 Januari 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

  
**Mukti Zainuddin, S.Pi, M.Sc, Ph.D**  
**NIP. 19710703 199702 1 002**

  
**Safruddin, S.Pi, MP, Ph.D**  
**NIP. 19750611 200312 1 003**

Ketua Program Studi  
Magister Ilmu Perikanan

  
**Prof. Dr. Ir. H. Zainuddin, M.Si**  
**NIP. 19640721 199103 1 001**

Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan  
Perikanan  
Universitas Hasanuddin



**Dr. Ir. St. Kisjah Farhum, M.Si**  
**NIP. 19690605 199303 2 002**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sulyana Erma Desianty  
NIM : L012171031  
Program Studi : Ilmu Perikanan  
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**“Pemetaan Pusat Gravitasi Daerah Penangkapan dan Dampak Perubahan Suhu Permukaan Laut terhadap Potensi Distribusi Ikan Cakalang *Katsuwonus Pelamis* di Teluk Bone-Laut Flores”**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut

Makassar, Januari 2021

Yang Menyatakan



  
Sulyana Erma Desianty

## ABSTRAK

**SULYANA ERMA DESIANTY.** *Pemetaan Pusat Gravitasi Daerah Penangkapan Ikan dan Dampak Perubahan Suhu Permukaan Laut terhadap Potensi Distribusi Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) di Teluk Bone-Laut Flores* (dibimbing oleh Mukti Zainuddin dan Safruddin).

Penelitian ini bertujuan menentukan pusat gravitasi daerah penangkapa.. ikan cakalang bulanan dan menganalisis dampak perubahan iklim terhadap potensi distribusi ikan cakalang yang diproyeksikan dalam perubahan suhu permukaan laut di Teluk Bone dan Laut Flores.

Penelitian ini menggunakan data perikanan cakalang pada bulan April sampai dengan Juli tahun 2017 sampai dengan 2019. Data stelit penginderaan jauh suhu permukaan laut dan klorofil-a dari Aqua/MODIS. Metode yang digunakan adalah analisis *Generalized Additive Model* (GAM). Penentuan pusat gravitasi daerah penangkapan ikan bulanan dan proyeksi kenaikan suhu permukaan laut berdasarkan IPCC-AR5-RCPs di Teluk Bone-Laut Flores.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi ikan cakalang ditemukan berhubungan erat ( $p < 0,0001$ ) dengan preferensi suhu permukaan laut pada kisaran 29.02-31.03 dan konsentrasi klorofil-a 0,14-0,44mg/m<sup>3</sup>. Pusat gravitasi daerah penangkapan ikan cakalang yang ditemukan memperlihatkan bahwa arah distribusi ikan cakalang dari bulan April bergerak kearah utara pada bulan Mei dan Juni, kemudain kembali kearah selatan pada bulan Juli. Perubahan iklim yang mengakibatkan terjadinya perubahan suhu permukaan laut yang diproyeksikan dengan kenaikan 0,6 dan 1,1<sup>o</sup>C, memperlihatkan bahwa pada bulan April berdampak negatif terhadap kedua perairan, Teluk Bone- Laut Flores. Pada bulan Mei berdampak negatif pada perairan Teluk Bone, namun berdampak positif terhadap perairan Laut Flores. Oleh karena itu, penelitian ini berperan untuk menyediakan informasi ilmiah mengenai pusat gravitasi daerah penangkapan ikan dan dampak perubahan iklim terhadap potensi distribusi ikan cakalang yang diproyeksikan dengan perubahan suhu permukaan laut di perairan Teluk Bone-Laut Flores, serta penerapan penginderaan jauh dalam memberikan kontribusi terhadap usaha pemanfaatan sumberdaya perikanan cakalang secara optimal dan berkelanjutan.

Kata kunci: Ikan Cakalang, Suhu Permukaan Laut, Klorofil-a, *Generalized Additive Model* Pusat Gravitasi Daerah Penangkapan Ikan, Perubahan Iklim



## ABSTRACT

**SULYANA ERMA DESIANTY.** *Mapping The Gravity Center of Fishing Ground and The Impact of Sea Surface Temperature Changes on Potential Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*) Distribution in Bone Gulf-Flores Sea* (Supervised by **Mukti Zainuddin** and **Safruddin**)

The aim of this research is to determine the monthly gravity center of skipjack tuna fishing ground and to analyze the impact of climate change on potential skipjack tuna distribution based on sea surface temperature changes projection.

This research used skipjack fishery data from April to July 2017 to 2019, remote sensing satellite data of sea surface temperature and chlorophyll-a from Aqua/MODIS. The methods used were Generalized Additive Model (GAM) analysis, determination monthly gravity center of fishing ground, and sea surface temperature increase projection based on IPCC-AR5-RCPs in Bone Gulf-Flores Sea.

The results show that the distribution of skipjack tuna is significantly related ( $p < 0.0001$ ) with the preference of sea surface temperature in the range of 29.02-31.03 °C and chlorophyll-a concentration in the range of 0.14-0.44 mg/m<sup>3</sup>. The gravity center of skipjack fishing ground from April shows that skipjack tuna shift northward in May and June, then returns south in July. Climate changes that occur in sea surface temperature changes, which are projected with increase of 0.6 and 1.1° C shows that in April it has a negative impact on both of Bone Gulf and Flores Sea. In May it has a negative impact on Bone Gulf, but it has a positive impact on Flores Sea. In June and July, it has positive impact on both of Bone Gulf and Flores Sea. Therefore, the results of this research has a role to provide scientific information regarding the gravity center of skipjack fishing ground and the impact of climate change on potential skipjack tuna distribution which is projected by sea surface temperature changes in Bone Gulf-Flores Sea, as well as the applicability of remote sensing in distributing to optimalization an sustainable utilization of skipjack fishery resources.

**Keywords:** skipjack tuna, sea surface temperature, chlorophyll-a, generalized additive model, gravity center of fishing ground, climate change



## RINGKASAN

SULYANA ERMA DESIANTY. Pemetaan Pusat Gravitasi Daerah Penangkapan Ikan dan Dampak Perubahan Suhu Permukaan Laut terhadap Potensi Distribusi Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) di Teluk Bone-Laut Flores Dibimbing oleh Mukti Zainuddin dan Safruddin.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pusat gravitasi daerah penangkapan ikan cakalang bulanan dan menganalisis dampak perubahan iklim terhadap potensi distribusi ikan cakalang yang diproyeksikan dalam perubahan suhu permukaan laut di Teluk Bone dan Laut Flores.

Penelitian ini menggunakan data perikanan cakalang pada bulan April sampai Juli tahun 2017 sampai 2019, data satelit penginderaan jauh suhu permukaan laut dan klorofil-a dari Aqua/MODIS. Metode yang digunakan yaitu analisis *Generalized Additive Model* (GAM), penentuan pusat gravitasi daerah penangkapan ikan bulanan dan proyeksi kenaikan suhu permukaan laut berdasarkan IPCC-AR5-RCPs di Teluk Bone-Laut Flores.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi ikan cakalang ditemukan berhubungan erat ( $p < 0.0001$ ) dengan preferensi suhu permukaan laut pada kisaran 29.02–31.03 °C dan konsentrasi klorofil-a 0.14–0.44 mg/m<sup>3</sup>. Pusat gravitasi daerah penangkapan ikan cakalang yang ditemukan memperlihatkan bahwa arah distribusi ikan cakalang dari bulan April bergerak ke arah utara pada bulan Mei dan Juni, kemudian kembali ke arah selatan pada bulan Juli. Perubahan iklim yang mengakibatkan terjadinya perubahan suhu permukaan laut yang diproyeksikan dengan kenaikan 0.6 dan 1.1°C memperlihatkan bahwa pada bulan April berdampak negatif terhadap kedua perairan Teluk Bone-Laut Flores. Pada bulan Mei berdampak negatif pada perairan Teluk Bone, namun berdampak positif terhadap perairan Laut Flores. Pada bulan Juni dan Juli, berdampak positif pada kedua perairan Teluk Bone-Laut Flores. Oleh karena itu, penelitian ini berperan untuk menyediakan informasi ilmiah mengenai pusat gravitasi daerah penangkapan ikan dan dampak perubahan iklim terhadap potensi distribusi ikan cakalang yang diproyeksikan dengan perubahan suhu permukaan laut di perairan Teluk Bone-Laut Flores, serta penerapan penginderaan jauh dalam memberikan kontribusi terhadap usaha pemanfaatan sumberdaya perikanan cakalang secara optimal dan berkelanjutan.

## SUMMARY

SULYANA ERMA DESIANTY. Mapping the Gravity Center of Fishing Ground and the Impact of Sea Surface Temperature Changes on Potential Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*) Distribution in Bone Gulf-Flores Sea. Supervised by oleh **Mukti Zainuddin** and **Safruddin**.

The aim of this research is to determine the monthly gravity center of skipjack tuna fishing ground and to analyze the impact of climate change on potential skipjack tuna distribution based on sea surface temperature changes projection.

This research used skipjack fishery data from April to July in 2017 to 2019, remote sensing satellite data of sea surface temperature and chlorophyll-a from Aqua / MODIS. The methods used were Generalized Additive Model (GAM) analysis, determination monthly gravity center of fishing ground, and sea surface temperature increase projection based on IPCC-AR5-RCPs in Bone Gulf-Flores Sea.

The results showed that the distribution of skipjack tuna was significantly related ( $p < 0.0001$ ) with the preference of sea surface temperature in the range of 29.02–31.03 °C and chlorophyll-a concentration in the range of 0.14–0.44 mg/m<sup>3</sup>. The gravity center of skipjack fishing ground from April shows that skipjack tuna shift northward in May and June, then returns south in July. Climate changes that occur in sea surface temperature changes, which are projected with increase of 0.6 and 1.1 °C shows that in April have a negative impact on both of Bone Gulf and Flores Sea. In May have a negative impact on Bone Gulf, but have a positive impact on Flores Sea. In June and July, have positive impacts on both of Bone Gulf and Flores Sea. Therefore, the results of this research has a role to provide scientific information regarding the gravity center of skipjack fishing ground and the impact of climate change on potential skipjack tuna distribution which is projected by sea surface temperature changes in Bone Gulf-Flores Sea, as well as the applicability of remote sensing in contributing to optimalization and sustainable utilization of skipjack fishery resources.

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang senantiasa menganugerahkan kelimpahan nikmat dan berkah yang tak terhingga kepada hambaNya. Shalawat serta salam tak lupa dikirimkan kepada Baginda Rasulullah SAW beserta para keluarga, sahabat dan para pengikutnya. Sungguh kenikmatan yang tak ternilai yang diperoleh penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “**Pemetaan Pusat Gravitasi Daerah Penangkapan Ikan dan Dampak Perubahan Suhu Permukaan Laut terhadap Potensi Distribusi Ikan Cakalang *Katsuwonus pelamis* di Teluk Bone-Laut Flores**” guna memenuhi salah satu kewajiban akademik dan syarat untuk mencapai gelar magister pada Program Studi Ilmu Perikanan, Sekolah Pascasarjana, Fakultas Ilmu Kelautan Dan Perikanan, Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa tidak sedikit hambatan yang dialami sehingga kadang mempengaruhi semangat penulis. Namun berkat kesabaran, kerja keras, dorongan dan motivasi yang diberikan dari berbagai pihak kepada penulis sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik.

Oleh karena itu, secara khusus penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada Almarhum Ayahanda tercinta **Muhammad Riqab** dan Ibunda tercinta **Rasmiah**, untuk semua pengorbanan yang tak terkira besarnya, kasih sayang dan doa tulus selama hidup penulis yang menjadi kekuatan dan semangat bagi penulis. Saudariku tercinta **Sylvana Rubi Juniary** yang senantiasa menjadi penghibur, pendengar keluh kesah dan penyemangat bagi penulis untuk menyelesaikan studi.

Penulis yakin sepenuhnya bahwa tesis ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Karenanya dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang tulus dan tak terhingga kepada:

1. Bapak **Mukti Zainuddin, S.Pi, M.Sc, Ph.D** dan Bapak **Safruddin, S.Pi, M.P, Ph.D** selaku pembimbing dalam penelitian dan penulisan tesis ini. Terima kasih atas segala waktu, ilmu, bantuan dan arahan yang telah diberikan kepada penulis selama ini.

2. Bapak **Prof. Dr. Ir. Achmar Mallawa, DEA**, Bapak **Prof. Dr. Ir. Musbir, M.Sc**, dan Bapak **Dr. Muhammad Banda Selamat, S.Pi, M.T**, selaku penguji yang memberikan kritik dan saran yang membangun selama penelitian dan penulisan tesis ini.
3. Bapak **Prof. Dr. Ir. H. Zainuddin, M.Si** selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Perikanan yang senantiasa memberikan saran, bimbingan dan motivasi selama penulis menempuh pendidikan Magister Ilmu Perikanan.
4. Program **Beasiswa Unggulan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan**, yang telah menyokong penulis dalam hal materiil selama menempuh pendidikan, suatu kehormatan untuk bisa terpilih sebagai salah satu penerima program beasiswa. Tanpa program tersebut penulis yakin tidak akan bisa melanjutkan pendidikan ke jenjang magister.
5. Bapak/Ibu **Staf Pengajar Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan** khususnya **Staf Pengajar Program Studi Magister Ilmu Perikanan** atas warisan wawasan dan ilmu pengetahuannya yang insyallah akan menjadi amal jariyah.
6. Bapak **Muh. Sadik dan keluarga** yang telah bersedia menyediakan tempat tinggal selama penulis berada di lokasi penelitian serta para nelayan *pole and line* yang telah memberikan banyak sekali bantuan selama proses pengumpulan data di lokasi penelitian.
7. Tim penelitian WPP 713, khususnya **Rachmat Hidayat, S.Pi** yang telah memberikan banyak sekali saran dan bantuan yang luar biasa sejak penelitian hingga penyelesaian tesis ini.
8. Tim Pejuang Tesis C19: **Hardianti Nur, S.Pi, M.Si** dan **Dewi Febriani, S.Pi, M.Si** yang senantiasa saling berbagi informasi, melampiaskan keluh kesah dan memberi semangat selama proses penyelesaian tesis.
9. Saudara-saudari seperjuanganku **Fiskery Tolv / PSP #12** dan **Magister Ilmu Perikanan 2017** khususnya **Kelas B** untuk seluruh kisah yang tak terlupakan, serta kebersamaan, kerjasama dan bantuan selama pendidikan berlangsung.
10. Pertemanan dengan ikatan erat bertahun-tahun lamanya, senantiasa saling menemani dan memberi dukungan ketika sedang #KOSONG: **Amalya Rezky Putri, Mulyadi Nur Tadrin, Sigit Pramono** dan **Taufik Ansyari**.
11. **Bangtan Sonyeondan: Kim Namjoon, Kim Seokjin, Min Yoongi, Jung Hoseok, Park Jimin, Kim Taehyung** dan **Jeon Jungkook** yang secara fisik

memang tidak ada di sini, namun memiliki pengaruh besar dalam penyelesaian tesis ini. Sebagai penyemangat, penghibur, penenang serta pembangkit bagi penulis ketika dalam kondisi terpuruk.

Penulis berharap semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca. Penulis juga menyadari bahwa dalam penyusunan dan pembuatan tesis ini masih banyak sekali terdapat kekurangan di dalamnya, karena itulah penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang bersifat konstruktif dari pembaca. Akhir kata penulis memohon dengan kerendahan hati, semoga Allah SWT membalas kebaikan berbagai pihak kepada penulis dengan kebaikan yang melimpah dan semoga kita senantiasa berada dalam rahmat-Nya. Amin.

Makassar, Januari 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	4
D. Kegunaan Penelitian .....	4
E. Ruang Lingkup Penelitian .....	4
F. Kerangka Pikir Penelitian .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Ikan Cakalang ( <i>Katsuwonus pelamis</i> ) .....	7
B. Suhu Permukaan Laut .....	10
C. Klorofil-a .....	11
D. Pusat Gravitasi Daerah Penangkapan Ikan .....	12
E. Skenario Proyeksi Perubahan Suhu Permukaan Laut .....	13
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
A. Waktu dan Tempat .....	16
B. Bahan dan Alat .....	17
C. Prosedur Penelitian .....	18
1. Pengumpulan Data .....	18
a. Data Perikanan .....	18
b. Data Oseanografi Citra Satelit .....	18
c. Skenario Perubahan Iklim terhadap Kenaikan Suhu Permukaan Laut .....	18
2. Analisis Data .....	19
a. Pengolahan Citra Suhu Permukaan Laut & Klorofil-a .....	19

b. Uji Korelasi.....	19
c. Analisis <i>Generalized Additive Model</i> (GAM) .....	19
d. Pusat Gravitasi Daerah Penangkapan Ikan .....	20
e. Pemodelan Prediktif Habitat dengan Skenario Kenaikan Suhu Permukaan Laut .....	21
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Keadaan Umum Lokasi Penelitian.....	22
B. Parameter Oseanografi dan Hasil Tangkapan Ikan Cakalang ( <i>Katsuwonus pelamis</i> ) .....	23
C. Pusat Gravitasi Daerah Penangkapan Ikan Cakalang ( <i>Katsuwonus pelamis</i> ).....	30
D. Dampak Perubahan Iklim pada Distribusi Keberadaan Ikan Cakalang ( <i>Katsuwonus pelamis</i> ) .....	33
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan .....	40
B. Saran.....	40
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	41
<b>LAMPIRAN</b> .....	45

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Kerangka Pikir Penelitian .....	6
2. Ikan Cakalang ( <i>Katsuwonus pelamis</i> ) Sumber: <a href="http://www.ictioterm.es..">www.ictioterm.es..</a>	7
3. Proyeksi rata-rata multi-model untuk periode 2081–2100 di bawah skenario RCP2.6 (kiri) dan RCP8.5 (kanan) untuk perubahan suhu permukaan rata-rata tahunan. Sumber: ICCSR, 2010.....	14
4. Peta studi area di Teluk Bone dan Laut Flores yang menunjukkan titik lokasi penangkapan ikan pada April sampai Juli tahun 2017 sampai 2019 .....	16
5. Operasi penangkapan ikan cakalang menggunakan alat tangkap <i>Pole and Line</i> di Teluk Bone-Laut Flores.....	22
6. Data citra suhu permukaan laut dikorelasikan dengan data suhu permukaan laut in situ melalui penghitungan koefisien korelasi Pearson .....	24
7. Peta rata-rata sebaran suhu permukaan laut di Teluk Bone dan Laut Flores yang menunjukkan titik lokasi penangkapan ikan pada bulan April sampai Juli tahun 2017 sampai 2019.....	25
8. Peta rata-rata sebaran konsentrasi klorofil-a di Teluk Bone dan Laut Flores yang menunjukkan titik lokasi penangkapan ikan pada bulan April sampai Juli tahun 2017 sampai 2019.....	26
9. (a) Frekuensi penangkapan ikan cakalang rentang suhu permukaan laut; .....	27
(b) Frekuensi penangkapan ikan cakalang dalam rentang klorofil-a	27
(c) Rata-rata hasil tangkapan terhadap suhu permukaan laut;.....	27
(d) Rata-rata hasil tangkapan terhadap klorofil-a.....	27
10. Plot analisis GAM ikan cakalang terhadap	
(a) suhu permukaan laut; .....	29
(b) klorofil-a .....	29
11. Pusat gravitasi daerah penangkapan ikan cakalang pada bulan April - Juli di Teluk Bone-Laut Flores.....	31
12. Arah distribusi pergerakan ikan cakalang selama bulan April-Juli	

di Teluk Bone-Laut Flores .....	32
13. Peta sebaran suhu permukaan laut April-Juli yang diproyeksikan dalam dua skenario peningkatan suhu permukaan laut yaitu 0.6° C dan 1.1° C .....	34
14. Peta prediksi potensi distribusi ikan cakalang hasil pemodelan prediktif habitat pada bulan April-Juli yang diproyeksikan dalam dua skenario kenaikan suhu permukaan laut yaitu 0.6° C dan 1.1° C.....	35

## DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Alat yang digunakan dalam penelitian serta kegunaannya.....	17
2. Alat yang digunakan dalam penelitian serta kegunaannya.....	18
3. Analisis GAM suhu permukaan laut dan klorofil-a terhadap nilai CPUE.....	28
4. Data rata-rata suhu permukaan laut tahun 2017-2019 yang diproyeksikan dalam dua skenario peningkatan suhu permukaan laut yaitu 0.6° C dan 1.1° C .....	34

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Perairan Teluk Bone dan Laut Flores di Wilayah Pengelolaan Perikanan 713 (WPP 713) dikenal sebagai salah satu daerah penangkapan ikan cakalang terbaik di Indonesia, di mana ikan cakalang menjadi komoditas ekspor dan bernilai ekonomis tinggi. Hal ini dibuktikan dengan berbagai armada alat tangkap yang beroperasi mengeksploitasi ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) di wilayah tersebut seperti pukat cincin (*purse seine*), huhate (*pole and line*), pancing tangan (*hand line*) dan pancing tonda (*trolling line*).

Potensi cakalang yang ada dipengaruhi oleh pola kondisi oseanografi secara spasial dan temporal. Lingkungan biofisik yang berada di Teluk Bone dipastikan berbeda dengan lingkungan biofisik yang ada di Laut Flores. Demikian dengan pola musim yang bervariasi akan berpengaruh terhadap kondisi biofisik lingkungan. Ketersediaan makanan baik dalam jumlah dan kualitas mempengaruhi tingkat predasi dan merupakan variabel penting bagi populasi cakalang. (Jufri, 2014)

Distribusi ikan dapat diprediksi sesuai dengan kondisi biofisik lingkungannya. Klorofil-a dan suhu permukaan laut merupakan parameter biofisik yang sangat mempengaruhi distribusi ikan dan sering digunakan untuk memprediksi potensi penangkapan ikan (Lanz *et al.*, 2009; Zainuddin, 2011). Klorofil-a menentukan produktivitas perairan dan produksi ikan dan suhu permukaan laut sangat mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton dan secara langsung mempengaruhi kondisi fisiologis ikan. Diketahui bahwa suhu permukaan laut dan klorofil-a memainkan kunci peran sebagai prediktor lingkungan yang sangat terkait dengan kelimpahan ikan. Kedua parameter ini sering digunakan untuk menggambarkan kondisi lingkungan laut dan ketersediaan sumber makanan dalam suatu ekosistem untuk mengeksplorasi sumber daya perikanan. Kedua parameter ini dapat diperoleh hampir secara *real time* pada resolusi tinggi menggunakan sensor satelit.

Beberapa penelitian memperlihatkan bahwa distribusi, migrasi dan pola pergerakan cakalang sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor oseanografi. Simbolon

(2009) menjelaskan bahwa ikan melakukan migrasi karena adanya perubahan beberapa faktor lingkungan seperti suhu, salinitas dan arus, usaha mencari daerah perairan yang terdapat makanan yang cukup dan usaha mencari daerah pemijahan. Zainuddin (2019) menyatakan suhu permukaan laut dan klorofil-a berpengaruh nyata terhadap variasi *catch per unit effort* (CPUE) ikan cakalang. Pola distribusi cakalang terasosiasi dengan perubahan variabel yang mencerminkan preferensi oseanografinya dan menemukan bahwa pola distribusi ikan cakalang menunjukkan pola migrasi searah jarum jam skala kecil.

Perubahan iklim terjadi secara perlahan dalam jangka waktu yang cukup panjang dan diketahui telah mengubah kondisi lautan secara drastis dan sangat berdampak pada pergerakan, migrasi, kelimpahan bahkan tangkapan ikan cakalang. Perubahan iklim memperlihatkan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan suhu permukaan laut (Coyle, *et al.*, 2011). Proyeksi peningkatan suhu permukaan laut mempunyai dampak yang signifikan terhadap struktur ekosistem dan komunitas laut (Menard, *et al.*, 2007). Dalam model perubahan iklim, memproyeksikan suhu permukaan laut adalah teknik yang banyak digunakan oleh para ahli dalam mempelajari dampak perubahan iklim pada spesies laut.

Beberapa penelitian pernah dilakukan untuk menganalisis proyeksi perubahan iklim, seperti perubahan iklim mempengaruhi penangkapan dan biomassa cakalang yang diprediksi sedikit meningkat di Samudera Pasifik bagian Tengah Barat hingga tahun 2050 kemudian biomassa mulai berkurang setelah 2060 saat tangkapan semakin tinggi. Habitat penyedia makanan dan pemijahan secara progresif berada di Samudera Pasifik bagian timur dan juga meluas ke garis lintang yang lebih tinggi, sedangkan kolam hangat ekuatorial Barat diprediksi menjadi kurang cocok untuk pemijahan cakalang. (Lehodey, *et al.*, 2013)

Model yang dibuat oleh Dueri (2014) memproyeksikan penurunan habitat cakalang di sebagian besar perairan tropis dan peningkatan habitat di garis lintang yang lebih tinggi. Pendorong utama perubahan habitat adalah pemanasan lautan, diikuti oleh perubahan kepadatan makanan. Proyeksi yang dibuat menunjukkan peningkatan biomassa cakalang global antara tahun 2010 dan 2050 diikuti oleh penurunan yang nyata antara tahun 2050 dan 2095. Tingkat pemijahan konsisten dengan kecenderungan populasi, menunjukkan bahwa pemijahan bergantung terutama pada biomassa ikan yang layak memijah. Di sisi lain, tingkat

pertumbuhan menunjukkan perubahan temporal yang sangat halus, bahwa kemampuan cakalang untuk menjaga tingkat metabolisme tinggi dalam lingkungan yang berubah umumnya dikatakan efektif.

Penelitian yang dilakukan Nurdin (2017) dengan peningkatan suhu permukaan laut sebesar  $1.80^{\circ}\text{C}$  mengakibatkan pergerakan daerah penangkapan ikan potensial di bagian selatan Selat Makassar yang mengarah ke perairan kepulauan Spermonde. Sebaliknya, peningkatan suhu  $2.60^{\circ}\text{C}$  dan  $3.30^{\circ}\text{C}$  mengakibatkan daerah tangkapan ikan potensial yang lebih kecil yang bergeser lebih jauh ke selatan. Serta analisis yang dilakukan A. Putri (2018) menyatakan selama 10 tahun (2005-2014) perairan Teluk Bone menunjukkan pengaruh perubahan iklim dengan terjadinya anomali suhu permukaan laut dan klorofil-a. Perairan Teluk Bone memiliki kecenderungan suhu permukaan laut yang lebih tinggi selama 10 tahun terakhir di perairan Kabupaten Luwu Timur, sedangkan klorofil-a cenderung lebih rendah selama 10 tahun terakhir di perairan Kabupaten Kolaka.

Dengan demikian dari berbagai penelitian yang menunjukkan bahwa kondisi biofisik lingkungan mempengaruhi pola distribusi ikan cakalang serta perubahan iklim memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perubahan suhu permukaan laut sehingga perlu dilakukan penentuan pusat gravitasi dan arah distribusi daerah penangkapan ikan cakalang dan prediksi potensi distribusi ikan cakalang yang diproyeksikan dalam perubahan suhu permukaan laut di Teluk Bone-Laut Flores.

## **B. Rumusan Masalah**

Distribusi ikan cakalang sangat bergantung pada kondisi oseanografi sekitarnya. Salah satu faktor terpenting penentu keberadaan ikan cakalang adalah suhu permukaan laut dan klorofil-a. Namun, perubahan suhu permukaan laut akibat perubahan iklim terus terjadi, untuk itu dirumuskan masalah yang menjadi kajian khusus dalam penelitian ini:

1. Bagaimana arah distribusi pergerakan ikan cakalang yang berasal dari operasi alat tangkap *Pole and Line* melalui penentuan pusat gravitasi daerah penangkapan di Teluk Bone-Laut Flores selama bulan April sampai Juli?

2. Bagaimana dampak pengaruh perubahan suhu permukaan laut akibat perubahan iklim terhadap potensi distribusi ikan cakalang yang berasal dari operasi alat tangkap *Pole and Line* di Teluk Bone-Laut Flores pada bulan April sampai Juli?

### **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menentukan pusat gravitasi daerah penangkapan ikan dan arah distribusi ikan cakalang yang berasal dari operasi alat tangkap *Pole and Line* di Teluk Bone-Laut Flores pada bulan April sampai Juli.
2. Menganalisis dampak pengaruh perubahan suhu permukaan laut akibat perubahan iklim terhadap potensi distribusi pergerakan ikan cakalang yang berasal dari operasi alat tangkap *Pole and Line* di Teluk Bone-Laut Flores pada bulan April sampai Juli.

### **D. Kegunaan Penelitian**

Kegunaan penelitian ini adalah tersedianya informasi ilmiah mengenai pusat gravitasi daerah penangkapan dan arah distribusi pergerakan ikan cakalang yang berasal dari operasi alat tangkap *Pole and Line* dan prediksi potensi distribusi ikan cakalang yang diproyeksikan dengan perubahan suhu permukaan laut akibat perubahan iklim di perairan Teluk Bone-Laut Flores. Serta hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan bagi usaha pemanfaatan sumberdaya perikanan cakalang secara optimal dan berkelanjutan.

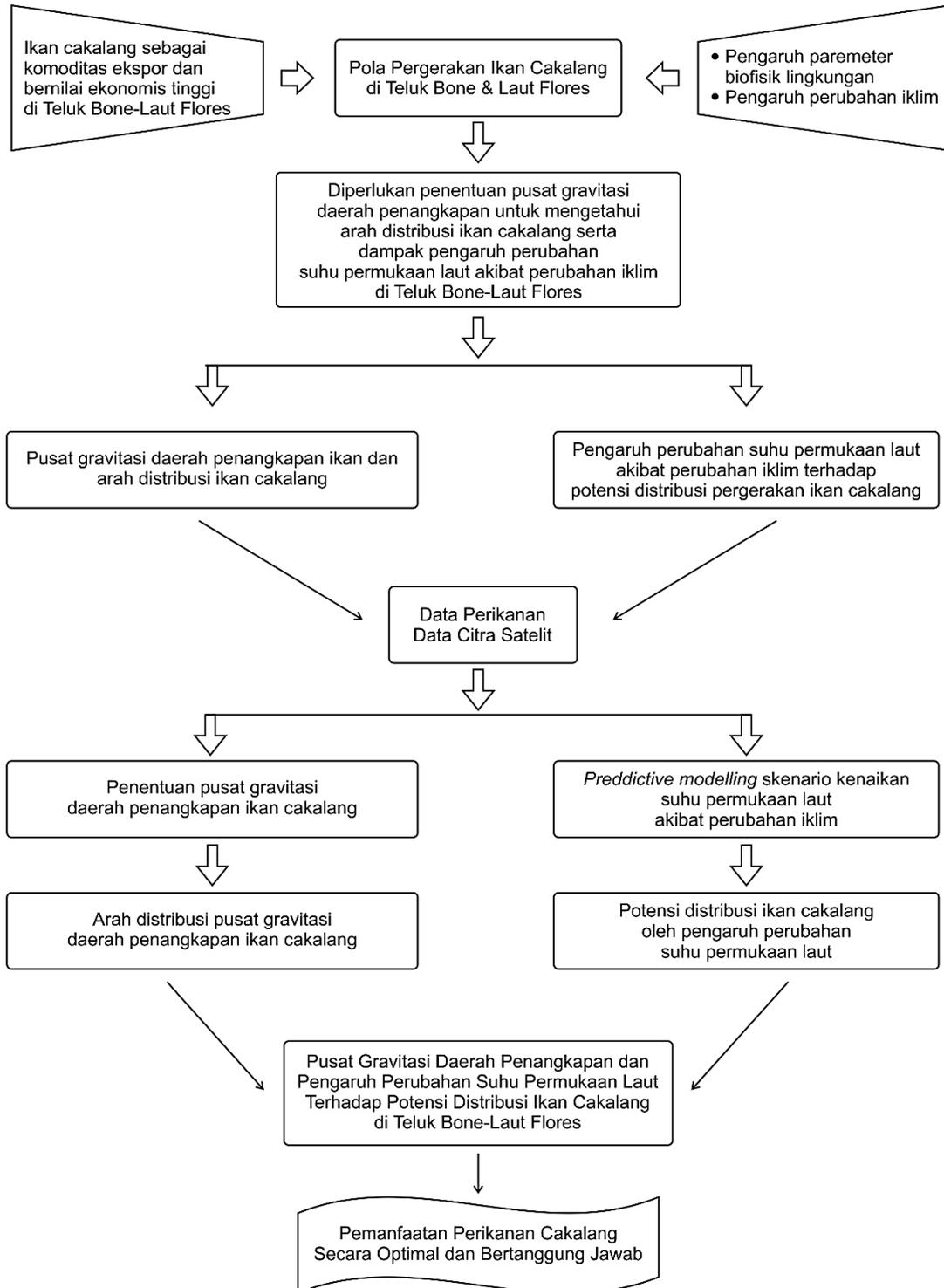
### **E. Ruang Lingkup Penelitian**

Untuk memperjelas masalah yang akan dibahas dan agar tidak terjadi pembahasan yang meluas atau menyimpang, maka perlu kiranya dibuat suatu ruang lingkup. Adapun ruang lingkup permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini, yaitu:

1. Pusat gravitasi daerah penangkapan ikan dan arah distribusi pergerakan ikan cakalang yang berasal dari operasi alat tangkap *Pole and Line* di Teluk Bone-Laut Flores.

2. Prediksi distribusi ikan cakalang yang berasal dari operasi alat tangkap *Pole and Line* yang dipengaruhi oleh perubahan suhu permukaan laut akibat perubahan iklim di Teluk Bone-Laut Flores.

## F. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 1. Kerangka Pikir Penelitian

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*)

Ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) yang sering disebut *skipjack tuna* merupakan jenis ikan dalam famili *Scombridae*. Ikan cakalang merupakan salah satu ikan komersil penting dan berada diantara 10 besar spesies yang berkontribusi besar pada penangkapan global (Mugo *et al.*, 2010; Jufri, 2014). Perkembangan produksi komoditi utama pelagis besar secara nasional khususnya cakalang tercatat sebesar 3.63% dalam kurun waktu tahun 2007-2011 dan penyebaran ikan cakalang di perairan Indonesia meliputi Samudera Hindia (sepanjang pantai utara dan timur Aceh, perairan Barat Sumatera, selatan Jawa, Bali, Nusa Tenggara), Perairan Indonesia bagian Timur (Laut Sulawesi, Maluku, Arafuru, Banda, Flores dan Selat Makassar) dan Samudera Pasifik (perairan Utara Irian Jaya). (Nelwan *et al.*, 2012; Setiawan *et al.*, 2013)



Gambar 2. Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*). Sumber: [www.ictioterms.es](http://www.ictioterms.es)

Ikan cakalang hidup pada kisaran kedalaman hingga 260 m dan pada daerah tropis dengan suhu 15-30°C. Ikan cakalang yang matang gonad dapat mencapai panjang 40-45 cm, dengan panjang maksimum 110 cm dan berat hingga 34,5 kg. Jari-jari keras sirip punggung berjumlah 14-16, jari-jari lemah sirip punggung berjumlah 14-15, jari-jari lemah pada sirip dubur 14-15. Bagian punggung berwarna biru keunguan, sisi bawah bagian perut berwarna silver. Terdapat garis melintang pada bagian perut 4 sampai 5 buah. ([www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), 2013). Cakalang sering terkonsentrasi pada permukaan perairan dengan kisaran salinitas 23% - 35% (Blackburn, 1965 dalam Simbolon, 2003).

Cakalang adalah ikan perenang cepat dan hidup bergerombol (*schooling*) sewaktu mencari makan. Kecepatan renang ikan dapat mencapai 50 km/jam. Kemampuan renang ini merupakan salah satu faktor yang menyebabkan penyebarannya dapat mengikuti skala ruang (wilayah geografis) yang cukup luas, termasuk diantaranya beberapa spesies yang dapat menyebar dan bermigrasi lintas samudra. (Supadiningsih dan Rosana, 2004).

Distribusi ikan cakalang dipengaruhi kondisi oseanografi secara spasial dan temporal. Ketersediaan makanan baik dalam jumlah dan kualitas mempengaruhi tingkat predasi dan merupakan variabel penting bagi populasi cakalang. Ketersediaan makanan berhubungan dengan rantai makanan (*food chains*). Bila ikan tersebut aktif mencari makan, maka gerombolan tersebut bergerak dengan cepat sambil melompat-loncat di permukaan air. Nababan (2008) mengatakan bahwa ikan cakalang berdistribusi dengan dua kepentingan utama yakni usaha untuk mencari daerah tempat memijah dan untuk mencari kondisi lingkungan seperti suhu, salinitas dan arus yang sesuai dengan kondisi tubuh.

Penyebaran ikan dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu penyebaran horizontal atau penyebaran menurut letak geografis perairan dan penyebaran vertikal atau penyebaran menurut kedalaman perairan (Nakamura, 1969 dalam Simbolon, 2003). Ikan cakalang menyebar luas di perairan tropis dan sub tropis seperti di lautan Atlantik, Samudera Hindia dan Pasifik. Penyebaran ikan tersebut di perairan Indonesia sebagian besar terdapat di Kawasan Timur Indonesia (KTI). Stok yang terdapat di perairan KTI ini diduga berasal dari Samudera Pasifik bagian barat yang beruaya dari sebelah timur Philipina dan sebelum utara Papua Nugini. Ikan tersebut selanjutnya beruaya dari perairan KTI ke Samudra Pasifik bagian barat, yaitu ke perairan Zamboanga dan sebelum utara Papua Nugini (Suhendrata, 1987 dalam Simbolon, 2003).

Ikan cakalang secara vertikal dapat menyebar sampai dengan ratusan meter di bawah permukaan air, bahkan banyak terdapat pada kedalaman renang 20 – 200 meter (Nishimura, 1964 dalam Simbolon, 2003). Penyebaran ikan di perairan tropis sangat dipengaruhi oleh lapisan termoklim. Ikan cakalang umumnya ditemukan di atas lapisan termoklim (Laevastu and Hela, 1970 dalam Simbolon, 2003).

Ikan cakalang merupakan ikan pelagis yang membentuk kelompok (*schooling*). Menurut (Nikolsky, 1963 dalam Simbolon, 2003) individu cakalang dalam suatu *schooling* mempunyai ukuran (*size*) yang relatif sama. Ikan-ikan yang berukuran lebih besar biasanya berada pada lapisan yang lebih dalam dengan *schooling* yang lebih kecil. Ikan-ikan yang lebih kecil biasanya berada dekat permukaan perairan dengan *schooling* yang lebih besar. Tingkah laku tersebut umumnya dimanfaatkan oleh para nelayan untuk memudahkan penangkapan. Ikan cakalang melakukan migrasi karena (Nikolsky, 1963 dalam Simbolon, 2003):

- (1) adanya perubahan beberapa faktor lingkungan seperti suhu, salinitas dan arus,
- (2) usaha mencari daerah perairan yang mengandung bahan makanan yang cukup dan
- (3) usaha mencari daerah pemijahan

Hal ini sesuai dengan pendapat Laevastu and Hayes (1981) yang menyatakan bahwa pola kehidupan ikan, termasuk cakalang tidak bisa dipisahkan dari pengaruh faktor oseanografi. Fluktuasi faktor oseanografi seperti suhu, salinitas, arus permukaan, oksigen terlarut mempunyai pengaruh yang besar terhadap periode migrasi musiman serta terdapatnya ikan di suatu lokasi perairan. Salinitas perairan merupakan parameter oseanografi yang dapat digunakan untuk memperkirakan daerah penyebaran ikan cakalang di suatu perairan. Kisaran salinitas yang menjadikan daerah penyebaran cakalang umumnya bervariasi menurut wilayah perairan. Ikan cakalang mempunyai sifat sensitif terhadap perubahan salinitas Manurung dan Simbolon (1997), menyatakan bahwa penyebaran ikan pelagis sering mengikuti sirkulasi arus dan kepadatannya sangat berhubungan dengan kondisi arus. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan di Selat Makassar, terdapat indikasi bahwa penyebaran berbagai jenis tuna terdapat di sepanjang poros arus. Sepanjang daerah penyebaran tersebut, kelimpahan ikan cenderung lebih banyak pada lapisan renang yang lebih dalam. Ikan cakalang sangat menyukai daerah pertemuan arus (konvergensi) yang umumnya dijumpai pada wilayah yang memiliki banyak pulau.

Turbulensi yang terjadi di perairan sekeliling pulau-pulau atau benua berperan merangsang pertumbuhan plankton. Sebagai konsekuensi logisnya, perairan tersebut relatif lebih subur dan menjadi daerah penyebaran yang baik bagi cakalang untuk mencari makan, seperti halnya di daerah upwelling.

Ikan cakalang sering ditemukan pada perbatasan dua massa air yang berbeda dimana terjadi pertemuan antara massa air panas dan dingin. Daerah ini diduga memiliki berbagai macam organisme dan merupakan daerah penangkapan cakalang yang baik (Laevastu and Hela, 1970 dalam Simbolon, 2003). Suhu perairan secara langsung berpengaruh terhadap derajat metabolisme dan siklus reproduksi ikan. Suhu perairan secara tidak langsung berpengaruh terhadap daya larut oksigen yang digunakan untuk respirasi biota laut. Perubahan suhu perairan akan berpengaruh terhadap rangsangan syaraf, perubahan proses metabolisme dan aktivitas tubuh ikan (Laevastus and Hela, 1970 dalam Simbolon, 2003). Kedalaman renang dari kelompok ikan pelagis, termasuk cakalang banyak ditentukan oleh distribusi suhu perairan secara vertikal. Cakalang akan berenang menghindari suhu perairan yang lebih tinggi atau yang lebih rendah dari biasanya dan menuju ke lapisan perairan tertentu di mana ikan tersebut lebih mudah beradaptasi. Distribusi vertikal ikan cakalang di perairan tropis sangat dipengaruhi oleh lapisan termoklin.

## **B. Suhu Permukaan Laut**

Salah satu parameter yang mejadi ciri massa air di lautan adalah suhu. Suhu adalah suatu besaran fisika yang menyatakan banyaknya panas yang terkandung dalam suatu benda. Pada umumnya perairan yang banyak menerima panas dari matahari merupakan perairan yang terletak pada lintang rendah mendekati  $0^\circ$  dan akan semakin dingin bila letaknya semakin mendekati kutub. Oleh karena itu, suhu air laut yang tertinggi akan ditemukan di daerah ekuator (Weyl dalam Agustinus, 1999).

Suhu adalah salah satu faktor yang amat penting bagi kehidupan organisme yang ada di lautan, karena suhu mempengaruhi baik aktivitas metabolisme maupun perkembangbiakan dari organisme-organisme di laut. Baik lautan maupun daratan keduanya dipanasi oleh sinar matahari melalui suatu proses yang dinamakan *insolation*. Akan tetapi pengaruh *insolation* ini tidaklah sama untuk daerah-daerah yang terletak pada lintang yang berbeda. Daerah tropis lebih banyak menerima panas daripada daerah kutub, yang pada dasarnya disebabkan oleh 3 faktor: pertama, sinar matahari yang merambat melalui atmosfer akan banyak kehilangan panas sebelum sampai di daerah kutub. Kedua, oleh karena

besarnya perbedaan sudut datang sinar matahari ketika mencapai permukaan bumi, pada daerah kutub sinar matahari yang sampai di permukaan bumi akan tersebar pada daerah yang lebih luas daripada di ekuator. Ketiga, di daerah kutub lebih banyak panas yang diterima oleh permukaan bumi yang dipantulkan kembali ke atmosfer (Hutabarat dan Evans, 1984).

Suhu permukaan laut dapat digunakan sebagai salah satu cara untuk memprediksi keberadaan organisme di suatu perairan, khususnya ikan. Populasi ikan yang hidup di laut mempunyai suhu optimum untuk kehidupannya, maka dengan mengetahui suhu optimum dari suatu spesies ikan, kita dapat memprediksi keberadaan kelompok ikan. Untuk ikan cakalang, suhu permukaan laut yang disukai oleh jenis ikan tersebut biasanya berkisar antara 16 - 31 °C, walaupun untuk Indonesia suhu optimum adalah 28 - 31 °C dan suhu yang ideal untuk melakukan pemijahan 28 - 29 °C. (Motik *et al*, 2007)

Ikan cakalang sensitif terhadap perubahan suhu, khususnya waktu makan yang terikat pada kebiasaan-kebiasaan tertentu. Suhu yang terlalu tinggi, tidak normal atau tidak stabil akan mengurangi kecepatan makan ikan. Keterkaitan suhu dengan keberadaan ikan cakalang telah banyak diteliti oleh peneliti-peneliti terdahulu (Andrade *et al.*, 1999; Zainuddin dan Safruddin, 2008; Jung *et al.*, 2013).

### **C. Klorofil-a**

Klorofil adalah pigmen hijau yang terdapat pada tumbuhan. Klorofil-a adalah tipe Klorofil yang paling umum dari tumbuhan. Kegunaannya bagi tanaman adalah untuk fotosintesis. Dalam inventarisasi dan pemetaan sumberdaya alam pesisir dan laut. Klorofil-a digunakan untuk mengetahui keberadaan fitoplankton dalam air. Semakin berlimpah fitoplankton di air maka semakin tinggi konsentrasi klorofil-a pada air tersebut (Suriadi. 2004)

Klorofil-a berkaitan erat dengan produktifitas yang ditunjukkan dengan besarnya biomassa fitoplankton yang menjadi rantai pertama makanan ikan pelagis. Kesuburan suatu perairan ditentukan dari kelimpahan zat organik yang menjadi makanan organisme laut (produktivitas primer). Produktivitas primer yang melimpah akan menarik perhatian ikan untuk datang mencari makan. Besarnya produktivitas primer perairan dapat diperkirakan dengan mengetahui konsentrasi klorofil-a di perairan tersebut. Kelimpahan produktivitas perairan dapat

ditunjukkan oleh kandungan konsentrasi klorofil-a dan dapat dijadikan sebagai ukuran banyaknya fitoplankton di perairan (Nababan, 2008).

Klorofil-a pada fitoplankton merupakan parameter yang sangat penting dalam menentukan produktivitas primer di laut. Sebaran dan tingkat konsentrasi klorofil-a berhubungan dengan kondisi oseanografis suatu perairan. Sebaran klorofil-a di laut bervariasi secara geografis maupun berdasarkan kedalaman perairan. Intensitas cahaya matahari, nutrisi (terutama nitrat, fosfat dan silikat), dan angin merupakan parameter-parameter fisik kimia yang mengatur dan mempengaruhi sebaran klorofil-a di suatu perairan. Perbedaan parameter fisika-kimia merupakan penyebab bervariasinya produktivitas primer di laut (Simon, 2007)

Umumnya sebaran konsentrasi klorofil-a tinggi di perairan pantai sebagai akibat dari tingginya suplai nutrisi yang berasal dari daratan melalui aliran air sungai dan run off bahan organik secara langsung. Selain itu di beberapa tempat ditemukan bahwa konsentrasi klorofil-a cukup tinggi walaupun jauh dari daratan. Kondisi demikian terjadi karena proses sirkulasi massa air yang memungkinkan terangkutnya sejumlah nutrisi dari lapisan laut dalam ke lapisan permukaan seperti yang terjadi pada daerah upwelling. (Simon, 2007)

Ditinjau dari fisiologi tumbuhan, spektrum cahaya yang diserap oleh fitoplankton berada pada kisaran gelombang 400 - 720 nm atau dikenal sebagai PAR (*Photosynthetically Active Radiation*) atau Radiasi Aktif Fotosintesis. Spektrum tersebut hampir sama dengan spektrum pada sinar tampak yaitu 360-780 nm. Pigmen klorofil-a memiliki sifat absorpsi yang tinggi pada kanal berwarna biru dan merah. Sedangkan klorofil-a akan memantulkan kanal berwarna hijau dan infra merah dekat karena tidak menyerap radiasi gelombang elektromagnetik pada kanal ini. Fitoplankton menyerap energi cahaya pada panjang gelombang pendek sehingga terlihat adanya penurunan besarnya energi yang dipantulkan pada panjang gelombang tersebut.

#### **D. Pusat Gravitasi Daerah Penangkapan Ikan**

Pusat gravitasi, dalam fisika, merupakan sebuah titik imajiner suatu benda di mana, untuk kemudahan dalam kalkulasi tertentu, total keberadaan benda dapat dianggap terkonsentrasi. Konsep ini terkadang berguna dalam mendesain struktur

statis atau dalam memprediksi perilaku benda yang bergerak saat benda tersebut digerakkan oleh gravitasi.

Pusat gravitasi daerah penangkapan ikan merupakan parameter penting yang mencirikan lokasi suatu tempat penangkapan ikan. Istilah ini digunakan untuk menggambarkan perubahan posisi spasial suatu daerah penangkapan ikan. Pemahaman yang akurat tentang pusat gravitasi suatu daerah penangkapan berguna untuk menilai rute migrasi ikan, menentukan pusat daerah penangkapan ikan, dan mengkarakterisasi distribusi dan perubahan gerombolan ikan. Penghitungan pusat gravitasi daerah penangkapan ikan mengadopsi metode penghitungan pusat gravitasi suatu benda tetap, tetapi terdapat perbedaan mendasar antara ikan yang bergerak dan benda tetap. Kemampuan pusat gravitasi untuk mengkarakterisasi distribusi ikan mencerminkan kredibilitas pusat gravitasi daerah penangkapan.

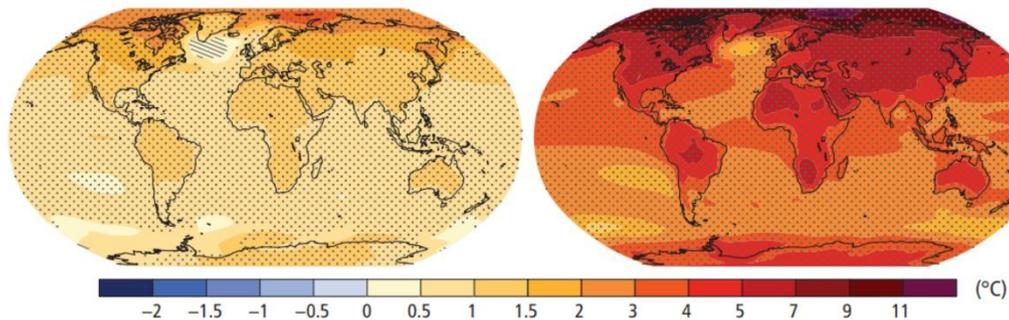
Pusat gravitasi perikanan berkaitan dengan unsur lingkungan dan sifat biologis ikan. Ketika gerombolan ikan memiliki preferensi lingkungan sekitar yang sama, maka gerombolan ikan berada dekat dari pusat gravitasi pada saat yang sama. (Jiandi *et al*, 2015)

## **E. Skenario Proyeksi Perubahan Suhu Permukaan Laut**

Laporan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) atau Panel Antarpemerintah Tentang Perubahan Iklim menyimpulkan bahwa perubahan iklim secara tegas terjadi dan bahwa aktivitas manusia, khususnya emisi karbon dioksida, sangat mungkin menjadi penyebab utamanya. Perubahan diamati di semua wilayah geografis: meingkatnya suhu permukaan atmosfer dan lautan, tingkat dan volume salju dan es semakin berkurang, permukaan laut meningkat dan pola cuaca berubah. (IPCC, 2014)

Perubahan suhu permukaan rata-rata global untuk periode 2016-2035 dibandingkan dengan 1986-2005 serupa dengan keempat RCP (*Representative Concentration Pathway*) di mana suhu permukaan laut kemungkinan akan lebih hangat dalam kisaran 0.3 ° C hingga 0.7 ° C daripada periode 1850-1900. Kisaran ini dalam asumsi tidak ada letusan gunung berapi besar atau perubahan di beberapa sumber alam (misalnya, metana (CH<sub>4</sub>) dan nitrous oksida (N<sub>2</sub>O), atau perubahan tak terduga pada radiasi matahari total.

Sehubungan dengan 1850–1900, perubahan suhu permukaan global untuk akhir abad ke-21 (2081–2100) diproyeksikan melebihi 1.5 °C berdasarkan RCP 4.5, RCP 6.0 dan RCP 8.5. Bahkan kenaikan suhu permukaan laut kemungkinan akan melebihi 2 °C untuk RCP 6.0 dan RCP 8.5, lebih mungkin melebihi 2 °C untuk RCP4., tetapi tidak mungkin melebihi 2 °C untuk RCP2.6. (Gambar 3)



Gambar 3. Proyeksi rata-rata multi-model untuk periode 2081–2100 di bawah skenario RCP2.6 (kiri) dan RCP8.5 (kanan) untuk perubahan suhu permukaan rata-rata tahunan. Sumber: ICCSR, 2010.

Sebagai perbandingan, tren rata-rata laju kenaikan suhu permukaan laut di perairan Indonesia berkisar antara 0,020 °C/tahun sampai 0,023 °C/tahun. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa suhu permukaan laut pada tahun 2030 akan mencapai kenaikan 0.6 °C hingga 0.7 °C, dan akan mencapai kenaikan 1.1° C hingga 1.2 °C pada tahun 2050, dibandingkan dengan rata-rata suhu permukaan laut tahun 2000. Selain itu, suhu permukaan laut diperkirakan akan meningkat sebesar 1.6 °C hingga 1.8 °C pada tahun 2080, dan dapat mencapai kenaikan 2 °C hingga 2.3 °C pada tahun 2100. Hal ini menunjukkan bahwa proyeksi suhu permukaan laut pada tahun 2050 merupakan suhu tertinggi selama 150 ribu tahun terakhir jika dibandingkan dengan suhu permukaan laut yang terdeteksi dalam data paleoklimatik untuk Samudra Pasifik bagian barat. (ICCSR, 2010)

Perubahan lingkungan bagi ekosistem laut sangat berpengaruh terhadap distribusi dan kelimpahan ikan (Perry *et al.*, 2005; Deutsch *et al.*, 2015). Rata-rata suhu permukaan laut secara nyata meningkat di beberapa wilayah di dunia dan bukti bahwa distribusi ikan laut telah bergeser semakin banyak (Muhling *et al.*, 2015).

Model proyeksi dari perubahan iklim yang digunakan oleh IPCC menunjukkan bahwa perubahan akan terus berlanjut di bawah berbagai kemungkinan skenario emisi gas rumah kaca selama abad ke-21. Jika emisi terus meningkat pada tingkat saat ini, dampaknya dapat diproyeksikan dengan menaikkan suhu permukaan laut 0.6 - 1.1°C lebih tinggi daripada suhu permukaan laut pada waktu data diambil di perairan Teluk Bone-Laut Flores.