

**ESTIMASI DAERAH PENANGKAPAN IKAN MENGGUNAKAN MODEL  
*MAXIMUM ENTROPY* TERHADAP HASIL TANGKAPAN IKAN  
PELAGIS KECIL DI PERAIRAN WPPNRI 571 BELAWAN**

**SKRIPSI**

**HENDRIZON PURBA**

**E1E021086**



**PROGRAM STUDI PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN**

**FAKULTAS PETERNAKAN**

**UNIVERSITAS JAMBI**

**2025**

# Estimasi Daerah Penangkapan Ikan Menggunakan Model *Maximum Entropy* Terhadap Hasil Tangkapan Ikan Pelagis Kecil di Perairan WPPNRI 571

Belawan

Hendrizon Purba (E1E021086) dibawah bimbingan:

Hutwan Syarifuddin<sup>1</sup>, Septy Heltria<sup>2</sup>

---

## RINGKASAN

Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Belawan, yang terletak strategis di antara perairan pantai Timur Sumatera dan Selat Malaka (WPPNRI 571) serta Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia (ZEEI). Berbagai jenis ikan pelagis kecil seperti ikan layang (*Decapterus spp*), ikan tongkol (*Euthynnus sp*), ikan selar (*Selaroides sp*), dan ikan kembung (*Rastrelliger sp*) merupakan hasil tangkapan utama yang didaratkan di PPS Belawan.

Namun hasil tangkapan ikan pelagis kecil di Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Belawan mengalami penurunan pada tahun 2019-2023. Oleh karena itu, Penelitian ini perlu dilakukan untuk meningkatkan hasil tangkapan di PPS Belawan dengan memprediksi daerah penangkapan potensial menggunakan model *Maximum Entropy* dengan parameter oseanografi (suhu permukaan laut (SPL), klorofil-a, salinitas) dari CMES dan data logbook PPS Belawan (2019-2023).

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa suhu permukaan laut (SPL) dan konsentrasi klorofil-a, memiliki korelasi dengan fluktuasi hasil tangkapan. Nilai AUC paling tinggi terdapat pada bulan Januari (2019-2023) sebesar 0,960 sedangkan yang terendah terdapat pada bulan Maret (2019-2023) sebesar 0,915. Hal ini dinyatakan sangat baik untuk melakukan penangkapan. Sedangkan nilai HSI paling tinggi terdapat pada rentang 0,81-0,9 yang memiliki 106 titik penangkapan dan persentase sebesar 26,57%. Hasil tangkapan ikan pelagis kecil paling banyak di terdapat pada bulan Februari dengan memiliki hasil tangkapan sebesar 948.322 kg dengan trip penangkapan sebanyak 1.795 trip.

Kesimpulan yang di dapatkan adalah Peta prediksi menunjukkan konsentrasi probabilitas penangkapan yang tinggi di bagian tengah perairan, konsisten sepanjang tahun, dengan nilai akurasi model yang baik hingga sangat baik (mayoritas 0,61-1). Rentang HSI 0,81-0,9 menjadi yang paling dominan, menegaskan bahwa sebagian besar lokasi memiliki kesesuaian habitat yang tinggi untuk ikan pelagis kecil.

---

**Kata Kunci:** Estimasi daerah penangkapan ikan, model *Maximum Entropy*, ikan pelagis kecil, Belawan

**Keterangan:** <sup>1</sup>Pembimbing Utama

<sup>2</sup>Pembimbing Pendamping

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “estimasi daerah penangkapan ikan menggunakan model Maximum Entropy terhadap hasil tangkapan ikan pelagis kecil di perairan WPPNRI 571 Belawan” adalah karya saya sendiri dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebut dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka dibagian akhir skripsi ini sesuai dengan kaidah penulis ilmiah yang berlaku

Jambi, Juni 2025

Hendrizon Purba

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Hutagurgur pada tanggal 01 Juni 2002. Penulis merupakan anak ke empat dari 7 bersaudara, dari pasangan Maringkon Purba dan Menta Rotua Simatupang. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD 174540 Horisan dan lulus pada tahun 2014, Kemudian penulis melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 4 Pagaran dan lulus pada tahun 2017, Kemudian penulis melanjutkan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Pagaran dan lulus pada tahun 2020.

Tahun 2021 Penulis diterima sebagai Mahasiswa Universitas Jambi melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) pada program studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Fakultas Peternakan. Penulis pernah mengikuti kegiatan latihan pemetaan dasar di Fakultas Peternakan Universitas Jambi pada tahun 2022, Penulis juga mengikuti program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) Magang Dudi pada tahun 2023. Selama perkuliahan penulis aktif dalam berbagai organisasi diantaranya Halak Hita Fapet (HHF), Himpunan Mahasiswa Perikanan (HIMAPERI) dan Ikatan Mahasiswa Tapanuli Utara (IMATAPUT).

## PRAKATA

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya kepada penulis diberi kehidupan hingga saat ini dan dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **“Estimasi Daerah Penangkapan Ikan Menggunakan Model Maximum Entropy Terhadap Hasil Tangkapan Ikan Pelagis Kecil di Perairan WPPNRI 571 Belawan”**. Penyusunan skripsi ini untuk memenuhi salah satu syarat Program Strata I pada jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Fakultas Peternakan di Universitas Jambi. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi terdapat banyak kekurangan bahkan jauh dari kata sempurna baik dari segi penulisan maupun materi. Oleh karena itu penulis terbuka terhadap segala bentuk kritik dan masukan yang bersifat membangun.

Melalui tulisan ini penulis menyampaikan rasa hormat dengan ketulusan serta penuh kerendahan hati atas segala dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang berkontribusi membantu baik secara langsung maupun tidak langsung atas pencapaian ini. Untuk itu rasa terimakasih sebesar-besarnya penulis tujukan kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Hj. Nurhayati, M.Sc.agr selaku dekan Fakultas Peternakan yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas selama melakukan perkuliahan dan penyusunan skripsi ini.
2. Lisna, S.Pi., M.Si selaku ketua program studi pemanfaatan sumberdaya perikanan yang telah memberikan arahan, dukungan dan bimbingan selama perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
3. Prof. Dr. Ir. Hutwan Syarifuddin, M.P. Sebagai pembimbing utama dan ibu Septy Heltria, S.kel., M.Si. yang telah sabar, tulus dan ikhlas serta saran yang begitu berharga kepada penulis selama penyusunan skripsi ini.
4. Dr. Ir. Teja Kaswari, M.Sc. Agr, Fauzan Ramadan, S.Pi., M.Si dan Muhammad Hafidz Ibnu Khaldun, S.Kel., M.Si. Terima kasih telah meluangkan waktu untuk menilai dan memberikan masukan berharga dalam penyusunan skripsi ini. Setiap kritik dan saran yang diberikan menjadi bekal bagi penulis untuk terus belajar dan berkembang.

5. Ir. Sri Novianti, M.P. selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta kesempatan pengalaman dalam mengikuti kegiatan yang penulis dapatkan selama perkuliahan.
6. Seluruh Dosen Fakultas Peternakan atas bekal dan ilmu pengetahuan dan bimbingan selama menjadi mahasiswa.
7. Orangtua penulis yang tercinta Bapak Maringkon Purba dan Ibu Menta Rotua Simatupang untuk beliaulah skripsi ini penulis persembahkan. Terimakasih atas segala dukungan, kasih sayang, Doa, motivasi dan materi yang tiada henti atas segala sesuatu dalam urusan perkuliahan, sehingga penulis dapat menyelesaikan dalam penulisan skripsi ini. Semoga beliau sehat selalu, panjang umur dan bahagia selalu.
8. Saudara/saudiri penulis tersayang, Novelina Purba, Rezdy Purba, Restaulito Purba, Aldy Purba, Gio Purba, Parulian Purba, Abang ipar Penulis Hardi Silaban dan Juara Lumban gaol serta keponakan Gempita Silaban dan Natal Lumban Gaol, Terimakasih sudah ikut serta mendukung dalam proses menempuh pendidikan selama ini, inspirasi dan motivasi terbesar dalam hidup penulis, Setiap pengorbanan yang kalian lakukan tidak akan pernah penulis lupakan.
9. Sahabat sekaligus saudara penulis di perantauan, Jecky Silaban, Joe Andolin Pardosi, Earline Sitanggang, Ernawati Damanik, Cindy Tampubolon, Sizka Sinaga, Hadja Rona Nst dan Nur Cahaya Simanjuntak Terimakasih telah mendukung dan membantu dalam pengerjaan skripsi ini.
10. Terimakasih kepada kawan-kawan satu kost, Enso Purba S.P, Swardi Simanjuntak, Dedy Siregar, Kevin Pasaribu, Frans Simanjuntak, Jian Manalu, Laon Purba, Hendro Simamora yang telah memberikan semangat kepada penulis untuk mengerjakan skripsi ini.
11. Terimakasih kepada saudari Haryati Manalu yang selalu menemani dan yang selalu ada saat penulis butuh baik dari awal kuliah hingga menyelesaikan skripsi ini.
12. Terimakasih kepada Winda Sihite, Putri Simatupang, Jesicha Sipahutar dan Jenni Manurung yang telah mendukung dalam pengerjaan skripsi ini.

13. Terimakasih kepada Dina Pakpahan, Eli Gultom, Alnesa Pakpahan, Indah Manurung, Yessy Manalu, Yemima Manalu, Rosita Tampubolon, Kronika Pasaribu yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini
14. Terimakasih kepada Jessyca, Karina, Suci, Wizi, Permata, Tetti, Diana dan seluruh teman-teman angkatan PSP 2021 yang telah berkontribusi dalam penyelesaian skripsi ini.
15. Terimakasih kepada IMATAPUT-JAMBI yang menjadi keluarga dan tempat bertukar pikiran penulis selama kuliah di Universitas Jambi.
16. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada diri sendiri yang telah berjuang dan bertahan selama mengerjakan skripsi ini. Semoga apa yang penulis cita-citakan selama ini tercapai. *"Bersukacitalah senantiasa. Tetaplah berdoa. Mengucap syukurlah dalam segala hal, sebab itulah yang dikehendaki Allah di dalam Kristus Yesus bagi kamu."* 1 Tesalonika 5:16-18.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca dan dapat digunakan dengan baik sebagaimana mestinya. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Jambi, Juni 2025

Hendrizon Purba

## DAFTAR ISI

	halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan .....	3
1.3 Manfaat .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Ikan Pelagis Kecil .....	4
2.1.1 Ikan Layang ( <i>Decapterus spp</i> ) .....	4
2.1.2 Ikan Kembung ( <i>Rastrelliger sp</i> ).....	5
2.1.3 Ikan Selar ( <i>Selaroides sp</i> ).....	7
2.1.4 Ikan Tongkol ( <i>Euthynnus sp</i> ) .....	8
2.2 Daerah Penangkapan Ikan.....	9
2.3 Parameter Oseanografi.....	10
2.3.1 Klorofil-a .....	10
2.3.2 Suhu Permukaan Laut (SPL) .....	11
2.3.3 Salinitas .....	11
2.4 Model Maximum Entropy (MaxEnt).....	12
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>13</b>
3.1 Tempat dan Waktu .....	13
3.2 Materi dan Peralatan .....	13
3.3 Prosedur Kerja .....	14
3.3.1 Pengumpulan Data.....	14
3.3.2 Pengolahan Data .....	15
3.4 Analisis Data.....	16
3.4.1 Sebaran Suhu Permukaan Laut (SPL), Klorofil-a dan Salinitas .....	16
3.4.2 Daerah Penangkapan Ikan Pelagis Kecil dengan Maximum Entropy.....	16
3.4.3 Pemodelan dengan Maximum Entropy (MaxEnt).....	17
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>19</b>
4.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian .....	19
4.2 Sebaran Klorofil, Suhu Permukaan Laut dan Salinitas.....	19
4.2.1 Sebaran Klorofil .....	19
4.2.2 Sebaran Suhu Permukaan Laut.....	24
4.2.3 Sebaran Salinitas .....	26
4.3 Daerah Penangkapan Ikan Pelagis Kecil dengan Maximum Entropy .....	31
4.3.1 Evaluasi Model .....	31

4.3.2	Kontribusi Parameter.....	33
4.3.3	Peta Prediksi .....	37
4.4	Nilai <i>Habitat Suitability Indeks</i> (HSI) .....	41
4.5	Produksi Ikan .....	43
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>46</b>
5.1	Kesimpulan .....	46
5.2	Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>.....</b>	<b>47</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>.....</b>	<b>52</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Ikan layang ( <i>Decapterus</i> spp).....	5
2. Ikan Kembung ( <i>Rastrelliger</i> sp) .....	6
3. Ikan Selar ( <i>Selaroides</i> sp).....	7
4. Ikan Tongkol ( <i>Euthynnus</i> sp).....	8
5. Lokasi Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Belawan .....	13
6. Prosedur Pengolahan Data.....	15
7. Sebaran klorofil (2019-2023) .....	20
8. Grafik sebaran klorofil (2019-2023).....	23
9. Sebaran Suhu Permukaan Laut (2019-2023).....	24
10. Grafik Sebaran Suhu Permukaan Laut (2019-2023) .....	25
11. Sebaran Salinitas (2019-2023).....	27
12. Grafik Sebaran Salinitas (2019-2023) .....	30
13. Grafik AUC (2019-2023) .....	32
14. Kontribusi Parameter (2019-2023).....	35
15. Peta Prediksi (2019-2023) .....	38
16. Grafik Produksi ikan (2019-2023).....	44

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Informasi dan sumber perolehan data.....	14
2. Perangkat yang digunakan.....	14
3. Kontribusi Parameter (2019-2023).....	36
4. Nilai HSI ( <i>Habitat Suitability Indeks</i> ).....	41

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Produksi ikan (2019-2023).....	52
2. Nilai AUC (2019-2023) .....	52
3. Sebaran Klorofil (2019-2023).....	53
4. Sebaran suhu permukaan laut (2019-2023).....	53
5. Sebaran salinitas (2019-2023).....	53
6. Dokumentasi kegiatan penelitian .....	54
7. Klorofil-a Januari-Desember 2019.....	55
8. Klorofil-a Januari-Desember 2020.....	55
9. Klorofil-a Januari-Desember 2021.....	56
10. Klorofil-a Januari-Desember 2022.....	56
11. Klorofil-a Januari-Desember 2023.....	57
12. Suhu Permukaan Laut Januari-Desember 2019 .....	57
13. Suhu Permukaan Laut Januari-Desember 2020 .....	57
14. Suhu Permukaan Laut Januari-Desember 2021 .....	58
15. Suhu Permukaan Laut Januari-Desember 2022 .....	58
16. Suhu Permukaan Laut Januari-Desember 2023 .....	59
17. Salinitas Januari-Desember 2019 .....	59
18. Salinitas Januari-Desember 2020.....	60
19. Salinitas Januari-Desember 2021 .....	60
20. Salinitas Januari-Desember 2022.....	60
21. Salinitas Januari-Desember 2023.....	61



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia WPPNRI-571 sesuai Permen KP mencakup perairan Laut Andaman dan Selat Malaka. Perairan Selat Malaka merupakan perairan yang berbatasan langsung dengan batas wilayah maritim negara tetangga yaitu Malaysia (Marpaung *et al.*, 2022). WPPNRI-571 memiliki beberapa pelabuhan perikanan salah satunya adalah Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Belawan.

Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Belawan terletak pada posisi yang cukup strategis, yaitu di antara perairan pantai Timur Sumatera dan Selat Malaka (WPPNRI 571), juga berada di perairan Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia (ZEEI), yang merupakan pintu masuk bagi kegiatan ekonomi di beberapa negara di Asia (Triola *et al.*, 2021). Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Belawan juga merupakan lokasi konsentrasi pengembangan industri pengolahan ikan dan sentra produksi penangkapan serta merupakan fokus pembangunan yang terdapat pada masterplan perluasan dan percepatan pembangunan ekonomi Indonesia (Reza *et al.*, 2019). Salah satu hasil tangkapan yang di daratkan di Pelabuhan Perikanan samudera (PPS) Belawan adalah ikan pelagis kecil seperti ikan layang (*Decapterus* spp), ikan tongkol (*Euthynnus* sp), ikan selar (*Selaroides* sp), dan juga ikan kembung (*Rastrelliger* sp).

Ikan pelagis kecil merupakan kelompok ikan yang membentuk *schooling* di dalam kehidupannya dan mempunyai sifat berenang bebas dengan melakukan migrasi secara vertikal maupun horizontal mendekati permukaan dengan ukuran tubuh relatif kecil (Nelwan *et al.*, 2015). Produksi hasil tangkapan ikan pelagis kecil di pelabuhan perikanan samudera (PPS) belawan mengalami penurunan dari tahun 2019-2023, dimana hasil tangkapan ikan pelagis kecil pada tahun 2019 sebesar 12.775,46 ton, tahun 2020 sebesar 13.399 ton, tahun 2021 sebesar 11.653,33 ton, tahun 2022 sebesar 8.587,39 ton dan tahun 2023 sebesar 2.514,09 ton (KKP RI 2025).

Penurunan hasil tangkapan ini bisa terjadi karena bebarapa faktor produksi oleh nelayan dalam upaya penangkapan ikan seperti jumlah alat tangkap,

pengalaman nelayan. konsumsi BBM, ukuran kapal, jumlah ABK merupakan faktor produksi yang penting dalam hubungannya dengan perolehan jumlah produksi tangkapan ikan (Sumantri *et al.*, 2022). Faktor yang mempengaruhi pendapatan nelayan adalah lamanya waktu melaut serta pengalaman sebagai nelayan sedangkan.

Berdasarkan penurunan hasil tangkapan di Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Belawan maka perlu dilakukan upaya untuk meningkatkan hasil tangkapan salah satunya dengan mengetahui daerah penangkapan ikan yang potensial. Hal ini dapat dilakukan melalui pendekatan menggunakan parameter oseanografi. Dimana ikan pelagis kecil memiliki tingkah laku yang berbeda-beda terhadap pengaruh perubahan parameter oseanografi seperti SPL, kelimpahan klorofil-a dan salinitas perairan.(Nelwan *et al.*, 2015).

Parameter oseanografi seperti suhu dan klorofil-a dapat digunakan sebagai data dasar untuk menentukan daerah penangkapan ikan yang baik. Dimana klorofil merupakan salah satu parameter yang sangat menentukan produktivitas primer di laut (Sihombing *et al.*, 2013). suhu permukaan laut merupakan salah satu faktor yang penting bagi kehidupan organisme di lautan, karena suhu mempengaruhi baik aktivitas metabolisme maupun perkembangbiakan dari organisme-organisme tersebut (Ayu *et al.*, 2011).

Sedangkan salinitas merupakan kadar garam terlarut pada air laut. Salinitas berperan penting untuk mendukung kehidupan biota laut termasuk karang lunak (Gerry *et al.*, 2023). Untuk menentukan daerah penangkapan dapat dilakukan melalui pendekatan parameter oseanografi seperti, suhu permukaan laut, klorofil-a dan salinitas . Untuk menentukan daerah penangkapan ikan menggunakan parameter oseonografi dapat dilakukan dengan menggunakan model Maximum Entropy.

Maximum Entropy adalah salah satu model yang dapat mengestimasi peluang distribusi spesies dengan menggunakan data kehadiran spesies dan variabel lingkungan yang diduga berpengaruh terhadap kehadiran suatu spesies. Dalam menentukan kesesuaian habitat ikan dilakukan melalui pendekatan berdasarkan prinsip menemukan keterkaitan dan kesesuaian parameter oseanografi dengan keberadaan gerombolan ikan dengan menggunakan model MaxEnt. Kegunaan

lainnya yang dihasilkan oleh MaxEnt adalah dapat melihat pengaruh lingkungan terhadap kelimpahan spesies untuk dijadikan tempat penangkapan yang produktif, dapat melihat pergerakan ikan dalam musim tertentu atau waktu tertentu, dan mengevaluasi daerah penangkapan ikan yang telah tersaji agar meningkatkan keakuratan daerah penangkapan ikan (Alabia *et al.*, 2015).

Model *MaxEnt* yaitu model yang memperkirakan distribusi *probabilitas entropi* secara maksimum, dengan memperkirakan data (paling menyebar, seragam dan paling dekat) (Phillips *et al.*, 2006). Model *MaxEnt* sudah banyak digunakan oleh beberapa peneliti di bidang perikanan. Syah (2016) melakukan penelitian tentang hubungan SPL dan klorofil-a terhadap habitat ikan sauri pasifik di Barat Utara Samudera Pasifik. Model *MaxEnt* banyak digunakan karena kemudahan dalam pengoperasiannya, serta data yang dibutuhkan hanyalah ketersediaan sebaran spasial spesies dan data lingkungan (Phillips dan Dudík, 2008).

## **1.2 Tujuan**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis variabilitas sebaran SPL, Klorofil-a dan Salinitas di perairan WPPNRI 571 Belawan.
2. Untuk mengestimasi daerah penangkapan ikan pelagis kecil menggunakan metode Maximum Entropy.
3. Untuk mengetahui HSI (*Habitat Suitability Index*) daerah penangkapan ikan di Perairan WPPNRI 571 Belawan

## **1.3 Manfaat**

Hasil penelitian ini nantinya dapat dijadikan sebagai salah satu dasar untuk memprediksi daerah penangkapan ikan pelagis kecil di perairan WPPNRI 571 Belawan maupun perairan di Indonesia untuk meningkatkan efisiensi dan menjaga sumberdaya perairan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Ikan Pelagis Kecil**

Sarifuddin *et al.*, (2018) menyatakan bahwa Penentuan daerah potensial penangkapan ikan pelagis kecil secara spatial dan temporal merupakan salah satu tantangan pelaku perikanan tangkap saat ini. Pada hal penentuan daerah penangkapan ikan spatial (ruang) dan temporal (harian, bulanan maupun tahunan) dapat dengan cepat dan akurat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh berbasis satelit (*satellite remote sensing*) dan akustik (*acoustical remote sensing*).

Ikan pelagis kecil merupakan komoditas utama telah berkontribusi besar terhadap perekonomian nelayan dan masyarakat sekitar. Sebaran ikan pelagis kecil sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan laut seperti suhu muka laut, arus laut maupun makanan. Ikan pelagis kecil diduga memiliki potensi paling tinggi dibandingkan kelompok ikan lain seperti ikan pelagis besar, ikan demersal, ikan karang, dan komoditas perikanan lain yaitu udang, kepiting, dan cumi-cumi (Sarwati dan Suryono, 2025).

##### **2.1.1 Ikan Layang (*Decapterus spp*)**

Ikan layang (*Decapterus spp.*) adalah ikan pelagis kecil yang memiliki nilai ekonomis dan melimpah di perairan Indonesia. Ikan layang juga memberi kontribusi yang cukup besar pada produksi perikanan tangkap dan telah dieksploitasi secara terus-menerus sejak lama, baik oleh perikanan semi industri (pukat cincin besar dan sedang) maupun oleh perikanan rakyat (pukat cincin mini, payang) (Kusumanigrum *et al.*, 2021).

Ikan layang banyak ditemukan dan tertangkap di perairan yang berjarak 20-30 mil dari pantai dan pada kedalaman 45-100 meter. Makanan utama ikan layang (*Decapterus macrosoma*) yang tertangkap di perairan selatan Gunung kidul adalah ikan (84,15%), sedangkan jenis makanan lain yang ditemukan adalah fitoplankton (8,91%), zooplankton (4,47%), dan udang (3,19%). Identifikasi secara molekuler terhadap jenis ikan yang dimakan oleh ikan layang adalah Cololabis saira (*Scomberesocoidae*) (Lubis *et al.*, 2019).



Gambar 1. Ikan layang (*Decapterus* spp)

Menurut Saanin (1984) klasifikasi ikan layang (*Decapterus* spp) adalah sebagai berikut

Phyllum : Chordata  
Kelas : pisces  
Sub kelas : Teleostei  
Ordo : Percomorphi  
Divisi : Perciformes  
Sub divisi : Carangi  
Familia : Carangidae  
Genus : *Decapterus*  
Spesies : *Decapterus* spp.

Ikan layang (*Decapterus* spp) termasuk dalam kategori ikan pelagis kecil, karena berdasarkan ukurannya yang kecil. Rata- rata ukuran tubuhnya sekitar 15 cm dan bisa mencapai 25 cm. Warna tubuh ikan layang pada bagian punggungnya biru kehijauan dan pada bagian perutnya berwarna putih. Ikan layang tergolong suku Carangidae dengan kebiasaan hidup bergerombol, kebiasaan bergerombol tersebut bertujuan untuk mencari makanan dan menghindari dari predator (Setya and Susiloningtyas, 2022).

### **2.1.2 Ikan Kembung (*Rastrelliger* sp)**

Ikan kembung atau *Rastrelliger* sp merupakan ikan air laut. Ikan kembung ini termasuk genus *Rastrelliger*. Ikan kembung merupakan kelompok ikan epipelagis dan neritik di daerah pantai dan laut. Penyebaran ikan dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu penyebaran secara vertikal dan horisontal. Penyebaran secara vertikal dipengaruhi oleh suhu dan gerakan harian plankton sedangkan penyebaran secara

horizontal dipengaruhi oleh arus laut. Ikan kembung jantan di laut Jawa mempunyai dua kali musim pemijahan yaitu pada musim barat dari bulan Oktober sampai Februari pada musim timur dari bulan Juni sampai September.



Gambar 2. Ikan Kembung (*Rastrelliger* sp)

Berikut adalah klasifikasi ikan kembung menurut Saanin (1984):

Kingdom : Animalia  
Phylum : Chordata  
Class : Pisces  
Sub Class : Teleostei  
Ordo : Percommorphy  
Sub Ordo : Scomboridae  
Family : Scomberidae  
Genus : *Rastrelliger*  
Spesies : *Rastrelliger* sp.

Ikan kembung (*Rastrelliger* sp.) merupakan salah satu ikan yang tergolong dalam ikan pelagis kecil. Ikan kembung banyak ditemukan di perairan pantai maupun lepas pantai dan umumnya banyak tersebar di bagian tengah wilayah Indo-Pasifik (Kandouw *et al.*, 2023). Ikan kembung yang merupakan ikan yang umum dikonsumsi oleh manusia, tidak terlepas dari ancaman berbagai jenis penyakit.

Ikan kembung (*Rastrelliger* sp.) merupakan salah satu jenis ikan pelagis yang hidup diperairan bersalinitas tinggi dan hidup secara bergerombol. Ikan kembung berpotensi di Indonesia dan hampir diseluruh perairan Indonesia, ikan ini tertangkap baik dalam jumlah banyak atau sedikit. Pertumbuhan ikan kembung

terdapat tiga macam yaitu pertama, pertumbuhan isometrik ( $b=3$ ) pertumbuhan berat dan panjang seimbang. Kedua, pertumbuhan allometric ( $b>3$  menunjukkan ikan itu gemuk, dimana penambahan panjang kalah dengan penambahan berat). Ketiga, ( $b<3$  menunjukkan ikan kurus/pipih) (Pratama dan Farhan, 2023).

Ikan kembung (*Rastrelliger* sp.) merupakan salah satu ikan pelagis kecil yang berada di perairan WPP RI 571 yang sangat potensial serta memiliki nilai ekonomis. Hal ini disebabkan ikan tersebut paling banyak ditangkap untuk dikonsumsi oleh sebagian besar masyarakat bila di bandingkan dengan ikan pelagis lainnya. Nilai ekonomi yang tinggi pada ikan kembung mengakibatkan nelayan cenderung melakukan penangkapan secara berlebih tanpa memperhatikan aspek biologi ikan tersebut (Pasaribu *et al.*, 2024).

### 2.1.3 Ikan Selar (*Selaroides* sp)



Gambar 3. Ikan Selar (*Selaroides* sp)

Menurut Saanin (1984) dalam Prabowo (2010) klasifikasi ikan selar adalah sebagai berikut:

Filum : Chordata  
Sub Filum : Vertebrata  
Kelas : Pisces  
Sub Kelas : Teleostei  
Ordo : Percomorphi  
Sub Ordo : Perciformes  
Famili : Carangidae  
Genus : *Selaroides*  
Spesies : *Selaroides* sp

Ikan selar adalah salah satu ikan yang banyak dimanfaatkan masyarakat baik dalam bentuk segar maupun olahan, sehingga banyak nelayan yang menjadikan ikan selar sebagai target tangkapan utama (Nabiu *et al.*, 2018). Beberapa jenis ikan selar diantaranya ikan selar kuning (*selaroides leptolepis*), selar bentong (*Selar crumenophthalmus*), ikan selar jantan (*selar boops*).

Ikan selar atau dalam bahasa lokal disebut ikan kawali adalah sumberdaya perikanan pelagis kecil yang potensial di perairan teritorial Indonesia. (Dimara *et al.*, 2015) menyatakan bahwa ikan selar/ikan malalugis putih adalah komoditi ekspor yang penting sejak tahun 1993, sehingga menjadikannya sebagai salah satu target tangkapan utama nelayan. Di PPS Belawan, hasil tangkapan ikan yang menjadi komoditas utama ialah Ikan Selar Kuning (*Selaroides leptolepis*) (Fadhilah *et al.*, 2024).

#### 2.1.4 Ikan Tongkol (*Euthynnus* sp)



Gambar 4. Ikan Tongkol (*Euthynnus* sp)

Menurut FAO (2017), klasifikasi ilmiah ikan tongkol adalah sebagai berikut.

Kingdom	: Animalia
Filum	: Chordata
Kelas	: Actinopterygii
Ordo	: Perciformes
Famili	: Scombridae
Genus	: Euthynnus
Spesies	: E. Affinis

Ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) adalah ikan yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Ikan tongkol merupakan ikan tangkap yang selalu ada di setiap musim dan melimpah. Ikan tongkol merupakan komoditas yang memberikan kontribusi

terbesar terhadap nilai ekspor perikanan Indonesia setelah udang (Melantina *et al.*, 2022).

Sugara *et al.*, (2022) menyatakan bahwa Ikan Tongkol merupakan ikan pelagis yang menjadi ikan komoditas ekspor di Indonesia dan memiliki nilai ekonomis tinggi di pasar perdagangan internasional. Selain merupakan komoditas ekspor, Ikan Tongkol juga menjadi komoditas strategis bagi para nelayan untuk meningkatkan pendapatan setiap nelayan. Negara yang menjadi tujuan untuk melakukan ekspor adalah Negara Jepang hingga saat ini dengan jumlah ekspor yang cukup besar.

Ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) adalah ikan yang berpotensi cukup tinggi dengan kandungan gizi yang lengkap yang mana nilai proteinnya mencapai 26%, kadar lemak rendah yaitu 2%, mengandung asam lemak omega-3, dan kandungan garam-garam mineral penting yang tinggi (Sitompul *et al.*, 2020). Ikan tongkol banyak disukai masyarakat dan memiliki nilai yang ekonomis. Karena ikan memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi, tetapi ikan merupakan sumber pangan yang mudah rusak karena sangat cocok untuk pertumbuhan mikroba baik patogen maupun non-patogen.

## **2.2 Daerah Penangkapan Ikan**

Daerah penangkapan ikan merupakan suatu daerah perairan dimana ikan yang menjadi sasaran penangkapan tertangkap dalam jumlah yang maksimal dan alat tangkap dapat dioperasikan serta ekonomis. Dugaan adanya daerah penangkapan ikan di suatu dapat dilihat dari indikator hasil tangkapan dan parameter oseonografi (Nusantara *et al.*, 2014).

Purnama *et al.*, (2022) menyatakan bahwa penentuan *fishing ground* yang dilakukan bergantung pada keputusan kapten (Nakhoda). Keputusan yang diambil berdasarkan pengalaman melaut pada trip-trip sebelumnya atau informasi dari kapal lain yang mendapat banyak tangkapan pada suatu perairan. Penentuan daerah penangkapan ikan juga menjadi suatu kunci yang menjadi penunjang usaha penangkapan dikatakan mendapatkan hasil yang dinilai maksimal.

Penentuan daerah penangkapan Ikan (DPI) secara geografis dapat diketahui berdasarkan parameter oseanografi fisika dan kimia perairan. DPI dapat

ditentukan melalui penginderaan jauh dengan menggunakan citra satelit. Salah satu citra satelit yang dapat mendeteksi distribusi klorofil-a dan SPL di perairan adalah citra satelit Aqua dengan sensor MODIS. Untuk menentukan daerah penangkapan ikan dapat ditentukan berdasarkan parameter oseanografi (Bukhari *et al.*, 2017).

Upaya penentuan daerah penangkapan ikan yang dilakukan oleh nelayan pada umumnya masih bersifat tradisional, sehingga kurang efektif. Penentuan daerah penangkapan ikan hanya berdasarkan pengalaman turun-temurun dari zaman dahulu hingga sekarang dengan melihat tanda-tanda alam, seperti ada tidaknya kawanan burung di permukaan laut, buih-buih di permukaan laut dan lain-lain. Ketidakpastian hasil tangkapan disebabkan karena nelayan belum mengetahui lokasi yang potensial untuk menangkap ikan, sehingga harus menjelajah mencari tanda-tanda alam tersebut menyebabkan biaya operasional penangkapan menjadi tinggi akibat dari tingginya biaya BBM kapal (Elisabeth *et al.*, 2017).

## **2.3 Parameter Oseanografi**

### **2.3.1 Klorofil-a**

Klorofil-a sebagai salah satu indikator kesuburan perairan terkandung dalam organisme fitoplankton. Klorofil-a dari fitoplankton merupakan pigmen aktif yang berperan penting dalam proses fotosintesis di lingkungan perairan (Anugrah *et al.*, 2023). Semedi and Safitri (2015) juga menyatakan bahwa bahwa Klorofil-a merupakan pigmen dari fitoplankton yang dapat digunakan sebagai parameter produktivitas perairan. Konsentrasi klorofil-a diatas 0.2 mg/L menunjukkan kehadiran kehidupan fitoplankton yang menandakan kemampuan mempertahankan kelangsungan perkembangan perikanan komersial.

Klorofil-a banyak ditemukan pada fitoplankton dan menjadi indikator kesuburan perairan. Keberadaan fitoplankton ditandai dengan kandungan klorofil-a yang tinggi dan diikuti oleh keberadaan zooplankton yang akhirnya mempengaruhi keberadaan organisme perairan lainnya seperti ikan pelagis kecil maupun ikan pelagis besar sebagai suatu rantai makanan (Kasim *et al.*, 2014).

Tingginya konsentrasi klorofil-a menunjukkan tingginya kelimpahan fitoplankton yang juga menunjukkan tingginya populasi zooplankton sehingga

menarik sekumpulan ikan untuk datang. Sedangkan kuatnya korelasi negatif antara SPL dan klorofil-a dapat dijelaskan mekanismenya melalui parameter angin (Agung. A *et al.*, 2018).

### **2.3.2 Suhu Permukaan Laut**

Suhu merupakan salah satu indikasi keberadaan kelompok ikan di satu wilayah, namun suhu permukaan laut sangat dipengaruhi oleh perubahan kondisi perairan lingkungan lainnya yang diantaranya: arus, angin, maupun paparan sinar matahari langsung. ikan pelagis kecil seperti ikan kembung, dan selar, hidup di lapisan atas laut (zona pelagik) dan sangat responsif terhadap perubahan suhu air (Rahadia *et al.*, 2019).

Suhu permukaan laut yang optimal untuk menopang kehidupan organisme perairan adalah 18 – 30 °C. Suhu laut yang terlalu tinggi dapat mengganggu keseimbangan ekosistem, gangguan ini dapat disebabkan oleh daur hidrologi yang terganggu (Fahrezi *et al.*, 2022). Suhu permukaan laut telah mengalami variasi perubahan dari waktu ke waktu, perubahan tersebut dapat terjadi secara harian, musiman ataupun tahunan sesuai dengan kondisi alam yang mempengaruhinya.

Suhu permukaan laut (SPL) merupakan salah satu faktor yang penting bagi kehidupan organisme di lautan, karena suhu mempengaruhi baik aktivitas metabolisme maupun perkembangbiakan dari organisme – organisme tersebut. SPL juga digunakan sebagai indikasi penentuan kualitas suatu perairan. Pemetaan suhu permukaan laut dilakukan dengan bantuan satelit (Ayu *et al.*, 2011).

Perubahan suhu memainkan peran penting dalam mempengaruhi konsentrasi dan penempatan ikan. Tingkat suhu yang berbeda juga mempengaruhi produktivitas hasil tangkapan ikan, karena setiap jenis ikan memiliki suhu yang ideal untuk bertahan hidup. suhu permukaan laut juga mempengaruhi distribusi ikan pelagis kecil (Daeng dan Umar, 2023).

### **2.3.3 Salinitas**

Salinitas merupakan faktor penting bagi penyebaran organisme perairan laut dan kekeruhan merupakan sifat fisik air yang tidak hanya membahayakan ikan tetapi juga menyebabkan air tidak produktif karena menghalangi masuknya sinar matahari untuk fotosintesis (Patty *et al.*, 2020).

Salinitas merupakan faktor penting bagi penyebaran organisme perairan laut dan oksigen dapat merupakan faktor pembatas dalam penentuan kehadiran makhluk hidup di dalam air. Salinitas berperan penting untuk mendukung kehidupan biota laut termasuk ikan pelagis kecil (Patty, 2013).

Tinggi rendahnya nilai salinitas di laut dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai. Perbedaan nilai salinitas air laut dapat disebabkan oleh terjadinya pengacauan (mixing) akibat gelombang laut ataupun gerakan massa air yang ditimbulkan oleh tiupan angin (Patty dan Akbar, 2018).

#### **2.4 Model Maximum Entropy**

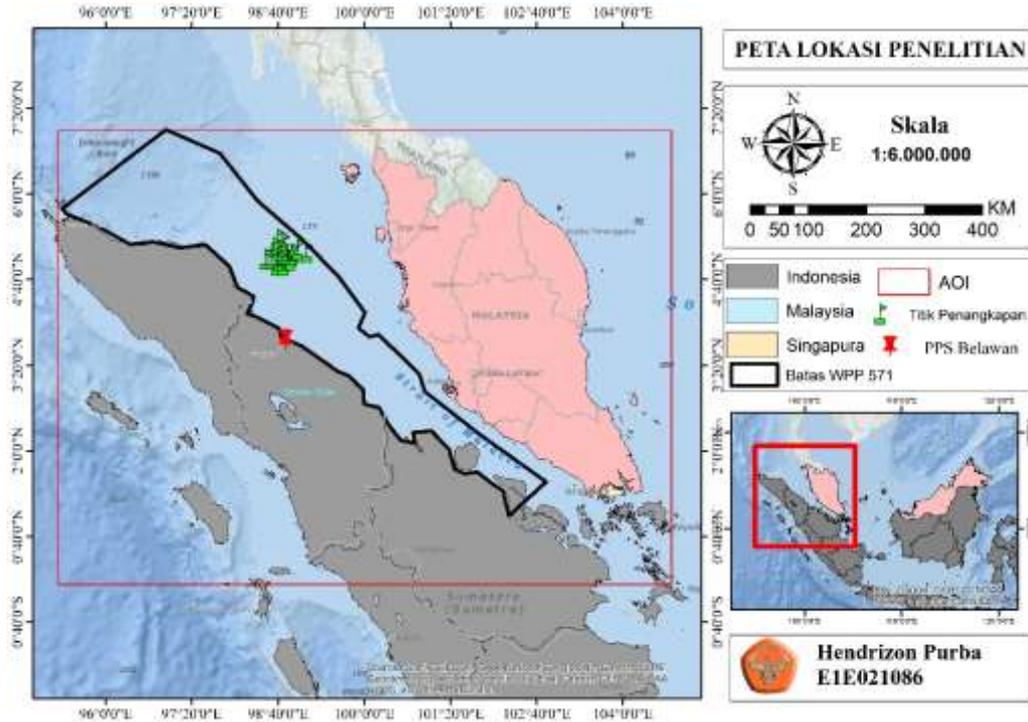
Pemodelan Maxent dihasilkan dari pengolahan data parameter oseanografi yang meliputi nilai klorofil-a, SPL, salinitas, arus, dan batimetri. Selanjutnya, model dipetakan secara spasial sehingga nilai sebaran Habitat Suitability Index (HSI) dapat ditampilkan sebagai informasi peluang kemunculan ikan pelagis di suatu perairan. (Pratama *et al.*, 2023).

Maximum entropy model adalah alat atau aplikasi pemodelan habitat yang menggunakan algoritma biasanya digunakan untuk memahami keterkaitan distribusi spesies dengan variabel yang diamati. Model Maxent dapat mengeliminasi adanya jeda atau timelag yang muncul pada pendugaan daerah penangkapan ikan menggunakan metode yang biasa digunakan yaitu berdasarkan kelimpahan klorofil-a maupun nutrisi. Timelag terjadi karena ikan pelagis tidak langsung berinteraksi dengan kelimpahan fitoplankton maupun nutrisi sebagai sumber makanan (Young and Subbarayan, 2019).

Akita *et al.*, (2023) melakukan penelitian tentang model Maximum Entropy untuk memprediksi daerah penangkapan ikan di laut Jawa dan mengatakan bahwa peta prediksi daerah penangkapan ikan dengan model MaxEnt menunjukkan performa yang baik berdasarkan nilai AUC mencapai 0.849. Kurva respons menunjukkan kapal ikan terdistribusi pada kisaran SPL 27,6 – 31,0 °C, dan salinitas 32 – 34 PSU. Parameter salinitas lebih berpengaruh terhadap distribusi kapal ikan dibandingkan dengan SPL.

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu



Gambar 5. Lokasi Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Belawan

Penelitian ini dilaksanakan di Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Belawan, yang terletak di Medan Kota Belawan, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara. Pemilihan lokasi penelitian ini didasarkan pada peran penting Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Belawan sebagai salah satu pusat aktivitas di wilayah Sumatera Utara. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 02 Mei 2024 hingga 15 Mei 2024.

### 3.2 Materi dan Peralatan

Adapun materi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi parameter *oseanografi* seperti SPL, Klorofil-a dan Salinitas dengan rentang waktu tahun 2019 sampai 2023 dengan resolusi  $0,25^{\circ}$  C yang bersumber dari CMES (*Copernicus Marine Environment Service*) dengan sumber alamatnya <http://marinecopernicus.eu/>. Data dari logbook tahun 2019 sampai 2023 yang dituliskan oleh para nelayan di Pelabuhan perikanan Samudera (PPS) Belawan berupa posisi daerah penangkapan ikan pelagis kecil.

Tabel 1. Informasi dan sumber perolehan data

Kategori	Data	Sumber
Data parameter	• Suhu Permukaan Laut (SPL)	<a href="http://marinecopernicus.eu/">http://marinecopernicus.eu/</a> .
Oceanografi	• Klorofil-a	<a href="http://marinecopernicus.eu/">http://marinecopernicus.eu/</a> .
	• salinitas	<a href="http://marinecopernicus.eu/">http://marinecopernicus.eu/</a> .
Logbook hasil tangkapan	• Lokasi daerah penangkapan	Pelabuhan Perikanan
	• Hasil tangkapan	Samudera (PPS) Belawan

Tabel 2. Perangkat yang digunakan

Alat	Fungsi
1. Microsoft Word	Penyusunan dan penulisan hasil
2. Microsoft Excel	Untuk menyortir data SPL, Salinitas, Klorofil-a dan titik daerah penangkapan
3. MaxEnt 3.4.1	Untuk memprediksi suatu spesies atau kehadiran ikan pelagis kecil
4. Arc Gis 10.8	Untuk membuat peta sebaran SPL, klorofil-a dan Salinitas

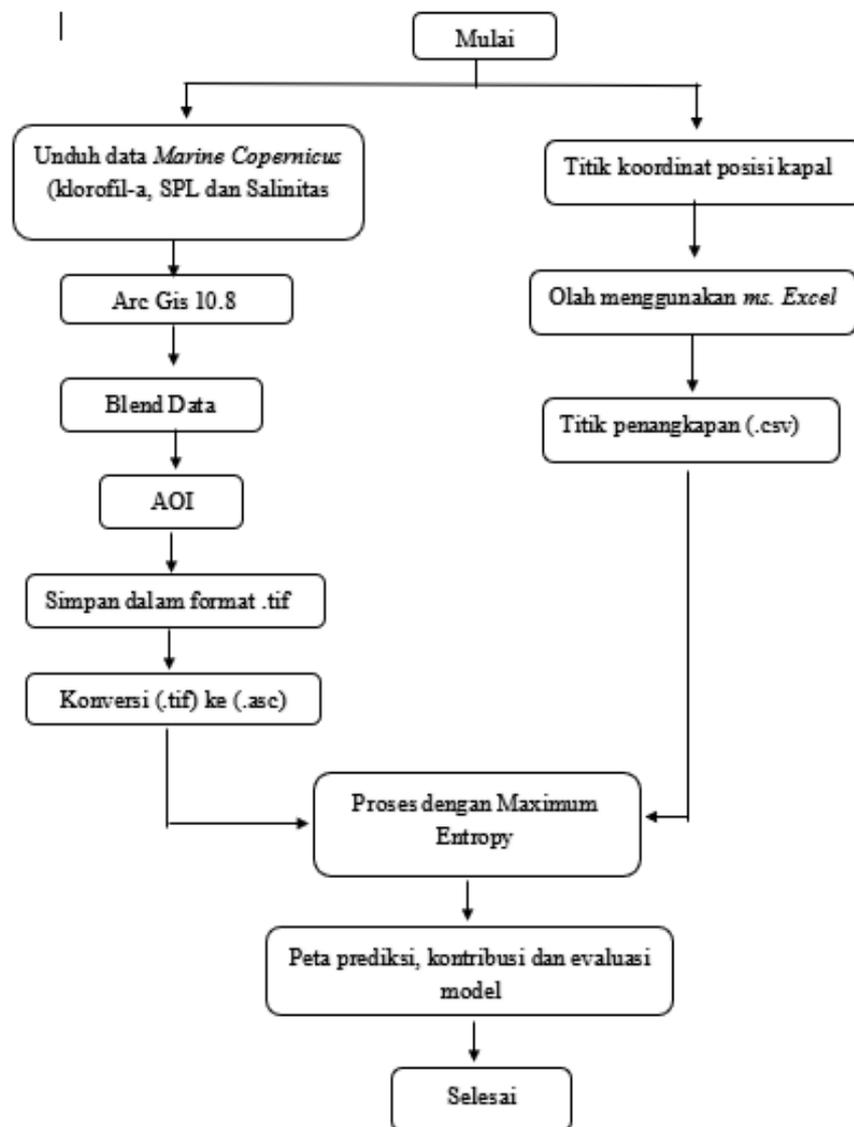
### 3.3 Prosedur kerja

#### 3.3.1 Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap meliputi pengumpulan data posisi kapal waktu melakukan penangkapan, kemudian pengolahan data parameter oseanografi seperti SPL, Klorofil-a dan Salinitas, dilanjutkan dengan pengolahan data titik koordinat daerah penangkapan ikan dan dianalisis menggunakan model MaxEnt. Data dari Marine Copernicus diproses untuk melihat variasi baik secara spasial maupun secara temporal dari nilai SPL, Klorofil-a dan Salinitas.

### 3.3.2 Pengolahan Data

Pengolahan data diawali dengan menginput data suhu permukaan laut, klorofil-a dan salinitas terlebih dahulu. Kemudian data disortir menggunakan *Ms.Excel* dan disimpan dengan ekstensi (.txt). Selanjutnya adalah konversi data dari (.tif) menjadi (.asc) untuk dijadikan sebagai variabel lingkungan dan proses pengolahan menggunakan software Maxent 3.4.1. Sketsa pengolahan data dapat di lihat pada gambar



Gambar 6. Prosedur Pengolahan Data

Data penangkapan ikan (titik daerah penangkapan) diolah menggunakan Ms. Excel dan disimpan dengan ekstensi (.csv). Data ini yang akan dijadikan sebagai variabel *presence* pada pengolahan data menggunakan maxEnt 3.4.1.

Pengolahan berlanjut menggunakan software Maxent 3.4.1 dilakukan dengan memasukan data titik koordinat (.csv) pada kolom *samples* dan masukan data parameter lingkungan (.asc) pada kolom *Environmental layers*. Sebagai parameter dalam membaca analisis *ceklis create response curva, make pictures of prediction, dan do jackknife to measure variable importance*. Setelah itu ditentukan *output directory* pada folder yang sama dan diklik Run. Apabila muncul *dialog box error* hal itu dikarenakan oleh titik koordinat yang berada diluar layer dan selanjutnya klik OK untuk mengabaikan. Luaran utama yang dihasilkan dari operasi program MaxEnt terdiri dari nilai persentase kontribusi masing-masing variabel lingkungan, nilai uji *jackknife*, kurva respon kehadiran ikan pelagis kecil terhadap setiap variabel lingkungan dan peta gradien kesesuaian habitat ikan pelagis kecil.

### **3.4 Analisis Data**

#### **3.4.1 Sebaran Suhu Permukaan Laut, Klorofil-a dan Salinitas**

Suhu permukaan laut telah mengalami variasi perubahan dari waktu ke waktu, perubahan tersebut dapat terjadi secara harian, musiman ataupun tahunan sesuai dengan kondisi alam yang mempengaruhinya (Fahrezi *et al.*, 2022). Sebaran suhu permukaan laut dapat dipengaruhi oleh curah hujan, kelembaban, penguapan, kecepatan angin dan intensitas cahaya matahari.

Klorofil-a merupakan salah satu parameter yang sangat menentukan produktivitas primer di laut. Sebaran dan tinggi rendahnya konsentrasi klorofil-a sangat terkait dengan kondisi oseanografis suatu perairan. Kandungan klorofil-a dapat digunakan sebagai ukuran banyaknya fitoplaknton pada suatu perairan tertentu dan dapat digunakan sebagai petunjuk produktivitas perairan (Syetiawan, 2015).

Keberadaan nilai salinitas dalam distribusinya di perairan laut sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain adanya interaksi masuknya air tawar ke dalam perairan laut melalui sungai, juga dipengaruhi penguapan dan curah hujan (Patty *et al.*, 2020).

#### **3.4.2 Daerah Penangkapan Ikan Pelagis Kecil dengan Maximum Entropy**

##### **1. Kontribusi Parameter**

Parameter SPL, Klorofil-a dan salinitas mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap tingkah laku ikan pelagis kecil. Pengaruh setiap parameternya dapat

diketahui dengan melakukan uji *jackknife*. Hal ini dijelaskan oleh Frisdlaender 2011 bahwa uji *jackknife* digunakan untuk melihat sejauh mana kemampuan dari masing-masing variable lingkungan berkontribusi oleh model itu sendiri dan mengetahui seberapa baik model bekerja ketika variable lingkungan telah dihilangkan dalam analisis tersebut. Uji *jackknife* berbentuk diagram batang dengan tiga perbedaan.

## 2. Evaluasi Model

Evaluasi model dibutuhkan untuk menguji akurasi dari kinerja model (Franklin 2009). Model *MaxEnt* menggunakan metode evaluasi model berupa *Receiver Operating Characteristic* (ROC). Metode evaluasi model ROC adalah metode yang berdasarkan spesifitas (seberapa baik model memprediksi kehadiran) dan sensitivitas (seberapa baik model memprediksi kehadiran) yang akan ditampilkan dalam grafik *Area Under the Curve* (AUC). Grafik AUC adalah pendekatan peringkat untuk menilai kinerja model dengan menentukan peluang lokasi keberadaan (presence) memiliki peringkat yang tinggi dibandingkan dengan lokasi latar belakang secara acak (Baldwin 2009). Performa model dikategorikan baik ketika nilai AUC mendekati nilai 1, apabila nilai AUC mendekati nilai 0 model dinyatakan kurang baik (Engler 2004).

## 3. Peta Prediksi

Peta prediksi menunjukkan peluang kehadiran ikan pelagis kecil di perairan WPPNRI 571 Belawan. Peluang kehadiran ikan pelagis kecil dilihat dari nilai indeks yang mendekati nilai 1. Syah (2016) menyatakan bahwa peta prediksi dari hasil *MaxEnt* menunjukkan kecerahan tinggi apabila warna peta yang tersebar mendekati nilai indeks 1.

### 3.4.3 Pemodelan dengan MaxEnt (Maximum Entropy)

Model MaxEnt menjelaskan tentang estimasi kepekatannya diwakili oleh sebaran probability of presence di atas variabel data lingkungan.  $P(x | y = 1)$  memberikan nilai non-negatif untuk setiap nilai parameter lingkungan ( $x$ ) dan jumlah nilai  $P(x|y = 1)$  adalah 1. Jika diasumsikan target kelas sebagai  $y$ , maka  $P(y=1 | x)$  adalah probability of presence dengan rumus sebagai berikut (Phillips dan Dudík, 2008):

$$P(y = 1 | x) = \frac{p(x|y=1)p(y=1)}{p(x)} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

$P(x | y=1)$  = Peluang munculnya suatu kejadian

$P(y=1 | x)$  = *Probability of presence* (peluang estimasi)

$P(x)$  = Peluang pembanding

$P(y=1)$  = Peluang kejadian sebelumnya.

Kuantitas  $P(y=1 | x)$  merupakan probabilitas spesies hadir di titik  $x$  dengan kemungkinan 0 sampai 1 untuk organisme yang tersebar. Selanjutnya menggunakan teorema Gibbs Distribution yang ditentukan oleh vektor bobot fitur (Phillips dan Dudík, 2008):

$$q(x) = \frac{\exp \sum_{j=1}^n \lambda_j f_j(x)}{z_\lambda} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

$\lambda_j$  = bobot  $x$  pada variable ke- $j$

$f_j$  = nilai  $x$  pada variable ke- $j$

$z_\lambda$  = jumlah eksponensial vector bobot fitur himpunan  $x$

$q(x)$  = estimasi  $P(x | y=1)$ .

Setelah didapatkan estimasi dari  $P(x|y=1)$ , selanjutnya menghitung entropi dari  $q(x)$ , rumus sebagai berikut (Phillips dan Dudík, 2008).

$$H(x) = -\sum_x q(x) \ln q(x) \dots\dots\dots(3)$$

Cara memperoleh distribusi *probability of presence* (peluang estimasi), sebagai berikut (Phillips dan Dudík, 2008):

$$P(y=1 | x) = \frac{e^{H q(x)}}{1 + e^{H q(x)}} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana,  $q(x)$  adalah estimasi  $P(x | y=1)$  dan  $H$  adalah entropi dari  $q(x)$ .

Hasil pembangunan model MaxEnt berupa pendugaan kontribusi parameter, evaluasi model, dan peta habitat yang sesuai untuk ikan pelagis kecil dinyatakan dengan nilai *Habitat Suitability Index* (HSI). Nilai HSI mendekati 1, menunjukkan kesesuaian yang tinggi dan mendekati nilai 0 tidak sesuai (Syah *et al.*, 2016).

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian**

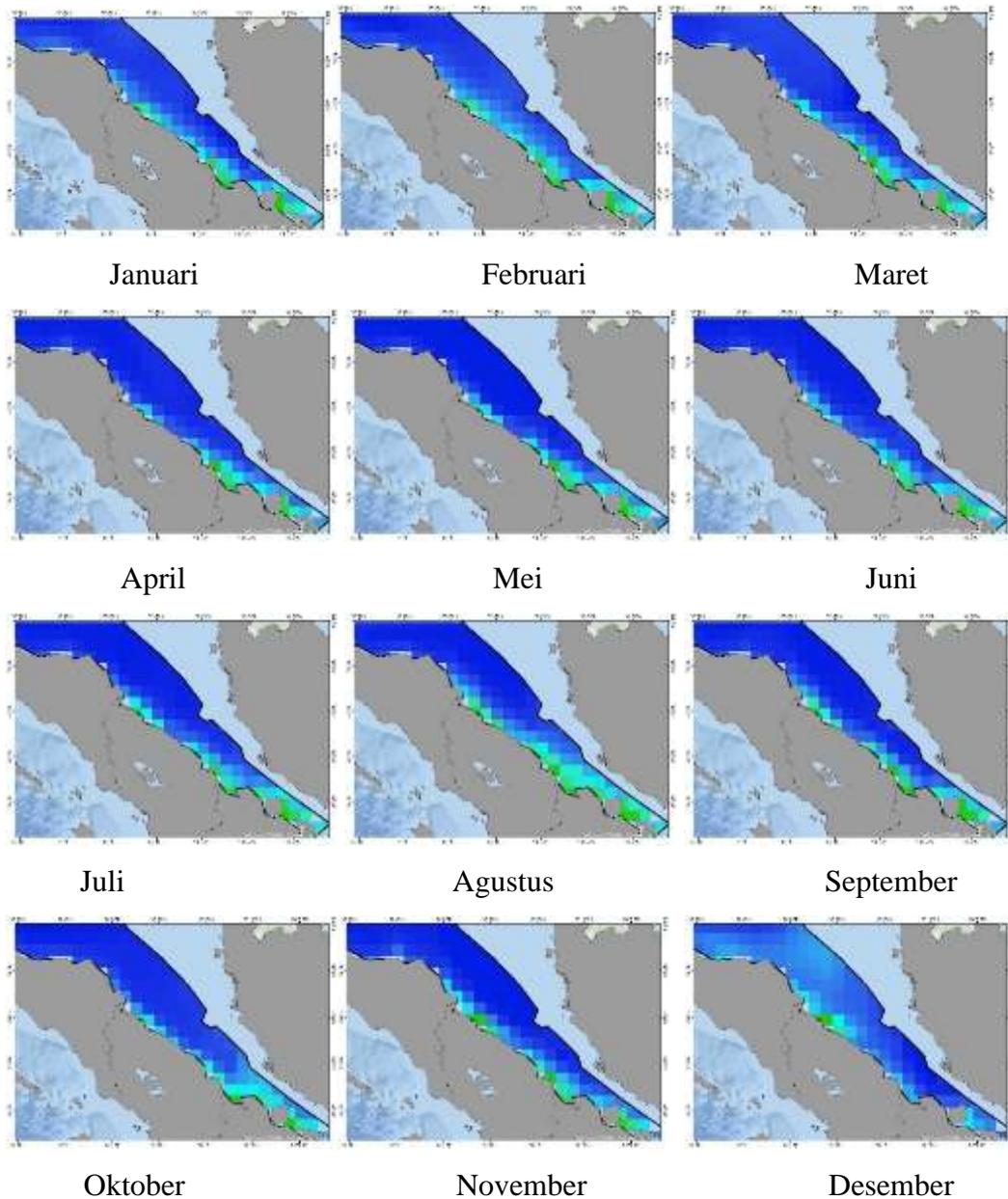
Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Belawan terletak pada posisi yang cukup strategis, yakni terletak diantara Perairan Pantai Timur Sumatera (Selat Malaka), Perairan Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia (ZEEI) dan Laut Cina Selatan, serta merupakan pintu masuk bagi kegiatan ekonomi beberapa negara di Asia. Selanjutnya PPS Belawan berada di Perairan Selat Malaka merupakan bagian dari Paparan Sunda yang relatif dangkal dan merupakan satu bagian dengan dataran utama Asia serta beberapa laut dan teluk seperti Laut Cina Selatan, Teluk Thailand, dan Laut Jawa.

Selat Malaka terletak di Indonesia bagian barat dan secara yuridiksi politik selat ini berbatasan dengan dua perairan negara lain, yaitu perairan Malaysia dan Singapura. Perairan Selat Malaka memisahkan Pulau Sumatera di barat daya dan Semenanjung Malaysia di bagian timur, menghubungkan Laut Andaman yang satu perairan dengan Samudera Hindia dan di utara berhubungan dengan Laut Cina Selatan. Selat ini memiliki panjang sekitar 800 km, membujur ke arah tenggara barat laut membentuk corong terbuka dengan lebar bervariasi dari 60 km sampai 480 km (Yuspardianto, 2015).

#### **4.2 Sebaran Klorofil, Suhu Permukaan Laut (SPL) dan Salinitas**

##### **4.2.1 Sebaran Klorofil**

Sebaran konsentrasi klorofil-a di WPPNRI 571 menunjukkan variasi musiman yang cukup signifikan sepanjang tahun. Pada bulan Januari hingga Maret, konsentrasi klorofil-a cenderung tinggi terutama di perairan pesisir dan bagian utara wilayah. Zulhaniarta *et al.*, (2015) mengemukakan umumnya sebaran konsentrasi klorofil-a tinggi di perairan pantai sebagai akibat tingginya nutrisi yang berasal dari daratan melalui limpasan air Sungai dan sebaliknya cenderung lebih rendah di perairan lepas pantai, meskipun pada beberapa tempat di laut masih ditemukan konsentrasi klorofil-a yang cukup tinggi. Keadaan tersebut disebabkan oleh adanya proses pengaruh keluaran dan pemasukan massa air dari aliran air tawar dan laut (pasang surut).



Gambar 7. Sebaran klorofil (2019-2023)

Memasuki bulan April hingga Juni, terjadi penurunan konsentrasi klorofil-a di sebagian besar wilayah, terutama di perairan terbuka. Penurunan ini dapat dikaitkan dengan melemahnya proses fisik laut seperti upwelling dan berkurangnya suplai nutrisi dari daratan, yang menyebabkan produktivitas primer menurun. Rosalina *et al.*, (2011) Konsentrasi klorofil-a di perairan mengalami

penurunan dan fluktuasi bulanan akibat interaksi kompleks antara faktor fisik, kimia, dan biologis di lingkungan laut. Salah satu faktor utama yang menyebabkan penurunan adalah berkurangnya suplai nutrisi, baik dari daratan melalui limpasan (run off) maupun dari proses upwelling yang membawa nutrisi dari lapisan dalam ke permukaan laut.

Pada periode Juli hingga September konsentrasi klorofil-a kembali menunjukkan peningkatan, khususnya di bagian barat dan utara WPPNRI 571. Fenomena ini kemungkinan berkaitan dengan aktivitas angin muson tenggara yang meningkatkan dinamika perairan serta membawa nutrisi dari lapisan bawah ke permukaan. Subono *et al.*, (2017) peningkatan klorofil-a juga dapat disebabkan oleh eutrofikasi akibat aktivitas antropogenik seperti pembuangan limbah domestik atau industri ke perairan. Secara keseluruhan, peningkatan klorofil-a merupakan indikator adanya peningkatan produktivitas primer di laut, namun apabila berlangsung berlebihan, dapat berpotensi menimbulkan ledakan populasi fitoplankton atau *alga bloom* yang berdampak negatif terhadap kualitas air dan kehidupan biota lainnya.. Selanjutnya, pada bulan Oktober hingga Desember, konsentrasi klorofil-a menunjukkan distribusi yang relatif merata, meskipun terdapat kecenderungan penurunan di beberapa area perairan lepas. Hal ini dapat mencerminkan masa transisi musiman menuju muson barat, yang biasanya ditandai oleh kondisi laut yang relatif lebih tenang dan penurunan suplai nutrisi.

Klorofil-a dan suhu permukaan laut (SPL) memiliki hubungan yang erat dalam menentukan kesuburan dan potensi daerah penangkapan ikan pelagis kecil. Klorofil-a merupakan indikator utama produktivitas primer di laut karena menunjukkan keberadaan fitoplankton, yang merupakan makanan dasar dalam rantai makanan laut. Di sisi lain, suhu permukaan laut mempengaruhi distribusi dan aktivitas fitoplankton serta ikan pelagis kecil.

Perairan WPPNRI 571 menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi klorofil-a seringkali terjadi pada saat SPL menurun secara musiman, khususnya pada periode peralihan musim atau saat angin muson timur mendominasi. Proses ini biasanya diiringi oleh fenomena *upwelling*, yaitu naiknya massa air laut dari lapisan bawah yang lebih dingin dan kaya nutrisi ke permukaan. Nutrien ini

memicu pertumbuhan fitoplankton, yang tercermin dari meningkatnya konsentrasi klorofil-a.

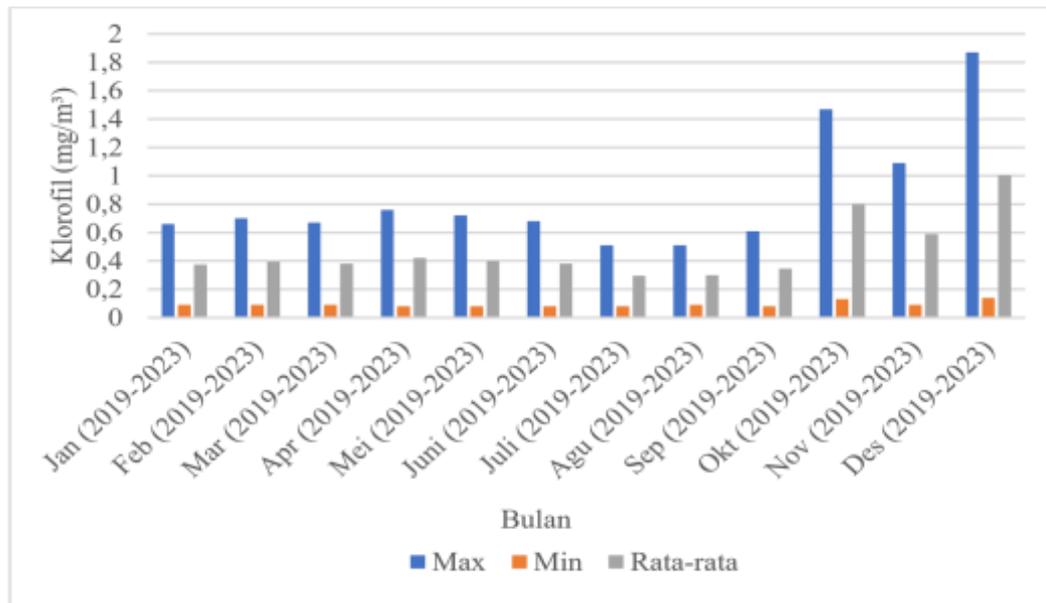
Sebaliknya, ketika suhu permukaan laut meningkat terlalu tinggi, misalnya saat musim barat, konsentrasi klorofil-a cenderung menurun. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya suplai nutrisi akibat lemahnya proses vertikal seperti upwelling serta meningkatnya stratifikasi lapisan air yang menghambat pencampuran. Kondisi ini tidak menguntungkan bagi pertumbuhan fitoplankton, sehingga berdampak pada penurunan produktivitas perairan dan berkurangnya kelimpahan ikan pelagis kecil (Rosalina *et al.*, 2011).

Suhu optimum untuk pertumbuhan klorofil-a, yang merupakan indikator utama kelimpahan fitoplankton di perairan, sangat dipengaruhi oleh kondisi oseanografi setempat. Secara umum, klorofil-a berkembang optimal pada rentang suhu antara 25°C hingga 30°C, tergantung pada jenis fitoplankton dan karakteristik perairan. Pada suhu ini, aktivitas fotosintesis fitoplankton meningkat karena enzim-enzim yang terlibat dalam proses fotosintesis bekerja lebih efisien. Namun, bila suhu melebihi 30°C, konsentrasi klorofil-a cenderung menurun karena stres termal yang menghambat metabolisme fitoplankton atau bahkan menyebabkan kematian sel. Sebaliknya, suhu yang terlalu rendah juga dapat menekan pertumbuhan fitoplankton karena lambatnya proses metabolisme dan kurangnya stratifikasi air yang mendukung pencampuran nutrisi dari lapisan bawah.

Dengan demikian, hubungan antara klorofil-a dan suhu permukaan laut bersifat negatif secara musiman, di mana suhu yang lebih rendah umumnya berkorelasi dengan tingginya konsentrasi klorofil-a. Pemahaman terhadap pola ini penting dalam menentukan daerah potensial penangkapan ikan, karena area dengan suhu optimal dan klorofil-a tinggi cenderung menjadi habitat yang sesuai bagi ikan pelagis kecil.

Nilai konsentrasi klorofil dapat kita lihat pada grafik di bawah yang disajikan selama periode 2019 – 2023 di Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) 571. Berdasarkan data tersebut, terlihat bahwa konsentrasi maksimum klorofil-a relatif stabil dari bulan Januari hingga Oktober, berkisar antara 0,6 hingga 0,8 mg/m<sup>3</sup>. Namun, terjadi peningkatan signifikan pada bulan November dan mencapai puncaknya pada bulan Desember, dengan nilai maksimum mendekati

2,0 mg/m<sup>3</sup>. Kenaikan ini menunjukkan peningkatan produktivitas primer di perairan, yang kemungkinan besar dipicu oleh dinamika musim, khususnya peralihan dari muson timur ke muson barat. Pada periode ini, terjadi peningkatan curah hujan yang menyebabkan limpasan (run off) dari daratan ke laut, membawa nutrisi seperti nitrat dan fosfat yang dibutuhkan oleh fitoplankton (Subono *et al.*, 2017).



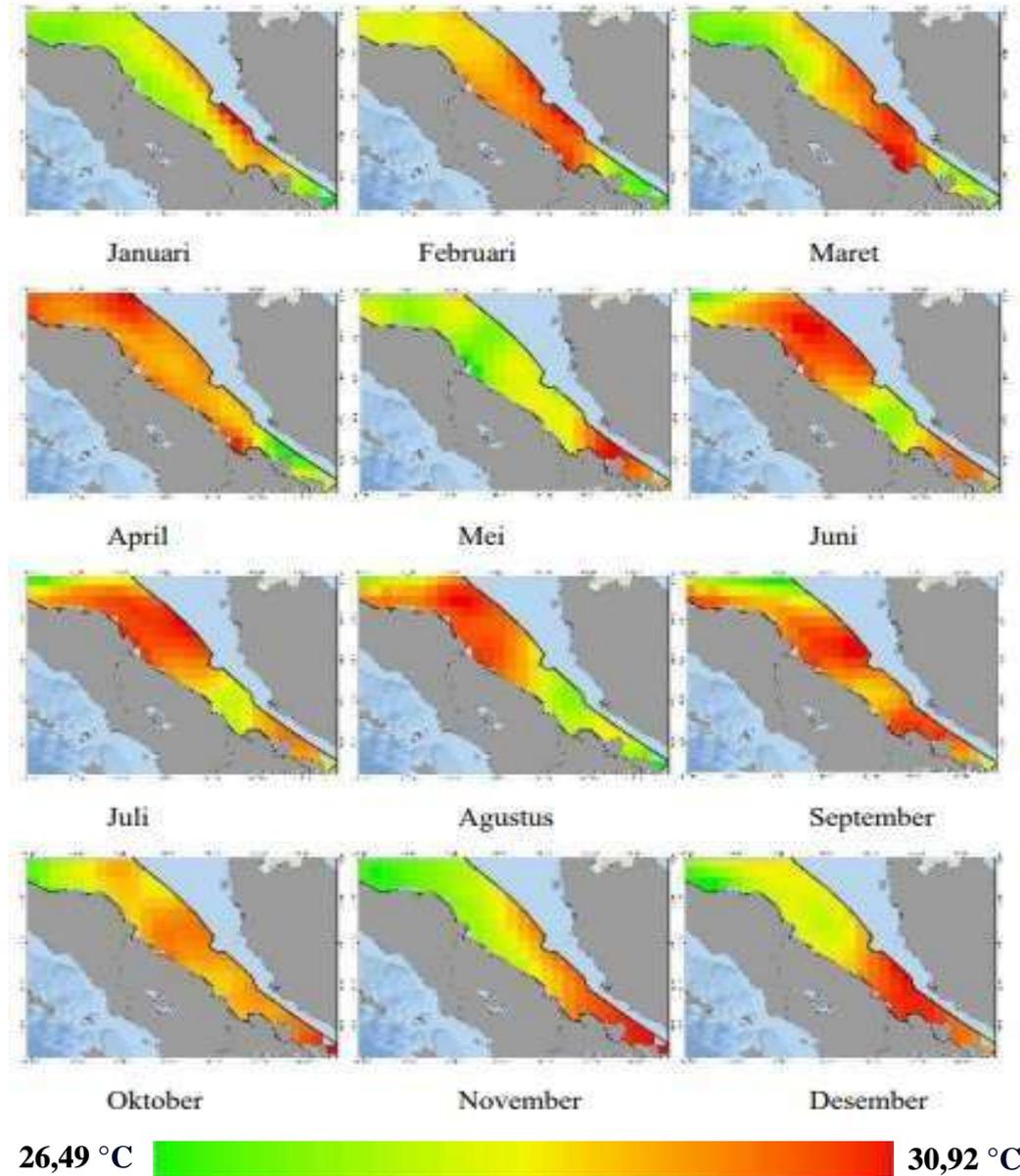
Gambar 8. Grafik sebaran klorofil (2019-2023)

Nilai minimum yang rendah dan stabil sepanjang tahun menunjukkan bahwa pada waktu atau wilayah tertentu, pertumbuhan fitoplankton sangat terbatas, kemungkinan disebabkan oleh kurangnya nutrisi, tingginya kekeruhan, atau suhu permukaan laut yang tidak mendukung aktivitas fotosintesis. Nilai rata-rata menunjukkan kecenderungan peningkatan bertahap dari Oktober hingga mencapai puncaknya pada Desember.

Peningkatan konsentrasi klorofil-a pada bulan Desember umumnya disebabkan oleh meningkatnya ketersediaan nutrisi di perairan yang berkaitan dengan dinamika oseanografi musiman, terutama akibat dari peningkatan aktivitas upwelling atau pencampuran vertikal air laut. Di wilayah Indonesia, khususnya di perairan barat seperti WPPNRI 571 (Samudera Hindia bagian timur), bulan Desember bertepatan dengan awal musim barat yang ditandai oleh angin barat daya dan curah hujan tinggi. Hujan lebat yang terjadi di wilayah pesisir membawa

limpasan dari daratan (runoff) yang mengandung nutrisi seperti nitrat dan fosfat, yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan fitoplankton. Selain itu, adanya pergerakan massa air akibat angin monsun dapat menyebabkan terjadinya pencampuran lapisan air laut, sehingga nutrisi dari lapisan bawah naik ke permukaan dan mendorong peningkatan produksi primer (Zhang *et al.*, 2023).

#### 4.2.2 Sebaran Suhu Permukaan Laut

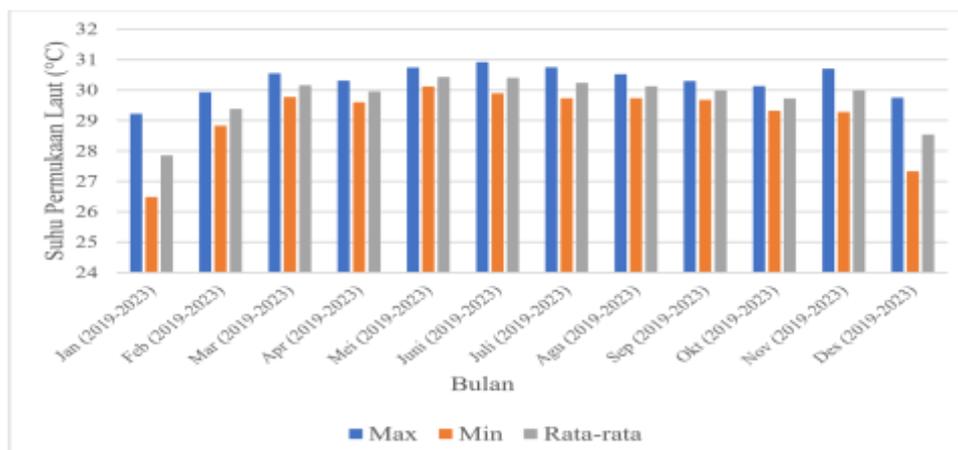


Gambar 9. Sebaran Suhu Permukaan Laut (2019-2023)

Berdasarkan peta sebaran suhu permukaan laut (SPL) di Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) 571, dapat diamati fluktuasi suhu sepanjang tahun

dari Januari hingga Desember, dengan rentang suhu antara 26,49 °C hingga 30,92°C. Dimana suhu permukaan laut pada bulan Januari hingga Maret relatif tinggi, dengan kisaran suhu antara 28°C hingga 30°C, menandakan adanya pemanasan permukaan laut yang intens akibat monsun barat laut. Tangke *et al.*, (2015) mengatakan bahwa Variasi SPL dapat dipengaruhi oleh faktor oseanografi yaitu arus, pasang surut, faktor meteorologi, dan faktor lokal seperti topografi dasar laut maupun faktor meteorologi seperti monsun dan suhu udara.

Sedangkan pada bulan April hingga Juni, terjadi sedikit penurunan suhu hingga mencapai sekitar 27°C di beberapa wilayah, yang kemungkinan besar disebabkan oleh perubahan angin musim yang mengarah ke fase peralihan menuju monsun timur. Pada periode April hingga Juni, suhu permukaan laut (SPL) di wilayah perairan Indonesia, termasuk WPPNRI 571, cenderung mengalami penurunan yang bersifat bertahap. Fenomena ini berkaitan erat dengan peralihan musim dari angin barat (musim hujan) menuju angin timur (musim kemarau), yang dikenal sebagai masa transisi kedua dalam sistem monsun Asia-Australia. Selama periode ini, intensitas radiasi matahari mulai menurun secara relatif di wilayah Indonesia bagian barat, sementara angin timuran mulai menguat, terutama di perairan selatan Sumatra dan Jawa. Penguatan angin timur tersebut memicu terjadinya *upwelling*, yaitu proses naiknya massa air laut dari lapisan dalam yang lebih dingin ke permukaan laut. Proses ini menyebabkan penurunan suhu permukaan laut secara bertahap, khususnya di daerah pesisir yang lebih terbuka terhadap pengaruh angin musim.



Gambar 10. Grafik Sebaran Suhu Permukaan Laut (2019-2023)

Pada gambar di atas dapat di lihat bahwa perubahan dan fluktuasi suhu permukaan laut (SPL) di Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) 571 dengan nilai Maximum SPL sebesar 30,92 °C yang terjadi pada bulan juni (2019-2023) hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor oseanografi dan meteorologi yang saling berinteraksi. Sedangkan nilai minimum SPL sebesar 26,49 °C yang terjadi pada bulan Januari (2019-2023). Penurunan SPL ini dapat dikaitkan dengan intensitas radiasi matahari yang lebih rendah dan peningkatan curah hujan yang membawa massa air tawar yang lebih dingin. Pada bulan-bulan ini, musim hujan seringkali mendominasi, yang dapat menyebabkan pendinginan permukaan laut. Ashari *et al.*, (2014) menyatakan bahwa ikan pelagis kecil berada pada kisaran suhu optimum 29-30 °C. Ketika suhu meningkat melebihi suhu optimum, maka jumlah tangkapan akan relatif menurun.

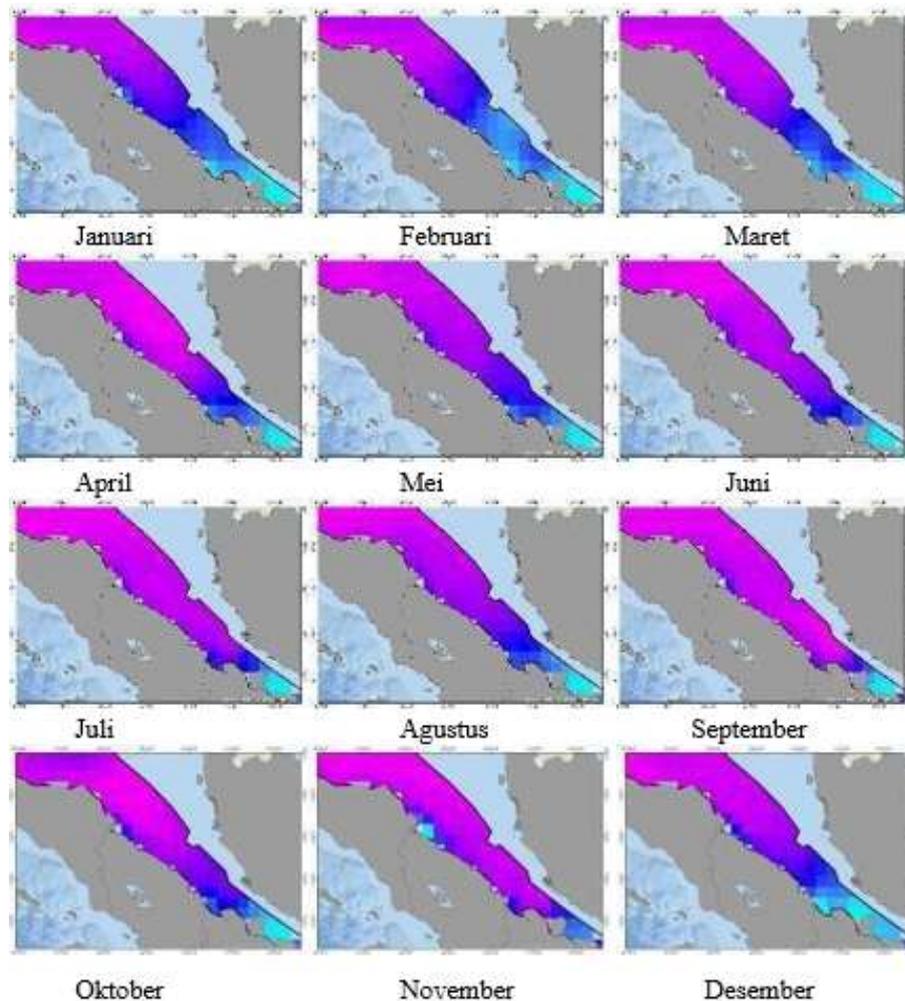
Selain itu, fluktuasi SPL juga sangat dipengaruhi oleh fenomena oseanografi seperti arus lintas indonesia (Arlindo) atau arus lokal lainnya, membawa massa air dengan karakteristik suhu yang berbeda ke wilayah WPPNRI 571, sehingga dapat mempengaruhi kenaikan atau penurunan SPL secara signifikan. Kontribusi Arlindo (Arus Lintas Indonesia) terhadap Suhu Permukaan Laut (SPL) sangat signifikan, terutama di wilayah perairan Indonesia bagian timur dan tengah. Arlindo merupakan arus laut yang mengalir dari Samudra Pasifik melalui laut-laut sempit di kepulauan Indonesia menuju Samudra Hindia. Arus ini membawa massa air yang relatif lebih hangat dari wilayah Pasifik barat ke bagian selatan Indonesia, dan memainkan peran penting dalam mendistribusikan panas di perairan tropis.

### **4.2.3 Sebaran Salinitas**

Berdasarkan peta sebaran suhu permukaan laut (SPL) yang ditampilkan dalam dokumen, dapat diidentifikasi adanya variasi suhu yang signifikan sepanjang tahun di Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) 571. Dimana rentang salinitas yang ditunjukkan pada peta adalah dari 27,40 PSU hingga 33,63 PSU, dengan warna biru muda menunjukkan salinitas rendah dan warna ungu menunjukkan salinitas tinggi.

Pada bulan Januari hingga Maret, suhu permukaan laut di WPPNRI 571 umumnya berada pada tingkat yang tinggi. Hal ini disebabkan oleh dominasi angin baratan yang membawa massa udara hangat serta tingginya intensitas penyinaran matahari di wilayah ekuator. Salinitas perairan tinggi merujuk pada konsentrasi

garam yang lebih besar dari rata-rata dalam suatu badan air. Kondisi ini biasanya terjadi di daerah-daerah tertentu seperti laut mati, teluk dengan penguapan tinggi, atau danau air asin yang terbatas aliran masuk dan keluarnya air tawar. Salinitas yang tinggi dapat mempengaruhi karakteristik fisik dan kimia perairan, termasuk kepadatan, konduktivitas listrik, serta kemampuan air untuk mendukung kehidupan organisme. Secara ekologi, perairan dengan salinitas tinggi memiliki komunitas biota yang khusus dan adaptif terhadap kondisi lingkungan ekstrim tersebut. Faktor-faktor yang menyebabkan tingginya salinitas antara lain penguapan air yang intens, minimnya curah hujan, dan sedikitnya suplai air tawar, sehingga garam-garam terakumulasi dan meningkatkan kadar salinitas (Daeng dan Umar, 2023).



27,40 PSU  33,63 PSU

Gambar 11. Sebaran Salinitas (2019-2023)

Sedangkan pada bulan April hingga Juni, suhu permukaan laut mulai mengalami penurunan secara bertahap. Hal ini mencerminkan transisi dari musim barat menuju musim timur, di mana angin timuran mulai aktif berembus. Proses ini memicu terjadinya upwelling di beberapa wilayah pesisir selatan, yang membawa massa air laut dari lapisan bawah yang lebih dingin ke permukaan, sehingga menyebabkan penurunan suhu secara regional. Faktor seperti curah hujan tinggi, limpasan air dari daratan, pencairan es, serta lokasi geografis yang jauh dari sumber air laut. Kondisi ini menciptakan habitat yang khas dan mendukung keberadaan organisme yang tidak mampu bertahan dalam lingkungan dengan kandungan garam tinggi. Perubahan salinitas secara mendadak akibat aktivitas manusia seperti pembangunan bendungan atau konversi lahan basah juga dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan tawar dan memengaruhi keanekaragaman hayati (Patty dan Akbar, 2018).

Pada bulan Juli hingga September, suhu permukaan laut berada pada titik terendah dalam siklus tahunan. Fenomena ini berkaitan erat dengan puncak musim kemarau, di mana angin timur berembus dengan kuat dan mendorong terjadinya upwelling secara lebih intensif. Selain itu, pasokan radiasi matahari yang relatif lebih rendah serta pergerakan arus laut dingin dari selatan juga turut menurunkan suhu perairan secara signifikan. Selanjutnya, pada bulan Oktober hingga Desember, suhu permukaan laut kembali meningkat. Peningkatan ini disebabkan oleh melemahnya angin timur dan beralihnya pola angin menjadi angin barat, yang membawa kembali massa udara hangat dari Samudra Hindia ke wilayah Indonesia. Kenaikan suhu ini menandai dimulainya musim hujan dan kembalinya kondisi perairan yang lebih hangat.

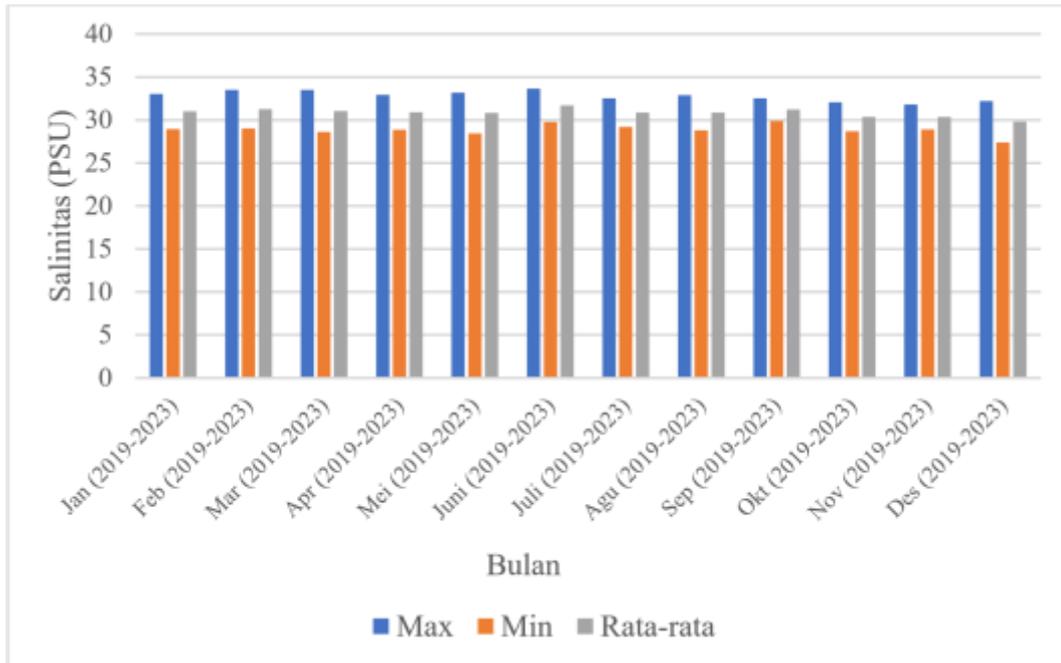
Hubungan salinitas dengan ikan pelagis kecil sangat penting dalam kajian oseanografi perikanan karena salinitas merupakan salah satu faktor lingkungan yang memengaruhi distribusi, kelimpahan, dan perilaku ikan di laut. Ikan pelagis kecil, seperti ikan layang, kembung, dan tongkol, umumnya hidup di lapisan atas perairan (zona epipelagik) yang memiliki kisaran salinitas tertentu yang optimal bagi aktivitas biologisnya. Perubahan salinitas, baik karena curah hujan, penguapan, maupun aliran air tawar dari darat, dapat memengaruhi keseimbangan

osmotik tubuh ikan, sehingga memengaruhi proses metabolisme, pertumbuhan, hingga distribusi spasialnya (Patty dan Akbar, 2018).

Dalam kondisi perairan laut yang terlalu rendah salinitasnya akibat limpasan air tawar, ikan pelagis kecil cenderung menjauh dari wilayah tersebut untuk mencari zona dengan salinitas yang lebih stabil. Sebaliknya, perairan dengan salinitas tinggi yang stabil, seperti yang ditemukan di laut lepas atau daerah dengan sedikit pengaruh daratan, sering kali menjadi habitat utama ikan pelagis kecil karena mendukung produktivitas plankton yang menjadi sumber makanannya. Patty *et al.*, (2020) menyatakan bahwa ikan pelagis kecil secara ekologis menunjukkan respons terhadap gradien salinitas, yang secara langsung berperan dalam penentuan daerah penangkapan potensial.

Penelitian oleh Akita *et al.*, (2023) dengan pendekatan model Maximum Entropy menunjukkan bahwa salinitas merupakan parameter oseanografi yang memberikan kontribusi signifikan dalam pemodelan kesesuaian habitat ikan pelagis kecil di perairan Indonesia. Dalam model tersebut, daerah dengan salinitas optimal (sekitar 32–34 PSU) menunjukkan probabilitas kehadiran ikan yang tinggi, membuktikan bahwa kestabilan salinitas menjadi salah satu indikator penting untuk menentukan lokasi penangkapan yang produktif.

Berdasarkan diagram di bawah dapat kita lihat bahwa salinitas dengan nilai maximum terdapat pada bulan Juni (2019-2023) berkisar 33,63 PSU dan nilai minimumnya terdapat pada bulan Desember (2019-2023) berkisar 29.8 PSU. Dari diagram tersebut tampak bahwa nilai maksimum salinitas cenderung stabil dengan sedikit fluktuasi, menunjukkan konsistensi dalam kondisi lingkungan selama waktu tersebut. Sebaliknya, nilai minimum juga menunjukkan pola yang serupa, tetapi dengan variasi yang lebih signifikan, sehingga mencerminkan kemungkinan adanya perubahan musiman atau faktor eksternal yang mempengaruhi salinitas. Rata-rata salinitas yang ditandai dengan grafik berwarna abu-abu. Rata-rata salinitas cenderung mendekati nilai tengah antara keduanya, yang menunjukkan bahwa perubahan salinitas bulanan relatif konsisten.



Gambar 12. Grafik Sebaran Salinitas (2019-2023)

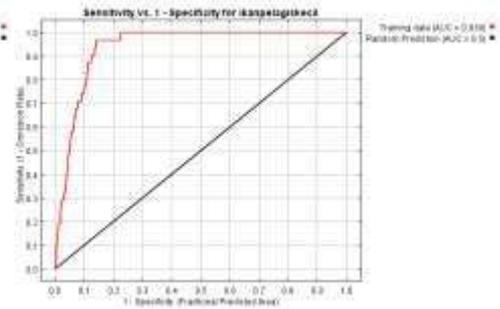
Fluktuasi salinitas dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor hidrologi dan iklim, seperti curah hujan, penguapan, aliran air tawar dari sungai, dan pasang surut. Oleh karena itu, pemantauan dan analisis data salinitas secara berkelanjutan seperti yang ditunjukkan dalam grafik ini dapat memberikan wawasan berharga mengenai dinamika lingkungan perairan dan dampaknya terhadap organisme akuatik serta aktivitas antropogenik di wilayah tersebut. Durack and Wijffels (2010) menyatakan fluktuasi salinitas dapat dipengaruhi oleh proses presipitasi (hujan), evaporasi (penguapan), masuknya air tawar dari sungai, serta pencampuran air laut melalui arus dan gelombang. Ketika curah hujan tinggi atau terdapat aliran sungai yang besar ke laut, salinitas cenderung menurun karena adanya penambahan air tawar. Sebaliknya, pada kondisi penguapan yang tinggi, seperti di daerah tropis saat musim kemarau, salinitas meningkat akibat hilangnya air dan terkonsentrasinya garam di permukaan laut.

### 4.3 Daerah Penangkapan Ikan Pelagis Kecil dengan Maximum Entropy

#### 4.3.1 Evaluasi Model



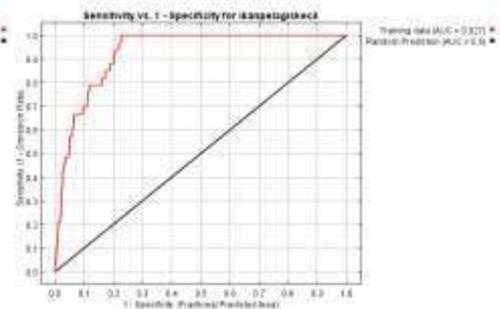
Januari



Februari



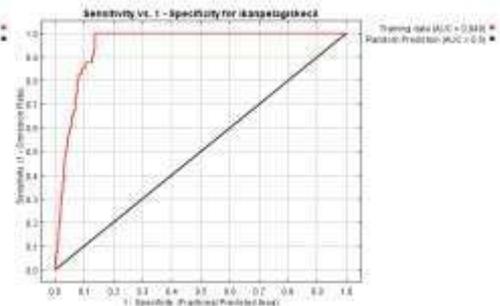
Maret



April



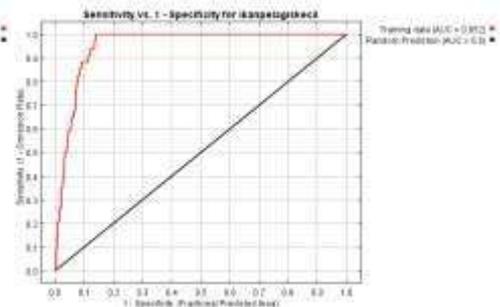
Mei



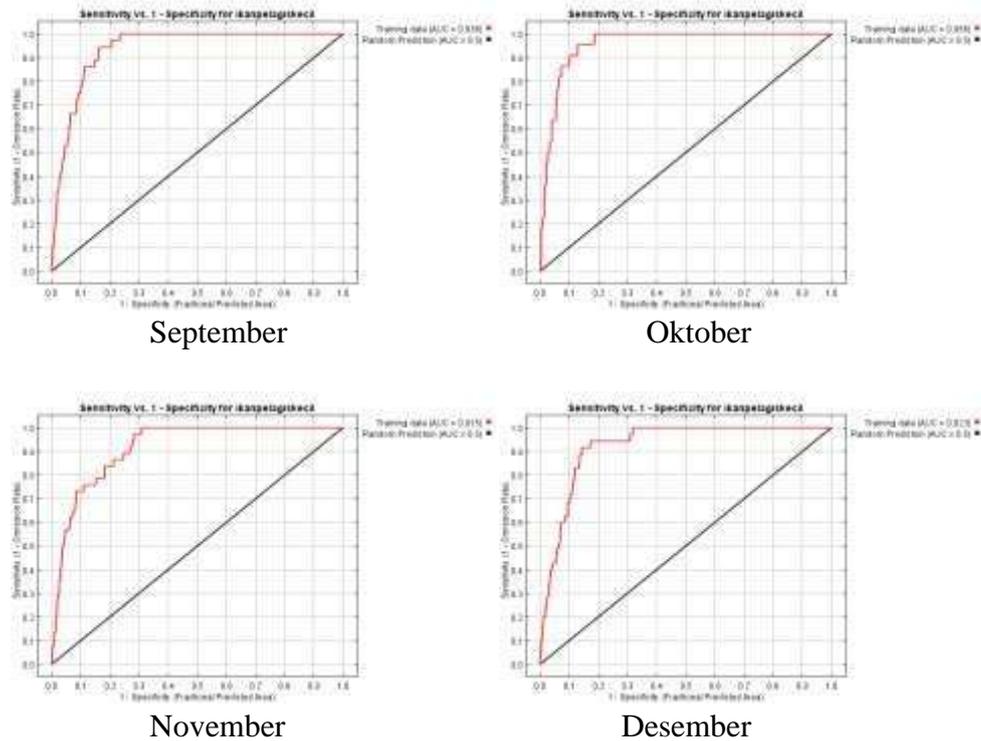
Juni



Juli



Agustus



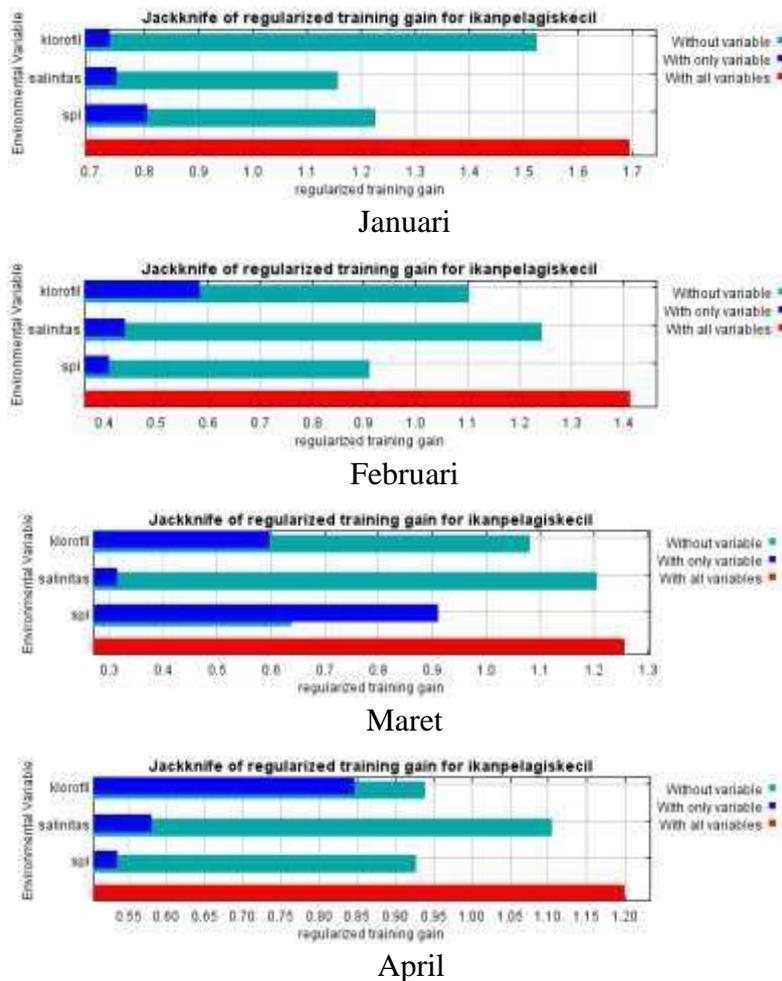
Gambar 13. Grafik AUC (2019-2023)

Dari gambar 8 tentang grafik AUC (2019-2023) dijelaskan bahwa garis merah di dalam setiap grafik merupakan kurva ROC (Receiver Operating Characteristic). Kurva ROC adalah plot yang menggambarkan performa model klasifikasi pada semua ambang batas klasifikasi. Pada sumbu Y (vertikal), terdapat "Sensitivity" (Sensitivitas) atau True Positive Rate (Tingkat Positif Sejati), yang menunjukkan proporsi kasus positif yang teridentifikasi dengan benar oleh model. Sementara itu, pada sumbu X (horizontal), terdapat "1 - Specificity" (1 dikurangi Spesifisitas) atau False Positive Rate (Tingkat Positif Palsu), yang menunjukkan proporsi kasus negatif yang salah diklasifikasikan sebagai positif.

Garis hitam diagonal yang melintang dari pojok kiri bawah ke pojok kanan atas pada setiap grafik AUC menunjukkan batas kinerja model acak (random chance) atau model yang tidak memiliki kemampuan diskriminasi. Apabila kurva ROC (garis merah) berada di sepanjang garis hitam ini, itu berarti model memiliki kinerja yang setara dengan menebak secara acak, dan tidak ada kemampuan untuk membedakan antara kelas positif dan negatif. Semakin jauh garis merah berada di atas garis hitam, semakin baik kinerja model dalam memprediksi.

Pada gambar 8 nilai AUC tertinggi terdapat pada bulan Januari (2019-2023) sebesar 0,960 sedangkan yang terendah terdapat pada bulan Maret (2019-2023) sebesar 0,915. Namun, pada gambar 8 grafik AUC (2019-2023) untuk memprediksi suatu spesies perairan dinyatakan sangat baik. Araujo dan Guisan (2006) yang mengatakan bahwa performa model dilihat berdasarkan nilai AUC, dimana nilai 0,6-0,7 dianggap memiliki tingkat akurasi yang kurang baik, nilai 0,7-0,8 dianggap cukup baik, nilai 0,809 dianggap baik dan lebih dari 0,9 memiliki tingkat akurasi yang sangat baik (tinggi) dalam mengukur kehadiran dan ketidakhadiran suatu spesies. Syah *et al.*, (2016) menyatakan bahwa nilai AUC mendekati 1 sesuai (cocok) untuk melakukan penangkapan sedangkan nilai yang mendekati 0 tidak sesuai (tidak cocok).

### 4.3.2 Kontribusi Parameter





Mei



Juni



Juli



Agustus



September



Oktober



November



Desember

Gambar 14. Kontribusi Parameter (2019-2023)

Dapat kita lihat pada gambar 9 tentang kontribusi parameter yang menunjukkan bahwa setiap parameter memiliki kontribusi yang berbeda-beda pada setiap bulannya. Dimana klorofil yang paling berkontribusi terdapat pada bulan Februari, April dan Desember (2019-2023). suhu permukaan laut (SPL) yang paling berkontribusi terdapat pada bulan Februari, Maret, Juni, Juli, Agustus, September, Oktober, November (2019-2023). Sedangkan salinitas yang paling berkontribusi terdapat pada bulan mei (2019-2023).

Pada tabel 1 dapat kita lihat bahwa kontribusi klorofil tertinggi terdapat pada bulan Desember (2019-2023) yaitu sebesar 66,2 sedangkan kontribusi klorofil paling rendah terdapat pada bulan juli (2019-2023) yaitu sebesar 4,2. Kontribusi suhu permukaan laut (SPL) paling tinggi terdapat pada bulan Juli (2019-2023) yaitu sebesar 87,5. Sedangkan paling rendah terdapat pada bulan Desember (2019-2023) yaitu sebesar 16. Dan kontribusi salinitas paling tinggi terdapat pada bulan Mei (2019-2023) yaitu sebesar 53,1. Sedangkan paling rendah terdapat pada bulan September (2019-2023) yaitu sebesar 6,1. Elith *et al.*, (2011) menjelaskan bahwa nilai AUC dapat berkurang apabila menghilangkan variabel yang berkontribusi tinggi terhadap hasil pemodelan. Patty *et al.*, (2020) menyatakan bahwa Faktor yang mempengaruhi salnitas adalah pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai.

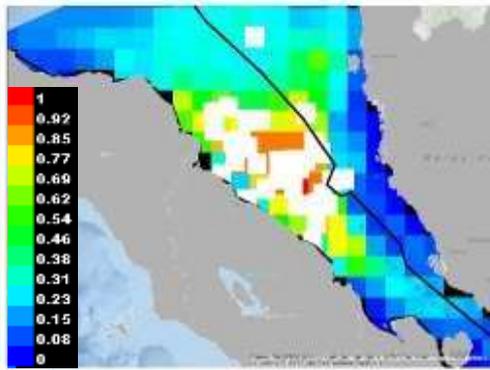
Tabel 3. Kontribusi Parameter (2019-2023)

No	Bulan	Kontribusi (%)		
		klorofil	SPL	Salinitas
1	Januari	38,9	35,6	25,6
2	Februari	44,8	57,8	17,4
3	Maret	33,2	58	8,9
4	April	61,5	30,2	8,3
5	Mei	22,4	24,5	53,1
6	Juni	5,6	79	15,4
7	Juli	4,2	87,5	8,3
8	Agustus	8,8	69,3	21,9
9	September	15,4	78,5	6,1
10	Oktober	28,1	58,5	13,4
11	November	14,9	44,7	40,4
12	Desember	66,2	16	17,7

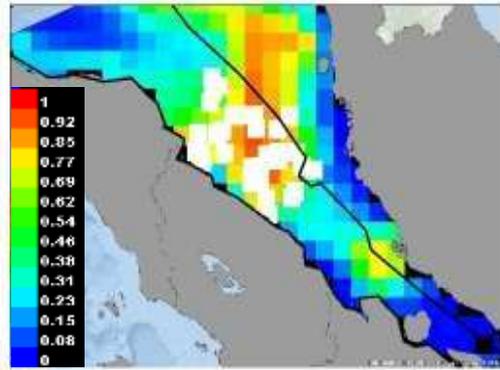
Perbedaan kontribusi ini dapat diketahui melalui variabilitas musiman memainkan peran krusial. Setiap bulan memiliki karakteristik lingkungan yang unik, seperti perubahan intensitas cahaya matahari, curah hujan, suhu, dan arus laut, yang secara langsung atau tidak langsung memengaruhi konsentrasi klorofil, kadar salinitas, dan tingkat SPL lain yang relevan.

Fluktuasi parameter lingkungan seperti klorofil, salinitas, dan SPL (suhu permukaan laut) yang ditunjukkan dalam grafik *Jackknife* memiliki pengaruh signifikan terhadap ikan pelagis kecil. Perubahan kontribusi parameter-parameter ini dari bulan ke bulan mengindikasikan bahwa ikan pelagis kecil sangat rentan terhadap dinamika lingkungan. Fluktuasi bulanan pada parameter-parameter ini secara kolektif membentuk kondisi habitat yang dinamis, memaksa ikan pelagis kecil untuk beradaptasi, bermigrasi, atau mengalami perubahan dalam produktivitas dan kelangsungan hidup populasi mereka.

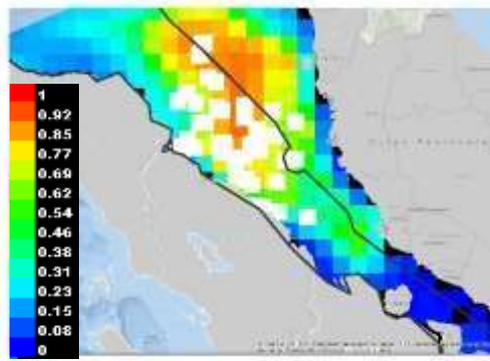
### 4.3.3 Peta Prediksi



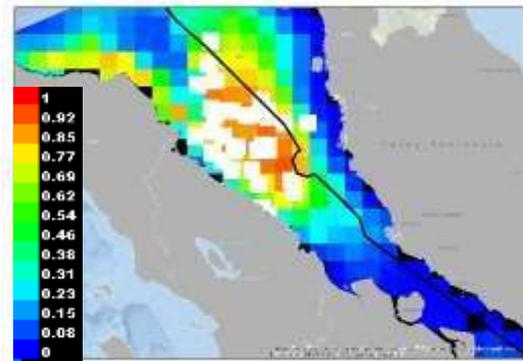
Januari



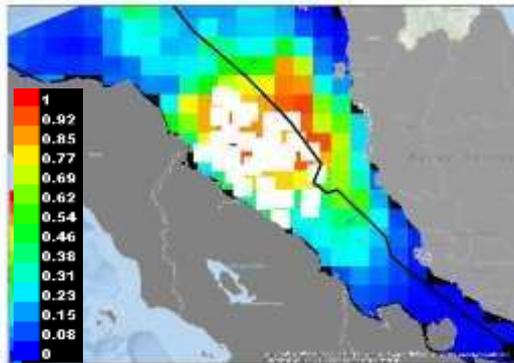
Februari



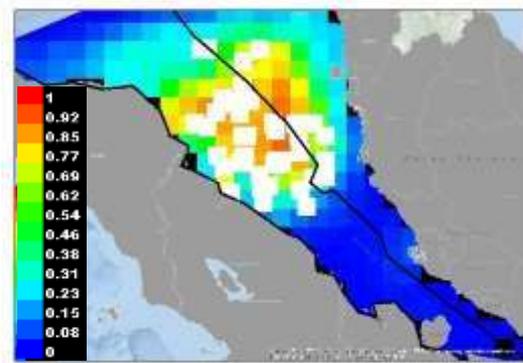
Maret



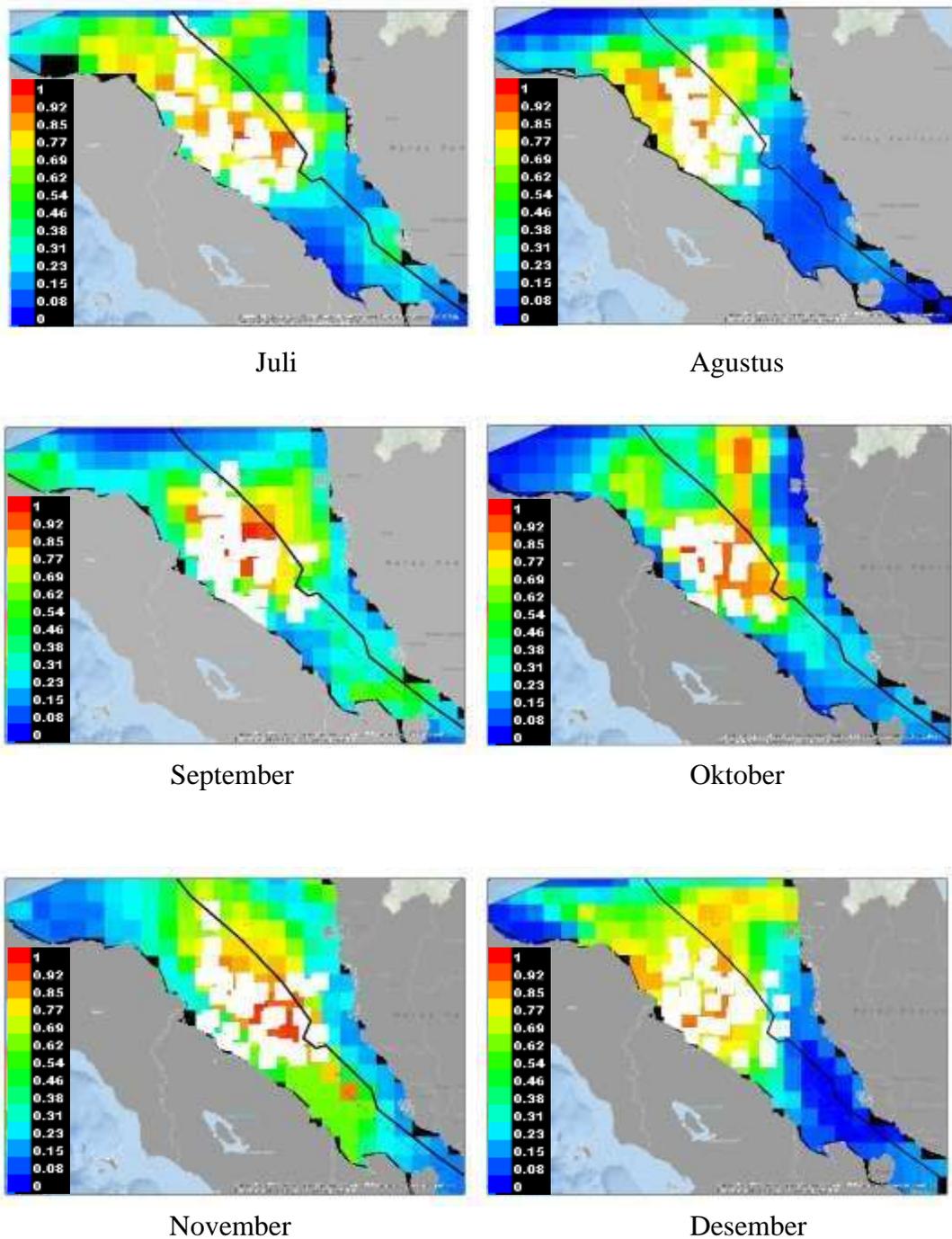
April



Mei



Juni



Gambar 15. Peta Prediksi (2019-2023)

Peta prediksi daerah penangkapan ikan pelagis kecil yang dihasilkan dari pemodelan MaxEnt menggambarkan distribusi spasial habitat yang sesuai berdasarkan parameter oseanografi, seperti suhu permukaan laut (SPL), klorofil-a, dan salinitas. Hasil pemetaan menunjukkan adanya variasi spasial dan temporal yang signifikan dari bulan ke bulan selama periode 2019–2023 di WPPNRI 571 Belawan.

Pada bulan Januari, peta prediksi menunjukkan distribusi kesesuaian habitat yang luas di bagian tengah dan timur perairan. Hal ini berkaitan dengan suhu permukaan laut yang relatif tinggi (sekitar 28–30 °C) dan distribusi klorofil-a yang cukup merata di perairan pesisir, yang mendukung kelimpahan fitoplankton sebagai pakan utama ikan pelagis kecil. Nilai AUC tertinggi (0,960) pada bulan ini menunjukkan akurasi model yang sangat baik dalam memprediksi kehadiran ikan (Araujo & Guisan, 2006). Memasuki bulan Februari, peta prediksi menunjukkan perluasan area habitat yang sangat sesuai ( $HSI > 0,8$ ), terutama di bagian barat dan tengah perairan. Bulan ini merupakan salah satu periode paling produktif berdasarkan data tangkapan, yang juga didukung oleh tingginya kontribusi SPL dan klorofil-a. Tingginya konsentrasi klorofil-a memperkuat prediksi distribusi ikan karena korelasi positif terhadap produktivitas primer laut (Zhang *et al.*, 2023).

Pada bulan Maret, terjadi penyusutan daerah habitat yang sangat sesuai, dengan distribusi yang lebih terbatas ke bagian utara. Hal ini konsisten dengan penurunan nilai AUC dan turunnya konsentrasi klorofil-a, serta SPL yang mulai tidak stabil. Model MaxEnt menunjukkan bahwa penurunan kualitas lingkungan berkontribusi pada penurunan kesesuaian habitat (Phillips *et al.*, 2006). April hingga Juni ditandai oleh fluktuasi hasil prediksi, di mana luas habitat sesuai menurun secara bertahap. Pada bulan Mei, salinitas menjadi parameter dominan, dan daerah dengan kesesuaian sedang hingga rendah lebih meluas. Proses ini dipengaruhi oleh transisi musim yang memengaruhi dinamika oseanografi, termasuk melemahnya arus dan turunnya suhu serta klorofil (Patty *et al.*, 2020).

Juli hingga September menunjukkan kembali perluasan daerah yang sangat sesuai, terutama di pesisir barat dan tengah. Hal ini berhubungan dengan peningkatan upwelling yang memperkaya nutrisi dan menaikkan konsentrasi klorofil-a. Peta pada bulan Juli memperlihatkan bahwa suhu permukaan laut yang optimal (27–28 °C) memicu kesesuaian habitat tinggi dengan nilai kontribusi SPL tertinggi (87,5%). Oktober hingga Desember mencerminkan masa transisi kembali menuju musim hujan. Pada bulan Desember, prediksi menunjukkan puncak kesesuaian habitat di hampir seluruh wilayah tengah dan utara WPP 571, sejalan dengan lonjakan konsentrasi klorofil-a akibat limpasan daratan (runoff) yang

membawa nutrisi ke laut. Bulan ini juga mencatat nilai kontribusi klorofil tertinggi (66,2%) terhadap model.

Secara keseluruhan, peta prediksi dari model MaxEnt sangat efektif dalam menggambarkan dinamika spasial dan temporal habitat ikan pelagis kecil. Pola musiman yang tergambar di peta selaras dengan siklus oseanografi tropis Indonesia yang dipengaruhi oleh angin muson, arus laut, dan faktor meteorologis. Pemanfaatan peta prediksi ini sangat penting dalam pengelolaan perikanan yang berkelanjutan dan efisien, karena dapat mengarahkan aktivitas nelayan ke lokasi yang memiliki peluang tangkapan lebih tinggi dengan biaya lebih rendah.

Berdasarkan citra peta prediksi daerah penangkapan ikan menggunakan metode Maximum Entropy yang disajikan untuk setiap bulan dari Januari hingga Desember, dapat diuraikan pola spasial dan temporal yang signifikan terkait potensi keberadaan ikan pelagis kecil. Metode MaxEnt bekerja dengan mengidentifikasi hubungan antara lokasi keberadaan spesies dengan variabel lingkungan, kemudian memproyeksikan hubungan tersebut untuk memprediksi daerah yang sesuai. Semakin terang warnanya, semakin tinggi probabilitas prediksi daerah penangkapan ikan (Akita *et al.*).

Secara umum, peta-peta ini menunjukkan bahwa daerah dengan probabilitas tinggi (ditandai dengan warna kuning hingga putih) cenderung terkonsentrasi di bagian tengah perairan yang diprediksi. Pola ini mengindikasikan bahwa ikan pelagis kecil memiliki preferensi habitat tertentu yang konsisten di wilayah tersebut sepanjang tahun, meskipun intensitas dan luas area probabilitas tinggi dapat berfluktuasi secara musiman. Hasil Maximum Entropy pada bulan Januari – Desember (2019-2023) mayoritas berada di titik 0,61-1. Hal ini dapat dikatakan bahwa titik penangkapan memiliki akurasi dari model cukup baik – sangat baik. Kebanyakan nelayan menentukan daerah penangkapan ikan hanya berdasarkan pengalaman atau melihat tanda-tanda alam, seperti gerombolan burung yang terbang di atas atau dekat permukaan laut, riak-riak atau buih air di permukaan laut, bongkahan kayu yang terapung di permukaan laut, warna air laut, posisi bulan, dan sebagainya.

#### 4.4 Nilai *Habitat Suitability Indeks* (HSI)

Nilai *Habitat Suitability Indeks* (HSI) pada bulan Januari sampai Desember tahun 2019-2023 dapat kita lihat pada tabel 4. Dimana nilai HSI keseluruhan sebanyak 399 titik penangkapan. Peta kesesuaian habitat pada bulan Januari hingga Desember (2019-2023) dapat kita lihat pada tabel 4 yang menunjukkan nilai HSI (*Habitat Suitability Indeks*) paling tinggi terdapat pada bulan Maret dan Juni (2019-2023) dengan rentang 0,1-1 dengan sama-sama memiliki 40 titik penangkapan. Sedangkan titik penangkapan yang paling rendah terdapat pada bulan Oktober (2019-2023) dengan rentang 0,1-1 yang hanya memiliki 22 titik penangkapan. Rentang HSI (*Habitat Suitability Indeks*) yang paling banyak terdapat pada rentang 0,81-0,9 yang memiliki 106 titik penangkapan dan persentase sebesar 26,57%.

Rentang HSI 0,81-0,9 merupakan rentang nilai HSI yang paling dominan untuk melakukan penangkapan. Sedangkan rentang HSI 0-0,1 merupakan rentang HSI paling buruk untuk melakukan penangkapan. Hal ini sama dengan yang dikatakan oleh Syah *et al.*, (2016) bahwa nilai HSI mendekati 0 tidak sesuai melakukan penangkapan sedangkan nilai HSI mendekati 1 sesuai melakukan penangkapan.

Tabel 4. Nilai HSI (*Habitat Suitability Indeks*)

nilai HSI	0-0,1	0,11-0,2	0,21-0,3	0,31-0,4	0,41-0,5	0,51-0,6	0,61-0,7	0,71-0,8	0,81-0,9	0,91-1	jumlah
Jan	-	2	-	2	3	1	3	5	4	12	32
Feb	-	-	1	-	5	4	3	6	7	6	32
Mar	-	-	2	4	1	4	9	5	12	3	40
apr	-	-	2	3	2	-	4	3	10	7	31
mei	-	-	-	1	5	1	3	1	13	8	32
Juni	-	-	5	2	-	6	3	3	18	3	40
Juli	1	-	-	2	3	2	4	5	10	6	33
Agu	-	-	2	2	1	5	4	4	9	7	34
Sep	-	1	2	4	4	4	3	4	2	11	35
Okt	-	1	-	1	1	1	4	2	3	9	22
Nov	-	-	1	4	1	4	4	2	11	10	37
Des	-	1	1	-	-	2	9	5	7	6	31
Total	1	5	16	25	26	34	53	45	106	88	399
Persen (%)	0,25	1,25	4,01	6,27	6,52	8,52	13,28	11,28	26,57	22,06	100

Pada tabel nilai HSI (*Habitat Suitability Index*) terdiri dari dua bagian utama, yaitu sumbu horizontal (X) mewakili rentang nilai HSI, yaitu dari 0 hingga 1 yang dibagi dalam interval 0,1. Rentang ini menunjukkan tingkat kesesuaian habitat, dimana nilai HSI mendekati 0 menunjukkan habitat yang tidak sesuai untuk ikan pelagis kecil dan nilai HSI mendekati 1 menunjukkan habitat yang sangat sesuai. Sedangkan sumbu vertikal (Y) menunjukkan jumlah titik penangkapan ikan pelagis kecil yang termasuk ke dalam masing-masing rentang nilai HSI untuk setiap bulan dari Januari hingga Desember (2019–2023). Semakin banyak titik yang berada dalam rentang HSI tinggi (0,81–1), maka semakin luas area yang sangat cocok sebagai habitat ikan pelagis kecil.

Berdasarkan nilai HSI (*Habitat Suitability Indeks*) dapat di lihat bahwasanya nilai HSI 0-0,5 tidak cocok untuk melakukan penangkapan sedangkan 0,51-1 cocok untuk melakukan penangkapan. Secara keseluruhan, sebagian besar titik penangkapan ikan berada pada rentang HSI yang menunjukkan kesesuaian tinggi, dengan rentang 0,81-0,9 menjadi yang paling dominan, mencakup 106 titik penangkapan atau 26,57% dari total, yang menandakan habitat sangat sesuai untuk ikan pelagis kecil. Ini konsisten dengan pernyataan bahwa nilai HSI mendekati 1 menunjukkan kesesuaian yang tinggi untuk penangkapan.

Melihat variabilitas bulanan, sebagian besar bulan menunjukkan proporsi titik penangkapan yang tinggi pada kategori HSI di atas 0,51, menunjukkan bahwa kondisi perairan secara umum mendukung kegiatan penangkapan ikan. Bulan Maret dan Juni merupakan periode dengan jumlah titik penangkapan paling tinggi (masing-masing 40 titik), mengindikasikan tingkat kesesuaian habitat yang optimal pada bulan-bulan tersebut. Peta prediksi juga menunjukkan bahwa pada bulan Januari, distribusi kesesuaian habitat luas di bagian tengah dan timur perairan, berkaitan dengan suhu permukaan laut yang relatif tinggi dan distribusi klorofil-a yang merata. Februari menunjukkan perluasan area habitat yang sangat sesuai (HSI > 0,8), menjadi salah satu periode paling produktif. Sebaliknya, bulan Oktober mencatat jumlah titik penangkapan terendah yaitu 22 titik, meskipun mayoritas masih berada dalam kategori yang sesuai. Penyusutan daerah habitat yang sangat sesuai terjadi pada bulan Maret, konsisten dengan penurunan nilai AUC, konsentrasi klorofil-a, dan SPL yang tidak stabil. Namun, periode Juli hingga

September kembali menunjukkan perluasan daerah yang sangat sesuai, berhubungan dengan peningkatan

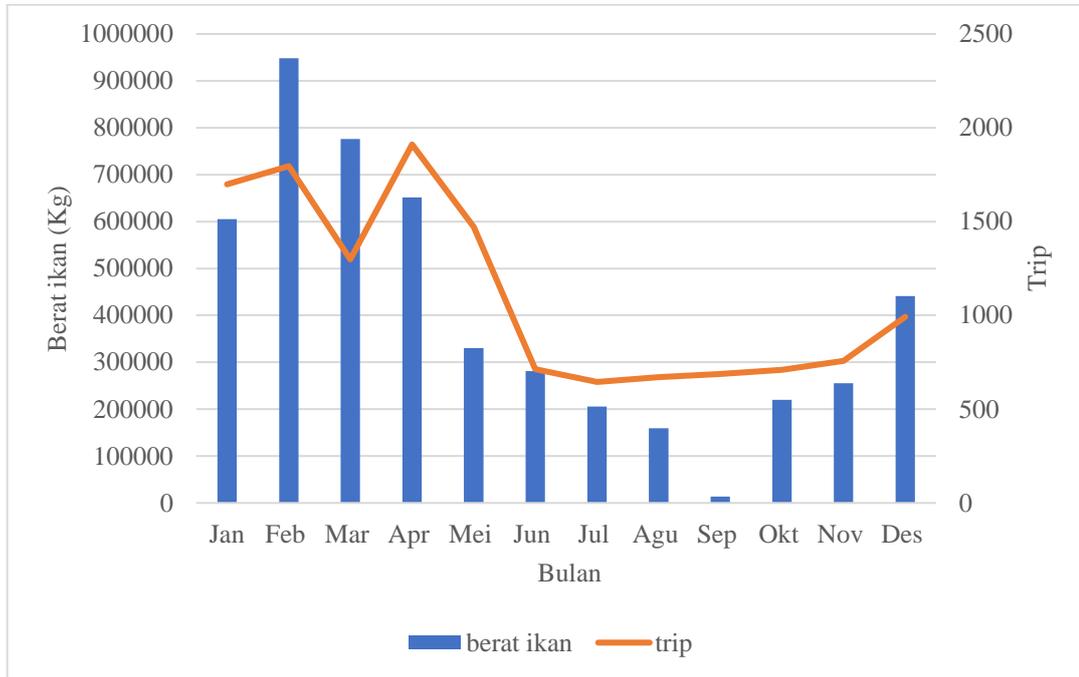
Hubungan antara nilai HSI (*Habitat Suitability Index*) dengan parameter lingkungan seperti suhu permukaan laut (SPL), klorofil-a, dan salinitas dalam model MaxEnt sangat erat dan menentukan tingkat kesesuaian suatu wilayah sebagai habitat ikan pelagis kecil. Nilai HSI merupakan indikator kesesuaian habitat berdasarkan kombinasi dari parameter lingkungan yang memengaruhi distribusi spesies. Dalam konteks ikan pelagis kecil di WPPNRI 571 Belawan, nilai HSI yang tinggi (mendekati 1) menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki kondisi oseanografis yang ideal untuk keberadaan spesies sasaran (Sugara *et al.*,2022).

Berdasarkan hasil analisis MaxEnt, parameter suhu permukaan laut (SPL), klorofil-a, dan salinitas berkontribusi signifikan terhadap pembentukan nilai HSI. SPL yang berada dalam rentang optimal (sekitar 29–30 °C) akan meningkatkan metabolisme dan aktivitas ikan, sedangkan konsentrasi klorofil-a yang tinggi menunjukkan produktivitas primer yang melimpah sebagai sumber makanan utama. Salinitas juga turut berperan dalam menjaga kestabilan fisiologis ikan pelagis kecil, dengan nilai ideal sekitar 32–34 PSU. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai HSI tertinggi (0,81–0,9) cenderung terjadi pada wilayah yang memiliki suhu, salinitas, dan klorofil-a yang stabil dan berada dalam kisaran optimum untuk spesies sasaran.

#### **4.5 Produksi Ikan**

Dapat kita lihat pada gambar 11 tentang grafik produksi ikan yang menunjukkan pola fluktuasi yang signifikan dalam hasil tangkapan ikan dan jumlah trip penangkapan selama periode Januari hingga Desember (2019-2023). Pada awal tahun, yaitu Januari dan Februari, berat ikan yang ditangkap cenderung tinggi, mencapai puncaknya pada Februari dengan sekitar 950.000 Kg. Seiring dengan peningkatan berat ikan, jumlah trip penangkapan juga menunjukkan tren yang relatif tinggi pada periode tersebut, bahkan mencapai puncaknya di bulan Mei sekitar 1800 trip, meskipun berat ikan sudah mengalami penurunan. Pauly dan Zeller (2016) Penurunan dan fluktuasi ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Salah satu faktor utama adalah perubahan kondisi lingkungan seperti suhu air, salinitas, dan ketersediaan oksigen yang memengaruhi keberadaan ikan di suatu

wilayah perairan. Selain itu, overfishing atau penangkapan ikan secara berlebihan juga berperan besar dalam menurunnya hasil tangkapan.



Gambar 16. Grafik Produksi ikan (2019-2023)

Namun, setelah bulan Mei, terjadi penurunan drastis pada kedua indikator. Berat ikan yang ditangkap menurun tajam dari Juni hingga September, mencapai titik terendah pada September dengan kurang dari 100.000 Kg. Penurunan ini diikuti oleh penurunan jumlah trip yang juga signifikan, mengindikasikan berkurangnya aktivitas penangkapan ikan secara keseluruhan. Arifin Dahlan *et al.*, (2015) semakin banyak trip penangkapan yang dilakukan, semakin besar pula potensi untuk mendapatkan hasil tangkapan yang lebih banyak. Hal ini disebabkan oleh peningkatan waktu dan upaya yang dicurahkan dalam aktivitas penangkapan ikan. Ketika nelayan melaut lebih sering (jumlah trip meningkat), mereka memiliki kesempatan yang lebih besar untuk menemukan gerombolan ikan, menjangkau area penangkapan yang lebih luas, dan mengulang proses penangkapan, sehingga secara langsung dapat meningkatkan total berat ikan yang didaratkan.

Hubungan antara produksi dan hasil tangkapan ikan pelagis kecil dengan peta prediksi dari model MaxEnt pada penelitian di WPPNRI 571 Belawan

menunjukkan keterkaitan yang erat antara tingkat kesesuaian habitat dengan tingkat keberhasilan penangkapan. Peta prediksi yang dihasilkan oleh model MaxEnt menampilkan distribusi spasial nilai HSI (Habitat Suitability Index), yang menunjukkan probabilitas kehadiran ikan berdasarkan parameter lingkungan seperti suhu permukaan laut (SPL), klorofil-a, dan salinitas. Dalam file skripsi disebutkan bahwa nilai HSI tertinggi berada pada rentang 0,81–0,9 dengan jumlah titik penangkapan tertinggi (106 titik) dan kontribusi sebesar 26,57%. Fakta ini mengindikasikan bahwa daerah dengan nilai HSI tinggi merupakan wilayah dengan kesesuaian habitat optimal yang menghasilkan tangkapan ikan paling banyak.

Selanjutnya, produksi hasil tangkapan ikan pelagis kecil juga memperlihatkan tren yang sesuai dengan hasil peta prediksi. Bulan Februari tercatat sebagai bulan dengan hasil tangkapan tertinggi sebesar 948.322 kg dengan 1.795 trip penangkapan, yang juga bertepatan dengan meningkatnya area kesesuaian habitat di peta MaxEnt. Hal ini memperkuat keandalan peta prediksi sebagai alat bantu untuk mengarahkan aktivitas penangkapan ke lokasi-lokasi yang memiliki probabilitas tinggi keberadaan ikan. Dalam penelitian Akita *et al.*, (2023) juga membuktikan bahwa peta prediksi MaxEnt dapat digunakan untuk mengevaluasi efektivitas daerah penangkapan berdasarkan kesesuaian habitat. Mereka menekankan bahwa tingkat keberhasilan penangkapan meningkat secara signifikan ketika nelayan diarahkan ke wilayah dengan nilai HSI tinggi. Oleh karena itu, integrasi antara peta prediksi dengan operasional penangkapan dapat meningkatkan efisiensi penangkapan dan mengurangi eksploitasi di wilayah yang kurang produktif.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Sebaran klorofil-a tertinggi terdapat pada bulan Desember 2019-2023 dengan rata-rata 1,005 mg/m<sup>3</sup>. Suhu permukaan laut yang cocok untuk ikan pelagis dengan suhu optimum 29-30 °C. Rata-rata sebaran suhu permukaan laut yang memiliki suhu sebesar 29-30 °C terdapat pada bulan Februari sampai Desember 2019-2023. Sedangkan salinitas yang cocok untuk ikan pelagis kecil 30-34 PSU. Rata-rata sebaran salinitas perairan yang memiliki nilai 30-34 PSU terdapat pada bulan Januari sampai September 2019-2023.
2. Nilai AUC pada evaluasi model tertinggi terdapat pada bulan Januari sebesar 0,960 sedangkan nilai terendah terdapat pada bulan Maret dan November sebesar 0,915. Sedangkan kontribusi parameter klorofil-a yang paling tinggi terdapat pada bulan Desember sebesar 66,2 mg/m<sup>3</sup>. dan terendah pada bulan Juli sebesar 4,2 mg/m<sup>3</sup>. Suhu permukaan laut paling tinggi terdapat pada bulan Juli sebesar 27,9 °C dan terendah pada bulan Desember sebesar 16 °C. Salinitas paling tinggi terdapat pada bulan Mei sebesar 33,1 PSU dan paling rendah pada bulan September sebesar 26,1 PSU.
3. Jumlah nilai HSI (*Habitat suitability indeks*) keseluruhan adalah sebanyak 399 titik penangkapan. Rentang HSI paling banyak terdapat pada rentang 0,81-0,9 dengan 106 titik penangkapan. Jumlah HSI paling tinggi terdapat pada bulan Maret dan Juni 2019-2023 yang memiliki 40 titik penangkapan. Sedangkan paling rendah terdapat pada bulan Oktober 2019-2023 yang memiliki 22 titik penangkapan.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran penelitian ini adalah bahwa penelitian tentang estimasi daerah penangkapan ikan menggunakan model maximum entropy perlu dilanjutkan untuk mengidentifikasi faktor-faktor lain yang berkontribusi terhadap penurunan hasil tangkapan di Pelabuhan Perikanan Samudera Belawan dan mengoptimalkan pemanfaatan model maximum entropy secara luas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agung, A., Zainuri, M., Wirasatriya, Maslukah.L., Subardjo, P., Anugroho, A., Suryosaputro, D., Handoyo, G., 2018. Analisis Sebaran Klorofil-A dan Suhu Permukaan Laut sebagai Fishing Ground Potensial (Ikan Pelagis Kecil) di Perairan Kendal, Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina* Oktober 7, 67–74.
- Akita, E., Lumban Gaol, J., Amri, K., 2023. Model maximum entropy untuk prediksi daerah penangkapan ikan pelagis kecil pelagis kecil di laut Jawa. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis* 14, 449–461.
- Alabia, I.D., Saitoh, S.I., Mugo, R., Igarashi, H., Ishikawa, Y., Usui, N., Kamachi, M., Awaji, T., Seito, M., 2015. Seasonal potential fishing ground prediction of neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the western and central North Pacific. *Fish Oceanogr* 24, 190–203. <https://doi.org/10.1111/FOG.12102>
- Anugrah, A., Hidayah, Z., As-Syakur, A., Rachman, H., 2023. Pemanfaatan citra satelit aqua-Modis untuk pemantauan dinamika spasio-temporal produktivitas primer bersih di perairan Laut Jawa. *Jurnal Kelautan Tropis* 26, 473–484. <https://doi.org/10.14710/jkt.v26i3.18222>
- Arifin, D., Omar, S., Tresnati, J., Nur, M., Umar, M., 2015. Beberapa aspek reproduksi ikan layang deles (*Decapterus macrosoma Bleeker, 1841*) yang tertangkap dengan bagan perahu di perairan Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan. *Jurnal IPTEKS Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan* 2, 218–227.
- Ashari, F., Redjeki, S., Kunarso, 2014. Keterkaitan jumlah tangkapan ikan pelagis kecil dengan distribusi klorofil-a dan suhu permukaan laut menggunakan citra modid di laut Jawa dan Selat Makassar. *Journal of Marine Research* 3, 366–373.
- Ayu, D., Muljo, B., Jaelani, L., 2011. Studi perubahan suhu permukaan laut menggunakan satelit aqua modis. *Journal of Geodesy and Geomatics* 07, 073–078.
- Bukhari, Adi, W., Kurniawan, 2017. Pendugaan daerah penangkapan ikan tenggiri berdasarkan distribusi suhu permukaan laut dan klorofil-a di perairan Bangka. *Indonesian Journal of Capture Fisheries* 01.
- Daeng, R., Umar, T., 2023. Hubungan suhu permukaan laut dan hasil tangkapan ikan teri di perairan Teluk Dodinga. *Jurnal Agribisnis Perikanan* 16, 199–206. <https://doi.org/10.52046/agrikan.v16i1.199-206>
- Dimara, O., Budiman, J., Mandey, C., 2015. Distribusi tertangkapnya ikan selar pada lembaran jaring soma darape di rumpon. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap* 2, 1–5.
- Durack, P.J., Wijffels, S.E., 2010. Fifty-Year trends in global ocean salinities and their relationship to broad-scale warming. *Journal of Climate* 23, 4342–4362. <https://doi.org/10.1175/2010JCLI3377.1>

- Elisabeth, Y., Miswar, E., Musman, M., 2017. Penentuan daerah potensial penangkapan ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) menggunakan citra satelit di perairan Jayapura Selatan kota Jayapura. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah 2*, 194–199.
- Fadhilah, A., Medinah, U., Dewinta, A., Hasibuan, J., 2024. Optimalisasi faktor produksi dari upaya penangkapan ikan selar kuning (*Selaroides leptolepis*) di Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Belawan, Sumatera Utara. *Journal of Aquatic and Fisheries Sciences 3*, 1–8.
- Fahrezi, A.A., Wulandari, E.P., Arrafi, M., Ridwana, R., Himayah, S., 2022. Analisis sebaran suhu permukaan laut di laut Banda tahun 2017 – 2019 menggunakan data dari sensor Amsr-2. *Indonesian Journal of Marine Science and Technology 15*, 81–90.
- Gerry, M.M., Insafitri, Zainuri, M., Andy, W.N., 2023. Pengaruh salinitas yang berbeda terhadap pertumbuhan karang lunak *Cladiella* sp. *Jurnal Kelautan Indonesia 18*, 23–32.
- Kandouw, C.M., Julyantoro, P.G.S., Pebriani, D.A.A., 2023. Distribusi mikrohabitat dan infeksi endoparasit pada ikan kembung (*Rastrelliger* sp.) yang didaratkan di PPI Kedonganan, Badung, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences 9*, 126–134. <https://doi.org/10.24843/jmas.2023.v09.i01.p13>
- Kasim, K., Triharyuni, S., Wujdi, A., 2014. Hubungan ikan pelagis kecil dengan konsentrasi klorofil-a di laut Jawa. *Bawal 6*, 21–29.
- Kusumanigrum, R.C., Alfiatunnisa, N., Murwantoko, M., Setyobudi, E., 2021. Karakter morfometrik dan meristik ikan layang (*Decapterus macrosoma bleeker*, 1851) di pantrai selatan daerah istimewa Yogyakarta, Indonesia. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Madah 23*, 1–7. <https://doi.org/10.22146/jfs.52348>
- Lubis, F., Adharini, R.I., Setyobudi, E., 2019. Food preference of shortfin scad (*Decapterus macrosoma*) at the southern waters of Gunungkidul Yogyakarta, Indonesia. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan 11*, 19–28. <https://doi.org/10.20473/jipk.v11i2.13927>
- Marpaung, B.S.M., Sitanggang, E.P., Masengi, K.W.A., Kaparang, F.E., Pamikiran, R.D.Ch., Sitanggang, D.F.D., Kalalo, F.F., 2022. Pelanggaran kapal perikanan di wilayah pengelolaan perikanan negara Republik Indonesia 571. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Perikanan Tangkap 7*, 141. <https://doi.org/10.35800/jitpt.7.2.2022.41608>
- Melantina, D., Swastawati, F., Syakur, A., 2022. Aplikasi teknologi ionisasi tegangan tinggi untuk pengawetan ikan tongkol (*Euthynnus affinis*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan 4*, 9-14.

- Nabiu, N.L., Baskoro, M.S., Zulkarnain, Yusfiandayani, R., 2018. Adaptasi retina ikan selar (*Selaroides leptolepsis*) terhadap intensitas cahaya lampu. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan* 9, 97–102.
- Nelwan, A., Sudirman, Nursam, M., Yunus, M., 2015. Produktivitas penangkapan ikan pelagis di perairan Kabupaten Sinjai pada musim peralihan Barat-Timur. *J Fish Sci Technol XVII*, 18–26.
- Nusantara, R., Rosyid, A., Boesono, H., 2014. Analisis perbedaan kedalaman daerah penangkapan ikan terhadap komposisi hasil tangkapan pada alat tangkap cantrang (*boat seine*) di perairan Rembang. *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology* 3, 96–103.
- Pasaribu, D.D., Retno, R., Rumondang, A., Handoco, E., 2024. Pendugaan stok ikan kembung (*Rastrelliger* sp.) yang didaratkan di Pelabuhan Perikanan Nusantara Sibolga Provinsi Sumatera Utara. *Jurnal Minfo Polgan* 13, 1658–1667. <https://doi.org/10.33395/jmp.v13i2.14193>
- Patty, S., 2013. Distribusi suhu, salinitas, dan oksigen terlarut di Perairan Kema, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax* 1, 148-157.
- Patty, S.I., Akbar, N., 2018. Kondisi suhu, salinitas, pH, dan oksigen terlarut di perairan terumbu karang Ternate, Tidore dan sekitarnya. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepelauan* 1, 1–10.
- Patty, S.I., Huwae, R., Kainama, F., 2020. Variasi Musiman Suhu, Salinitas dan Kekeruhan Air Laut di Perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax* 8, 110.
- Phillips, S.J., Dudík, M., 2008. Modeling of species distributions with Maxent: New extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31, 161–175.
- Pratama, G., Nurani, T., Mustaruddin, M., Herdiyeni, Y., 2023. pemodelan kesesuaian habitat ikan pelagis berbasis kondisi oseanografi di perairan palabuhanratu. *Bawal Widya Riset Perikanan Tangkap* 14, 161-171.
- Pratama, M.F., Farhan, M.A., 2023. Hubungan panjang dan berat ikan kembung (*Rastrelliger* sp.) di TPI pantai Labu Deli Serdang. *Jago Tolis: Jurnal Agrokompleks Tolis* 3, 106–112. <https://doi.org/10.56630/jago.v3i3.325>
- Purnama, I.W.A., Siahaan, I.C.M., Widagdo, A., 2022. Penentuan daerah fishing ground dengan alat tangkap purse seine pada km. cahaya mil 03 di perairan Laut Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Vokasi Ilmu-Ilmu Perikanan* 2, 60–64.
- Rahadia, L.D., Khan, A.M.A., Dewanti, L.P., Apriliani, I.M., 2019. Analisis sebaran suhu permukaan laut pada musim barat dan musim timur terhadap produksi hasil tangkapan ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) di perairan selat bali. *Jurnal Perikanan dan Kelautan* 10, 28–34.

- Reza, M., Nurani, T., Solihin, I., 2019. Strategi pemenuhan kebutuhan industri pengolahan ikan di Pelabuhan Perikanan Samudera Belawan. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan* 10, 123–134.
- Rosalina, D., Adi, W., Martasari, D., 2011. Analisis tangkapan lestari dan pola musim penangkapan cumi-cumi di Pelabuhan Perikanan Nusantara Sungailiat-Bangka. *Maspari Journal* 02, 26–38.
- Sarifuddin., Hidayat, R., Zainuddin, M., 2018. Kondisi oseanografi pada perikanan pelagis kecil di perairan teluk Bone. *Torani Journal of Fisheries and Marine Science* 1, 48–58.
- Sarwati, D.E., Suryono, C.A., 2025. Pendugaan daerah tangkapan ikan pelagis kecil di perairan pesisir Utara Jawa Tengah berdasarkan paremater lingkungan laut. *Jurnal Kelautan Tropis* 28, 107–117. <https://doi.org/10.14710/jkt.v28i1.26262>
- Semedi, B., Safitri, N.M., 2015. Estimasi distribusi klorofil-a di perairan Selat Madura menggunakan data citra satelit modis dan pengukuran In situ pada musim timur. *Research Journal of Life Science* 02, 40-49.
- Setya, D., Susiloningtyas, D., 2022. Kondisi biologi ikan layang (*Decapterus spp*) yang didaratkan di Pemangkat, Kalimantan Barat. *Jurnal Airaha*, 11, 395–401.
- Sihombing, R.F., Aryawati, R., Hartoni, 2013. Kandungan klorofil-a fitoplankton di sekitar perairan Desa Sungsang Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. *Marine Science Research* 5, 34–39.
- Sitompul, Y.M.L., Sigitha, I.M., Duniaji, A.S., 2020. Pengaruh lama perendaman dalam air perasan buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbing Lin*) dan lama penyimpanan terhadap karakteristik ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) pada suhu ruang. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan* 9, 71–80.
- Subono, M., Zainuri, M., Prasetyawan, I.B., 2017. Distribusi klorofil-a dan suhu permukaan laut di perairan Astanajapura Kabupaten Cirebon. *Jurnal Oseanografi* 6, 377–386.
- Sugara, A., Anggraini, S., Wulandari, Y., Suryanita, A., Anggoro, A., 2022. Potensi sumberdaya ikan tongkol (*Euthynnus sp.*) pada alat tangkap purse seine Pelabuhan Perairan Nusantara Sibolga. *Jurnal Laut Khatulistiwa* 5, 2614–8005.
- Sumantri, B., Irnad, Sriyoto, Priyono, B.S., Yuristia, R., 2022. Analisis fungsi produksi ikan tangkap di kota Bengkulu. *Jurnal Agristan* 4, 60–71.
- Syah, A.F., Saitoh, S.I., Alabia, I.D., Hirawake, T., 2016. Predicting potential fishing zones for pacific saury (*Cololabis saira*) with maximum entropy models and remotely sensed data. *Fishery Bulletin* 114, 330–342. <https://doi.org/10.7755/FB.114.3.6>

- Syetiawan, A., 2015. Penentuan zona potensi penangkapan ikan berdasarkan sebaran klorofil-a. *jurnal Ilmiah Geomatika* 21, 131–136.
- Tangke, U., Karuwal, J., Zainuddin, M., Mallawa, A., 2015. Sebaran suhu permukaan laut dan klorofil-a pengaruhnya terhadap hasil tangkapan yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) di perairan laut halmahera bagian selatan. *Jurnal IPTEKS Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan* 2, 248–260.
- Triola, A., aprilla, R.M., Octavina, C., Rahmah, A., Djamani, R., 2021. Analisis komoditas unggulan perikanan tangkap di Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) Belawan. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Indonesia* 1, 44–47.
- Young, C., Subbarayan, G., 2019. Maximum entropy models for fatigue damage in metals with application to low-cycle fatigue of aluminum 2024-T351. *Entropy* 21, 1-24.
- Yuspardianto, 2015. Studi pemanfaatan fasilitas pelabuhan dalam rangka peningkatan produksi di Pelabuhan Perikanan Samudera Belawan Sumatera Utara. *Dinamika maritim* 5, 8–20.
- Zhang, H.R., Yu, Y., Gao, Z., Zhang, Y., Ma, W., Yang, D., Yin, B., Wang, Y., 2023. Seasonal and Interannual Variability of Fronts and Their Impact on Chlorophyll-a in the Indonesian Seas. *J Phys Oceanogr* 53, 2847–2859. <https://doi.org/10.1175/JPO-D-23-0041.1>
- Zulhaniarta, D., Fauziya, Sunaryo, A.I., Aryawati, R., 2015. Sebaran konsentrasi klorofil-a terhadap nutrien di muara sungai Banyuasin Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. *Marine Science Research* 7, 9–20.

## LAMPIRAN

Lampiran 1. Produksi ikan (2019-2023)

Bulan	Berat ikan	Trip
Jan	604.922	1.699
Feb	948.322	1.795
Mar	775.899	1.299
Apr	651.707	1.911
Mei	330.017	1.471
Jun	281.436	713
Jul	205.651	645
Agu	158.992	670
Sep	13.733	688
Okt	219.985	710
Nov	255.493	757
Des	440.942	993

Lampiran 2. Nilai AUC (2019-2023)

No	Bulan	Nilai AUC
1	Januari	0,960
2	Februari	0,939
3	Maret	0,915
4	April	0,927
5	Mei	0,937
6	Juni	0,949
7	Juli	0,947
8	Agustus	0,952
9	September	0,938
10	Oktober	0,956
11	November	0,915
12	Desember	0,923

Lampiran 3. Nilai sebaran klorofil 2019-2023

Bulan	Max	Min	Rata-rata
Januari	0.66	0.09	0.375
Februari	0.7	0.09	0.395
Maret	0.67	0.09	0.38
April	0.76	0.08	0.42
Mei	0.72	0.08	0.4
Juni	0.68	0.08	0.38
Juli	0.51	0.08	0.295
Agustus	0.51	0.09	0.3
September	0.61	0.08	0.345
Oktober	1.47	0.13	0.8
November	1.09	0.09	0.59
Desember	1.87	0.14	1.005

Lampiran 4. Nilai sebaran suhu permukaan laut (2019-2023)

Bulan	Max	Min	Rata-rata
Januari	29.22	26.49	27.855
Februari	29.93	28.83	29.38
Maret	30.55	29.77	30.16
April	30.31	29.6	29.955
Mei	30.74	30.12	30.43
Juni	30.92	29.89	30.405
Juli	30.75	29.73	30.24
Agustus	30.52	29.73	30.125
September	30.3	29.68	29.99
Oktober	30.13	29.32	29.725
November	30.7	29.28	29.99
Desember	29.75	27.33	28.54

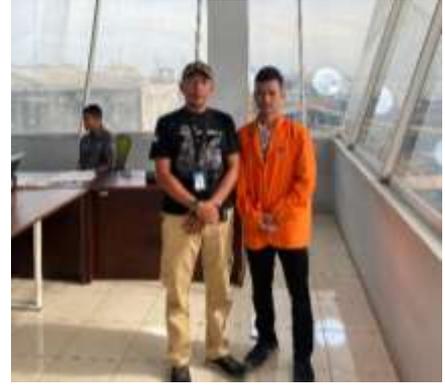
Lampiran 5. Sebaran Salinitas (2019-2023)

Bulan	Max	Min	Rata-rata
Januari	33.02	28.95	30.985
Februari	33.51	29	31.255
Maret	33.5	28.6	31.05
April	32.91	28.86	30.885
Mei	33.19	28.45	30.82
Juni	33.63	29.76	31.695
Juli	32.54	29.21	30.875
Agustus	32.88	28.8	30.84
September	32.54	29.88	31.21
Oktober	32.04	28.69	30.365
November	31.8	28.92	30.36
Desember	32.2	27.4	29.8

Lampiran 6. Dokumentasi kegiatan penelitian



Ketua tim kerja kesyahbandaran



Pembimbing lapangan



Pendataan ikan



Pengambilan data Logbook



Ikan selar (*Selaroides* sp)



Ikan tongkol (*Euthynnus* sp)

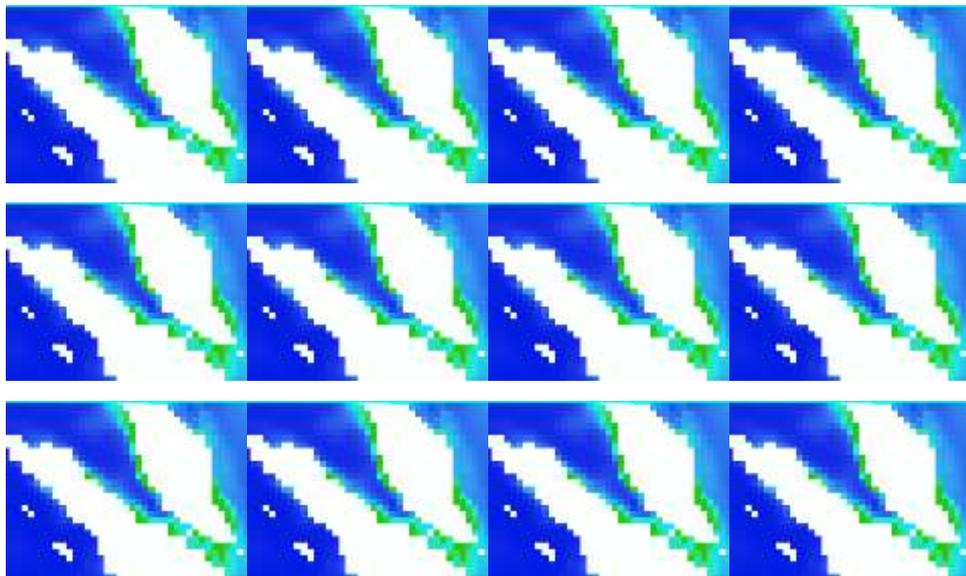


Ikan kembung (*Rsatrelliger* sp)

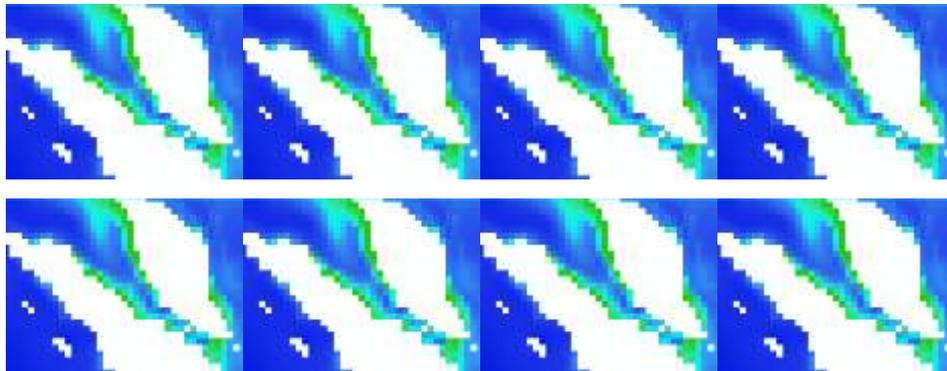


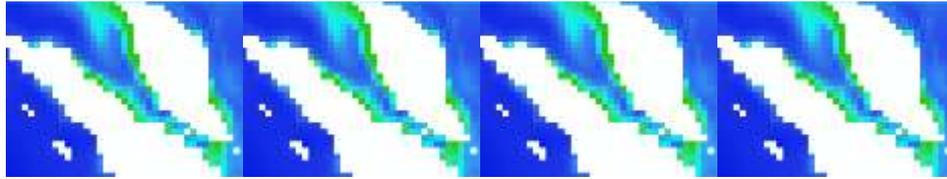
Ikan layang (*Decapterus* spp)

Lampiran 7. Klorofil-a Januari-Desember 2019

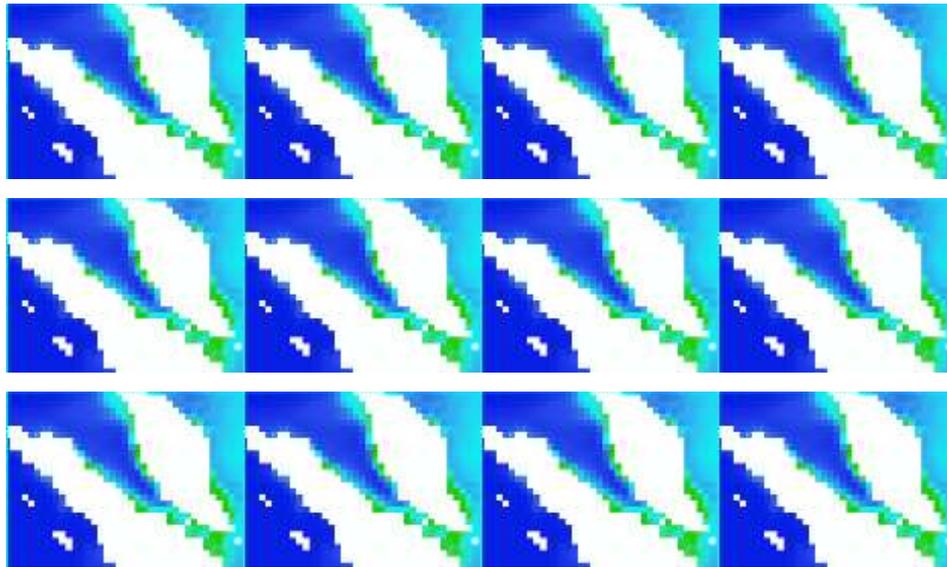


Lampiran 8. Klorofil-a 2020

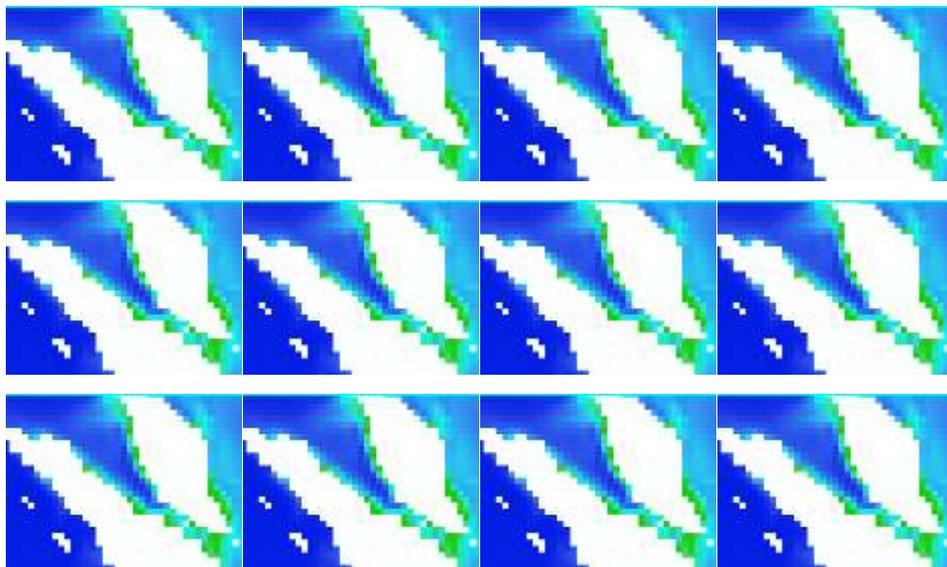




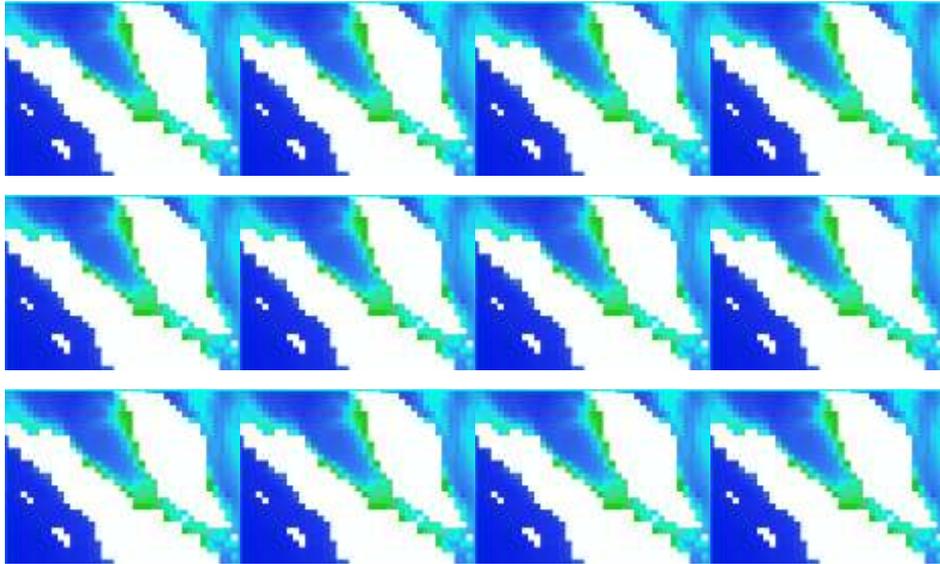
Lampiran 9. Klorofil-a 2021



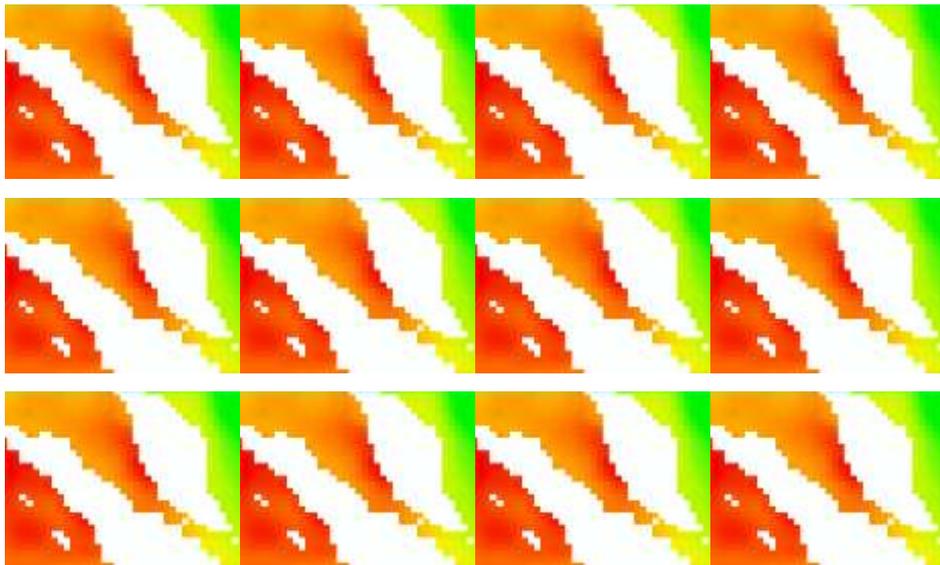
Lampiran 10. Klorofil-a 2022



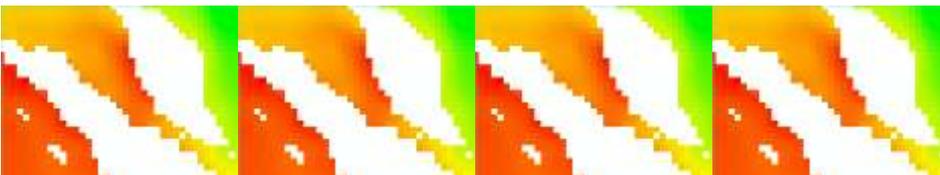
Lampiran 11. Klorofil-a 2023

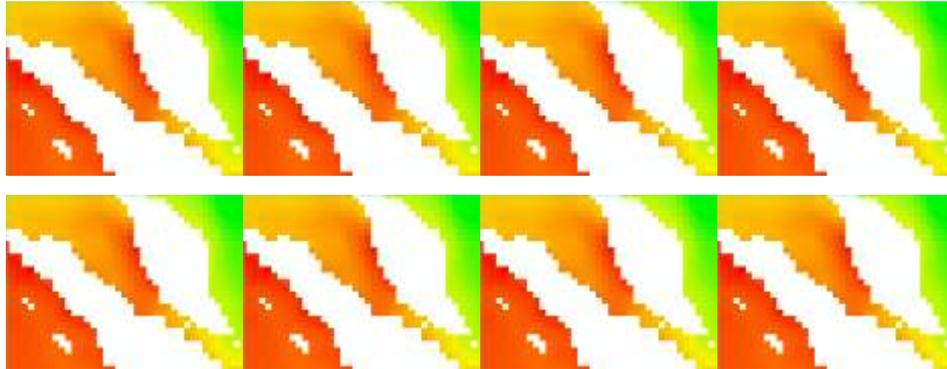


Lampiran 12. Suhu Permukaan Laut 2019

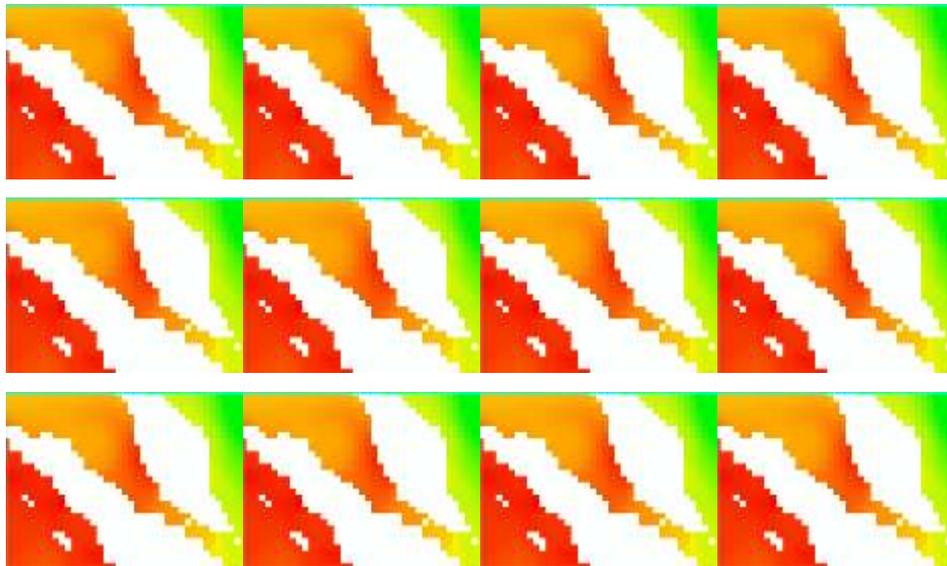


Lampiran 13. Suhu Permukaan Laut 2020

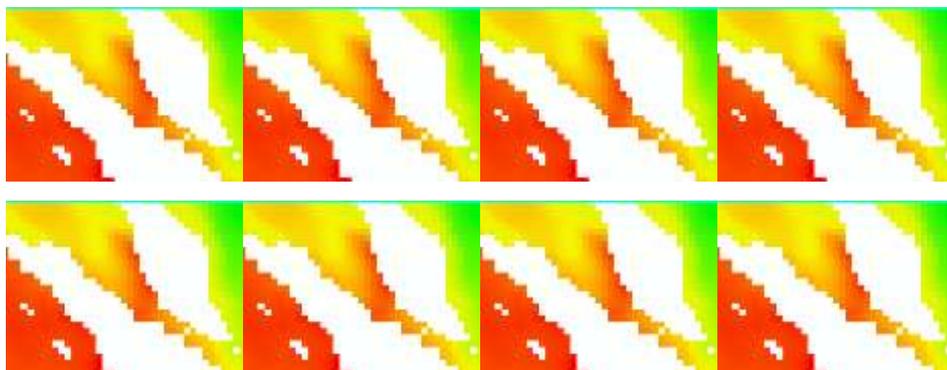


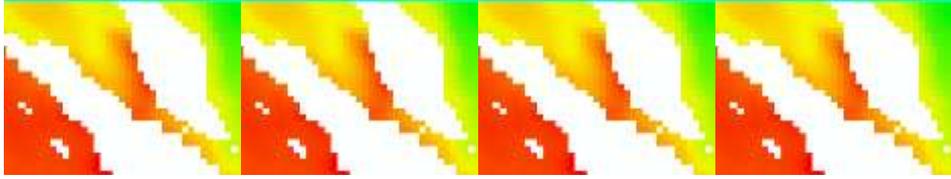


Lampiran 14. Suhu Permukaan Laut 2021

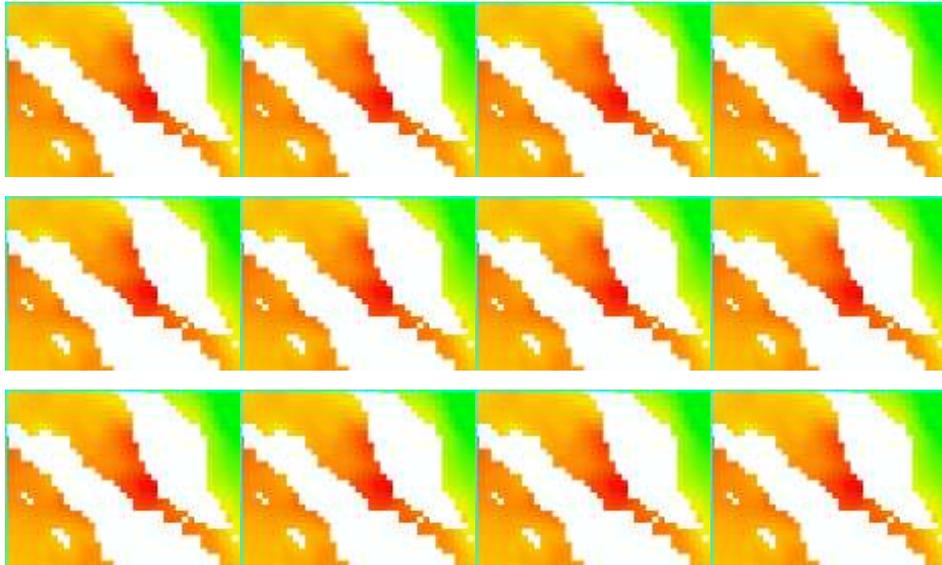


Lampiran 15. Suhu Permukaan Laut 2022

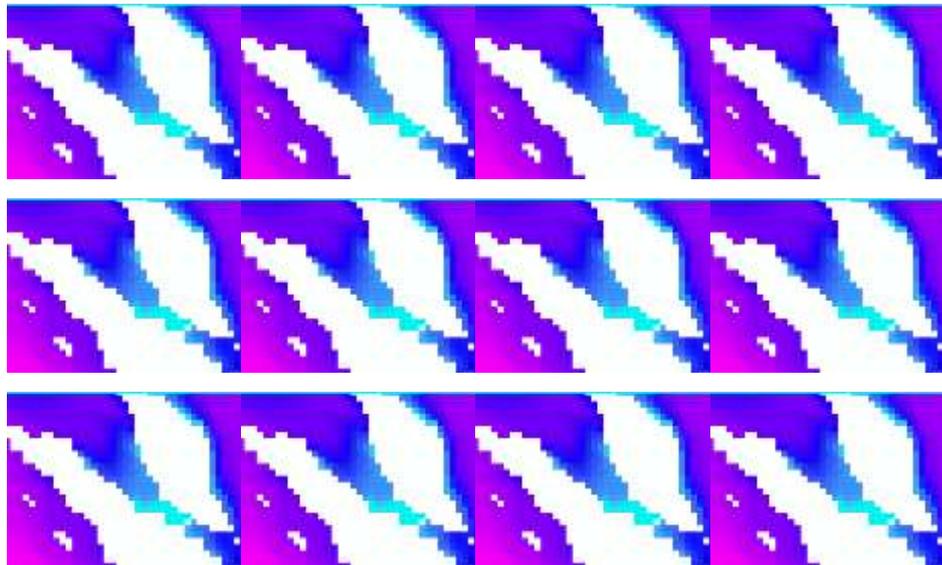




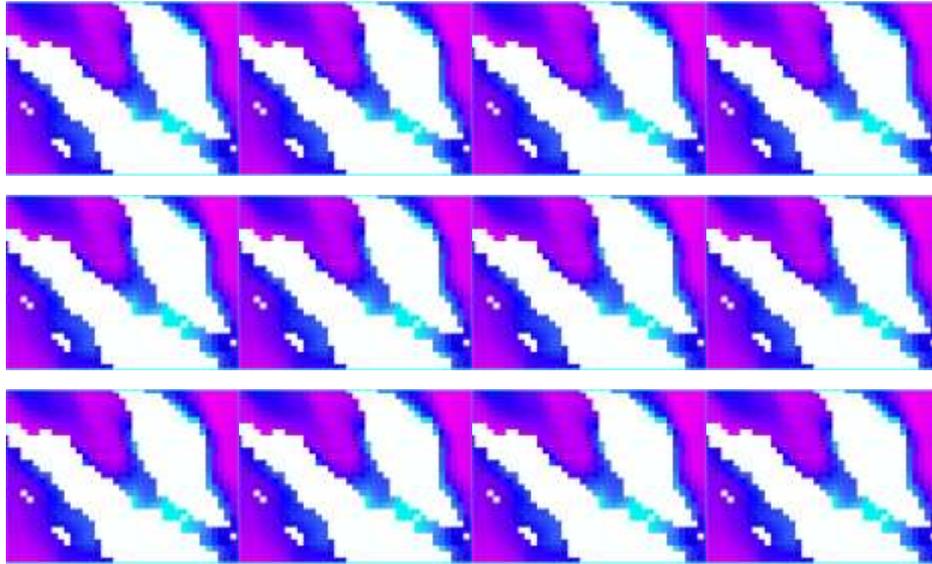
Lampiran 16. Suhu Permukaan Laut 2023



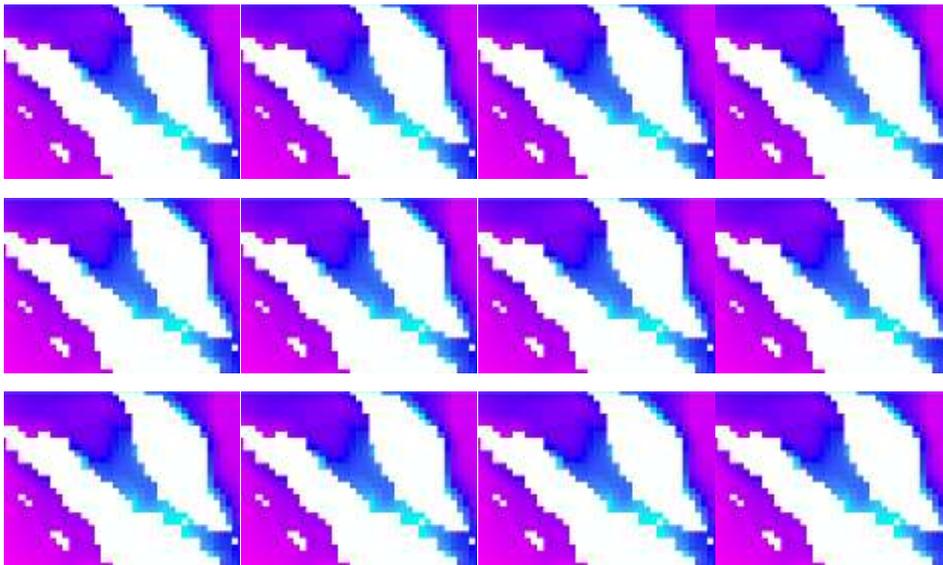
Lampiran 17. Salinitas Perairan 2019



Lampiran 18. Salinitas Perairan 2020

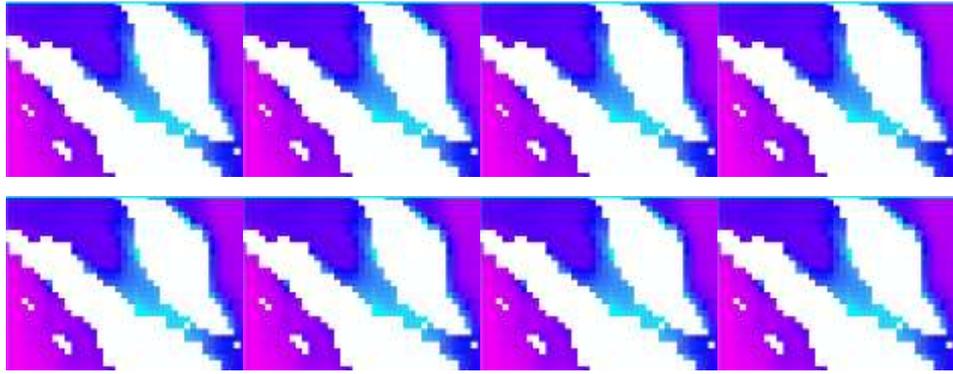


Lampiran 19. Salinitas Perairan 2021



Lampiran 20. Salinitas Perairan 2022





Lampiran 21. Salinitas Perairan 2023

