

**Aplikasi Teknologi
Akustik dan Satelit Oseanografi
untuk Pemanfaatan
Sumber Daya Perikanan**

deepublish / publisher

UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Safruddin
Mukti Zainuddin

**Aplikasi Teknologi
Akustik dan Satelit Oseanografi
untuk Pemanfaatan
Sumber Daya Perikanan**

 **deepublish**
glorify and develop the intellectual of human's life

**APLIKASI TEKNOLOGI AKUSTIK DAN SATELIT OSEANOGRAFI UNTUK
PEMANFAATAN SUMBER DAYA PERIKANAN**

**Safruddin
Mukti Zainuddin**

Desain Cover :
Nama

Sumber :
Link

Tata Letak :
Amira Dzatin Nabila

Proofreader :
Mira Muarifah

Ukuran :
xvi, 114 hlm, Uk: 15.5x23 cm

ISBN :
No ISBN

Cetakan Pertama :
Bulan 2021

Hak Cipta 2021, Pada Penulis

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Copyright © 2021 by Deepublish Publisher
All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

PENERBIT DEEPUBLISH
(Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA)

Anggota IKAPI (076/DIY/2012)

Jl.Rajawali, G. Elang 6, No 3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman

Jl.Kaliurang Km.9,3 – Yogyakarta 55581

Telp/Faks: (0274) 4533427

Website: www.deepublish.co.id

www.penerbitdeepublish.com

E-mail: cs@deepublish.co.id

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Allah Swt., karena dengan rahmat dan karunia-Nya jualah sehingga Buku Teks *APLIKASI TEKNOLOGI AKUSTIK DAN SATELIT OSEANOGRAFI UNTUK PEMANFAATAN SUMBER DAYA PERIKANAN* dapat diselesaikan.

Buku ini memberi gambaran tentang teknologi hidroakustik yang umumnya digunakan mengkaji estimasi stok ikan di suatu wilayah perairan. Informasi kondisi stok ikan yang sesuai dengan keadaan di lapangan sangat dibutuhkan untuk pengelolaan sumber daya perikanan secara berkelanjutan. Pada sisi lain dinamika kondisi oseanografi di perairan dipantau dengan menggunakan satelit oseanografi untuk mencari habitat optimum sehingga dapat diprediksi zona potensial penangkapan ikan berdasarkan ruang (*spatial*) dan waktu (*temporal*).

Kami sampaikan terima kasih kepada semua pihak, yang telah membantu dalam penyusunan buku ini terutama kepada LP2M UNIVERSITAS HASANUDDIN dan RISTEKDIKTI yang telah mengamanatkan beberapa kegiatan penelitian kepada kami antara lain hibah penelitian internal Universitas Hasanuddin (Postdoct, Penelitian Benua Maritim Indonesia Spesifik (BMIS) dan Penelitian Dasar Unhas (PDU) dan Hibah penelitian Desentralisasi seperti Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT) dan Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT).

Buku ini patut menjadi pegangan bagi siapa saja yang terlibat dalam sektor perikanan tangkap. Layak dibaca terutama bagi

akademisi karena buku ini dapat dijadikan sebagai salah satu referensi yang mendukung beberapa mata kuliah di Program Studi Pemanfaatan Sumber Daya Perikanan seperti Pengindraan Jauh Perikanan Tangkap, Oseanografi Perikanan, Daerah Penangkapan Ikan, dan Sistem Informasi Perikanan Tangkap.

Makassar, Februari 2021

Tim Penyusun.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I. PENGANTAR.....	1
1.1. Sejarah Indraja Perikanan Tangkap.....	1
1.2. Permasalahan	11
1.3. Ruang Lingkup.....	13
BAB II. SUMBER DAYA IKAN LAUT.....	16
2.1. Ikan Pelagis Kecil.....	19
2.2. Ikan Pelagis Besar	23
2.3. Ikan Demersal.....	27
BAB III. MENGENAL TEKNOLOGI HIDROAKUSTIK.....	31
3.1. Sudut Renang Ikan	32
3.2. Kekuatan Target Ikan.....	36
BAB IV. IDENTIFIKASI DAN ESTIMASI STOK IKAN.....	48
4.1. Identifikasi Morfologi <i>Echotraces</i>	48
4.2. Aplikasi Teknologi Akustik untuk Pemanfaatan Sumber Daya Ikan	51
4.3. Estimasi Stok Ikan	57
BAB V. KONDISI LINGKUNGAN LAUT DARI PERSPEKTIF SATELIT OSEANOGRAFI	67
5.1. Kondisi Oseanografi di Perairan Indonesia	67

5.2. Wilayah Pengelolaan Perikanan 713	73
5.3. Daerah Penangkapan Ikan Pelagis Besar di WPP 713.....	75
BAB VI. PEMETAAN ZONA POTENSIAL PENANGKAPAN IKAN (STUDI KASUS TELUK BONE DAN SEKITARNYA).....	85
6.1. Aplikasi Satelit Oseanografi untuk Perikanan Tangkap.....	85
6.2. Pemetaan Zona Potensial Penangkapan Ikan Pelagis Besar.....	87
BAB VII. PENUTUP.....	99
DAFTAR PUSTAKA	100
TENTANG PENULIS.....	113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Kronologis Kejadian Utama Perkembangan Teknologi Hidroakustik untuk Ilmu Akustik Perikanan.....	4
Gambar 1.2.	Teknologi Satelit Oseanografi untuk Pemanfaatan Sumber Daya Ikan Laut.....	6
Gambar 1.3.	Timeline Perkembangan Sejarah Singkat <i>Software</i> SIG sampai dengan Tahun 2005	8
Gambar 2.1.	Wilayah Perairan Republik Indonesia dan Sekitarnya. Profil Kedalaman Perairan secara Horizontal juga Ditunjukkan.....	16
Gambar 2.2.	Tren Potensi Sumber Daya Ikan di Indonesia	18
Gambar 2.3.	Ikan Pelagis Kecil (dari atas): Layang, Tembang, Selar, Kembung dan Kuweh.....	21
Gambar 2.4.	Bagan-Bagan Rambo, Banyak Digunakan Nelayan Sulawesi Selatan (Luwu, Palopo, dan Barru). Target Tangkapannya adalah Ikan-ikan Pelagis Kecil.....	22
Gambar 2.5.	Ikan Pelagis Besar (dari atas): Albakora, Tuna Sirip Biru, Cakalang, Madidihang, Tuna Mata Besar	24
Gambar 2.6.	Huhate (<i>Pole and line</i>) Digunakan untuk Menangkap Ikan Pelagis Besar (Cakalang dan Tuna Madidihang).....	25

Gambar 2.7. Ikan Demersal (dari atas): Baronang (<i>Siganus</i> sp), Kakap (<i>Lates</i> sp), dan Kerapu (<i>Epinephelus</i> sp).....	27
Gambar 2.8. Alat Tangkap Cantang yang Digunakan untuk Pemanfaatan Sumber Daya Ikan Demersal	28
Gambar 3.1. Definisi Sudut Renang Ikan. Sudut Renang Positif Apabila Posisi Ikan dalam Keadaan Kepala ke Arah Atas (<i>head-up</i>) dan Negatif Apabila Kepala Ikan ke Arah Bawah (<i>head-down</i>).....	34
Gambar 3.2. Pengukuran Sudut Renang Ikan dalam Bak Air (<i>water tank</i>). (1) Kamera, (2) <i>Specimen</i> , (3) Titik Acuan, dan (4) Sudut Renang Ikan. Video Kamera Diletakkan di Bagian Depan.....	35
Gambar 3.3. Komponen dan Desain Pengukuran Kecepatan Suara Berdasarkan Teori pada Tahapan Mengukur Kekuatan Target Ikan Secara Teoretis.....	41
Gambar 3.4. Pengukuran Kekuatan Target Ikan dalam Bak Air (<i>water tank</i>) dengan Sistem Rotasi. Sudut Renang Positif Apabila Posisi Ikan <i>Head-up</i> dan Negatif Apabila <i>Head-down</i>	43
Gambar 3.5. Pengukuran Kekuatan Target Ikan dengan Menggunakan Waring Berbentuk Kubus. <i>Transducer</i> Dipasang di Bagian atas yang Dilengkapi dengan Baterai dan Kamera untuk	

	Mengambil Gambar Sudut Renang Ikan yang Masuk dalam <i>Cage</i>	44
Gambar 3.6.	Contoh Tampilan <i>Echogram</i> . Terlihat Perbedaan Rekaman Ikan dan Plankton	45
Gambar 3.7.	Orientasi Renang Ikan <i>Sandeel</i> . Exp. C (<i>Sandeel</i> yang Diletakkan dalam <i>Cage</i> pada Kedalaman 20 m) sedangkan pada Exp. D (<i>Sandeel</i> Diletakkan dalam Bak Air (Water Tank)	45
Gambar 3.8.	Tampilan Laman Website Echoview (atas) dan BioSonics (bawah).....	46
Gambar 3.9.	Tampilan <i>Echogram</i> (kiri) dan Nilai TS (kanan) Ikan Secara Langsung pada Saat Survei Lapangan.....	47
Gambar 4.1.	Model <i>Echotraces</i> Ikan: (a–c) Common Sardine; (b) Mote; (c) Anchovy dan (d) Jack Mackerel.....	49
Gambar 4.2.	Model <i>Echotraces</i> Ikan <i>Japanese Sandeel</i> pada Dual Frekuensi. Survei Dilakukan di Pantai Utara Hokkaido, Jepang dengan Menggunakan SIMRAD EK-60 dengan Frekuensi 38 dan 120 kHz.....	50
Gambar 4.3.	Morfologi <i>Echotraces</i> Ikan Pelagis Berdasarkan Klasifikasi TS.....	51
Gambar 4.4.	Rekaman Kelompok Ikan Herring dengan Menggunakan SONAR Simrad SA950. Warna Merah Menunjukkan Intensitas Ikan Tertinggi.....	52

Gambar 4.5.	Simrad PI SeineSounder yang Dipasang di Tali Ris pada <i>Trawl</i> . Alat ini Menyediakan Informasi (A) Kedalaman Alat Tangkap dan (B) Posisi Jaring dari Dasar Perairan	53
Gambar. 4.6.	Sebuah Kapal Tuna <i>Purse Seiner</i> dengan Benda Terapung (<i>drifting floating objects</i>) yang Dilengkapi dengan Radio atau Satelit Beacons Sehingga Dapat Di- <i>tracking</i> Posisi Benda Tersebut di Atas Kapal.....	54
Gambar 4.7.	Hasil Rekaman <i>Echosounder</i> dari <i>Screen</i> Komputer, Menunjukkan Biomassa Ikan Di bawah FADs yang Diamati dengan <i>Echosounder Buoy</i>	54
Gambar 4.8.	<i>Monitoring</i> Perubahan Ekosistem dengan Metode Akustik.....	55
Gambar 4.9.	Pengamatan Tingkah Laku Tuna dengan Metode Akustik untuk Bidang Penangkapan Ikan	55
Gambar 4.10.	Diagram Sinoptik Menggambarkan Pengumpulan Berbagai Jenis Data Akustik dari <i>Purse Seine</i> Tuna (Sonar dan <i>Echosounder</i>). <i>Echogram</i> yang Terkait dengan Masing-Masing Alat.....	56
Gambar 4.11.	Model Survei Akustik; (a) Paralel, (b) Zig-zag, (c) Random (d) Kombinasi <i>Random</i> dan Paralel (kiri) dan Model <i>Transect Line</i> dari Kapal Survei Akustik yang Berpasangan (kanan).....	59

Gambar 4.12. Instrumen <i>Conductivity Temperature Depth</i> (CTD). Gambar Diambil Dalam Survei Lapangan dengan Menggunakan Kapal Latih "Ushio Maru" Hokkaido University Tahun 2012.....	60
Gambar 4.13. Peralatan Akustik untuk Merekam Ikan dan Dasar Perairan, Serta <i>Monitoring</i> Alat Tangkap dalam Kolom Perairan.....	63
Gambar 4.14. Rekaman Vertikal untuk Sonar, Integrasi <i>Echo</i> , dan <i>Trawl</i> Dasar Selama Survei Estimasi Kelimpahan Ikan.....	63
Gambar 4.15. Perbandingan Rata-rata Densitas Ikan Demersal secara <i>Temporal</i> Hasil Deteksi Akustik dan <i>Trawl</i>	64
Gambar 4.16. Perbandingan Densitas Ikan Demersal Secara <i>Spasial</i> , Hasil Deteksi Akustik (atas) dan <i>Trawl</i> (bawah).....	65
Gambar 4.17. <i>Echogram</i> (atas), Kecepatan Arus Vertikal (tengah), dan Kecepatan Arus secara Horizontals (bawah).....	66
Gambar 5.1. Aliran Air Lintas Indonesia dan Estimasi Total Volume Air yang Dipindahkan dalam 10^3 m/detik.....	69
Gambar 5.2. Lautan Indonesia yang Di- <i>overlay</i> di atas Profil Kedalaman Perairan (m). Aliran Arlindo Ditunjukkan dengan Panah Merah.....	70

Gambar 5.3.	Rata-rata Suhu Permukaan Laut dan Pola Angin pada Bulan Februari (atas) dan Juli (bawah) di Perairan Indonesia.....	72
Gambar 5.4.	Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia.....	73
Gambar 5.5.	Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia 713.....	74
Gambar 5.6.	Sebaran SPL dari Citra Satelit AQUA/MODIS pada bulan Januari s.d. April 2019 di WPP 713.....	77
Gambar 5.7.	Sebaran Densitas Klorofil-a dari Citra Satelit Aqua/MODIS pada Bulan Januari s.d. April 2019 di WPP 713.....	81
Gambar 5.8.	Profil Kedalaman WPP 713 yang Di- <i>overlay</i> dengan Posisi Penangkapan pada Bulan Januari s.d. April 2019.....	84
Gambar 5.9.	Kondisi Oseanografi Optimum (SPL, Klorofil-a, dan Kedalaman Perairan) untuk Ikan Pelagis Besar WPP 713 (Teluk Bone dan Selat Makassar).....	84
Gambar 6.1.	Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan Januari di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.....	90
Gambar 6.2.	Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan Februari di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.....	90
Gambar 6.3.	Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan Maret di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.....	91

Gambar 6.4.	Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan April di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.....	92
Gambar 6.5.	Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan Mei di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.....	92
Gambar 6.6.	Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan Juni di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.....	93
Gambar 6.7.	Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan Juli di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.....	94
Gambar 6.8.	Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan Agustus di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.....	94
Gambar 6.9.	Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan September di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.....	95
Gambar 6.10.	Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan Oktober di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.....	96
Gambar 6.11.	Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan November di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.....	96
Gambar 6.12.	Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan Desember di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.....	97

desepublish / publisher

BAB I.

PENGANTAR

1.1. Sejarah Indraja Perikanan Tangkap

Perairan Indonesia adalah salah satu wilayah potensial untuk pemanfaatan sumber daya perikanan, hal ini disebabkan karena perairan ini merupakan lintasan migrasi ikan-ikan pelagis besar yang tidak lain adalah ikan ekonomis penting seperti kelompok tuna (*Thunnus* sp) dan cakalang (*Katsuwonus pelamis*). Keberadaan sumber daya ikan tersebut dapat dijadikan sebagai aset strategis untuk dimanfaatkan sebagai upaya pemakmuran masyarakat pesisir dan peningkatan perolehan pendapatan negara dari sektor perikanan dan kelautan.

Namun demikian dalam upaya pengembangan pemanfaatan sumber daya ikan laut tersebut secara berkelanjutan, ada banyak kendala yang ditemukan oleh pemangku kepentingan perikanan tangkap (*capture fisheries stakeholder*) termasuk ketersediaan data dan informasi tentang stok ikan, *monitoring* dinamika perubahan lingkungan laut, dan hubungannya dengan distribusi dan kelimpahan ikan berdasarkan ruang (*spatial*) dan waktu (*temporal*).

Masalah tersebut merupakan hal krusial dan tahapan kegiatan penting dan mendesak untuk segera dilakukan dan diselesaikan untuk menyediakan data dan informasi yang andal dan termuat dalam kerangka sistem informasi perikanan tangkap (*marine fisheries information system*) untuk pemanfaatan sumber daya ikan ekonomis penting tersebut. Selanjutnya, untuk pemanfaatan sumber

daya perikanan secara berkelanjutan maka diperlukan metode dengan pendekatan yang andal dengan menggunakan teknologi mutakhir dengan kualitas informasi yang disediakan lebih akurat.

Teknologi penginderaan jarak jauh (*remote sensing*) atau kadang juga disingkat INDRAJA adalah suatu metode untuk mengukur, mengidentifikasi, dan mencatat keberadaan suatu objek atau informasi dari jarak jauh. Hal ini dilakukan sebagai upaya memperoleh informasi tentang objek dari jarak jauh tanpa kontak langsung dengan objek. Teknologi penginderaan jauh telah diaplikasikan pada industri perikanan dunia baik dengan menggunakan peralatan hidroakustik (*acoustical remote sensing*) maupun dengan menggunakan teknologi satelit (*satellite remote sensing*) atau menggabungkan kedua teknologi ini untuk pemanfaatan sumber daya perikanan secara optimal.

Dalam rangka membangun sistem informasi perikanan tangkap yang tangguh maka kebutuhan aplikasi teknologi satelit *remote sensing*, akustik perikanan, dan survei data perikanan (*fisheries data*) di lapangan berbasis sistem informasi geografis (SIG), sangat diperlukan. Teknologi SIG digunakan untuk menggabungkan informasi lingkungan laut (kondisi oseanografi) berbasis citra satelit dengan informasi kegiatan perikanan tangkap (*fishing performance*) di laut dalam bentuk peta tematik. Selain itu, dukungan data yang andal tentang kondisi stok ikan yang menjadi target spesies (ikan ekonomis penting seperti ikan tuna, cakalang, tongkol, berbagai jenis ikan-ikan pelagis kecil, dan ikan demersal), dan *monitoring* perubahannya diperoleh dengan menggunakan teknologi hidroakustik.

1. Teknologi Hidroakustik

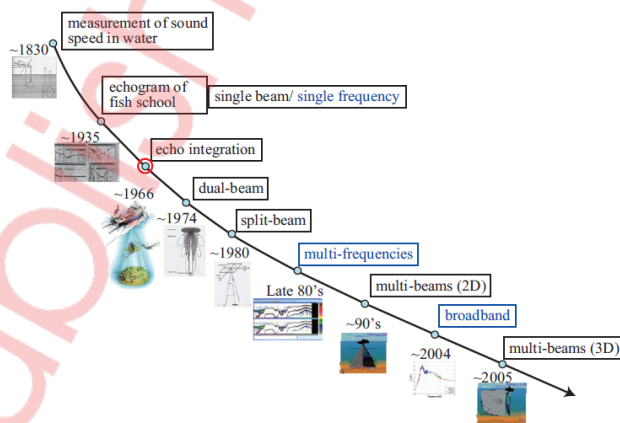
Teknologi hidroakustik merupakan suatu teknologi pendeteksian bawah air dengan menggunakan perangkat akustik (*acoustic instruments*), antara lain: *echosounder*, *fish finder*, sonar, dan atau ADCPs (*acoustic doppler current profilers*). Teknologi ini menggunakan suara atau bunyi untuk melakukan pendeteksian, sebagaimana diketahui bahwa kecepatan suara di air adalah 1.500 meter per detik, sedangkan kecepatan suara di udara hanya 340 meter per detik, sehingga teknologi ini sangat efektif untuk mendeteksi benda di bawah air.

Sejarah perkembangan ilmu akustik bawah air (*underwater sound*) dimulai pada tahun 1490 oleh ilmuwan terkenal Leonardo da Vinci dengan menggunakan tabung yang diselup dalam air untuk mendengar suara kapal pada jarak yang cukup jauh (Urlick, 1983). Selanjutnya kecepatan suara dalam air tawar sebesar 1.450 m/s, telah sukses diketahui oleh Colladon dan Sturm tahun 1827 (Simmonds and MacLennan, 2005).

Istilah "*echosounding*" diperkenalkan di tahun 1920-an. Selanjutnya, eksperimen yang sukses pertama kali mendeteksi ikan dengan metode akustik dilaporkan oleh Kimura tahun 1929 dengan menggunakan frekuensi 200 kHz. Kemudian tahun 1935, kemajuan baru dicapai dengan pengembangan hasil rekaman akustik yang dapat dicetak di atas kertas (MacLennan dan Simmonds, 1992). Simmonds dan MacLennan (2005) juga mencatat bahwa perkembangan yang sangat cepat terjadi selama perang dunia ke-II (tahun 1939–1945), di mana teknologi akustik dikembangkan oleh militer untuk tujuan perang terutama untuk mendeteksi kapal

selam. Metode akustik pertama kali digunakan untuk mengestimasi kelimpahan ikan terjadi di tahun 1950-an dengan cara yang sederhana, *echo counting*, yaitu menghitung setiap *echo* yang dipancarkan oleh ikan.

Secara garis besar perkembangan teknologi hidroakustik untuk bidang perikanan seperti yang diilustrasikan Gambar 1.1. Pada tahun 1960-an, revolusi dalam bidang ilmu komputer telah mempengaruhi hampir semua cabang ilmu, teknologi, bahkan kehidupan sehari-hari, dan teknologi digital mulai diaplikasikan untuk instrumen oseanografi. Sedangkan untuk bidang ilmu akustik perikanan, aplikasi teknologi integrasi *echo* (*echo-integration technology*) telah sukses mentrasformasikan informasi akustik dari kualitatif menjadi hasil survei akustik perikanan secara kuantitatif misalnya pengamatan agregasi ikan untuk mengestimasi kelimpahan atau biomassa (Chu, 2011).



Gambar 1.1. Kronologis Kejadian Utama Perkembangan Teknologi Hidroakustik untuk Ilmu Akustik Perikanan (Chu, 2011).

Kemudian berkembanglah instrumen hidroakustik yang dikenal dengan nama Sistem *Sound and Navigation Ranging* (SONAR) baik sonar dengan pancaran suara secara horizontal maupun *echosounder* (dengan pancaran suara secara vertikal) dengan sistem akustik menggunakan *dual-beam*, *split-beam*, dan *multi-beam*, yang diikuti dengan sistem multi-frekuensi, *multi-beams* (2 dimensi), *broadband*, dan pada tahun 2005 pertama kali diperkenalkan *multi-beams* untuk 3 dimensi (Gambar 1.1).

Bila dibandingkan dengan metode lainnya dalam hal estimasi atau pendugaan stok ikan, teknologi hidroakustik memiliki kelebihan, antara lain.

- a. Informasi pada areal yang dideteksi dapat diperoleh secara cepat (*real time*) dan secara langsung di wilayah deteksi (*in situ*).
- b. Kelebihan lain adalah tidak perlu bergantung pada data statistik dan tidak berbahaya atau merusak objek yang diteliti (*friendly*), karena pendeteksian dilakukan dari jarak jauh dengan menggunakan suara (*underwater sound*).

Hingga sekarang, teknologi hidroakustik ini belum banyak digunakan pada sektor kelautan dan perikanan di Indonesia khususnya nelayan-nelayan tradisional yang notabene pelaku utama perikanan tangkap di perairan Indonesia. Sebaliknya, perusahaan besar sektor kelautan dan perikanan telah mulai memanfaatkan teknologi ini untuk kegiatan eksplorasi dalam upaya eksploitasi sumber daya perikanan laut secara optimal.

Teknologi akustik terus berkembang seiring dengan tuntutan kebutuhan untuk memahami perubahan stok ikan pada

satu kawasan pengelolaan perairan dan dinamika kondisi lingkungan laut termasuk menyediakan informasi untuk pengelolaan sumber daya perikanan laut dan *monitoring* perubahan ekosistem lingkungan laut.

2. Teknologi satelit oseanografi

Kemajuan teknologi juga dapat dilihat dalam bidang pemetaan (*mapping*) lingkungan laut, di mana teknologi pemetaan untuk sekarang ini sudah menggunakan jasa yang disediakan oleh penginderaan jauh berbasis satelit. Hal ini sangat memudahkan pengguna untuk mendapatkannya. Data satelit oseanografi seperti satelit AQUA dengan sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) seperti yang terlihat pada Gambar 1.2 dan SeaWiFS (*Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor*) dapat di-*download* langsung melalui laman <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>. Selanjutnya, informasi dari data citra satelit oseanografi dapat dipetakan dengan menggunakan teknis sistem informasi geografis misalnya dengan menggunakan *software* ArcGIS (ASRI, USA).



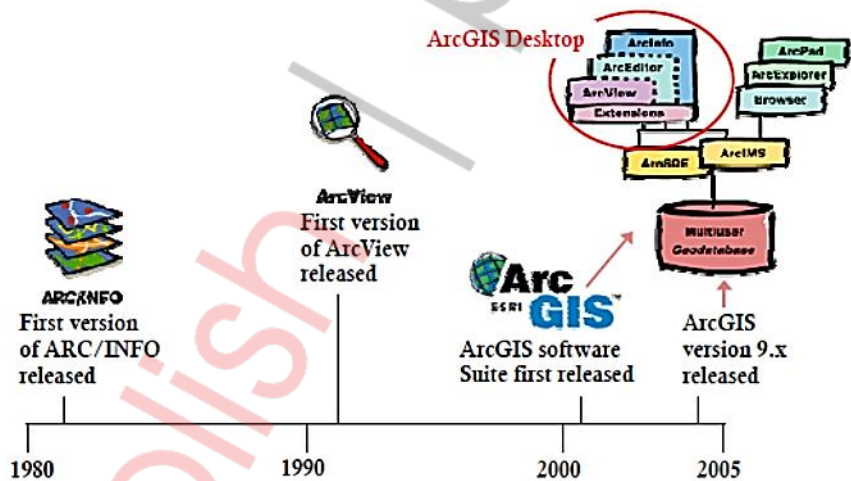
Gambar 1.2. Teknologi Satelit Oseanografi untuk Pemanfaatan Sumber Daya Ikan Laut (Satelit AQUA dengan Sensor MODIS).

Pemetaan juga dikenal dengan istilah Sistem Informasi Geografis (SIG) yang semakin populer seiring dengan kemajuan teknologi informasi. Sistem Informasi Geografi atau dalam Bahasa Inggris disebut *Geographic Information System* (GIS) adalah suatu sistem informasi yang dirancang untuk bekerja dengan data yang bereferensi spasial atau berkoordinat geografi. Sistem informasi geografis dapat memadukan antara data grafis (*spasial*) dengan data teks (*atribute*) objek yang dihubungkan secara geografis di bumi (*georeference*). Dalam hal ini SIG telah mengubah prosedur dalam teknologi pemetaan dari cara kerja analog ke cara kerja digital, oleh karena itu dengan SIG, perubahan tersebut dapat meningkatkan kualitas informasi yang dihasilkan (Gambar 1.3).

Sistem informasi geografis pertama kali diperkenalkan di Indonesia pada tahun 1972. Keberadaan istilah sistem informasi geografis seperti yang dikenal saat ini dicetuskan oleh Majelis Umum dari International Geographical Union di Kota Ottawa, Kanada pada tahun 1967. Selanjutnya dikembangkan oleh Roger Tomlinson, yang kemudian disebut CGIS (Canadian GIS atau diartikan SIG Kanada). Canadian-GIS digunakan untuk menyimpan, menganalisa, dan mengolah data yang dikumpulkan untuk inventarisasi daratan negara Kanada (CLI-Canadian Land Inventory) yang merupakan sebuah inisiatif untuk mengetahui kemampuan lahan di wilayah pedesaan Kanada dengan memetakan berbagai informasi pada tanah, pertanian, pariwisata, alam bebas, unggas dan penggunaan tanah pada skala 1 : 250000 (Ramadhan, 2013).

Sejak saat itu, Sistem Informasi Geografis berkembang di beberapa benua terutama Benua Amerika, Benua Eropa, Benua

Australia, dan Benua Asia. Seperti di negara-negara yang lain, teknologi SIG di Indonesia dimulai di lingkungan pemerintahan dan militer. Perkembangan SIG menjadi pesat semenjak di ditunjang oleh sumber daya yang bergerak di lingkungan akademis (kampus). Dalam sejarahnya penggunaan SIG modern (berbasis komputer, digital) dimulai sejak tahun 1960-an. Pada saat itu untuk menjalankan perangkat SIG diperlukan *computer mainframe* khusus dan mahal. Dengan perkembangan *computer PC*, kecanggihan CPU, dan semakin murahnya memori, sekarang SIG tersedia bagi siapa pun dengan harga murah.



Gambar 1.3. Timeline Perkembangan Sejarah Singkat *Software SIG* sampai dengan Tahun 2005 (www.esri.com).

Teknologi penginderaan jauh satelit oseanografi dalam perkembangannya tidak terlepas dari sistem informasi geografis. Sistem informasi geografis adalah alat dengan sistem komputer

yang digunakan untuk memetakan kondisi lingkungan dan peristiwa yang terjadi di muka bumi. Teknologi SIG ini dapat mengintegrasikan sistem operasi *database* seperti *query* dan analisis statistik dengan berbagai keuntungan analisis geografis yang ditawarkan dalam bentuk peta. Dengan kemampuan pada sistem informasi pemetaan (informasi spasial) yang membedakannya dengan sistem informasi lain seperti *database* dan internet, maka SIG banyak digunakan oleh masyarakat, pengusaha dan instansi untuk menjelaskan berbagai peristiwa, memprediksi hasil dan perencanaan strategis (Environmental Systems Research Institute, ESRI). Sistem Informasi Geografis memiliki kapabilitas menghubungkan berbagai lapisan data di suatu titik yang sama pada tempat dan waktu tertentu, mengombinasikan, menganalisis data tersebut dan memetakan hasilnya (Zainuddin, 2006). Teknologi ini juga dapat mendeskripsikan karakteristik objek pada peta dan menentukan posisi koordinatnya, melakukan *query* dan analisis spasial serta mampu menyimpan, mengelola, meng-*update* data secara terorganisir dan efisien.

Salah satu metode yang andal digunakan untuk penentuan daerah penangkapan ikan (*fishing ground*) adalah melalui analisis data citra satelit dan verifikasi atau dukungan data lapangan dan data yang telah ada. Hasil pengamatan satelit kemudian dipetakan dengan teknik SIG. Teknik SIG ini menggabungkan berbagai informasi perikanan dan kelautan yang diperlukan untuk menciptakan peta distribusi dan kelimpahan ikan (Fisher, 2007).

Data citra satelit *remote sensing* dapat digunakan untuk memonitor kondisi dan karakteristik lingkungan laut secara reguler

dan sistematis. Data tersebut dapat berupa suhu permukaan laut, kecepatan arus, konsentrasi klorofil-a, topografi permukaan dan dasar laut, tingkat kekeruhan, produktivitas primer. Data ini bila diintegrasikan dengan data penangkapan ikan seperti koordinat posisi, jenis dan jumlah hasil tangkapan dapat digunakan untuk mempelajari distribusi, migrasi dan kelimpahan ikan. Hasil ini kemudian dipetakan dengan SIG sehingga menghasilkan informasi yang efektif, akurat dan relevan dengan kebutuhan pengguna. Bahkan untuk menentukan atau memilih lokasi budidaya ikan, udang dan rumput laut sangat membutuhkan informasi lingkungan laut yang akurat dan cepat. Dengan ada sistem informasi perikanan laut maka zona potensi penangkapan ikan dapat dideteksi, diidentifikasi dan diprediksi secara ruang (*spatial*) dan waktu (*temporal*) sehingga pelaku perikanan tangkap dapat mengatur kalender penangkapan ikan.

Satelit *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) merupakan satelit meteorologi seri ke-3 milik Pemerintah Amerika Serikat. Sebelumnya, Satelit Seri-1 (TIROS, *Television and Infra Red Observation Satellite*) dan Satelit Seri-2 (IOS, *Infra Red Observation Satellite*). Sekarang ini, NOAA memiliki 6 sensor yaitu *Advanced Very High Resolution* (AVHRR), *Tiros Operational Vertical Sonde* (TOVS), *High Resolution Infrared Sounder* (merupakan bagian dari TOVS), *Data Collection System* (DCS), *Space Environment Monitor* (SEM), dan *Search and Rescue Satellite System* (SARSAT).

Satelit NOAA digunakan untuk memperoleh informasi mengenai keadaan fisik lautan/samudera dan atmosfer. Dari ke

enam sensor, sensor AVHRR adalah sensor yang tepat digunakan untuk mengamati kondisi permukaan bumi. Data AVHRR dari Satelit NOAA dapat digunakan untuk menganalisis berbagai parameter yang berkaitan dengan bidang hidrologi, oseanografi, hingga meteorologi. Tidak hanya itu, penggunaannya dapat pula diaplikasikan untuk *monitoring* vegetasi hingga kebakaran hutan, dan untuk ekstraksi berbagai data. Hal ini memungkinkan mengingat karakteristik Data AVHRR yang dihasilkan dari 5 saluran dengan panjang tertentu dan area sapuannya yang cukup luas (2.590 km). Aplikasi penggunaan Satelit NOAA di Indonesia tentu akan sangat bermanfaat mengingat karakteristik Indonesia sebagai negara yang memiliki perairan luas. Sensor AVHRR ini dapat dimanfaatkan untuk eksplorasi sumber daya laut yang ada di Indonesia seperti menentukan lokasi potensial penangkapan ikan (<https://pgsp.big.go.id/satelit-noaa/>, diakses 23 Juli 2019).

1.2. Permasalahan

Kerangka *Ecosystem Approach to Fisheries* (EAF) telah diperkenalkan dan dikembangkan untuk mencapai kesejahteraan manusia dan kelestarian ekosistem laut (Garcia *et al.*, 2003). Sebelumnya konsep pengelolaan perikanan tangkap yang bertanggungjawab telah termuat dalam buku terbitan FAO pada tahun 1995 yang dikenal dengan istilah *Code of Conduct for Responsible Fisheries* (CCRF).

Dalam upaya memahami dan memperbaiki kompleksitas pengelolaan perikanan maka sangat penting untuk belajar tentang kondisi alami dalam ketidakmenentuan kelimpahan stok ikan dan

tentunya pengaruh perubahan lingkungan laut (Rothschild *et al.*, 2005). Pendugaan stok ikan merupakan komponen kunci pada EAF, oleh karena itu keakuratan dari status stok di lingkungan perairan tertentu adalah hal yang krusial untuk pengelolaan perikanan tangkap. Untungnya, kondisi tersebut bertepatan dengan berkembangnya teknik dalam bidang teknologi akustik perikanan yang menyediakan hasil pengukuran stok ikan yang lebih menjanjikan dan dapat diandalkan (Koslow, 2009).

Telah lama diketahui bahwa keberadaan ikan di perairan dapat dideteksi melalui refleksi gelombang suara yang dipancarkan dari berbagai jenis peralatan dari sistem *Sound and Navigation Ranging* seperti sonar dan *echosounder*. Penggunaan teknologi akustik telah memberikan dampak yang besar pada penangkapan ikan ekonomis penting. Teknologi sonar dan *echosounder* telah digunakan secara rutin oleh industri perikanan dunia untuk mencari konsentrasi ikan yang menguntungkan untuk dilakukan operasi penangkapan ikan (MacLennan and Simmonds, 1992).

Dalam penelitian perikanan, juga penggunaan teknologi akustik menjadi sangat penting selama beberapa tahun terakhir seperti *monitoring* ekosistem laut sebagai salah satu isu utama dalam perubahan ekosistem global, kelebihan eksploitasi dari spesies ikan tertentu akan berdampak pada perubahan signifikan dalam populasi sumber daya perairan lainnya serta fungsi, dan struktur dalam ekosistem (Demer *et al.*, 2009).

Pada sisi lain, masalah utama yang dihadapi pelaku perikanan tangkap adalah menentukan daerah potensial penangkapan ikan ekonomis penting secara *spatial* dan *temporal*. Pada hal penentuan

daerah penangkapan ikan (*fishing ground*) dan pola migrasi ikan tahunan dapat dengan cepat dan akurat dilakukan dengan mengombinasikan data survei lapangan seperti penggunaan instrumen hidroakustik (*echosounder* atau sonar) dan data citra satelit oseanografi (suhu permukaan laut, klorofil-a, arah dan kecepatan arus, dan parameter oseanografi lainnya).

Data tersebut sangat bermanfaat khususnya untuk mengkaji daerah potensial penangkapan ikan pada wilayah yang luas dan cepat. Hasil analisis dengan teknik statistik mutakhir (Hastie and Tibshirani (1990); Faraway (2006)) seperti aplikasi *Generalized Additive Models* (GAMs) dan *Generalized Linear Models* (GLMs) terhadap kedua data tersebut kemudian dapat divisualisasikan dengan sistematis dan detail dalam bentuk peta tematik yang dibangun dengan teknik sistem informasi geografis (Zainuddin, 2006; Mugo *et al.*, 2010; Safruddin dkk, 2018). Dengan demikian berbagai informasi yang diintegrasikan dalam peta tematik diharapkan sangat membantu nelayan dalam menemukan daerah potensial untuk menangkap berbagai jenis ikan ekonomis penting dengan cara mengatur kalender penangkapan dan alat tangkap yang efektif digunakan.

1.3. Ruang Lingkup

Dalam perkembangannya dalam bidang perikanan tangkap, terdapat dua metode Indraja (akustik dan satelit oseanografi) sebagai alat bantu penangkapan ikan untuk pemanfaatan sumber daya ikan laut. Kedua teknologi pengindraan tersebut, sangat ideal digunakan secara bersama untuk memaksimalkan informasi yang diinginkan.

Pada bagian awal dalam buku ini dibahas tentang kelompok sumber daya ikan laut yang dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan. Setelah itu, pengantar teknologi pengindraan jauh dengan metode pendekatan teknologi akustik (*acoustical remote sensing*). Kemudian dilanjutkan dengan teknologi Indraja dengan menggunakan data rekaman satelit (*satellite remote sensing*) melalui analisis data citra oseanografi. Kombinasi kedua teknologi ini akan meningkatkan keandalan metode yang digunakan untuk menentukan daerah potensial ikan ekonomis penting di perairan. Hal ini akan mendukung kebijakan pemanfaatan sumber daya perikanan dengan memperhatikan keberlanjutan sumber daya tersebut.

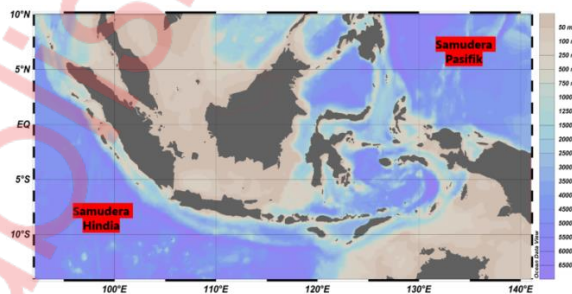
Berdasarkan hal tersebut di atas maka buku ini didesain dengan memuat pokok bahan sebagai berikut: pada bab selanjutnya (Bab II) memberikan informasi tentang sumber daya ikan laut terutama ikan yang bernilai ekonomis penting di Indonesia. Pada Bab III, memberikan pengenalan tentang teknologi hidroakustik dengan mendiskusikan tentang sudut renang ikan (*fish swimming angle*) dan mengukur kekuatan target ikan (*fish target strength*) dengan berbagai metode. Dalam dunia akustik, pengetahuan ini sangat penting dan sebagai dasar dalam memahami kondisi stok ikan di perairan. Pada Bab IV mengeksplorasi tentang identifikasi *echo* traces dan estimasi stok ikan melalui survei akustik. Bab V menjelaskan tentang kondisi lingkungan berbasis data citra satelit oseanografi. Bab VI menyediakan informasi tentang daerah potensial penangkapan ikan dengan memilih studi kasus wilayah perairan Teluk Bone dan

sekitarnya. Pada Bab VII sebagai Bab Penutup, terdapat diskusi umum, penegasan, dan pertimbangan untuk penelitian yang akan datang juga tentunya tentang rekomendasi kuat untuk pemanfaatan sumber daya perikanan laut secara berkelanjutan.

BAB II.

SUMBER DAYA IKAN LAUT

Negara Republik Indonesia secara geografis terletak pada posisi $94^{\circ} 40'$ BT– 141° BT dan 6° LU– 11° LS, berada di antara Samudera Pasifik dan Samudera Hindia dan di antara Benua Asia dan Benua Australia (Gambar 2.1), serta terletak di atas tiga lempeng aktif yaitu lempeng Indo Australia, Eurasia, dan Pasifik. Indonesia memiliki sekitar 17.508 pulau sehingga merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan panjang garis pantai sekitar 81.290 km (nomor dua setelah Negara Kanada), dengan wilayah daratan seluas $1.860.359,67 \text{ km}^2$ (terluas ke-13) yang dihubungkan oleh laut seluas 5,8 juta km^2 . Wilayah laut yang sangat luas tersebut mengandung berbagai jenis ikan yang dapat dimanfaatkan untuk kemakmuran bangsa Indonesia.



Gambar 2.1. Wilayah Perairan Republik Indonesia dan Sekitarnya. Profil Kedalaman Perairan secara Horizontal juga Ditunjukkan (Diolah dengan Menggunakan Ocean Data View versi 5.1.2 Tahun 2018).

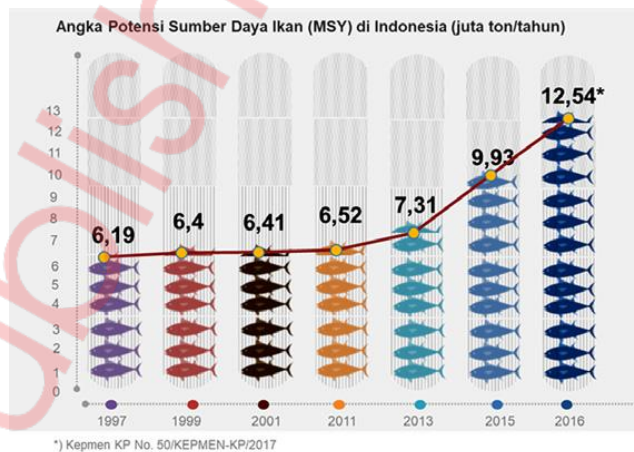
Sumber daya perikanan termasuk sumber daya alam yang dapat diperbaharui (*renewable resources*) namun demikian, upaya pemanfaatan sumber daya perikanan tanpa mempertimbangkan kemampuan untuk pulih kembali telah menyebabkan sumber daya perikanan di beberapa wilayah pengelolaan perairan perikanan (WPP) RI mengalami lebih tangkap (*over fishing*) dan sebagian pada status optimal dan kurang dimanfaatkan (*under fishing*).

Sumber daya ikan berdasarkan habitatnya dapat dikelompokkan menjadi dua (2) bagian yaitu sumber daya ikan pelagis dan sumber daya ikan demersal. Sumber daya ikan pelagis adalah kelompok ikan yang hidup di bagian pertengahan sampai ke permukaan perairan. Sumber daya ini terdiri dari sumber daya ikan-ikan pelagis besar (seperti ikan tuna (*Thunnus* sp), cakalang (*Katsuwonus pelamis*), tongkol (*Euthynnus* sp), dan tenggiri (*Scomberomorus* sp) dan sumber daya ikan-ikan pelagis kecil (ikan teri (*Stelophorus* sp), tembang (*Sardinella* sp), layang (*Decapterus* sp) dan kembung (*Restrilliger* sp). Selanjutnya, sumber daya ikan demersal di mana habitatnya dapat ditemukan di dasar atau dekat dasar perairan. Sumber daya ini meliputi berbagai jenis ikan karang, udang, ikan kakap (*Lutjanus* sp), ikan kerapu (*Plectropomus* sp) dan berbagai jenis ikan ekonomis penting lainnya.

Sumber daya perikanan tersebut di atas merupakan sumber daya ikan yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pangan bagi masyarakat dan juga sebagai komoditas perdagangan terutama untuk ikan ekonomis penting. Menurut Dahuri (2000), potensi lestari sumber daya perikanan laut di Indonesia pada sembilan wilayah pengelolaan perikanan (sekarang 11 WPP RI) tahun 1997 sebesar

6.179.880 ton/tahun dengan tingkat pemanfaatan sebesar 58,85 %. Potensi total tersebut meliputi: sumber daya perikanan pelagis besar 975.050 ton/tahun, ikan demersal 1.786.350 ton/tahun, ikan karang 75.930 ton/tahun, udang penaeid 74.000 ton/tahun, lobster 4.800 ton/tahun, cumi-cumi 28.250 ton/tahun dan ikan pelagis kecil 3.235.500 ton/tahun.

Berdasarkan data terkini, peningkatan produksi perikanan di perairan Indonesia selain didorong oleh perikanan budidaya juga berasal dari peningkatan stok perikanan laut Indonesia. Pada tahun 2017 stok perikanan laut mencapai 6,19 juta ton menjadi 12,54 juta ton pada tahun 2016 (Kepmen KP No. 50/KEPMEN-KP/2017). Kondisi ini menjadi peluang untuk terus meningkatkan jumlah produksi perikanan tangkap nasional. Perkembangan jumlah ikan stok atau potensi sumber daya ikan (MSY) di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Tren Potensi Sumber Daya Ikan di Indonesia (KKP, 2017).

Potensi yang ada tersebut apabila dikelola dengan baik akan mendatangkan keuntungan secara terus menerus atau berkelanjutan, tetapi kenyataan di lapangan banyak terjadi kegiatan eksploitasi ikan yang tidak memperhatikan kelestarian sumber daya tersebut, bahkan dengan menggunakan cara-cara yang merusak habitat atau tidak ramah lingkungan. Hal tersebut tidak boleh dibiarkan terjadi terus menerus, kalau tidak ada upaya pencegahan, sumber daya ikan yang ada akan mengalami kondisi *over fishing* baik jumlah maupun ukuran ikan atau bahkan ikan tersebut menjadi punah. Hal ini tidak sejalan dengan konsep CCRF (*code of conduct for responsible fisheries*) di mana negara pengguna harus menjaga kelestarian sumber daya perikanan (FAO, 1995).

2.1. Ikan Pelagis Kecil

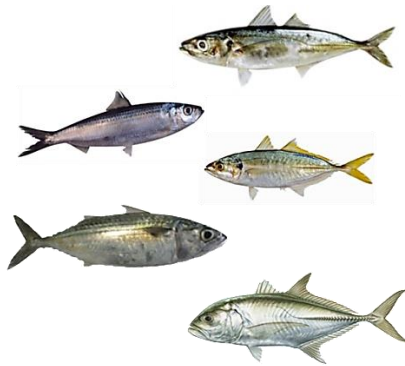
Sumber daya ikan pelagis kecil diestimasi merupakan kelompok sumber daya ikan yang paling melimpah di perairan Indonesia. Sumber daya ini adalah merupakan sumber daya neritik, karena penyebaran terutama ditemukan di dekat pantai. Mangsa utama ikan pelagis kecil adalah plankton (fitoplankton dan zooplankton) sehingga kelimpahannya sangat tergantung pada faktor-faktor lingkungan perairannya terutama ketersediaan makanannya.

Fitoplankton merupakan jenis tumbuhan yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi yang tersimpan dalam jaringan tubuh melalui proses fotosintesis. Dengan demikian fitoplankton merupakan mata rantai pertama yang menyediakan energi bagi kehidupan di dalam perairan. Sedangkan zooplankton adalah kelompok hewan kecil yang menempati level-2 dalam rantai

makan di ekosistem perairan. Kondisi lingkungan perairan dengan konsentrasi klorofil-*a* (fitoplankton) yang tinggi sangat memungkinkan dan mendukung kehidupan dan perkembangan ikan di wilayah tersebut khususnya kelompok ikan pelagis kecil dengan mangsa utama adalah plankton (Polovina *et al.*, 2001). Hal ini juga sangat mempengaruhi distribusi dan kelimpahan ikan pelagis besar yang mangsa utamanya adalah ikan pelagis kecil seperti teri, layang, tembang dan kembung. Zwolinski *et al.*, (2012) melaporkan bahwa di wilayah perairan pantai biasanya memiliki produktivitas primer dan sekunder yang relatif tinggi sehingga dijumpai kelimpahan ikan pelagis kecil pada tingkat tropik yang rendah (*lower tropic level*) sampai pertengahan (*middle tropic level*).

Fitoplankton yang dimangsa oleh zooplankton diperkirakan sekitar 5–15% dari total produksi fitoplankton per tahun. Selain zooplankton larva ikan pelagis kecil yang memiliki kemampuan gerak yang terbatas juga memangsa fitoplankton, namun setelah mengalami perkembangan, mangsa utamanya adalah telur zooplankton dan *copepoda* (Laevastu dan Favorite, 1988).

Ikan-ikan pelagis kecil pada umumnya merupakan ikan pemangsa plankton. Ikan-ikan pelagis kecil antara lain teri (*Stolephorus* sp), tembang (*Sardinella fimbriata*), layang (*Decapterus* sp), kembung (*Rastrelliger* sp), lemuru (*Clupea longiceps*), dan selar (*Caranx* sp) seperti yang sebagian terlihat pada Gambar 2.3. Alat tangkap yang umum digunakan nelayan di Perairan Indonesia untuk menangkap berbagai jenis ikan pelagis kecil adalah jaring insang (*gill net*), *purse seine*, dan bagan (*lift net*) yaitu bagan tancap (*stationer lift net*), bagan perahu (*boat lift net*) dan bagan rambo (*large lift net*).



Gambar 2.3. Ikan Pelagis Kecil (dari atas): Layang, Tembang, Selar, Kembung dan Kuweh.

Bagan rambo merupakan salah satu alat tangkap produktif untuk pemanfaatan sumber daya ikan pelagis kecil, dioperasikan dengan menerapkan teknologi penangkapan ikan dengan bantuan cahaya lampu (Gambar 2.4). Berdasarkan cara pengoperasiannya alat tangkap bagan dapat dikelompokkan ke dalam jaring angkat (*liftnet*), dan karena dioperasikan dengan menggunakan lampu untuk memikat ikan pada areal penangkapan (*catchable area*), maka dikelompokkan juga dalam *light fishing*. Prinsip penangkapan ikan dengan menggunakan alat tangkap tersebut pada dasarnya memanfaatkan tingkah laku ikan. Alat tangkap ini dapat dipindahkan dari satu tempat ke tempat lain yang memiliki kelimpahan ikan pelagis kecil.

Metode pengoperasian bagan rambo diawali dengan persiapan yang meliputi ketersediaan bahan bakar, makanan, air bersih, kondisi jaring dan peralatan lainnya. Selanjutnya setelah tiba di lokasi penangkapan ikan *fishing ground* dilakukan penurunan jaring (*setting*) yang diikuti dengan penyalaan lampu (Gambar 2.4)



Siang hari



Malam hari

Gambar 2.4. Bagan-Bagan Rambo, Banyak Digunakan Nelayan Sulawesi Selatan (Luwu, Palopo, dan Barru). Target Tangkapannya adalah Ikan-ikan Pelagis Kecil.

Hauling atau pengangkatan jaring dilakukan dua sampai tiga kali dalam semalam, tergantung keberadaan ikan di sekitar area penangkapan. Pada musim puncak biasanya dilakukan penurunan jaring dan penarikan jaring sampai tiga (3) kali. Jumlah *setting-hauling* juga dipengaruhi oleh fase bulan, sangat sedikit di fase bulan purnama karena sulit mengonsentrasikan ikan pada area penangkapan (*catchable area*).

Penyortiran ikan hasil tangkapan dilakukan sesaat setelah *hauling*. Penyortiran ini biasanya dilakukan berdasarkan jenis ikan tangkapan, ukuran dan lain-lain karena mempengaruhi kualitas dan harga ikan. Ikan yang telah disortir langsung dimasukkan ke dalam

wadah atau peti untuk memudahkan pengangkutan dari daerah penangkapan ikan (*fishing ground*) ke pangkalan pendaratan ikan (*fishing base*).

2.2. Ikan Pelagis Besar

Ikan pelagis besar (Gambar 2.5) adalah kelompok ikan yang berada pada lapisan permukaan hingga kolom air dan mempunyai ciri khas utama, berbentuk cerutu atau terepodo (ciri ikan perenang cepat), dalam beraktivitas selalu membentuk gerombolan (*schooling*) dan melakukan migrasi atau perpindahan untuk memenuhi berbagai kebutuhan hidupnya.

Kelompok ikan-ikan pelagis besar seperti tuna, cakalang, tenggiri, layaran, marlin, dan tongkol, merupakan ikan yang selalu melakukan pergerakan cepat, berpindah dan selalu mengikuti perubahan lingkungan perairan. Sumber daya ikan pelagis besar merupakan komoditas yang bernilai ekonomis tinggi dan mempunyai pangsa pasar yang luas, dan pengusaha untuk komoditas ikan pelagis besar seperti tuna dan cakalang turut berperan penting dalam perkembangan ekonomi Indonesia.

Kelompok ikan pelagis besar menyebar luas di seluruh perairan tropis bahkan sampai ke wilayah subtropis seperti ikan tuna dan cakalang (Lehodey *et al.*, 1997; Zainuddin *et al.*, 2008; Mugo *et al.*, 2010). Di Perairan Indonesia bagian Timur, penyebaran tuna dan cakalang di Laut Banda, Halmahera, Maluku, Sulawesi, Perairan Pasifik di sebelah Utara Papua, Laut Flores, Selat Makasar dan Teluk Bone. Hampson (2010) mencatat bahwa untuk di Perairan Indonesia, pemanfaatan sumber daya perikanan pelagis besar

seperti cakalang (*Katsuwonus pelamis*), tuna sirip kuning (*Thunnus albacares*), tuna mata besar (*T. obesus*) and tuna albakora (*T. alalunga*) ditangkap dengan *purse seine* sebagai alat tangkap utama. Alat tangkap yang lain adalah *long line* dan *huhate (pole and line)*.



Gambar 2.5. Ikan Pelagis Besar (dari atas): Albakora, Tuna Sirip Biru, Cakalang, Madidihang, Tuna Mata Besar (<https://id.wikipedia.org/wiki/Tuna>)

Alat penangkapan *huhate* merupakan alat tangkap yang sangat produktif dan memiliki mobilitas yang tinggi dari satu *fishing ground* ke *fishing ground* berikutnya sehingga dalam satu trip penangkapan memungkinkan lebih dari satu *fishing ground*. *Huhate* khusus dipakai untuk menangkap cakalang yang kadang berasosiasi dengan tuna madidihang (*yellowfin tuna*) yang kadang ditemukan berada di bagian permukaan perairan terutama pada ukuran yang relatif kecil (Hampston, 2010; Safruddin *et al.*, 2020).

Waktu pengoperasian huate biasanya dilakukan pagi hari di mana pada waktu tersebut ikan pelagis besar cenderung aktif mencari mangsa. Penangkapan ikan dilakukan saat ditemukan gerombolan ikan di perairan (mengejar gerombolan ikan) atau penangkapan ikan dilakukan di rumpon (*fish aggregating devices, FADs*). Untuk penangkapan gerombolan ikan cakalang (*skipjack schooling*), alat tangkap ini bersifat aktif karena kapal akan mengejar gerombolan ikan, setelah gerombolan ikan berada di sekitar kapal biasanya dengan bantuan umpan hidup (ikan teri) yang dilempar di sekitar kapal oleh *fishing master* lalu diadakan pemancingan (Gambar 2.6).



Gambar 2.6. Huate (*Pole and line*) Digunakan untuk Menangkap Ikan Pelagis Besar (Cakalang dan Tuna Madidihang).

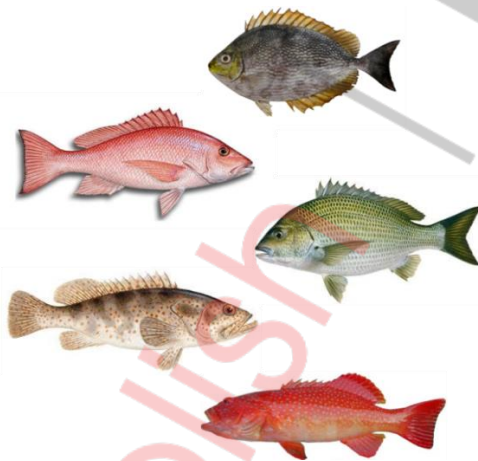
Ada beberapa keunikan dari alat tangkap huate. Bentuk mata pancing *pole and line* tidak berkait seperti lazimnya mata pancing. Mata pancing huate ditutupi potongan bulu ayam atau tali rafia yang halus agar tidak tampak oleh ikan. Bagian haluan kapal huate mempunyai konstruksi khusus, dimodifikasi menjadi lebih panjang, sehingga dapat dijadikan tempat duduk oleh pemancing. Kapal huate di lengkapi bak untuk tempat ikan umpan hidup dan memiliki alat penyemprot air (*sprayer*).

Kegiatan pemancingan dilakukan seluruh pemancing (*crews*) kapal secara bersamaan. Pemancing duduk di sekeliling kapal termasuk di bagian buritan kapal, dengan pembagian kelompok berdasarkan keterampilan memancing. Pemancing I adalah pemancing paling unggul dengan kecepatan mengangkat mata pancing sekitar 50 ekor per menit.

Pemancing I diberi posisi di bagian haluan kapal, dimaksudkan agar lebih banyak ikan tertangkap. Pemancing II diberi posisi di bagian lambung kiri dan kanan kapal. Pemancing III berposisi di bagian buritan, umumnya adalah *crew* yang belum mahir memancing. Hal yang perlu diperhatikan pada saat pemancingan adalah harus dihindari ikan yang lolos atau jatuh kembali ke perairan, karena dapat menyebabkan gerombolan ikan menjauh dari sisi kapal sehingga tidak memungkinkan lagi dilakukan penangkapan ikan. Keberhasilan pemancingan bukan hanya ditentukan oleh kemahiran *crews* tetapi juga dipengaruhi oleh ketersediaan jumlah dan kualitas umpan hidup.

2.3. Ikan Demersal

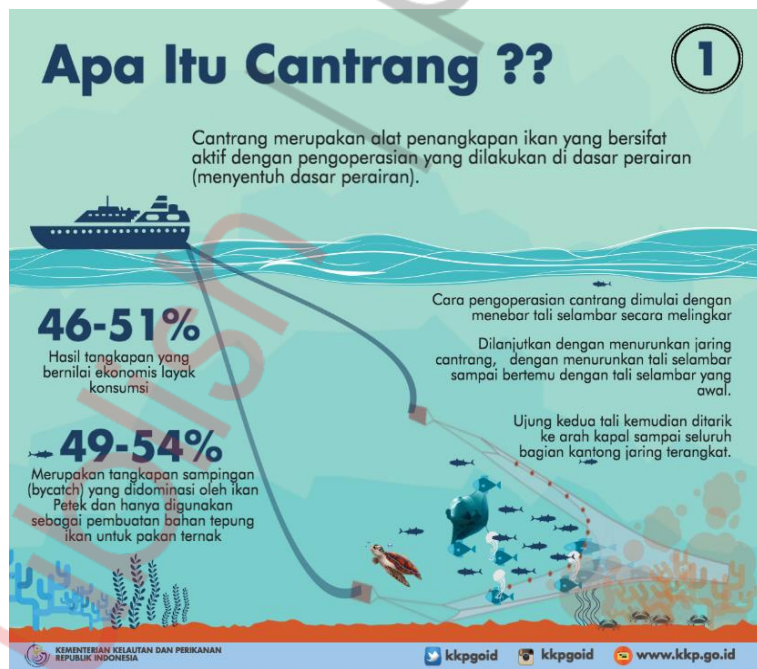
Seperti kita ketahui bahwa ikan demersal (Gambar 2.7) atau ikan dasar mempunyai nilai ekonomis yang tinggi dan perikanan demersal di Indonesia menghasilkan berbagai jenis ikan (*multi-species*) yang dieksploitasi dengan menggunakan berbagai jenis alat tangkap (*multi-gear*). Ikan demersal adalah jenis ikan yang habitatnya berada di bagian dasar atau dekat dengan dasar perairan. Lokasi daerah penangkapan ikan demersal pada umumnya berada pada wilayah paparan benua (*continental shelf*) dengan kedalaman maksimum sekitar 200 m.



Gambar 2.7. Ikan Demersal (dari atas): Baronang (*Siganus* sp), Kakap (*Lates* sp), dan Kerapu (*Epinephelus* sp).

Secara umum dalam memanfaatkan sumber daya perikanan demersal, nelayan menggunakan alat tangkap yang beragam jenisnya antara lain jaring tarik (cantrang, dogol, dan payang), jaring insang, *trammel net* (jaring tiga lapis), jaring klitik, bubu, dan

pancing. Namun demikian, kategori alat tangkap jaring tarik merupakan alat tangkap yang umum digunakan nelayan. Alat tangkap ini dari segi hasil tangkapan cukup menguntungkan nelayan pengguna tetapi di lain hal dalam pengoperasiannya banyak ditentang oleh sebagian besar nelayan khususnya nelayan tradisional dan sudah sering menimbulkan konflik antara nelayan. Dari berbagai jenis teknologi penangkapan ikan yang digunakan oleh nelayan di Indonesia, salah satu yang paling efektif dan efisien untuk pemanfaatan sumber daya ikan demersal adalah cantrang seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Alat Tangkap Cantang yang Digunakan untuk Pemanfaatan Sumber Daya Ikan Demersal (KKP RI, 2015).

Cantrang (*danish seine*) merupakan alat tangkap yang dioperasikan untuk menangkap jenis ikan demersal dan merupakan salah satu modifikasi dari alat tangkap *trawl* (pukat harimau), di mana pada dasarnya secara konstruksi alat tangkap ini mempunyai bagian-bagian yang terdiri dari jaring, tali selambar, pelampung, dan pemberat. Alat tangkap ini banyak dioperasikan nelayan di pantai Utara Jawa. Di Provinsi Sulawesi Selatan, alat tangkap ini banyak di temukan di Perairan Kabupaten Takalar.

Di dalam CCRF (FAO,1995), menganjurkan bahwa di dalam mengeksploitasi sumber daya perikanan negara pengguna harus menjaga ekosistem, menjamin keberlangsungan sumber daya, mencegah penangkapan berlebihan, menggunakan prinsip kehati-hatian dalam pemanfaatan sumber daya dan negara harus menjamin hak nelayan kecil. Berdasarkan hal-hal tersebut maka pengembangan teknologi penangkapan ikan ke depan di suatu daerah haruslah dilakukan secara profesional dengan prinsip kehati-hatian dengan tidak mengesampingkan hak-hak nelayan kecil.

Monintja (2000) menjelaskan bahwa dalam pengembangan dan pemilihan teknologi alat tangkap perlu memperhatikan tingkat keramahan lingkungan teknologi yang akan dikembangkan. Selanjutnya dikatakan bahwa ada empat belas (14) kriteria suatu alat tangkap ikan dikatakan ramah lingkungan yaitu: (1) mempunyai selektivitas yang tinggi; (2) tidak merusak habitat; (3) menghasilkan ikan berkualitas tinggi; (4) tidak membahayakan nelayan; (5) produksi tidak membahayakan konsumen; (6) *by-catch* rendah; (7) tidak berdampak ke *biodiversity*; (8) tidak membahayakan bagi ikan-ikan yang dilindungi; (9) dapat diterima secara sosial; (10) hasil

tangkapan tidak melebihi tangkapan yang diperbolehkan; (11) tingkat keuntungan tinggi; (12) nilai investasinya rendah; (13) penggunaan bahan bakar rendah, dan (14) secara hukum legal.

BAB III.

MENGENAL TEKNOLOGI HIDROAKUSTIK

Keakurasian estimasi stok ikan di suatu wilayah perairan adalah salah satu tahapan penting untuk pengelolaan sumber daya perikanan laut secara berkelanjutan. Selama ini, khususnya di negara-negara berkembang, pendugaan stok ikan laut telah dibuat berdasarkan metode konvensional yaitu berdasarkan *Catch Per Unit Effort* atau dikenal dengan istilah CPUE.

Berbeda halnya di negara maju seperti USA dan Japan, telah berkembang metode dengan pendekatan teknologi akustik perikanan untuk estimasi stok ikan (distribusi dan kelimpahan ikan) secara *spatial* dan *temporal*. Lebih dari pada itu, metode akustik (menggunakan gelombang suara) juga telah dikembangkan untuk melakukan *monitoring* terhadap perubahan ekosistem perairan.

Penggunaan metode akustik dalam mengkaji kondisi stok ikan di perairan bukanlah pekerjaan yang sederhana. Ada sederetan tahapan eksperimen yang harus dilakukan untuk meningkatkan keandalan estimasi stok ikan yang didapatkan. Hal ini karena setiap jenis ikan memiliki bentuk *echo trace* atau *echo sign* (bentuk morfologi rekaman akustik dari pantulan balik suara dari benda-benda pada umumnya ikan yang terdapat di kolom perairan yang dilihat pada *display* komputer) yang berbeda.

Kekuatan target (*target strength*) atau dikenal dengan singkatan TS dalam dunia akustik perikanan, juga berbeda-beda bahkan pada spesies yang sama dengan ukuran panjang yang relatif

berbeda sehingga menyulitkan dalam identifikasi ikan dengan menggunakan pendekatan akustik. Hal lain adalah kurangnya penelitian yang menyediakan informasi tentang kekuatan target ikan terutama untuk ikan-ikan yang berada di wilayah tropis.

Dalam estimasi kelimpahan ikan dengan menggunakan metode akustik, nilai TS sangat dibutuhkan untuk mengonversi energi echo dari gerombolan ikan ke jumlah biomassa atau kelimpahan ikan (MacLennan and Simmonds, 1992). Oleh sebab itu, pengukuran nilai kekuatan target setiap jenis ikan merupakan salah satu usaha/tahapan yang sangat penting bagi masyarakat akustik perikanan.

Namun demikian, penggunaan teknologi akustik bawah air (hidroakustik) merupakan salah satu cara yang sangat efektif dan berguna untuk pemanfaatan sumber daya perikanan dan kelautan. Teknologi akustik ini terdiri dari pengukuran, analisis, dan interpretasi karakteristik sigma refleksi atau *scattering* dari objek yang dikenali (Manik, 2006). Arnaya (1990) mengatakan bahwa metode akustik memiliki beberapa kelebihan, yaitu: berkecepatan tinggi, estimasi stok ikan secara langsung, memungkinkan memperoleh, dan memproses data secara *real time*, akurasi ketepatan tinggi, tidak merusak karena frekuensi yang digunakan tidak membahayakan pengguna alat ataupun target (organisme laut terutama ikan).

3.1. Sudut Renang Ikan

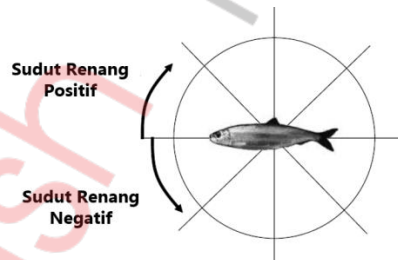
Dalam banyak penelitian untuk estimasi biomassa/kelimpahan ikan dengan menggunakan data akustik, biasanya menggunakan

persamaan rata-rata kekuatan target (*target strength*) yang hanya memasukkan panjang ikan (*standard length*, SL; *fork length*, FL; atau *total length*, TL) sebagai sebuah variabel independen (Foote dan Traynor, 1988; Gauthier dan Rose, 2001). Sebenarnya, variasi pengukuran TS ikan tergantung pada faktor fisik dan biologi ikan seperti *frequency* (Foote, 1985), fisiologi (Ona, 1990), morfologi (Clay and Horne, 1994), kedalaman (Mukai and Iida, 1996); ontogeni (Horne, 2003), dan sudut renang (McQuinn and Winger, 2003). Di antara semua faktor, untuk ikan yang tidak memiliki gelembung renang (*swimbladderless fish*) seperti makarel (Gorska *et al.*, 2005), *anchovy* (Ito *et al.*, 2011) dan *sandeel* (Safruddin *et al.*, 2013), sudut renang ikan merupakan faktor utama yang mempengaruhi variasi TS (Hazen and Horne, 2003; Yasuma *et al.*, 2006; Kubilius, R., and Ona, E. 2012; Safruddin *et al.*, 2013). Sudut renang pada ikan yang tidak memiliki gelembung renang adalah faktor utama yang mempengaruhi keakurasian nilai TS. Oleh karena itu estimasi TS idealnya memperhitungkan sudut distribusi renang ikan apabila memungkinkan (Ona, 2001). Sebaliknya untuk *swimbladder fish* atau ikan yang memiliki gelembung renang seperti tenggiri (*mackerel*), tuna mata besar (*bigeye tuna*) dan tuna madidihang (*skipjack tuna*), gelembung renang atau kantong kemih berkontribusi 90% atau lebih terhadap variasi TS (Foote, 1980).

Sudut renang didefinisikan sebagai sudut ikan antara sumbu badan secara longitudinal (*longitudinal body axis*) dan sumbu secara horizontal (Nakken dan Olsen, 1977). Sudut renang ikan tergantung pada aktivitas ikan. Ikan memiliki kebutuhan untuk selalu menjaga energi seperti halnya organisme yang lain, oleh

karena itu tidak alasan untuk mendukung bahkan ikan berenang secara konstan selalu tiba-tiba melakukan manuver. Berdasarkan hal tersebut, pengukuran sudut renang ikan adalah sangat penting dalam bidang ilmu perikanan khususnya ilmu akustik perikanan (Gambar 3.1 dan 3.2).

Sudut renang ikan digunakan untuk menghitung rata-rata TS untuk setiap jenis ikan. Kang *et al.*, (2005) melaporkan bahwa untuk meminimalkan kesalahan di dalam mengonversi nilai volume kekuatan hamburan balik (*volume backscattering strength*) ke dalam biomassa atau stok ikan, pengaruh sudut renang ikan harus diverifikasi. Karena relatif sedikit saja perubahan orientasi ikan terhadap permukaan *transducer* pada *echosounder*, pengaruhnya relatif besar pada nilai rata-rata TS (Foote, 1980).

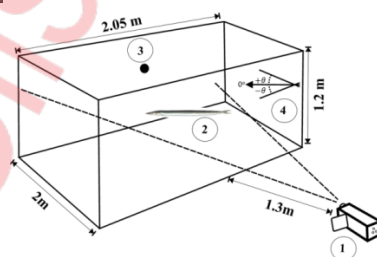
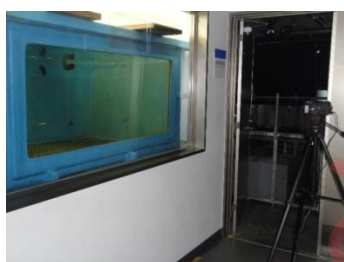


Gambar 3.1. Definisi Sudut Renang Ikan. Sudut Renang Positif Apabila Posisi Ikan dalam Keadaan Kepala ke Arah Atas (*head-up*) dan Negatif Apabila Kepala Ikan ke Arah Bawah (*head-down*) (Simmonds and Maclennan, 2005).

Pengukuran sudut renang ikan bisa dilakukan dengan berbagai macam perlakuan. Salah satu contohnya adalah sebagai berikut: bak air (*water tank*) yang digunakan di isi dengan air laut

dengan menggunakan sirkulasi air (Ito *et al.*, 2011; Safruddin, 2013) dengan tanpa substrak di dasar bak. Eksperimen dilakukan dalam kondisi yang seragam seperti intensitas cahaya dan temperatur. Intensitas cahaya dan temperatur di permukaan air dalam bak dikontrol dengan menggunakan masing-masing peralatan *hand flux meter* dan *digital temperature*.

Sudut renang ikan direkam dengan menggunakan video kamera (*handycam*) dengan resolusi tinggi dalam durasi beberapa jam (3-5 jam) dan biasanya juga dilakukan pada densitas ikan yang berbeda. Sebelumnya, ikan yang telah dimasukkan di dalam bak air dibiarkan sekitar 15 menit untuk aklimatisasi atau mengurangi kondisi stres pada ikan, sebelum dilakukan pengamatan (Gambar 3.2).



Gambar 3.2. Pengukuran Sudut Renang Ikan dalam Bak Air (*water tank*). (1) Kamera, (2) *Specimen*, (3) Titik Acuan, dan (4) Sudut Renang Ikan. Video Kamera Diletakkan di Bagian Depan (Safruddin, 2013).

Rekaman video yang didapatkan diubah menjadi gambar dalam interval 1 menit selama periode pengamatan. Selanjutnya, gambar tersebut dianalisis dengan menggunakan *software image editing* (SCM Measure; Moritex). Dalam menganalisis gambar, garis tengah (*centerline*) dari seekor ikan sebaiknya tidak bengkok. Sudut positif untuk ikan adalah pada saat kepala ke atas (*heads-up*) dan sudut negatif adalah *heads-down* atau kepala ikan ke arah bawah dari garis horizontal ikan (Ito *et al.*, 2011).

Distribusi sudut renang ikan berdasarkan analisis gambar, selanjutnya digunakan untuk menghitung rata-rata TS berdasarkan rumus yang dikemukakan oleh Foote (1980). Namun demikian, apa bila sudut renang ikan yang dianalisis tidak terdistribusi normal misalnya bimodal maka distribusi sudut renang ikan tersebut dinormalkan dengan menggunakan *probability density function* (PDF) (Safruddin *et al.*, 2013).

3.2. Kekuatan Target Ikan

Di dalam estimasi distribusi dan kelimpahan ikan dengan menggunakan metode akustik, nilai kekuatan target (TS) ikan sangat dibutuhkan untuk mengonversi energi echo dari ikan ke jumlah biomassa atau kelimpahan ikan (MacLennan and Simmonds, 1992). Nilai kekuatan target pada ikan yang termuat dalam persamaan regresi sederhana adalah faktor utama untuk pendugaan stok ikan di laut. Ketepatan pengukuran TS untuk setiap jenis ikan adalah mutlak dibutuhkan untuk mengestimasi distribusi dan kelimpahan ikan di perairan serta dapat digunakan untuk pengelolaan sumber daya ikan secara berkelanjutan.

Ikan yang memiliki gelembung renang (*swimbladder fish*) seperti kelompok tuna berkontribusi 90 % atau lebih untuk nilai kekuatan target dari setiap jenis ikan. Sebaliknya untuk *swimbladderless fish* atau ikan yang tidak memiliki gelembung renang seperti ikan makarel dan teri, TS untuk kelompok ikan ini banyak dipengaruhi oleh faktor sudut renang. Untuk tujuan praktis, sangatlah penting untuk mengukur kekuatan target melalui uji coba di laboratorium (*ex-situ*) atau langsung di lapangan (*in-situ*) atau dengan menggunakan model teori (Simmonds and MacLennan, 2005; Yasuma *et al.*, 2009).

Ada empat teknik pengukuran yang dapat digunakan untuk mengukur TS, yaitu (1) numerik atau model *backscattering* secara teori berdasarkan anatomi ikan dengan menggunakan *deformed cylinder model* misalnya dengan menggunakan *distorted-wave born approximation* (DWBA) model untuk *swimbladderless fish* (Gorska *et al.*, 2005; Safruddin *et al.*, 2013); (2) Pengukuran di laboratorium dengan menggunakan bak air dalam ruangan (*an indoor tank experiments*) dengan menggunakan ikan yang sudah mati (Sawada *et al.*, 1997; Yasuma *et al.*, 2006); (3) Pengukuran di lapangan (*ex-situ*) dengan mengamati sudut renang dan TS, biasanya dengan menggunakan *cage trap* seperti yang dilaporkan Kubilius and Ona (2012); dan (4) Pengukuran TS secara langsung dari rekaman akustik saat survei di lapangan (*in-situ*).

Pengetahuan tentang karakteristik hamburan balik dari suara yang dipancarkan (*acoustic backscattering characteristic*) dari ikan target adalah hal krusial untuk proses estimasi dan pengukuran umum dari karakteristik hamburan balik yang mengenai tubuh ikan

(*backscattering cross section characteristic*) atau TS rata-rata (Thomas *et al.*, 2002). Dalam estimasi kelimpahan dan distribusi ikan dengan pendekatan akustik, TS rata-rata dibutuhkan ketika mengonversi energi echo yang dipantulkan menjadi biomassa atau kelimpahan ikan target (MacLennan and Simmonds, 1992).

Karenanya, identifikasi nilai TS adalah merupakan salah satu upaya yang paling penting dalam komunitas perikanan akustik. Pada ikan yang memiliki organ gelembung renang (*swimbladder fish*), nilai TS banyak bersumber dari organ tersebut yaitu sekitar 90% atau lebih (Foote, 1980).

Namun demikian, hanya sedikit penelitian yang dilakukan pada ikan yang tidak memiliki gelembung renang and khususnya terkait dengan nilai TS. Pada ikan yang tidak memiliki gelembung renang seperti ikan makarel dan teri maka tidak ada organ dominan dalam tubuh ikan yang memantulkan balik dari hamburan suara yang berasal dari alat hidroakustik, sehingga nilai TS sangat dapat dipengaruhi oleh sudut renang ikan, ukuran ikan, dan juga pilihan frekuensi yang digunakan pada alat hidroakustik yang digunakan tersebut.

Untuk tujuan praktis, sangatlah penting untuk mengukur TS dengan melakukan pengukuran di laboratorium (*experimental methods*) and berdasarkan model teori (*theoretical methods*) (Simmonds and MacLennan, 2005). Hasil pengukuran TS sudah pernah dilaporkan dalam banyak penelitian yang termuat di jurnal internasional, buku, dan disertasi (Armstrong, 1986; Thomas *et al.*, 2002; Simmonds and MacLennan, 2005; Yasuma *et al.*, 2009; Kubilius and Ona, 2012). Namun demikian hasil pengukuran TS yang didapatkan menunjukkan perbedaan yang besar dan masih tidak pasti/jelas.

Untuk mendapatkan ketepatan nilai TS yang lebih baik maka estimasi model teori TS misalnya dengan menggunakan model DWBA (*distorted-wave Born approximation model*) (Chu *et al.*, 1993; Stanton *et al.*, 1998; Stanton and Chu, 2000; and McGehee *et al.*, 1998). Pada awalnya model DWBA ini digunakan untuk studi zooplankton. Namun demikian, model ini juga telah dikembangkan untuk ikan yang tidak memiliki gelembung renang seperti *Atlantic mackerel* (Groska *et al.*, 2005) and *Japanese anchovy* (Ito *et al.*, 2011); *Japanese sendeel* (Safruddin, 2013). Di samping membuat model teori untuk TS, pengukuran TS menggunakan uji laboratorium dalam bak air (*experimental water tank*) juga sering dilakukan di mana ikan target digantung dan komponen *transducer* diletakkan di dasar bak air (Sawada *et al.*, 1997).

Sebagai upaya untuk mengumpulkan informasi secara kuantitatif tentang kekuatan target ikan dengan menggunakan *echosounder*, *transducer* yang dipasang secara vertical lebih direkomendasikan, oleh karena itu informasi TS ikan dari bagian dorsal (*dorsal aspect*) sangat dibutuhkan karena (1) dalam beberapa kasus sebuah target dapat dideteksi dengan sonar (*forward-looking sonar*) dapat diklasifikasi dengan menggunakan *echosounder*, dan (2) *echosounder* merupakan perlengkapan deteksi ikan yang banyak digunakan oleh kapal perikanan komersial (Love, 1970).

Teknologi akustik telah dikenal sebagai metode yang andal untuk *monitoring* dan estimasi status stok ikan di lapangan. Oleh karena itu kemampuan memahami TS ikan yang menjadi target menjadi prioritas. Pengukuran TS ikan dapat dilakukan dengan beberapa metode yang kadang dikombinasikan untuk

meningkatkan keakuratan informasi yang diperoleh. Metode pengukuran TS tersebut adalah dengan model teori TS (*Theoretical target strength*), pengukuran TS yang dilakukan di laboratorium (*experimental TS*) pengukuran TS di lapangan (*ex-situ TS*) dan pengukuran TS secara langsung (*in-situ*) berdasarkan hasil rekaman akustik yang tampil di *display* komputer.

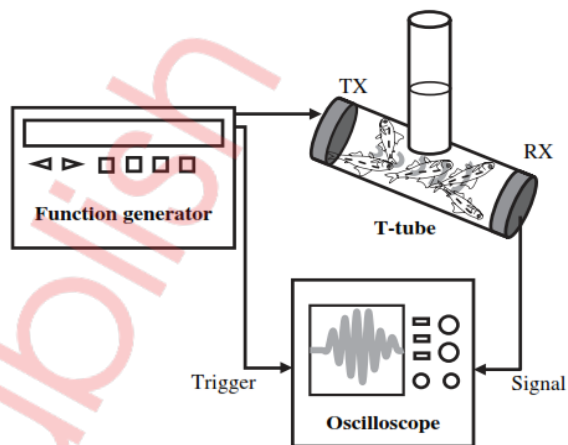
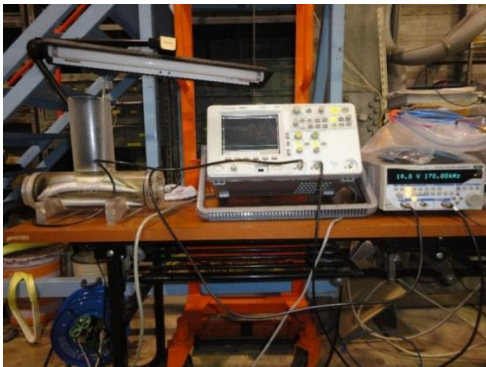
1. Theoretical target strength

Model teori TS biasa digunakan untuk melakukan pengukuran variasi TS sebagai sebuah fungsi dari sudut renang ikan. Model teori untuk mengestimasi TS ikan hubungannya dengan perubahan sudut renang, yang biasa digunakan untuk ikan yang tidak memiliki gelembung renang adalah *the general prolate-spheroid model* (PSM), *the deformed-cylinder model* (DCM) dan *distorted-wave Born approximation* (DWBA) model (Gorska *et al.*, 2005; Yasuma *et al.*, 2006).

Masalah utama yang perlu diketahui untuk pengukuran kekuatan target ikan secara teoretis adalah kecepatan suara apa bila melewati tubuh ikan (*speed of sound through the fish body*) dan densitas massa tubuh ikan (*sound-mass density*) yang dapat diketahui melalui simulasi seperti yang terlihat pada Gambar 3.3 di bawah ini.

Model pemencaran (Scattering models) yang dihasilkan dari metode DWBA diestimasi dengan menggunakan dua frekuensi yang biasanya digunakan untuk estimasi kelimpahan ikan (38 and 120 kHz) hubungannya dengan orientasi ikan dari sudut interval antara -90° hingga $+90^{\circ}$ pada 1° (sudut renang: posisi kepala ikan ke bawah

(*head-down*), kepala ikan ke atas (*head-up*) pada bagian dorsal pada ikan. Foto dari bagian dorsal dari sampel ikan didigitasi berdasarkan garis luar bentuk badan untuk memperoleh arah posisi (position vector) sepanjang badan pada bagian sumbu (Chu *et al.*, 1993; Stanton *et al.*, 1998; Groska *et al.*, 2005; Yasuma *et al.*, 2006).



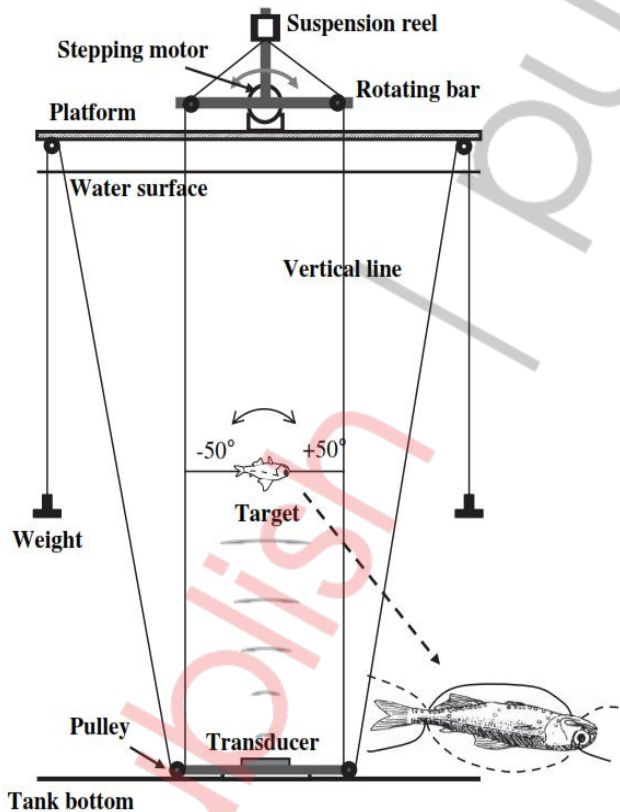
Gambar 3.3. Komponen dan Desain Pengukuran Kecepatan Suara Berdasarkan Teori pada Tahapan Mengukur Kekuatan Target Ikan Secara Teoretis (Yasuma *at al.*, 2006).

2. Experimental target strength

Sangat sulit untuk mengukur nilai TS setiap spesies ikan pada variasi sudut renang yang besar secara langsung di perairan (*in-situ*). Sebaliknya spesies, panjang, tinggi dan berat ikan telah diketahui untuk pengukuran TS dengan menggunakan metode yang dikontrol di laboratorium (*ex-situ*). Biasanya pengukuran TS di laboratorium dilakukan untuk mengonfirmasi kesesuaian hasil yang didapatkan dengan menggunakan metode pengukuran TS dengan pendekatan model teori seperti menggunakan model DWBA.

Pengukuran TS hubungannya dengan perubahan sudut renang ikan dilaksanakan di dalam sebuah laboratorium yang memiliki bak air yang relatif besar (*in an indoor water tank*). Sebagai contoh di National Research Institute of Fisheries Engineering, Fisheries Research Agency (FRA), Ibaraki, Japan, ukuran bak air (water tank) yang digunakan dengan panjang, lebar dan tinggi masing-masing adalah 15 m x 10 m x 10 m.

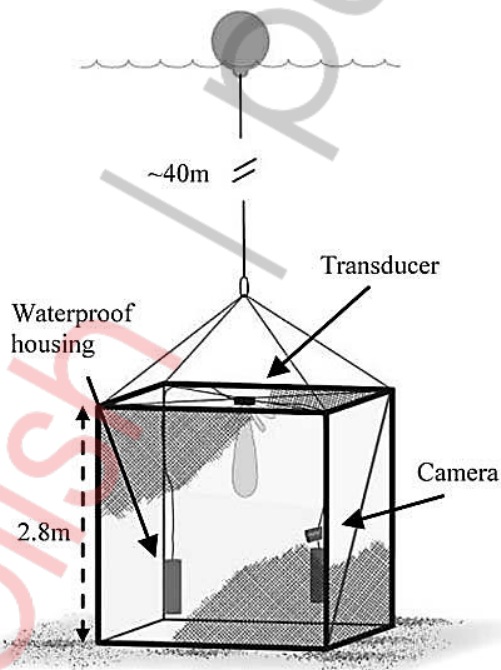
Dalam perhitungan nilai TS, informasi suhu perairan dan kecepatan suara (*sound speed*) dalam air juga perlu diketahui. Biasanya ikan uji (*specimen*) di letakkan sekitar 2 m di dalam bak air (Foote *et al.*, 1987) dan sekitar 7 m dari permukaan *transducer* yang dibenamkan di dasar bak. Perubahan sudut renang ikan setiap derajat dikontrol oleh sistem komputerisasi. Metode dengan cara spesimen yang digantung dengan sistem rotasi (*rotation system*) diperkenalkan oleh Sawada *et al.* (1997) and juga dilakukan oleh Yasuma *et al.* (2006) yang diilustrasikan seperti yang terlihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Pengukuran Kekuatan Target Ikan dalam Bak Air (*water tank*) dengan Sistem Rotasi. Sudut Renang Positif Apabila Posisi Ikan *Head-up* dan Negatif Apabila *Head-down* (Yasuma *et al.*, 2006).

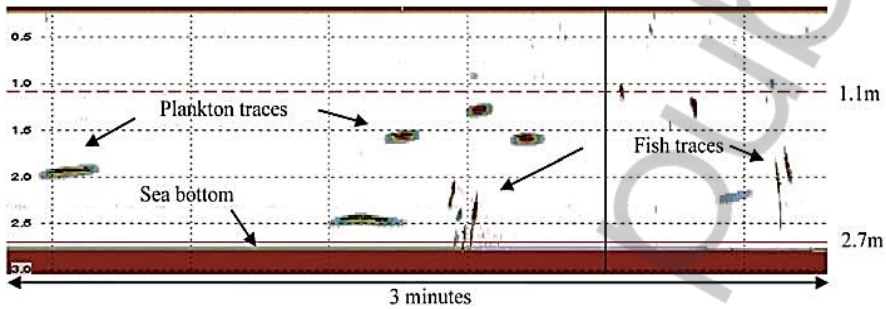
3. Ex-situ Target Strength

Metode yang lain yang dapat digunakan untuk mengetahui distribusi sudut renang ikan dan kekuatan target ikan *sandeel* (*Ammodytes marinus*) di perairan Norwegia seperti yang dilakukan oleh Kubilius dan Ona, 2012. Desain waring dalam bentukan *frame* segi empat yang diletakkan di dasar perairan sehingga memungkinkan ikan *sandeel* masuk ke dalam waring. Secara sederhana perlakukannya dapat dilihat pada Gambar 3.5 di bawah ini.

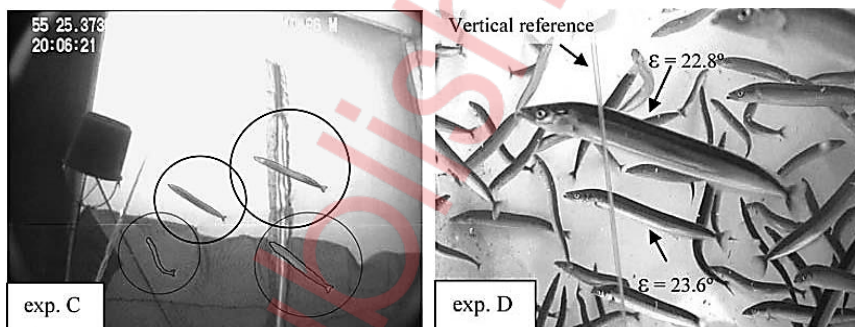


Gambar 3.5. Pengukuran Kekuatan Target Ikan dengan Menggunakan Waring Berbentuk Kubus. *Transducer* Dipasang di Bagian atas yang Dilengkapi dengan Baterai dan Kamera untuk Mengambil Gambar Sudut Renang Ikan yang Masuk dalam *Cage* (Kubilius dan Ona, 2012).

Adapun hasil rekaman *echosounder* Simrad EK 60 dengan frekuensi 120 kHz yang dihubungkan dengan ES-200-7CD *transducer* serta hasil video camera untuk melihat sudut renang ikan *sandeel* yang masuk ke dalam *cage* dapat dilihat pada Gambar 3.6 dan 3.7.



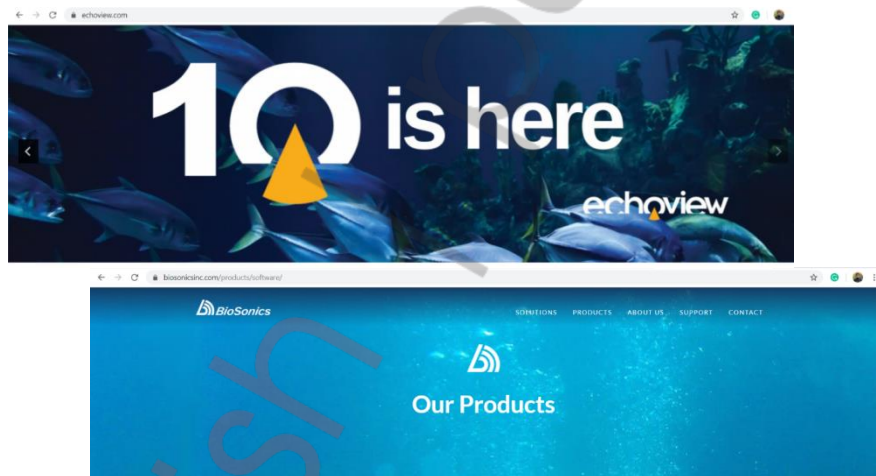
Gambar 3.6. Contoh Tampilan *Echogram*. Terlihat Perbedaan Rekaman Ikan dan Plankton (Kubilius dan Ona, 2012).



Gambar 3.7. Orientasi Renang Ikan *Sandeel*. Exp. C (*Sandeel* yang Diletakkan dalam *Cage* pada Kedalaman 20 m) sedangkan pada Exp. D (*Sandeel* Diletakkan dalam Bak Air (Water Tank)) (Kubilius dan Ona, 2012).

4. Pengukuran TS di Lapangan

Pengukuran TS secara langsung atau *in-situ* dapat dilakukan dengan menginterpretasikan data hasil rekaman alat hidroakustik. Dalam analisis rekaman tersebut, dibutuhkan *software* seperti Echoview, informasi tambahan dapat diakses pada laman <https://www.echoview.com/> atau menggunakan *software* BioSonics (<https://www.biosonicsinc.com/products/software/>) dengan website seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.

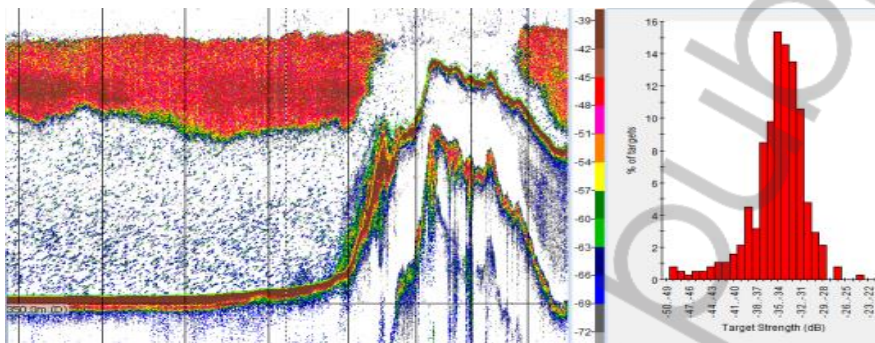


Gambar 3.8. Tampilan Laman Website Echoview (atas) dan BioSonics (bawah).

Namun demikian, keakuratan pengukuran TS secara *in-situ* masih perlu diperdebatkan hasilnya karena dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain spesifikasi alat hidroakustik yang digunakan di

lapangan, kondisi lingkungan perairan saat pengambilan data, kemampuan peneliti dalam menganalisis hasil rekaman.

Pada Gambar di bawah ini terlihat TS *in-situ* berdasarkan data rekaman akustik yang dianalisis (Gambar 3.9).



Gambar 3.9. Tampilan *Echogram* (kiri) dan Nilai TS (kanan) Ikan Secara Langsung pada Saat Survei Lapangan (<https://www.echoview.com/>).

Keberadaan *software* seperti Echoview, memungkinkan pengguna untuk mendapatkan lebih banyak informasi dari hasil analisis rekaman akustik, antara lain: (a) Mengeksplorasi dan mengalibrasi data akustik; (b) Mendeteksi keberadaan ikan, dan (c) Menentukan jenis substrak dan bentuk topografi dasar perairan.

BAB IV.

IDENTIFIKASI DAN ESTIMASI STOK IKAN

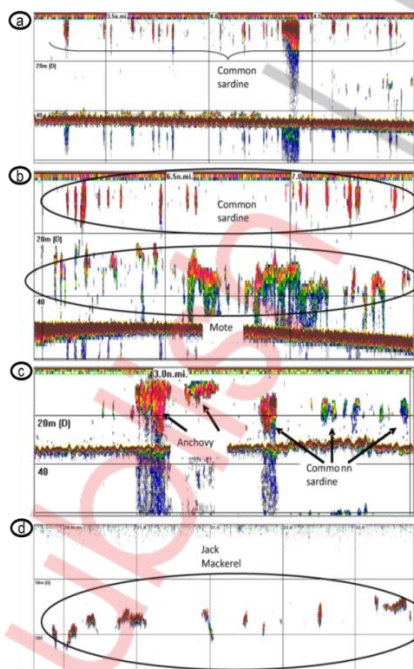
4.1. Identifikasi Morfologi *Echotraces*

Ketelitian pengamatan (*visual scrutiny*) pada saat pembacaan hasil rekaman akustik yang diperoleh di lapangan saat survei akustik dan kemudian ditampilkan di monitor komputer atau display yang disebut *echogram*, biasanya dengan menggunakan *software* Echoview atau Biosonics, adalah bagian penting untuk analisis distribusi dan kelimpahan ikan (kondisi stok ikan) di wilayah perairan. Setiap jenis ikan memiliki karakteristik morfologi rekaman akustik yang berbeda seperti hasil penelitian yang dilakukan peneliti dan ditunjukkan pada Gambar 4.1–4.3.

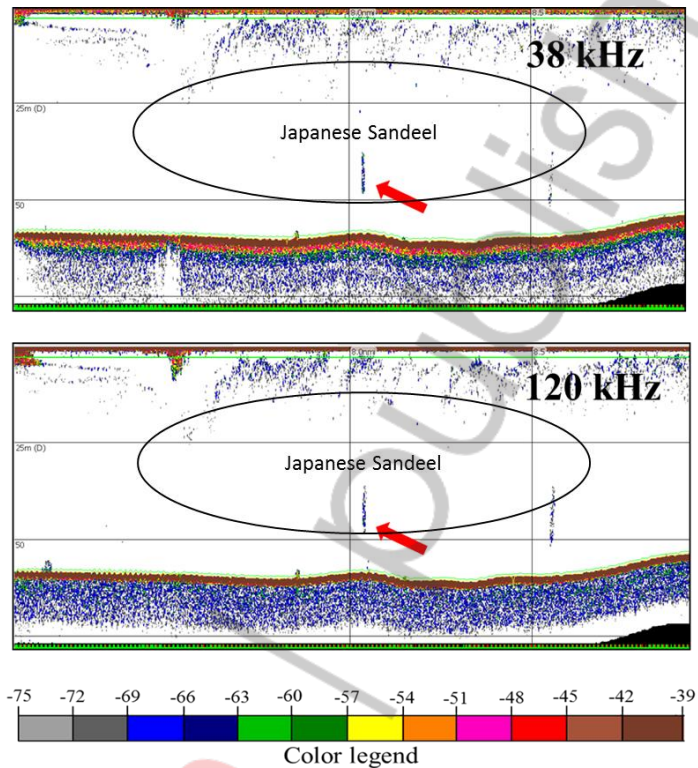
Metode tersebut di atas adalah metode sederhana yang hanya berdasarkan hasil penelitian terdahulu tentang bentuk morfologi *echotraces* dari ikan yang diteliti/diamati. Biasanya untuk meningkatkan keandalan hasil identifikasi ikan, maka digunakan dua frekuensi (38 and 120 kHz). Selanjutnya, ambang batas (*threshold*) *volume backscattering coefficient* (SV), diatur tergantung jenis ikan yang menjadi target. *Threshold* digunakan untuk meminimalkan *noise* dan memisahkan non target. Biasanya untuk ikan pelagis kecil di kisaran nilai -75 sampai -60 dB. Sedangkan untuk plankton, kekuatan target lebih rendah berada di sekitar -80 dB (Simmonds dan MacLennan, 2005).

Pendekatan lain yang lebih maju dengan digunakan untuk identifikasi gerombong ikan (*fish schooling*) dengan melihat

perbedaan nilai SV antara dua frekuensi atau lebih dikenal dengan nama *volume backscattering difference method* (Miyashita *et al.*, 2004) diperkenalkan untuk identifikasi ikan dan plankton dan seperti yang dilaporkan oleh Safruddin (2013) yang dapat diselesaikan dengan menggunakan *algorithm* di *software* Echoview. Informasi komposisi jenis dan ukuran panjang ikan yang tertangkap dari nelayan atau *sampling* (biasanya menggunakan *framed midwater trawl*, FMT) sangat dibutuhkan di dalam identifikasi ikan. Di dalam perhitungan perbedaan SV, kisaran selisih nilai antara dua frekuensi (38 kHz dan 120 kHz) diasumsikan adalah spesies target.

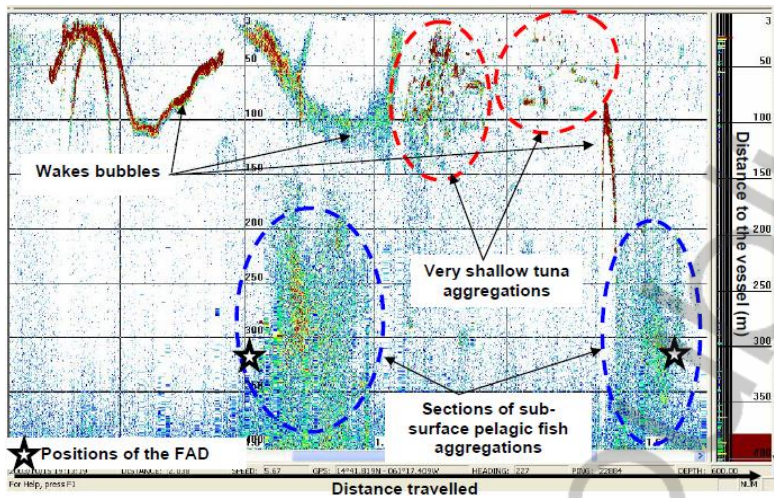


Gambar 4.1. Model *Echotraces* Ikan: (a–c) Common Sardine; (b) Mote; (c) Anchovy dan (d) Jack Mackerel (Robotham *et al.*, 2010).



Gambar 4.2. Model *Echotraces* Ikan *Japanese Sandeel* pada Dual Frekuensi. Survei Dilakukan di Pantai Utara Hokkaido, Jepang dengan Menggunakan SIMRAD EK-60 dengan Frekuensi 38 dan 120 kHz (Safuruddin, 2013).

Identifikasi gerombolan ikan pelagis dengan mengklasifikasikan nilai TS dengan menggunakan *echosounder* di sekitar lokasi pemasangan rumpon (*fish aggregating devices, FADs*) telah dilakukan oleh Doray *et al.*, (2006). Informasi kuantitatif tentang kelompok ikan didapatkan berdasarkan morfologi, posisi renang ikan, dan densitas *echotraces*.



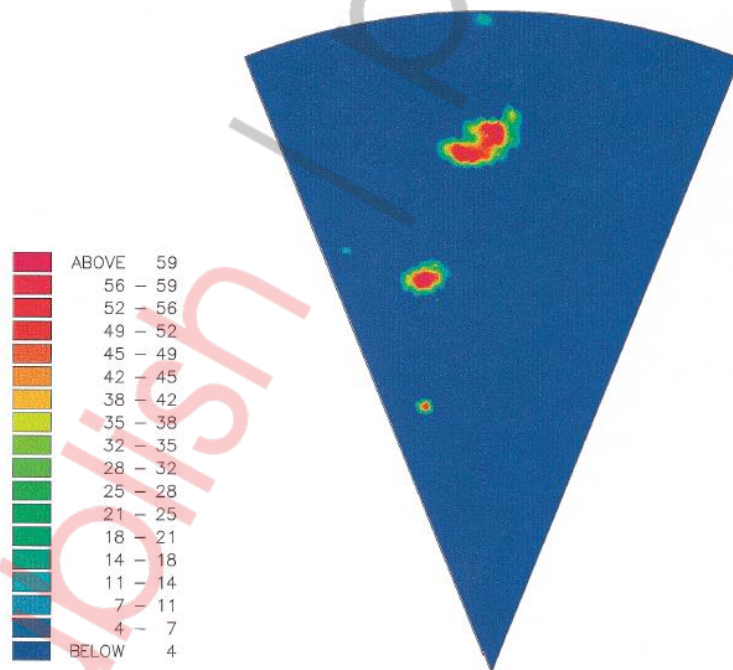
Gambar 4.3. Morfologi *Echotraces* Ikan Pelagis Berdasarkan Klasifikasi TS (Doray *et al.*, 2006).

4.2. Aplikasi Teknologi Akustik untuk Pemanfaatan Sumber Daya Ikan

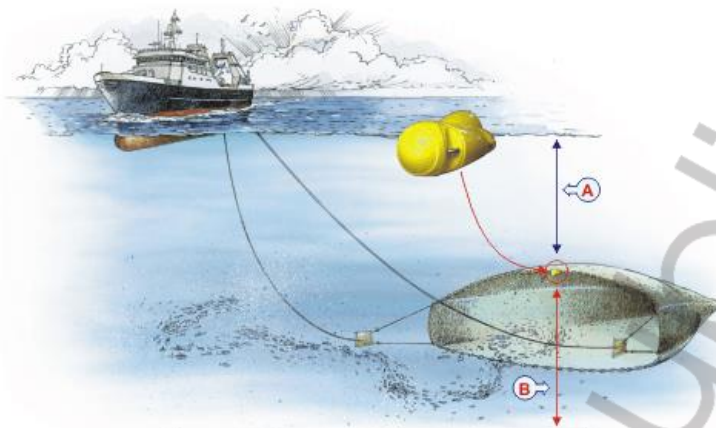
Penangkapan ikan dengan menggunakan sistem SONAR seperti sonar dan *echosounder* telah banyak digunakan nelayan untuk meningkatkan hasil tangkapan ikan. Pada saat melakukan operasi penangkapan ikan dengan alat tangkap aktif seperti *purse seine*, *pole and line*, rawai, penggunaan alat hidroakustik sangat membantu bukan hanya untuk mendeteksi keberadaan kelompok ikan, tetapi juga dapat digunakan untuk mendeteksi ukuran ikan, mengetahui kedalaman posisi ikan di perairan, kecepatan, dan arah pergerakan ikan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.4.

Dengan penggunaan peralatan hidroakustik ini, nelayan dapat memberikan informasi terbaik sebelum dan pada saat proses

penangkapan ikan. Penggunaan peralatan akustik tidak hanya digunakan untuk mendeteksi ikan, tetapi juga dapat digunakan untuk mengetahui tampilan alat tangkap dan tingkah laku ikan sebagai respons dari pergerakan alat tangkap dalam kolom perairan (Gambar 4.5). Sebagai contoh penggunaan *PurseSounder*, jenis *echosounder* di mana didesain dengan *dual sensor* yang bekerja pada waktu yang bersamaan. Sensor pertama memberi informasi kedalaman alat tangkap *trawl* sedangkan sensor yang lain menyediakan informasi posisi alat tangkap di atas dasar perairan.



Gambar 4.4. Rekaman Kelompok Ikan Herring dengan Menggunakan SONAR Simrad SA950. Warna Merah Menunjukkan Intensitas Ikan Tertinggi (Misund, 1997).



Gambar 4.5. Simrad PI SeineSounder yang Dipasang di Tali Ris pada *Trawl*. Alat ini Menyediakan Informasi (A) Kedalaman Alat Tangkap dan (B) Posisi Jaring dari Dasar Perairan (<https://www.simrad.com/>).

Aplikasi metode akustik yang lain juga dilakukan pada pemanfaatan sumber daya perikanan pelagis besar adalah pada perikanan tuna dengan menggunakan *purse seine* yang dilengkapi dengan alat bantu penangkapan ikan, *fish aggregation devices* (FADs), dan didukung oleh instrumen seperti radio atau satelit Beacons (Gambar 4.6), dan lebih maju lagi FADs dilengkapi dengan *echosounder buoy*, terlihat ikan tuna pada kedalaman 20–70 m (Gambar 4.7).

Saat ini juga telah dikembangkan pengelolaan ekosistem laut berbasis penginderaan jauh dengan metode akustik (Gambar 4.8) untuk memahami hubungan atau interaksi level tropik dalam jaringan makanan, hubungan ikan dengan lingkungan, tingkah laku ikan (Gambar 4.9) dan lain-lain. Ilmu akustik sangat penting untuk menyediakan data kuantitatif dan kualitatif berbagai komunitas ikan karena metode akustik memungkinkan *monitoring* keseluruhan ko-

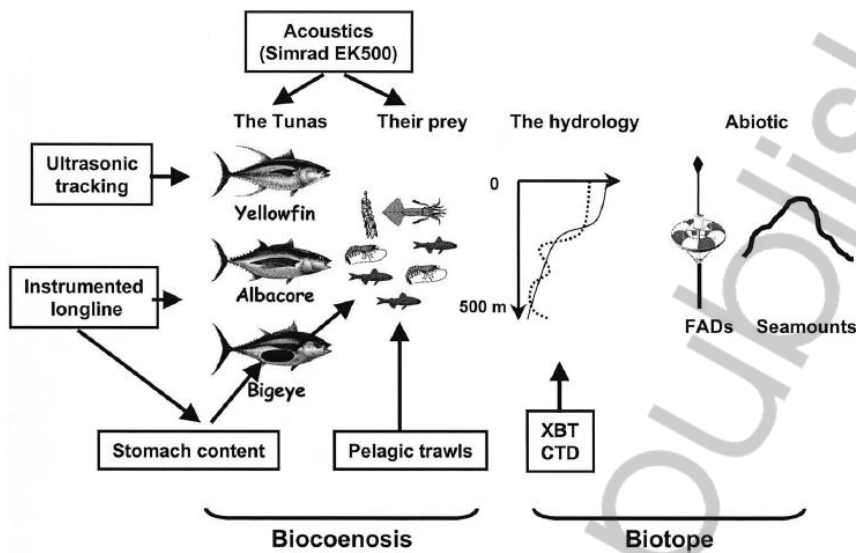
munitas mulai level tropik terendah (plankton) sampai level predator dan aspek fisik lingkungan seperti karakteristik dasar perairan (pasir, lumpur, batuan, kombinasi pasir berlumpur dan lain-lain).



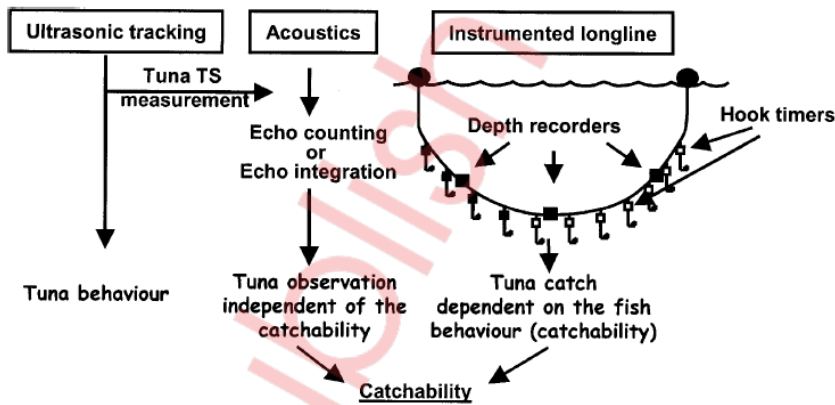
Gambar. 4.6. Sebuah Kapal Tuna *Purse Seiner* dengan Benda Terapung (*drifting floating objects*) yang Dilengkapi dengan Radio atau Satelit Beacons Sehingga Dapat Di-tracking Posisi Benda Tersebut di Atas Kapal (Dagorn *et al.*, 2003).



Gambar 4.7. Hasil Rekaman *Echosounder* dari *Screen* Komputer, Menunjukkan Biomassa Ikan Di bawah FADs yang Diamati dengan *Echosounder Buoy* (Dagorn *et al.*, 2003).

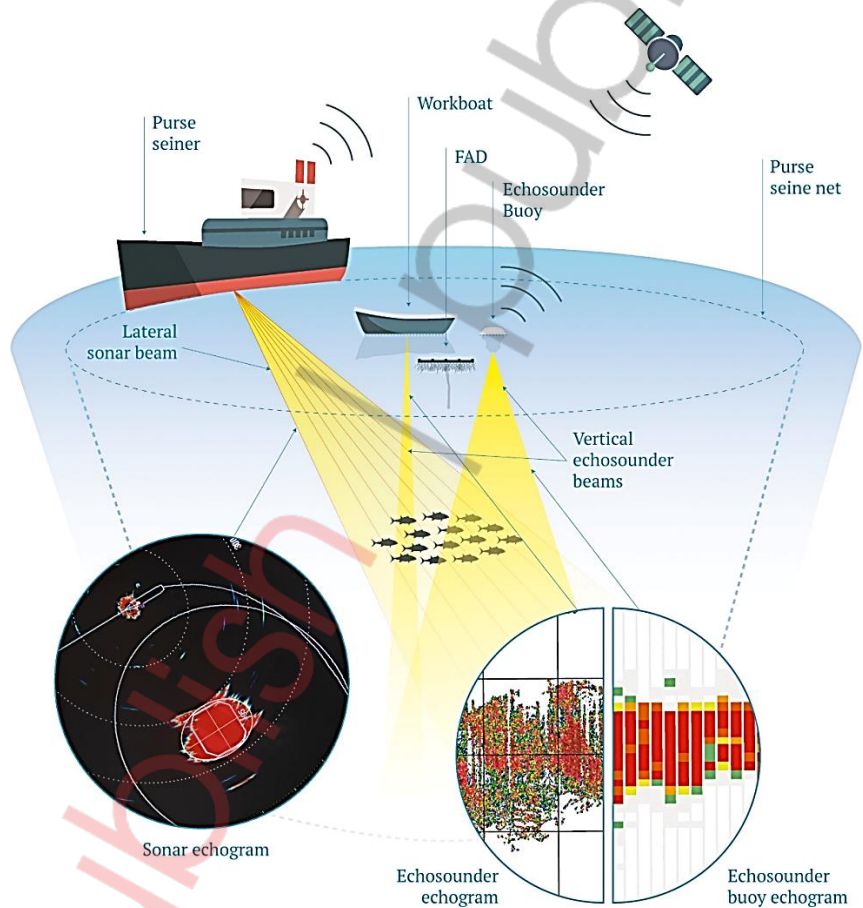


Gambar 4.8. *Monitoring* Perubahan Ekosistem dengan Metode Akustik (Bertrand *et al.*, 2003).



Gambar 4.9. Pengamatan Tingkah Laku Tuna dengan Metode Akustik untuk Bidang Penangkapan Ikan (Bertrand *et al.*, 2003).

Saat ini telah dikembangkan penelitian untuk melihat interaksi ikan tuna terutama cakalang (*Skipjack tuna*), madidihang (*Yellowfin tuna*) dan tuna mata besar (*Big Eye tuna*) dengan alat bantu penangkapan rumpon yang digunakan di wilayah tropis.



Gambar 4.10. Diagram Sinoptik Menggambarkan Pengumpulan Berbagai Jenis Data Akustik dari *Purse Seine* Tuna (Sonar dan *Echosounder*). *Echogram* yang Terkait dengan Masing-Masing Alat (Moreno *et al.*, 2019).

Dalam penelitian ini digunakan 38, 120, dan 200 kHz. Ikan cakalang menunjukkan respons yang lebih kuat pada frekuensi yang lebih tinggi. Sebaliknya, tuna mata besar menunjukkan respons yang lebih kuat pada frekuensi yang lebih rendah. Pola kuat yang ditunjukkan dalam respons frekuensi kedua spesies menunjukkan peluang untuk memprediksi distribusi dan kelimpahan ikan berdasarkan metode akustik dalam rangka mendukung perikanan tangkap yang bertanggungjawab termasuk konservasi sumber daya ikan tuna.

4.3. Estimasi Stok Ikan

Ketidakpastian di dalam estimasi stok ikan yang kemudian berdampak pada pengelolaan sumber daya perikanan, telah menjadi fokus diskusi ilmiah dan aktivitas penelitian perikanan sepanjang dekade terakhir. Keakuratan estimasi stok ikan di perairan adalah informasi kunci untuk pengelolaan sumber daya perikanan secara optimal dan berkelanjutan dan juga saat ini telah digunakan untuk memahami dinamika perubahan ekosistem laut.

Estimasi stok ikan telah dibuat berdasarkan metode konvensional, *catch per unit effort* (CPUE), namun terkadang estimasi kelimpahan dan distribusi ikan berbeda dengan kondisi yang sebenarnya (*real abundance*) salah satunya karena metode ini tidak mempertimbangkan perubahan kondisi lingkungan perairan dan aspek biologi sebagai komponen di dalam perhitungan estimasi stok ikan.

Pendugaan stok ikan merupakan bagian penting terutama pengelolaan perikanan seperti yang diperkenalkan FAO (Garcia *et*

al., 2003) dengan pendekatan ekosistem untuk perikanan (*Ecosystem Approach to Fisheries*, EAF). Oleh karena itu, keakuratan informasi tentang kondisi stok ikan di suatu wilayah perairan adalah hal sangat penting. Untungnya, kondisi ini diikuti dengan perkembangan teknologi hidroakustik yang dapat memberikan informasi yang lebih cepat, andal, dan akurat.

Saat ini teknologi hidroakustik telah diaplikasikan untuk mewujudkan tujuan tersebut. Lebih dari pada itu, metode akustik juga telah dikembangkan untuk *monitoring* perubahan ekosistem perairan. Ada beberapa keunggulan komparatif penggunaan metode akustik dalam kaitannya estimasi stok ikan di perairan, yaitu antara lain: (1) dengan metode akustik, kita dapat secara terus menerus melakukan *monitoring* pada area tertentu untuk memperbaiki akurasi estimasi kelimpahan dan distribusi ikan (2) estimasi stok ikan secara langsung (*direct estimation*); (3) tidak mengganggu kehidupan biota laut; (4) tidak merusak habitat; (5) memiliki resolusi yang tinggi; dan (6) menyediakan informasi di mana ada ikan (*presence*) dan tidak ada ikan (*absence*) secara cepat pada area yang luas (Miyashita *et al.*, 2001). Dalam dunia perikanan tangkap, peneliti selama ini hanya fokus untuk memberikan data dan informasi di mana lokasi *fishing ground* yang baik dan mengabaikan atau luput dari kajian area di mana kita sulit mendapat gerombolan ikan, padahal informasi ini juga penting untuk dikaji.

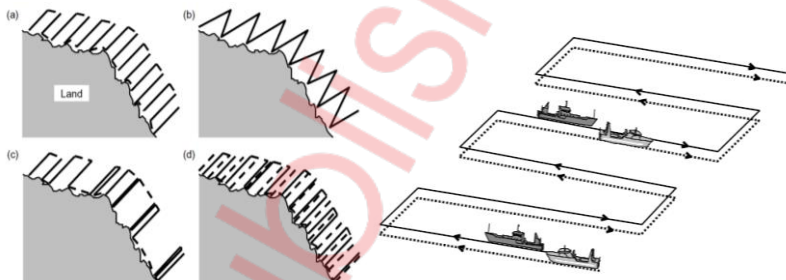
Teknologi hidroakustik telah berkembang dan banyak digunakan untuk pemanfaatan sumber daya perikanan. Selain perikanan pelagis (pelagis besar dan pelagis kecil), aplikasi

teknologi hidroakustik juga banyak digunakan pada alat tangkap dengan target tangkapan ikan dasar (ikan demersal).

1. Desain Survei

Metode akustik secara luas telah digunakan dalam penelitian untuk mengestimasi kelimpahan dan distribusi ikan (MacLennan dan Simmonds, 1992). Tetapi survei di lapangan sangat mahal dan menghabiskan waktu sehingga sangat penting untuk mendesain survei akustik (*cruise track*) untuk memaksimalkan informasi yang ingin dicapai di lapangan. Apabila desain survei dilakukan dengan baik maka akan menjadi mudah untuk menganalisis data dan mendapatkan hasil yang lebih memuaskan.

Ada beberapa model desain survei akustik untuk estimasi stok ikan dan memahami perubahan ekosistem lingkungan laut yang dapat digunakan yang tentunya disesuaikan dengan kondisi dan peruntukannya (Simmonds dan MacLennan, 2005) seperti yang diilustrasikan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11. Model Survei Akustik; (a) Paralel, (b) Zig-zag, (c) Random (d) Kombinasi *Random* dan Paralel (kiri) dan Model *Transect Line* dari Kapal Survei Akustik yang Berpasangan (kanan) (Simmonds dan MacLennan, 2005).

2. Conductivity Temperature Depth (CTD)

Survey akustik yang dilakukan pada kapal *research* pada umumnya diikuti dengan pengukuran parameter oseanografi dengan menggunakan *conductivity temperature depth* atau CTD. Peralatan CTD digunakan untuk mengetahui kondisi oseanografi di perairan khususnya untuk mengukur salinitas, suhu, hubungannya dengan perubahan kedalaman perairan (Gambar 4.12). Alat ini terdiri dari tiga (3) sensor utama, yaitu sel induktif (*conductivity*) sebagai sensor salinitas, *thermistor* sebagai sensor suhu, dan sensor tekanan untuk pengukuran kedalaman. Selain itu, juga dapat diberikan sensor tambahan seperti sensor kekeruhan dan oksigen. Bagian utama untuk satu set CTD terdiri dari CTD, perangkat komputer dengan *software*-nya, perangkat *interface* sebagai unit penghubung antara CTD dan komputer.



Gambar 4.12. Instrumen *Conductivity Temperature Depth* (CTD). Gambar Diambil Dalam Survei Lapangan dengan Menggunakan Kapal Latih "Ushio Maru" Hokkaido University Tahun 2012.

Software COMPAC-CTD merupakan salah satu perangkat lunak yang berfungsi untuk melakukan proses pengaturan dan pemindahan data hasil perekaman yang dilakukan oleh CTD. Dengan *Software* COMPACT-CTD kita dapat mengatur (*setting*) CTD bekerja misalnya mengatur parameter yang dapat CTD ukur. Visualisasi data yang dihasilkan oleh CTD dapat dilakukan dengan menggunakan salah satu perangkat lunak pembantu yaitu Ocean Data View (Safruddin, 2014a) yang dapat didownload secara gratis di laman ini: <http://odv.awi.de>.

Ocean Data View (ODV) adalah suatu program komputer (*software*) yang dibuat oleh Prof. R. Schlitzer (Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research Bremerhaven, Germany) bertujuan untuk menampilkan hasil eksplorasi dari oseanografi dan tampilan geo-referensi, juga urutan data (*grid* data) secara interaktif.

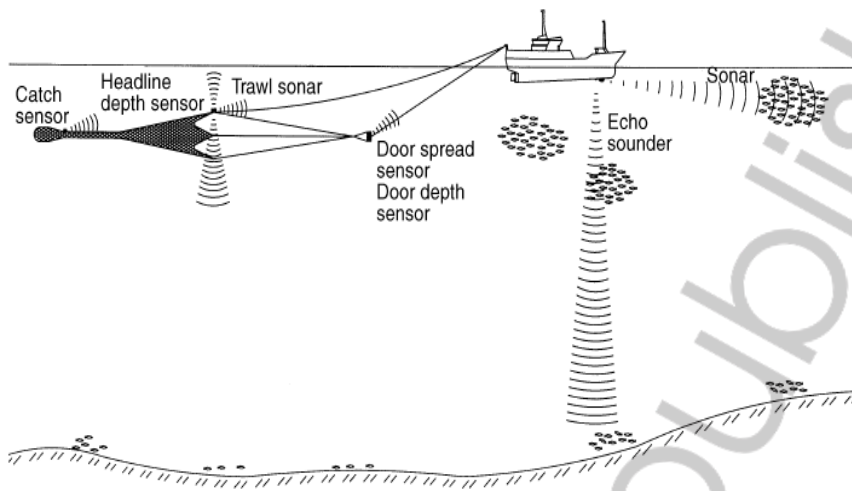
Peralatan akustik seperti *echosounder* atau sonar yang digunakan dalam survei akustik, intensitas frekuensi suara yang digunakan sangat ditentukan oleh target ikan atau biota laut lainnya yang menjadi objek kajian. Pada kajian ikan biasanya digunakan frekuensi 38 kHz, pengamatan plankton dengan menggunakan frekuensi yang lebih besar (120 kHz) dan untuk karakteristik dasar perairan pada umumnya digunakan frekuensi 200 kHz.

Penggunaan akustik bawah air telah mampu mendeteksi dan menentukan lokasi keberadaan kelompok ikan sehingga peralatan ini telah mampu meningkatkan efektifitas penangkapan ikan yang dilakukan baik dengan menggunakan *trawl* dan *purse seine*. Bahkan dalam perkembangan terakhir, peralatan akustik dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik dasar perairan, menentukan jenis

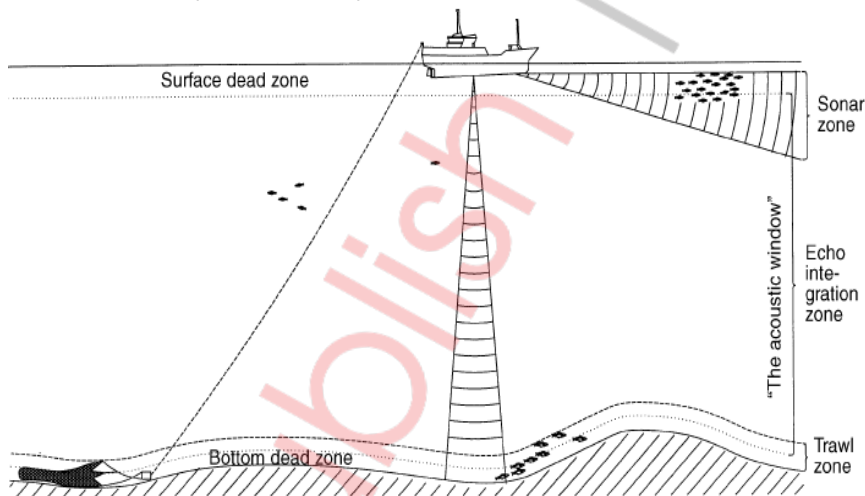
dan ukuran ikan yang terdapat dalam kolom perairan. Banyak kapal penangkapan ikan (ukuran kecil dan besar) dari semua kategori alat penangkapan ikan yang digunakan dilengkapi dengan *echosounder* (Gambar 4.13 dan 4.14). *Echosounder* dioperasikan dengan cara suara dipancarkan secara vertikal dengan menggunakan frekuensi dari kisaran yang luas mulai dari 12 kHz – 200 kHz.

Simbolon dkk. (2015) melaporkan estimasi stok ikan demersal dengan membanding survei hidroakustik menggunakan *echosounder* Simrad EY60-120 kHz (Gambar 4.15) yang simultan dengan *swept area trawl*. Data yang diharapkan dari dua metode yang digunakan akan saling melengkapi dan meningkatkan akurasi dalam estimasi stok sumber daya ikan, khususnya ikan demersal.

Dengan demikian, kelebihan maupun kelemahan masing-masing metode tersebut akan dapat diungkapkan. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan densitas ikan demersal dari pendeteksian survei hidroakustik terhadap tangkapan *trawl* dasar, dan menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan estimasi densitas ikan demersal dari metode *swept area* dan pendekatan akustik. *v* dasar yang dioperasikan secara simultan untuk mengukur densitas ikan demersal. Estimasi densitas ikan demersal yang dihasilkan antar kedua metode menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan (Gambar 4.15 dan Gambar 4.16).

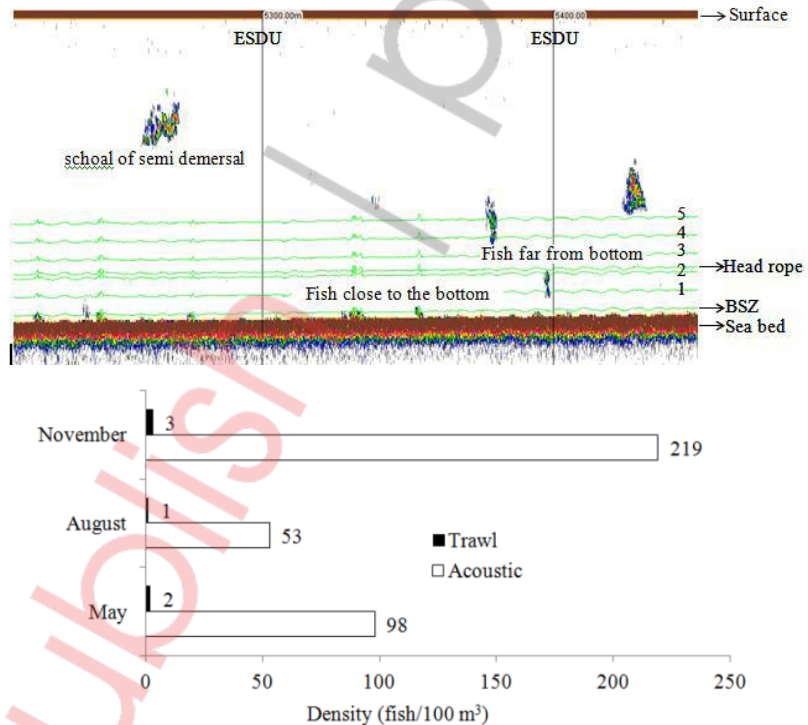


Gambar 4.13. Peralatan Akustik untuk Merekam Ikan dan Dasar Perairan, Serta *Monitoring* Alat Tangkap dalam Kolom Perairan (Misund, 1997).

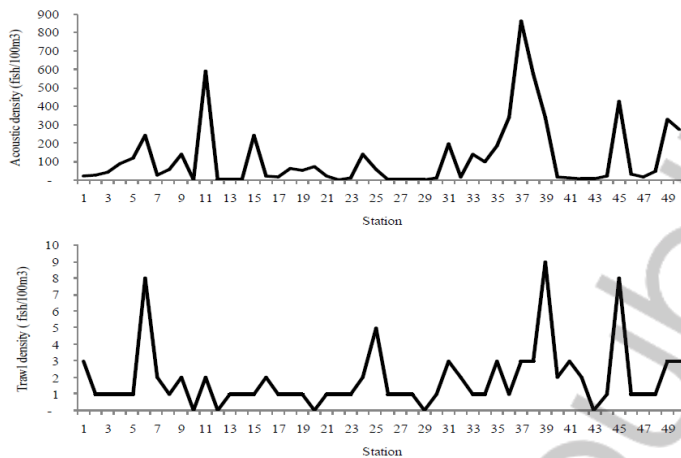


Gambar 4.14. Rekaman Vertikal untuk Sonar, Integrasi *Echo*, dan *Trawl* Dasar Selama Survei Estimasi Kelimpahan Ikan (Misund, 1997).

Hal yang sama ditemukan oleh Donald *et al.*, (2011) bahwa estimasi stok ikan dengan menggunakan peralatan akustik lebih baik dari pada dengan menggunakan alat tangkap (*gill net*). Informasi yang didapatkan dengan menggunakan alat tangkap dalam survei estimasi stok dapat dijadikan sebagai data pendukung dari estimasi stok yang dilakukan dengan metode akustik. Data pendukung tersebut misalnya menyediakan data komposisi dan ukuran ikan, biomassa, dan pertumbuhan ikan.

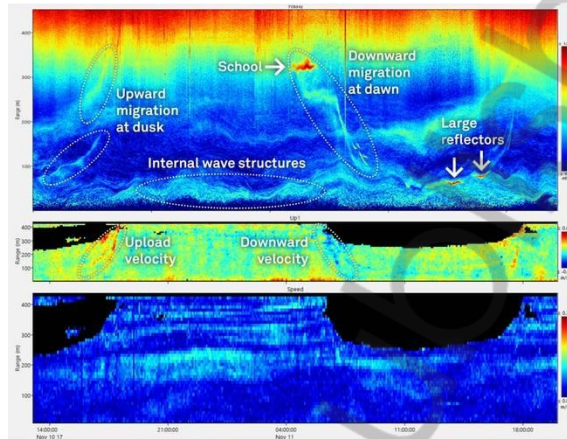


Gambar 4.15. Perbandingan Rata-rata Densitas Ikan Demersal secara *Temporal*/Hasil Deteksi Akustik dan *Trawl* (Simbolon, 2015).



Gambar 4.16. Perbandingan Densitas Ikan Demersal Secara *Spasial*, Hasil Deteksi Akustik (atas) dan *Trawl* (bawah) (Simbolon, 2015)

Namun demikian, penggunaan metode akustik dalam mengkaji kondisi stok ikan di perairan bukanlah pekerjaan yang sederhana. Ada sederetan tahapan eksperimen yang harus dilakukan untuk meningkatkan keandalan estimasi stok ikan di perairan. Dalam rangka menjaga stok ikan di perairan agar berkelanjutan, maka diperlukan teknologi yang lebih canggih untuk lebih memahami dinamika dan struktur stok ikan. Keberadaan teknologi akustik seperti *echosounder* dan sonar, dapat membantu mengukur biomassa, tingkah laku ikan serta plankton yang banyak di makan ikan. Sementara itu, *Acoustic Current Doppler Profilers* (ACDPs) memberikan informasi tentang arus, yang dapat membantu ketersediaan plankton di perairan. Dalam penelitian terbaru dalam dunia akustik perikanan, telah dikombinasikan antara *echosounder* dengan ACDPs. Hasil dari rekaman alat tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4.17. *Echogram* (atas), Kecepatan Arus Vertikal (tengah), dan Kecepatan Arus secara Horizontally (bawah)
 (Gambar: Nortek; Laman: <https://www.marinetechologynews.com>).

BAB V.

KONDISI LINGKUNGAN LAUT DARI PERSPEKTIF SATELIT OSEANOGRAFI

Pemanfaatan sumber daya perikanan di berbagai wilayah perairan Indonesia tidak merata. Di beberapa wilayah perairan masih terbuka peluang besar untuk pengembangan pemanfaatannya (*under fishing*), sedangkan di sebagian wilayah yang lain sudah mencapai kondisi kelebihan tangkap atau *over fishing* (Widodo dkk., 1988). Hal tersebut dapat disebabkan karena pengelolaan potensi sumber daya perikanan tidak dilakukan secara terpadu. Salah satu penyebabnya adalah tidak tersedianya data dan informasi tentang potensi sumber daya perikanan laut di wilayah perairan Indonesia secara utuh. Kurangnya data dan informasi yang tersedia menyebabkan potensi perikanan tidak dapat dimanfaatkan secara optimal dan berkelanjutan.

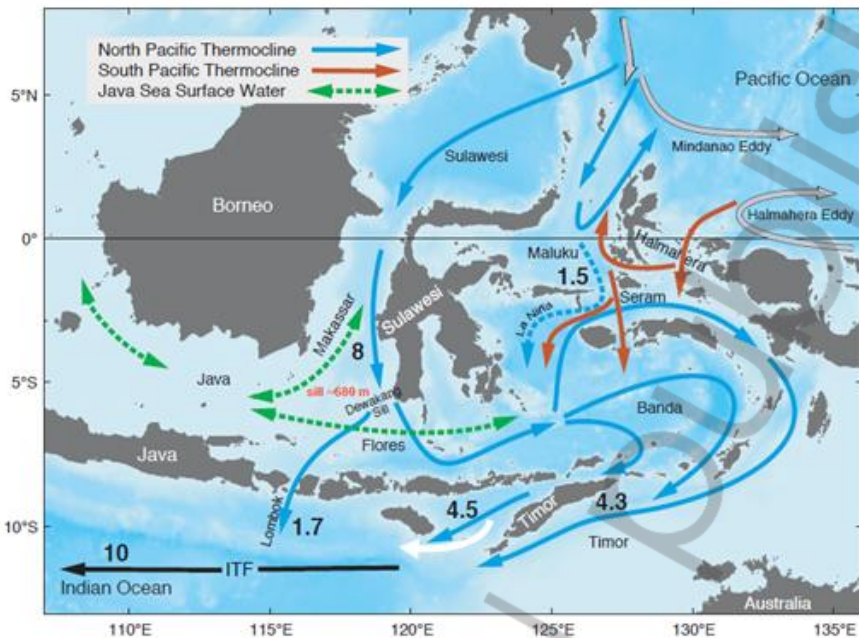
5.1. Kondisi Oseanografi di Perairan Indonesia

Dalam perspektif letak geografis, wilayah perairan Indonesia memiliki posisi letak yang sangat strategis berdasarkan potensi sumber daya perikanan laut. Letak perairan Indonesia yang berada di antara dua samudera yaitu Samudera Hindia dan Samudera Pasifik, menjadikan perairan Indonesia sebagai wilayah pembatas wilayah samudera tersebut (Gambar 2.1). Pada Gambar 2.1 terlihat bahwa ada perbedaan kedalaman perairan di Indonesia, di bagian barat Indonesia yang relatif dangkal dan dihuni oleh banyak sumber

daya ikan pelagis kecil. Berbeda halnya dengan kondisi bathimetri perairan di bagian timur Indonesia yang lebih dalam dan banyak ditemukan kelompok ikan-ikan pelagis besar.

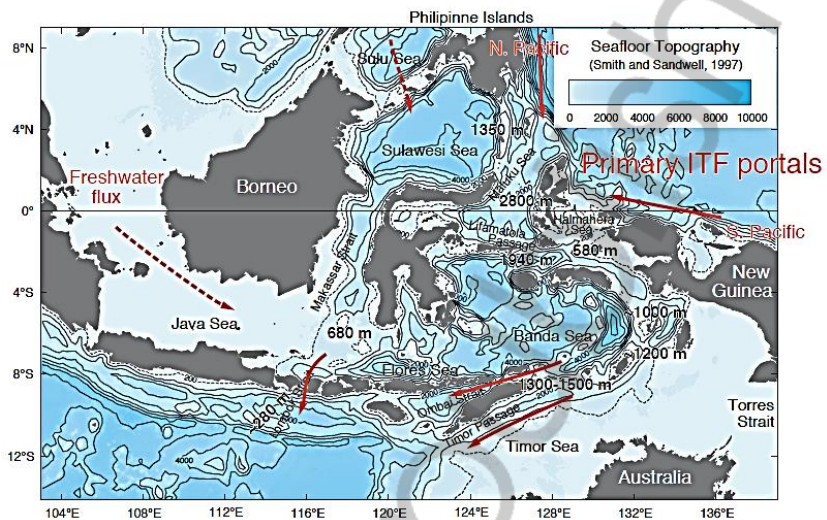
Keberadaan Laut Banda, Laut Flores, Selat Makassar, dan Laut Sulawesi (Gambar 5.1 dan 5.2) merupakan wilayah perairan yang menghubungkan antara Samudera Hindia dan Samudera Pasifik dengan pola pergerakan massa air secara musiman dan tahunan telah mengungkapkan faktanya bahwa pergerakan massa air ini mempengaruhi pola migrasi pergerakan ikan-ikan migratori (*high migratory species*) seperti tuna madidihang, tuna mata besar, albakora, dan cakalang.

Pada sisi lain, Perairan Indonesia dipengaruhi oleh sistem pola angin Munson Barat dan Munson Timur yang memiliki pola sirkulasi massa air yang berbeda dan bervariasi antara musim, di samping itu pula juga dipengaruhi oleh massa air Lautan Pasifik yang melintasi Perairan Indonesia menuju Lautan Hindia melalui sistem Arus Lintas Indonesia atau dikenal dengan nama ARLINDO (Gambar 5.1). Sirkulasi massa air di Perairan Indonesia berbeda antara Musim Barat dan Musim Timur. Pada Musim Barat, massa air umumnya mengalir ke arah Timur Perairan Indonesia, dan sebaliknya ketika Musim Timur berkembang dengan sempurna suplai massa air yang berasal dari daerah *upwelling* (pengangkatan massa air dari bawah perairan) di Laut Arafura dan Laut Banda yang akan mengalir menuju perairan Indonesia bagian Barat (Gordon, 2005; Sprintall dan Liu, 2005).



Gambar 5.1. Aliran Air Lintas Indonesia dan Estimasi Total Volume Air yang Dipindahkan dalam $10^3 \text{ m}^3/\text{detik}$ (Gordon, 2005).

Beberapa hasil penelitian mengungkapkan bahwa migrasi ikan-ikan pelagis besar, seperti berbagai jenis ikan tuna dan cakalang bergerak dari wilayah perairan utara (Laut Sulawesi) menuju ke WPP-713 yaitu ke wilayah perairan selatan (Laut Flores) melalui perairan Selat Makassar. Letak geografis pulau Sulawesi yang diapit oleh beberapa wilayah perairan seperti Laut Banda, Laut Flores, Selat Makassar, dan Laut Sulawesi memiliki potensi sumber daya perikanan laut yang kaya dengan biodiversitas, terutama ikan-ikan pelagis besar di dalamnya.



Gambar 5.2. Lautan Indonesia yang Di-overlay di atas Profil Kedalaman Perairan (m). Aliran Arlindo Ditunjukkan dengan Panah Merah (Gordon, 2005).

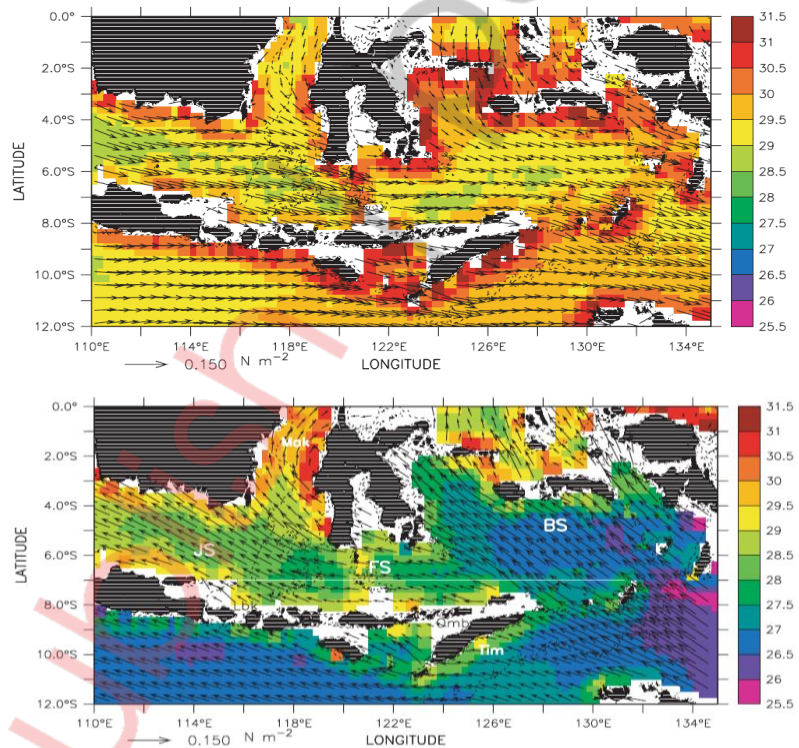
Potensi sumber daya perikanan laut yang berlimpah di sekitar perairan wilayah Pulau Sulawesi merupakan kekayaan alam yang terkira besar dengan sejumlah ekosistem pesisir di perairan laut dangkal dan ekosistem laut dalam yang dimilikinya. Di samping potensi biodiversitas dengan daya dukung (*carry capacity*) yang besar, juga ditetapkannya secara alami oleh berbagai biodiversitas dan ikan-ikan migratori lainnya sebagai jalur pola pergerakan yang secara permanen dilakukan berdasarkan perbedaan musim dari tahun ke tahun. Oleh sebab itu, informasi daerah penangkapan ikan secara *spatial* dan *temporal* sangat dibutuhkan.

Daerah penangkapan ikan adalah suatu perairan di mana ikan yang menjadi sasaran penangkapan diharapkan dapat tertangkap

secara maksimal, tetapi masih dalam batas kelestarian sumber daya tersebut. Daerah penangkapan ikan yang baik adalah perairan yang mempunyai lingkungan, ketersediaan makanan, serta tempat pembiakan atau pemijahan yang sesuai untuk kehidupan ikan yang menjadi target penangkapan dan memungkinkan dioperasikannya alat tangkap di daerah penangkapan tersebut. Saat ini, identifikasi daerah potensial penangkapan ikan lebih mudah dan lebih cepat telah dilakukan dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh berbasis data citra satelit oseanografi (cara identifikasi tidak langsung).

Dari data penginderaan jauh berbasis satelit oseanografi dilakukan pengamatan terhadap dinamika parameter oseanografi seperti sebaran suhu permukaan laut (SPL), perkiraan konsentrasi klorofil-*a* di suatu perairan, salinitas, dan juga proses oseanografi seperti *upwelling* ataupun pertemuan massa air dengan karakteristik yang berbeda (*frontal zone*). Hasil pengamatan tersebut divisualisasi dalam bentuk peta kontur, sehingga dapat diperkirakan tingkat kesuburan suatu lokasi perairan atau kesesuaian kondisi perairan dengan habitat yang disenangi suatu gerombolan (*schooling*) ikan seperti untuk ikan tuna albakora (Zainuddin, 2006) dan cakalang (Mugo *et al.*, 2010). Pada Gambar 5.3 terlihat bahwa perubahan musim, dapat menyebabkan perubahan kondisi oseanografi di wilayah perairan Indonesia dan sekitarnya. Perubahan kondisi oseanografi tersebut sangat berpengaruh pada distribusi dan kelimpahan ikan baik secara *spatial* maupun *temporal* di wilayah perairan Indonesia.

Salah satu metode yang andal digunakan untuk penentuan daerah penangkapan ikan (*fishing ground*) adalah melalui analisis data citra satelit dan verifikasi atau dukungan data lapangan dan informasi yang telah ada (data referensi). Hasil pengamatan satelit kemudian dipetakan dengan teknik sistem informasi geografis (SIG). Teknik SIG ini menggabungkan berbagai informasi perikanan dan kelautan yang diperlukan untuk menciptakan peta distribusi dan kelimpahan ikan di perairan (Fisher, 2007).



Gambar 5.3. Rata-rata Suhu Permukaan Laut dan Pola Angin pada Bulan Februari (atas) dan Juli (bawah) di Perairan Indonesia (Sprintall dan Liu, 2005).

5.2. Wilayah Pengelolaan Perikanan 713

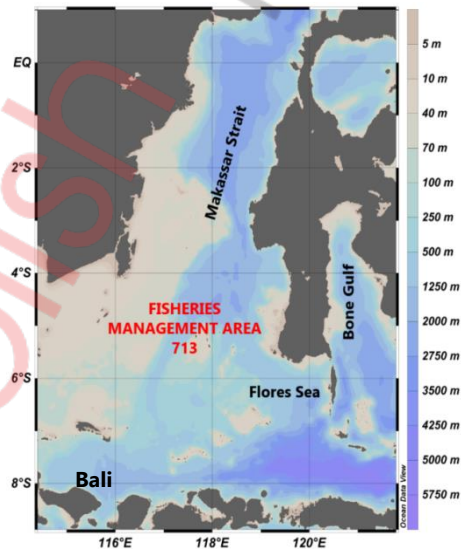
Keberadaan Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) Negara Republik Indonesia dimaksudkan untuk memaksimalkan pemanfaatan sumber daya ikan laut yang ada secara berkelanjutan. Oleh sebab itu maka perairan Indonesia dibagi ke dalam beberapa wilayah pengelolaan perikanan berdasarkan karakteristik sumber daya ikan untuk memudahkan pengelolaan dan pemanfaatan secara optimal. Berdasarkan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan No.01/MEN/2009 tentang Wilayah Pengelolaan Perikanan Republik Indonesia telah menetapkan pembagian WPP-NRI menjadi 11 WPP (Gambar 5.4).



Gambar 5.4. Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia.

Ada sebelas (11) WPP-NRI yaitu, WPP 571 meliputi Perairan Selat Malaka dan Laut Andaman; WPP 572 terdiri dari Perairan

Samudera Hindia sebelah barat Sumatera dan Selat Sunda; WPP 573 mencakup Perairan Samudera Hindia sebelah selatan Jawa hingga sebelah selatan Nusa Tenggara, Laut Sawu, dan Laut Timor bagian barat; WPP 711 meliputi perairan Selat Karimata, Laut Natuna, dan Laut China Selatan; WPP 712 terdiri dari perairan Laut Jawa; WPP 713 mencakup wilayah Perairan Selat Makassar, Teluk Bone, Laut Flores, dan Laut Bali (Gambar 5.5); WPP 714 terdiri dari Perairan Teluk Tolo dan Laut Banda; WPP 715 meliputi Perairan Teluk Tomini, Laut Maluku, Laut Halmahera, Laut Seram dan Teluk Berau; WPP 716 terdiri dari Perairan Laut Sulawesi dan sebelah Utara Pulau Halmahera; WPP 717 meliputi Perairan Teluk Cenderawasih dan Samudera Pasifik; dan WPP 718 terdiri dari Perairan Laut Aru, Laut Arafuru, dan Laut Timor bagian timur.



Gambar 5.5. Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia 713.

Pengelolaan perikanan yang bertanggung jawab dan berkelanjutan salah satunya adalah pilar untuk pembangunan perikanan yang berkelanjutan. Pembagian wilayah tersebut juga mempermudah Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) dalam hal pengawasan dan pemberian izin. Selanjutnya, pada kesempatan ini, wilayah kajian yang dalam buku ini difokuskan pada WPP 713 yang meliputi Selat Makassar, Laut Flores, Laut Bali, dan Teluk Bone (Gambar 5.5).

Wilayah Pengelolaan Perikanan 713 dengan luas kawasan sekitar 8.927,3 km² sangat kaya akan sumber daya ikan-ikan pelagis besar (menjadi perhatian karena populasinya melimpah dan bernilai ekonomis tinggi) seperti pada umumnya perairan di Indonesia Timur. Kelompok ikan pelagis besar seperti berbagai jenis tuna, cakalang dan tongkol, merupakan ikan yang selalu melakukan pergerakan cepat, berpindah dan selalu mengikuti perubahan lingkungan perairan. Untuk mengetahui distribusi dan kelimpahan ikan-ikan pelagis besar di perairan WPP 713, diuraikan sebagai berikut.

5.3. Daerah Penangkapan Ikan Pelagis Besar di WPP 713

Ikan-ikan pelagis besar hidup pada daerah perairan yang relatif kondisi lingkungannya tidak stabil menjadikan kepadatan ikan juga berfluktuasi dan cenderung mencari kondisi lingkungan yang sesuai untuk kehidupan dan pertumbuhannya. Sifat ikan pelagis besar membentuk gerombolan yang besar saat banyak makanan terutama ketersediaan ikan pelagis kecil (seperti teri, tembang, layang, dan kembung) sebagai mangsa utama dan terpencar-pencar apa bila makanan kurang tersedia di perairan. Variasi rekrutmen

relatif tinggi yang erat kaitannya dengan kondisi oseanografi, selalu melakukan migrasi atau ruaya baik *spatial* maupun *temporal*, aktivitas gerak cukup tinggi yang ditunjukkan oleh bentuk badan menyerupai torpedo, kulit dan tekstur yang mudah rusak, dan daging berkadar lemak relatif tinggi.

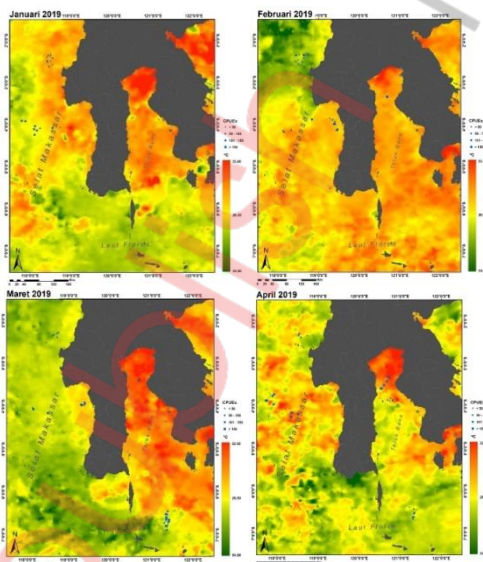
Potensi sumber daya perikanan pelagis besar yang berlimpah di sekitar perairan WPP 713 merupakan kekayaan alam yang terkira besar dengan sejumlah ekosistem pesisir di perairan laut dangkal dan ekosistem laut dalam yang dimilikinya. Di samping potensi biodiversitas dengan *carrying capacity* yang besar, juga ditetapkannya secara alami oleh berbagai biodiversitas dan ikan-ikan migratori lainnya sebagai jalur pola pergerakan yang secara permanen dilakukan berdasarkan perbedaan musim dari tahun ke tahun.

Merujuk hasil penelitian terdahulu, terungkap bahwa ikan-ikan pelagis besar melakukan perpindahan, bergerak dari wilayah perairan Utara (Laut Sulawesi) menuju ke wilayah perairan Selatan (Laut Flores) dan masuk ke perairan Teluk Bone melalui Selat Makassar. Letak geografis wilayah Selat Makassar yang sangat strategis ini memiliki potensi-potensi sumber daya ikan laut yang kaya dengan biodiversitas, terutama ikan-ikan pelagis besar di dalamnya.

Dalam rangka optimalisasi pemanfaatan sumber daya ikan pelagis besar di perairan WPP 713, maka dibutuhkan informasi yang andal tentang *spatio-temporal* daerah potensial penangkapan ikan. Informasi tersebut sangat diharapkan dapat meningkatkan efisiensi biaya operasional, efektivitas operasi penangkapan, dan bahkan memperpanjang musim penangkapan ikan.

1. Daerah Penangkapan Ikan yang Di-overlay dengan Suhu Permukaan Laut

Lingkungan tempat hidup ikan sangat tergantung pada kondisi oseanografi di perairan tersebut. Oleh karena itu, pengetahuan tentang kondisi dan perubahan faktor oseanografi berdasarkan ruang dan waktu sangat diperlukan untuk mengetahui daerah penangkapan ikan secara tepat. Salah satu faktor oseanografi yang sangat mempengaruhi distribusi dan kelimpahan ikan adalah sebaran suhu permukaan laut (SPL) seperti tertera pada Gambar 5.6. Suhu permukaan laut berdasarkan data citra satelit AQUA dengan sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) di WPP 713 misalnya pada bulan Januari s.d. April 2019 adalah 24,0–33,0 °C.



Gambar 5.6. Sebaran SPL dari Citra Satelit AQUA/MODIS pada bulan Januari s.d. April 2019 di WPP 713.

Berdasarkan Gambar 5.6., terlihat bahwa sebaran SPL pada bulan Januari s.d. April 2019 yang di-*overlay* dengan posisi penangkapan dan jumlah hasil tangkapan. Secara *spatial* (ruang), wilayah WPP 713 dan sekitarnya memiliki suhu permukaan laut lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah perairan yang lain. Berdasarkan temporal (waktu), SPL tertinggi di WPP 713 ditemukan pada bulan Januari 2019 dan berangsur-angsur mengalami penurunan SPL sampai pada bulan April 2019 (Gambar 5.6.). Hal ini memungkinkan terjadi karena adanya perubahan musim dan ARLINDO. Fenomena ini berpengaruh pada dinamika atau pergerakan air laut baik secara horizontal maupun vertikal yang pada gilirannya mempengaruhi distribusi dan kelimpahan ikan.

Perubahan dan variasi faktor oseanografi mengindikasikan bahwa pola sebaran sumber daya ikan tidak merata dan juga menyebabkan jumlah hasil tangkapan tidak menentu. Untuk meningkatkan jumlah hasil tangkapan ikan dengan memperhatikan keberlanjutan sumber daya ikan, sangat penting diketahui kepastian tempat keberadaan ikan dan tempat penangkapan ikannya. Berdasarkan hasil penelitian dari berbagai referensi, pada umumnya daerah penangkapan ikan tidak ada yang bersifat tetap, selalu berubah dan berpindah mengikuti pergerakan kondisi lingkungan, yang secara alamiah ikan akan memilih habitat yang lebih sesuai. Sedangkan habitat tersebut sangat dipengaruhi oleh parameter oseanografi perairan seperti suhu permukaan laut, klorofil-*a*, kedalaman perairan dan sebagainya (Laevastu dan Hayes, 1981; Gunarso, 1985; Hendiarti *et al.*, 2005).

2. Daerah Penangkapan Ikan yang Di-*overlay* dengan Klorofil-a

Di Perairan Indonesia ada perbedaan pola angin yang secara langsung mempengaruhi pola arus permukaan perairan Indonesia dan perubahan karakteristik massa diduga dapat mengakibatkan terjadinya perubahan terhadap tingkat produktivitas perairan. Keadaan ini tergantung pada berbagai hal, seperti bagaimana sebaran faktor fisik-kimia perairan. Untuk itu perlu dilakukan analisis untuk mempelajari dan menelaah pengaruh faktor-faktor oseanografi terhadap sebaran fisik-kimia perairan dan keterkaitannya terhadap tingkat konsentrasi klorofil-a.

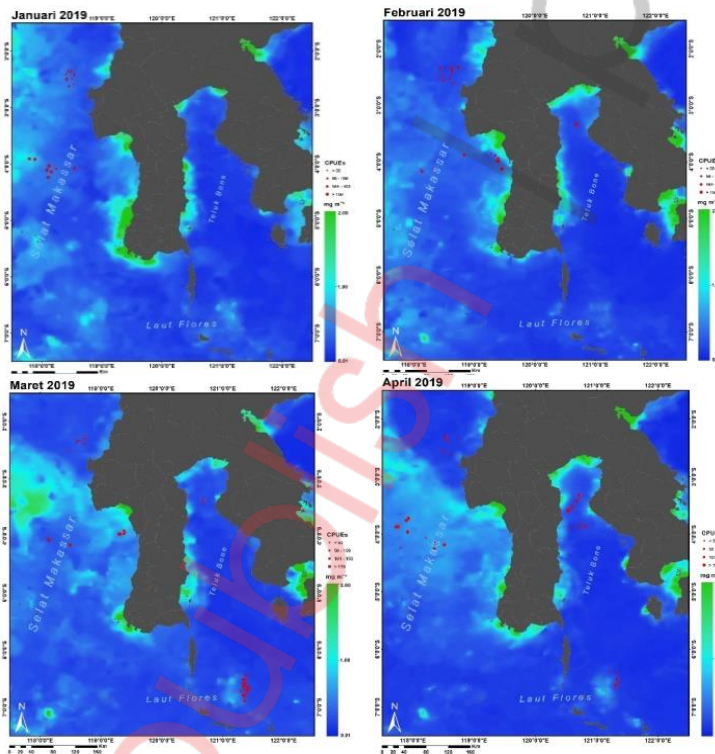
Kondisi lingkungan perairan dengan konsentrasi klorofil-a yang tinggi sangat memungkinkan dan mendukung kehidupan dan perkembangan ikan di wilayah tersebut khususnya kelompok ikan pelagis kecil dengan mangsa utama adalah plankton (Polovina *et al.*, 2001). Di daerah perairan pantai biasanya memiliki produktivitas primer dan sekunder yang tinggi sehingga dijumpai kelimpahan ikan pada level *tropic* yang rendah (*lower tropic level*) sampai pertengahan, *middle tropic level* (Zwolinski *et al.*, 2012).

Sebaran klorofil-a di dalam kolom perairan sangat tergantung pada konsentrasi nutrien. Konsentrasi nutrien di lapisan permukaan sangat sedikit dan akan meningkat pada lapisan termoklin dan lapisan di bawahnya. Hal ini juga dikemukakan oleh Brown *et al.* (1989), nutrien memiliki konsentrasi rendah dan berubah-ubah pada permukaan laut dan konsentrasinya akan meningkat dengan bertambahnya kedalaman serta akan mencapai konsentrasi maksimum pada kedalaman antara 500–1.500 m.

Tingginya sebaran densitas klorofil-a di perairan pantai dan pesisir disebabkan karena adanya suplai nutrisi dalam jumlah besar melalui *run-off* dari daratan, sedangkan rendahnya konsentrasi klorofil-a di perairan lepas pantai karena tidak adanya suplai nutrisi dari daratan secara langsung. Namun pada daerah-daerah tertentu di perairan lepas pantai dijumpai konsentrasi klorofil-a dalam jumlah yang cukup tinggi. Keadaan ini disebabkan oleh tingginya konsentrasi nutrisi yang dihasilkan melalui proses fisik massa air, di mana massa air dalam mengangkat nutrisi dari lapisan dalam ke lapisan permukaan (Sprintall dan Liu, 2005). Perbedaan suplai massa air karena pengaruh perubahan musim mengakibatkan terjadinya perubahan terhadap kondisi perairan yang akhirnya mempengaruhi tinggi rendahnya produktivitas perairan. Perubahan kondisi suatu massa air dapat diketahui dengan melihat sifat-sifat massa air yang meliputi suhu, salinitas, oksigen terlarut, dan kandungan nutrisi (Gordon, 2005).

Kandungan klorofil-a dapat digunakan sebagai ukuran banyaknya fitoplankton pada suatu perairan tertentu dan sebagai petunjuk produktivitas perairan. Daerah-daerah dengan nilai klorofil-a tinggi mempunyai hubungan erat dengan adanya proses pengangkatan massa air atau *upwelling* (Selat Makassar, Selat Sunda, Laut Jawa, dan Selat Bali). Untuk mengetahui sebaran konsentrasi klorofil-a di perairan WPP 713, kombinasi teknologi-teknologi satelit dan teknik sistem informasi geografis digunakan untuk dapat memberikan dukungan informasi zona potensial penangkapan ikan (ZPPI) pelagis besar secara tepat waktu dan berkesinambungan untuk pengembangan ekonomi pelaku

perikanan tangkap khususnya nelayan dan peningkatan pendapatan asli daerah. Konsentrasi klorofil-*a* di dalam kolom perairan sangat tergantung pada keberadaan nutrisi. Nutrien memiliki konsentrasi rendah dan berubah-ubah pada permukaan laut dan konsentrasinya akan meningkat dengan bertambahnya kedalaman serta akan mencapai konsentrasi maksimum di sekitar dasar perairan. Kisaran konsentrasi klorofil-*a* selama pengamatan berada pada kisaran 0,01–0,2 mg/m⁻³. Sebaran klorofil-*a* tertinggi ditemukan pada bulan Maret 2019 dan terendah terjadi pada bulan April 2019 (Gambar 5.7).



Gambar 5.7. Sebaran Densitas Klorofil-*a* dari Citra Satelit Aqua/MODIS pada Bulan Januari s.d. April 2019 di WPP 713.

Konsentrasi klorofil-a tinggi dan konsisten setiap bulannya ditemukan di perairan pantai di seluruh WPP 713 terutama di sekitar wilayah Perairan Luwu Raya dan pulau Sembilan Kabupaten Sinjai dan Kepulauan Spermode dan Perairan Kabupaten Takalar dan sekitarnya. Namun demikian, di wilayah perairan laut lepas, cenderung relatif lebih rendah. Tingginya konsentrasi klorofil-a daerah pantai banyak dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi yang cukup untuk fotosintesis fitoplankton. Sebaran densitas klorofil-a di laut bervariasi secara geografis maupun berdasarkan kedalaman perairan. Variasi tersebut diakibatkan oleh perbedaan intensitas cahaya matahari, dan konsentrasi nutrisi yang terdapat di dalam suatu perairan.

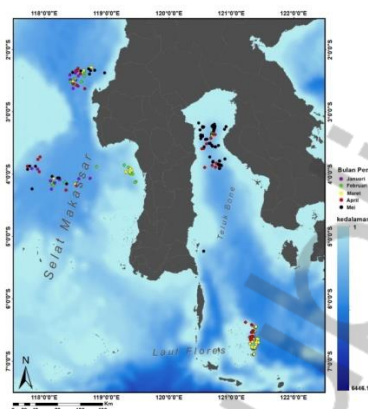
3. Daerah Penangkapan Ikan yang Di-*overlay* dengan Kedalaman Perairan

Pembentukan daerah penangkapan ikan (*fishing ground*) selain dipengaruhi suhu permukaan laut dan konsentrasi klorofil-a, juga ditentukan oleh perubahan kedalaman perairan. Pada Gambar 5.8 terlihat bahwa daerah penangkapan ikan secara *spatial* dan temporal bulanan di WPP 713. Daerah penangkapan ikan pelagis besar umumnya terjadi dilepas pantai baik di Selat Makassar, Laut Flores maupun di wilayah perairan Teluk Bone. Walaupun di wilayah perairan Selat Makassar, juga ditemukan daerah penangkapan ikan di daerah pantai terutama di sekitar perairan Kabupaten Mamuju di bagian utara dan di perairan Kabupaten Barru di bagian tengah selat.

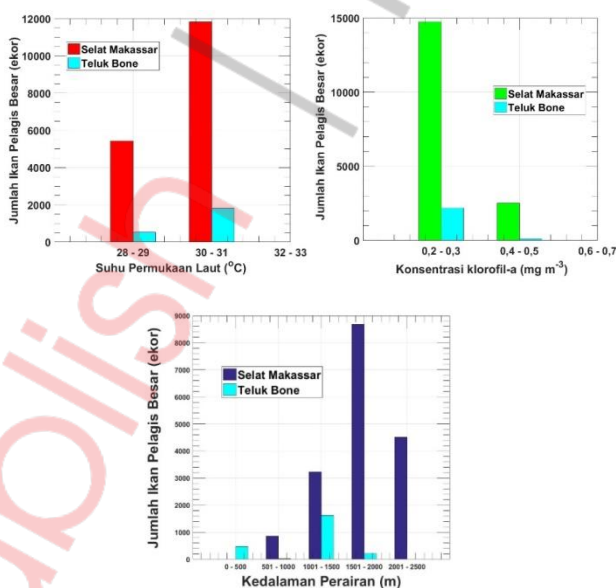
Hubungannya dengan distribusi dan kelimpahan ikan pelagis besar berdasarkan Gambar 5.8, ikan pelagis besar cenderung

ditemukan di seluruh WPP selama pengambilan data. Daerah penangkapan ikan pelagis besar berdasarkan Gambar 5.8 cenderung bersifat tetap, artinya nelayan lokal yang padanya merupakan nelayan tradisional, menangkap ikan pada daerah penangkapan yang relatif sama selama siklus satu tahun. Hal ini diduga bahwa mereka pada umumnya menangkap ikan pelagis besar dengan menggunakan alat penangkapan ikan (rumpon, FADs). Mallawa dkk. (2014) menjelaskan bahwa ikan pelagis besar seperti tuna mulai memasuki Laut Flores dari Teluk Bone pada bulan November setiap tahunnya.

Selanjutnya kondisi optimum untuk masing-masing parameter yang ditunjukkan dengan dapat dilihat pada Gambar 5.9, hasil tangkapan ikan pelagis besar cenderung banyak pada suhu permukaan laut pada kisaran 30,0–31,0 °C dengan densitas klorofil-a sebesar 0,2–0,3 mg/m⁻³. Ikan pelagis besar banyak ditemukan pada kisaran kedalaman perairan yang relatif luas baik di daerah pantai (*inshore area*) dan juga banyak berkumpul di laut lepas (*off shore*). Di wilayah perairan Teluk Bone, ikan pelagis besar banyak berkumpul pada kisaran kedalaman 1.000 s.d. 1.500 m sedangkan di perairan Selat Makassar, ikan pelagis besar banyak tertangkap pada kedalaman 1.500 s.d. 2.000 m seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.9.



Gambar 5.8. Profil Kedalaman WPP 713 yang Di-*overlay* dengan Posisi Penangkapan pada Bulan Januari s.d. April 2019.



Gambar 5.9. Kondisi Oseanografi Optimum (SPL, Klorofil-a, dan Kedalaman Perairan) untuk Ikan Pelagis Besar WPP 713 (Teluk Bone dan Selat Makassar).

BAB VI.

PEMETAAN ZONA POTENSIAL PENANGKAPAN IKAN (STUDI KASUS TELUK BONE DAN SEKITARNYA)

6.1. Aplikasi Satelit Oseanografi untuk Perikanan Tangkap

Persoalan umum dalam bidang perikanan tangkap adalah tekanan akibat pemanfaatan yang tinggi (*over exploited*) terhadap sumber daya ikan di wilayah pesisir dan pulau kecil khususnya pada ekosistem terumbu karang, lamun, dan mangrove sebagai habitat ikan dan kemudian berdampak pada kerusakan lingkungan perairan. Pada aspek lain dalam rangka membangun industri perikanan tangkap yang tangguh, pemerintah tidak memiliki informasi yang lengkap tentang stok ikan, distribusi, dan kelimpahan ikan serta pola migrasi ikan secara *spatial* dan *temporal*. Pada hal informasi tersebut dapat digunakan dalam menentukan kebijakan pengelolaan sumber daya ikan terutama ikan pelagis yang juga dimaksudkan untuk mengurangi eksploitasi sumber daya yang berlebihan yang di wilayah pesisir dan pulau kecil.

Seiring dengan perkembangan teknologi termasuk di bidang perikanan tangkap (*capture fisheries*), salah satu alternatif yang menawarkan solusi terbaik untuk memetakan daerah potensial penangkapan ikan ekonomis penting adalah mengombinasikan kemampuan teknik sistem informasi geografis dan teknologi penginderaan jauh (indraja) berbasis satelit oseanografi. Aplikasi teknologi indraja atau *remote sensing* dapat menyediakan informasi secara berkala, cepat, dan dengan cakupan area yang luas terkait

dengan faktor-faktor lingkungan laut yang mempengaruhi distribusi, migrasi, dan kelimpahan ikan.

Faktor lingkungan laut tersebut antara lain suhu permukaan laut, tingkat konsentrasi klorofil-a, kedalaman perairan, perbedaan tinggi permukaan laut, arah dan kecepatan arus, dan tingkat produktivitas primer. Ikan dengan mobilitasnya yang tinggi akan lebih mudah dilacak di suatu area melalui teknologi ini karena ikan cenderung berkumpul pada kondisi lingkungan tertentu yang disebabkan oleh adanya proses oseanografi seperti peristiwa *upwelling*, dinamika arus pusaran (*eddy*) dan daerah *front gradient* pertemuan dua massa air yang berbeda baik itu sifat kadar garamnya (salinitas), suhu, atau konsentrasi klorofil-a (jumlah tumbuhan laut terutama fitoplankton).

Pada umumnya daerah penangkapan ikan tidak ada yang bersifat tetap, selalu berubah dan berpindah mengikuti pergerakan kondisi lingkungan, yang secara alamiah ikan akan memilih habitat yang lebih sesuai untuk kehidupan dan pertumbuhannya. Sedangkan habitat tersebut sangat dipengaruhi oleh kondisi atau parameter oseanografi perairan seperti suhu permukaan laut, salinitas, klorofil-a, perbedaan kecepatan arus dan kedalaman dan sebagainya (Safruddin 2013; Zainuddin *et al.*, 2013). Hal ini berpengaruh pada dinamika atau pergerakan air laut baik secara horizontal maupun vertikal yang pada gilirannya mempengaruhi distribusi dan kelimpahan ikan.

Teluk Bone, salah satu area potensial untuk pemanfaatan sumber daya hayati perairan di wilayah koridor Sulawesi, merupakan aset strategis untuk dikembangkan dengan basis kegiatan ekonomi pada tujuan pemakmuran masyarakat pesisir dan peningkatan perolehan

pendapatan asli daerah. Sumber daya ikan pelagis besar sebagai sumber daya ikan ekonomis penting seperti kelompok tuna (*Thunnus* sp), cakalang (*Katsuwonus pelamis*), dan tongkol (*Auxis* sp) adalah sumber daya ikan yang potensial dikembangkan pemanfaatannya di wilayah Teluk Bone dan diduga merupakan wilayah lintasan migrasinya sehingga perairan Teluk Bone termasuk salah satu dari tiga daerah penangkapan ikan terbaik di perairan Sulawesi Selatan selain Selat Makassar, dan Laut Flores (Mallawa dkk, 2014).

Informasi zona potensial penangkapan ikan (ZPPI) pada berbagai parameter oseanografi yang digabungkan akan menyajikan lokasi yang spesifik di mana ikan dapat ditangkap dengan kelimpahan yang cukup tinggi. Peta ZPPI dapat mempresentasikan dinamika daerah penangkapan ikan yang potensial berdasarkan waktu dan ruang. Hal ini sangat membantu nelayan untuk membuat agenda kerja dan menetapkan target hasil tangkapannya. Zona potensial penangkapan ikan adalah refleksi kondisi lingkungan yang menunjukkan kelimpahan makanan untuk ikan sekaligus kebutuhan yang sesuai dengan kondisi fisiologis tubuhnya.

6.2. Pemetaan Zona Potensial Penangkapan Ikan Pelagis Besar

Pengetahuan dasar yang dipakai dalam melakukan pengkajian ZPPI adalah mencari hubungan antara spesies ikan dan faktor lingkungan di sekelilingnya. Dari hasil analisis ini akan diperoleh indikator oseanografi yang cocok untuk ikan tertentu. Sebagai contoh ikan *albacore tuna* di laut utara Pasifik cenderung terkonsentrasi pada kisaran suhu 18,5–21,5°C dan berasosiasi dengan tingkat klorofil-a sekitar 0,3 mg m⁻³ (Polovia *et al.*, 2001; Zainuddin, 2006; Zainuddin *et*

al., 2008). Selanjutnya *output* yang didapatkan dari indikator oseanografi yang bersesuaian dengan distribusi dan kelimpahan ikan dipetakan dengan teknologi sistem informasi geografis.

Data indikator oseanografi yang sesuai untuk ikan perlu diintegrasikan dengan berbagai *layer* pada SIG karena ikan sangat mungkin merespons bukan hanya pada satu parameter oseanografi saja, tetapi berbagai parameter yang saling berkaitan. Dengan kombinasi SIG, indraja dan data lapangan (*fishery data*) akan memberikan banyak informasi spasial misalnya di mana posisi ikan banyak tertangkap, berapa jaraknya antara *fishing base* dan *fishing ground* yang produktif serta kapan musim penangkapan ikan yang efektif. Tentu saja hal ini akan memberi gambaran solusi tentang pertanyaan nelayan kapan (*when*) dan di mana (*where*) bisa mendapatkan banyak ikan.

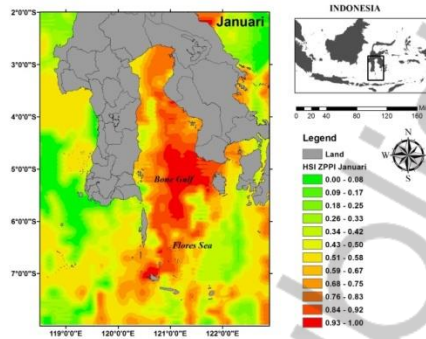
Data tulisan ini dipandang sangat penting untuk memuat salah satu model penentuan daerah potensial penangkapan dan pengelolaan sumber daya ikan ekonomis penting seperti ikan pelagis besar. Model pengelolaan tersebut dapat dibuat untuk mengetahui daerah ekologi atau habitat ikan pelagis besar dari bulan Januari sampai dengan bulan Desember atau dalam siklus satu (1) tahun seperti yang terlihat pada (Gambar 6.1 s.d. 6.12) (Safruddin dkk., 2018).

Pemetaan daerah potensial penangkapan ini dibuat dengan menggunakan model kombinasi *fishing performance-oceanographic preferences* (Zainuddin *et al.*, 2006). Data input model didapat dari beberapa referensi terkait. Oleh karena itu pemetaan daerah potensial penangkapan hanya mengandalkan data input baik primer maupun sekunder. Ada kemungkinan peta prediksi mengalami bias dan

itu artinya ada faktor lain selain SPL dan klorofil-a serta data penangkapan yang digunakan yang juga menentukan akurasi dari peta tematik yang dibuat. Berdasarkan model tersebut, maka dibuat peta distribusi probabilitas yang dinyatakan dalam peluang (0–100%) ditemukannya ikan pelagis besar di perairan Teluk Bone dan sekitarnya.

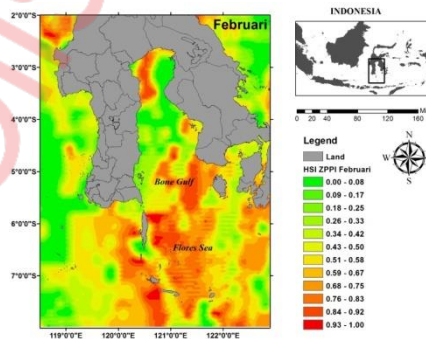
Perairan Teluk Bone dan sekitarnya memiliki potensi ikan pelagis besar yang sangat besar berdasarkan zona potensial penangkapan ikan. Hal ini dapat ditunjukkan bahwa pada bulan Januari–Desember, zona potensial penangkapan ikan pelagis besar yang optimal langsung terlihat formasinya (perairan warna merah dalam peta) dengan peluang > 90% (Gambar 6.1 s.d. 6.12). Warna merah menunjukkan ZPPI pelagis besar yang sangat besar dan sebaliknya ditunjukkan oleh warna ungu di mana peluang ditemukannya ikan pelagis besar sangat kecil. Adanya warna yang membentuk zona menunjukkan bahwa zona potensial penangkapan dapat terbentuk secara *spasial* dan *temporal* di suatu perairan berdasarkan kondisi optimal SPL, klorofil-a dan hasil tangkapan di atas rata-rata.

Gambar 6.1 menunjukkan bahwa habitat kesesuaian ikan pelagis besar pada bulan Januari di perairan Teluk Bone yang dinyatakan dalam format zona potensi penangkapan ikan. Formasi ZPPI pada bulan Januari terbentuk dari utara ke selatan teluk (sekitar perairan Luwu Timur hingga perairan Kepulauan Selayar). Zona potensial penangkapan ikan pelagis besar mengalami puncak perkembangan yang dapat dilihat pada lokasi antara 4,5 dan 5,5° LS (Lintang Selatan) dan antara 121 dan 122°BT (Bujur Timur). Pada bulan tersebut, ZPPI kurang berkembang di sebelah timur Laut Flores dan Perairan Teluk Bone.



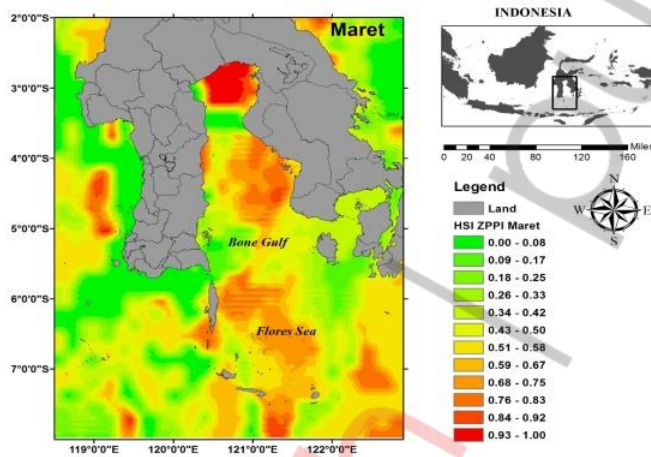
Gambar 6.1. Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan Januari di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.

Pola ZPPI pada bulan Februari masih terlihat dominan di sebelah Selatan Teluk Bone (Gambar 6.2). Daerah potensial penangkapan ikan pelagis besar sangat berkembang di sebelah Timur Kepulauan Selayar. Sedangkan ZPPI kurang dominan di perairan utara Teluk Bone hingga sampai Perairan Kabupaten Bone. Hal ini berarti bahwa ikan pelagis besar masih lebih banyak terkonsentrasi pada bagian selatan Teluk Bone pada bulan Februari.



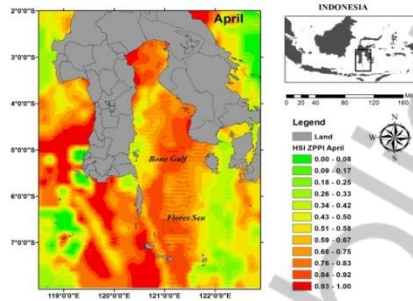
Gambar 6.2. Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan Februari di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.

Pada bulan Maret distribusi ikan pelagis besar secara umum mulai bergeser masuk ke Perairan Teluk Bone (Gambar 6.3). Berdasarkan peta ZPPI ditemukan bahwa pusat distribusi ikan pelagis besar berada pada bagian utara yaitu di sekitar Perairan Luwu Timur. Ikan pelagis besar terlihat terkonsentrasi pada lokasi antara 2,5 dan 3,2° LS dan antara 120,5 dan 121,5°BT.



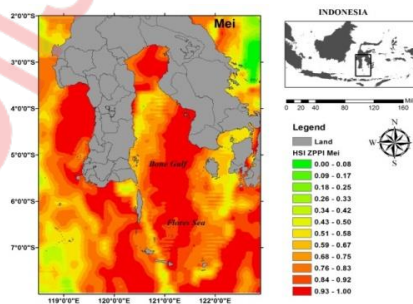
Gambar 6.3. Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan Maret di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.

Berdasarkan hasil model yang diterapkan untuk Perairan Teluk Bone dan sekitarnya diperoleh bahwa distribusi ikan pelagis besar mulai masuk musim puncak terjadi pada bulan April (Gambar 6.4). Zona potensial penangkapan ikan berkembang mulai dari Perairan Kepulauan Selayar di sebelah selatan teluk sampai Perairan Kabupaten Luwu di sebelah utara. Hal ini menunjukkan bahwa ikan pelagis besar mulai melimpah di Teluk Bone pada bulan April.



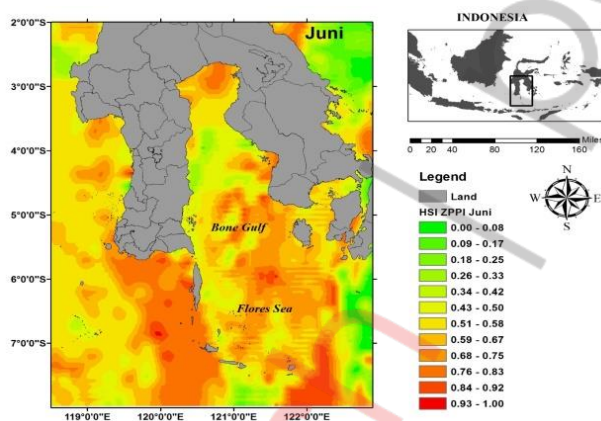
Gambar 6.4. Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan April di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.

Peta ZPPI pada bulan Mei didapatkan bahwa musim puncak ikan pelagis besar di Teluk Bone terjadi pada bulan ini. Zona potensial penangkapan ikan menyebar hampir di setiap sisi Perairan Teluk Bone (Gambar 6.5). Pada bulan Mei terlihat bahwa di WPP 713 (sepanjang Teluk Bone, Laut Flores, dan Selat Makassar) ditemukan ZPPI berkembang sangat pesat. Fakta ini menunjukkan kondisi oseanografis dan kelimpahan makanan ikan pelagis besar berada pada kondisi optimum.



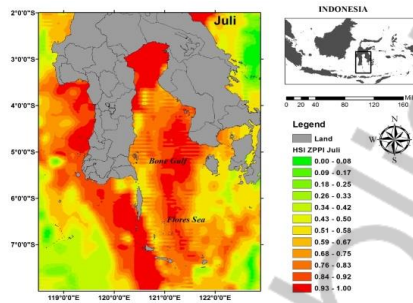
Gambar 6.5. Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan Mei di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.

Pada bulan Juni kondisi ZPPI sudah mengalami penurunan performa, meskipun hampir sepanjang studi area masih dalam kondisi optimum (Gambar 5.6). Hal ini berarti distribusi ikan pelagis besar di wilayah Perairan Teluk Bone dan sekitarnya berada pada areal yang lebih luas secara spasial. Secara densitas (kelimpahan ikan), ikan pelagis besar mengalami penurunan jumlah gerombolan. Implikasi dari peta ZPPI ini adalah upaya penangkapan berbanding lurus dengan jumlah hasil tangkapan.



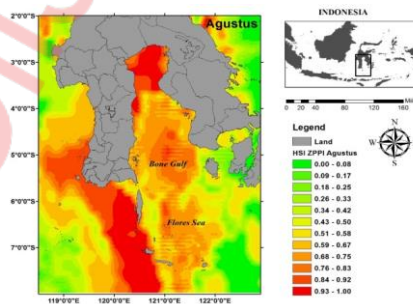
Gambar 6.6. Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan Juni di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.

Pada bulan Juli, ZPPI ikan pelagis besar kembali mengalami peningkatan (Gambar 6.7). Zona potensial terlihat meningkat performanya di Perairan Kabupaten Luwu, Kolaka, Kabaena, Buton dan sebelah Barat dan Timur Perairan Kepulauan Selayar. Bahkan ZPPI berkembang dari Teluk Bone menuju Laut Flores sebelah selatan Pulau Selayar.



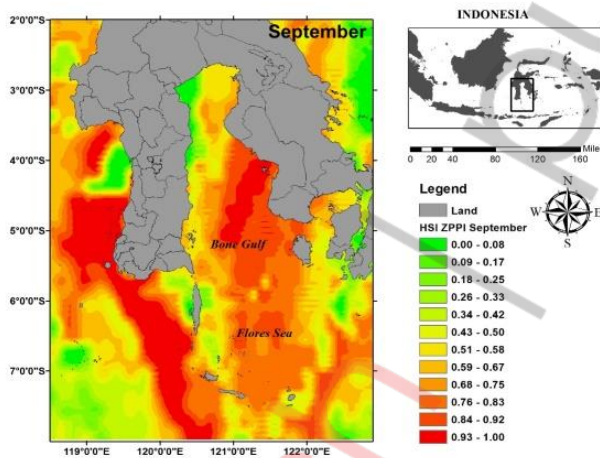
Gambar 6.7. Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan Juli di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.

Pada saat masuk bulan Agustus, ZPPI masih tetap berkembang di Perairan Teluk Bone terutama di Perairan Kabupaten Luwu (Gambar 6.8). Selain itu ZPPI ikan pelagis besar juga tetap mengalami kemajuan di sebelah barat Pulau Selayar menuju ke arah selatan dan barat daya. Zona potensial penangkapan ikan pada bulan Juli relatif lebih berkembang dari pada ZPPI pada Agustus. Distribusi alat tangkap seharusnya mengikuti pola distribusi ZPPI setiap bulan. Hal ini diharapkan agar hasil tangkapan dapat meningkat lebih signifikan.



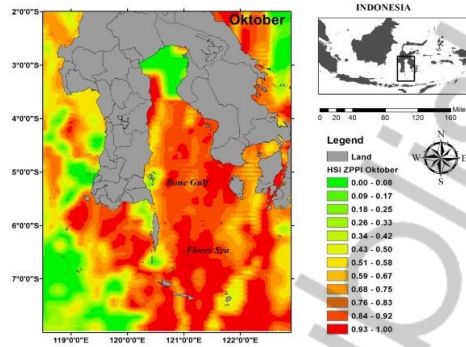
Gambar 6.8. Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan Agustus di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.

Peta ZPPI pada bulan September menunjukkan bahwa perkiraan gerombolan ikan pelagis akan diprediksi lebih dominan berada pada Perairan Kabupaten Kolaka menuju ke arah Selatan (Gambar 6.9). Formasi alat tangkap seharusnya berada atau bersesuaian dengan distribusi ZPPI. Selain itu, ZPPI juga terlihat berkembang di Laut Flores terutama di sebelah Barat dan Timur Pulau Selayar.



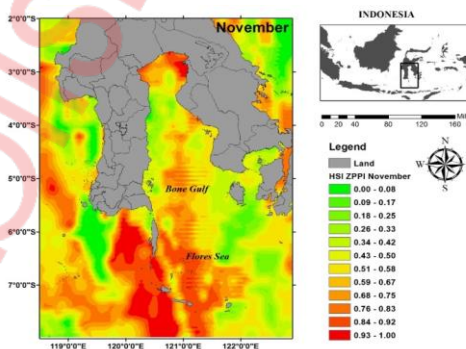
Gambar 6.9. Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan September di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.

Pada bulan Oktober, formasi ZPPI bergeser dari Perairan Bone-Kolaka (Teluk Bone) menuju ke Laut Flores (Gambar 6.10). Hal inilah yang diperkirakan menjadi alasan bagi beberapa alat tangkap ikan pelagis besar bergeser dominasi *setting*-nya ke Laut Flores pada bulan Oktober. Upaya penangkapan berdasarkan peta ZPPI pada bulan ini seharusnya mengikuti pola distribusi probabilitas habitat tersebut.



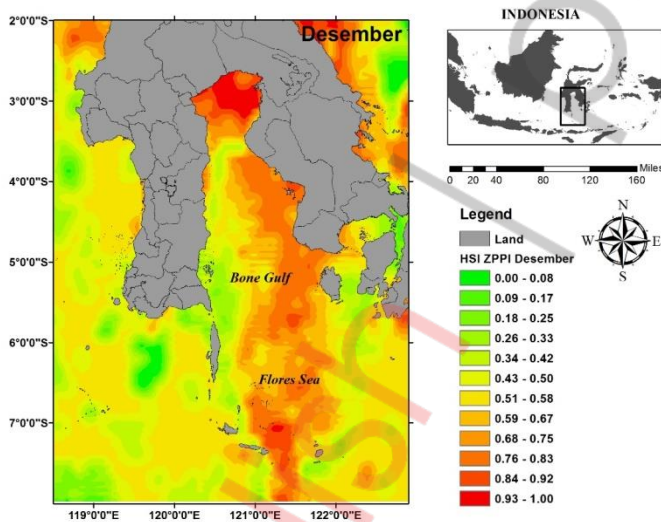
Gambar 6.10. Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan Oktober di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.

Pada bulan November, peta ZPPI menunjukkan bahwa peluang ditemukannya ikan pelagis besar sudah mengalami penurunan (Gambar 6.11). Hal ini menunjukkan bahwa distribusi ikan cenderung meluas di perairan (Teluk Bone maupun Laut Flores). Namun demikian ZPPI terlihat tetap berkembang di Perairan Luwu dan di perairan selatan Pulau Selayar.



Gambar 6.11. Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan November di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.

Peta ZPPI pada bulan Desember menunjukkan bahwa gerombolan ikan pelagis besar diprediksi mulai masuk lagi ke Teluk Bone (Gambar 6.12). Pada bulan ini ZPPI terlihat sangat berkembang di Perairan Kabupaten Luwu. Hal ini berarti ikan pelagis besar menempatkan perairan tersebut sebagai salah satu habitat dalam siklus hidupnya dan jalur migrasinya. Ikan ini kemudian bergerak di sekitar Perairan Kabupaten Kolaka, Kabaena hingga ke bagian Timur Perairan Selayar.



Gambar 6.12. Peta ZPPI Ikan Pelagis Besar pada Bulan Desember di Perairan Teluk Bone dan Sekitarnya.

Dinamika spasial dan temporal parameter oseanografi mempengaruhi ZPPI ikan pelagis besar. Zona potensial penangkapan ikan pelagis besar di Perairan Teluk Bone yang paling produktif berdasarkan Gambar 6.4 s.d. 6.9 seperti yang terlihat di

atas. Hal ini juga berdasarkan hasil verifikasi yang dilakukan di lapangan (Safruddin dkk, 2018). Sedangkan bulan lainnya ditemukan bahwa ikan pelagis baru bergerak masuk atau ke luar dari Perairan Teluk Bone ke Laut Flores. Pada Bulan Oktober dan November, ikan pelagis besar membentuk formasi yang besar di bagian selatan Teluk Bone-Laut Flores.

Berdasarkan hal tersebut di atas, strategi pengelolaan alat tangkap di Perairan Teluk Bone dan sekitarnya seharusnya diterapkan berdasarkan peta zona potensial penangkapan ikan pelagis besar. Informasi ini sangat dibutuhkan nelayan dan *stakeholder* untuk pengaturan kalender penangkapan ikan pelagis besar di wilayah Perairan Teluk Bone dan sekitarnya untuk mengoptimalkan pemanfaatan potensi ikan pelagis besar yang sudah dipetakan.

Dengan demikian, pengetahuan tentang zona potensial penangkapan ikan akan lebih meningkatkan efektifitas dan efisiensi penangkapan ikan oleh nelayan. Dengan pemahaman mengenai pola migrasi ikan akan memperlihatkan bagaimana zona penangkapan ikan yang potensial akan diplot lebih spesifik. Hal ini akan mengurangi waktu pencarian dan bahan bakar sehingga diharapkan akan memberikan keuntungan yang lebih besar pada nelayan. Tentu saja, bila informasi ZPPI dikelola dengan tepat, akan meningkatkan pendapatan asli daerah dari sektor perikanan, terutama daerah yang berbatasan langsung dengan WPP 713 terutama Perairan Teluk Bone dan sekitarnya.

BAB VII.

PENUTUP

Potensi sumber daya perikanan (ikan pelagis kecil, ikan pelagis besar, dan ikan demersal) merupakan aset yang harus dimanfaatkan untuk kemakmuran bangsa Indonesia. Dalam rangka pemanfaatan sumber daya perikanan secara berkelanjutan, aplikasi teknologi penginderaan jarak jauh dengan menggunakan peralatan akustik (*acoustical remote sensing*) dan satelit (*satellite remote sensing*) sebagai alat bantu penangkapan ikan sangat direkomendasikan.

Penggunaan teknologi hidroakustik (sonar, *echosounder* dan ACDPs) sangat membantu untuk memahami dinamika stok ikan ekonomis penting dan perubahan lingkungan laut pada satu kawasan perairan. Selain itu penggunaan teknologi ini juga sebenarnya bisa digunakan untuk memahami tingkah laku ikan dan hubungan ekologis dan untuk klasifikasi habitat perairan yang akan dibahas pada kesempatan yang lain. Selanjutnya, dipadukan dengan Teknologi INDRAJA berbasis satelit oseanografi memungkinkan mendapatkan informasi yang lebih andal terkait dengan distribusi, kelimpahan, dan zona potensial penangkapan ikan secara *spatial* dan *temporal*.

Keberadaan teknologi INDRAJA adalah solusi yang cerdas untuk menyediakan data dan informasi dalam rangka membangun sistem informasi perikanan tangkap yang tangguh, akurat, dan dapat diandalkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Armstrong, F. 1996. Target strength of sandeels. International council for the Exploration of the Sea, CM.1986/B:5, Copenhagen.
- Arnaya, I. N. 1991. Akustik Kelautan. Proyek Peningkatan Perguruan Tinggi. IPB. Bogor.
- Bertrand, A., E. Josse, P. Bach, L. Dagorn. 2003. Acoustics for ecosystem research: lessons and perspectives from a scientific programme focusing on tuna-environment relationships. Aquatic Living Resources 16: 197 - 203.
- Chu, D. 2011. Technology Evolution and Advances In fisheries Acoustics. Journal of Marine Science and Technology, Vol. 19, No. 3: 245-252.
- Chu, D., K.G. Foote, T.K. Stanton. 1993. Further analysis of target strength measurement of Antarctic krill at 38 and 120 kHz: Comparison with deformed cylinder model and inference of orientation distribution. Journal of the Acoustical Society of America. 93 (5): 2985–2988.
- Clay, C. S., J. K. Horne. 1994. Acoustic models of fish: the Atlantic cod (*Gadus morhua*). Journal of the Acoustical Society of America. 96: 1661–1668.
- Dagorn, L., K.N. Holland, V. R., G. Moreno. 2013. Is it good or bad to fish with FADs? What are the real impacts of the use of drifting FADs on pelagic marine ecosystems? Fish and Fisheries 14: 391 – 415.

- Dahuri, R. 2000. Perencanaan Pengelolaan Sumber Daya Pesisir dan Laut Indonesia. Makalah Pada Konperensi Nasional II Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut Indonesia. Kerjasama Proyek Pesisir Dep. Eksplorasi Laut dan Perikanan, Pemda Sul-Sel, Unhas dan LSM Konsorsium Kelautan. Makassar.
- Demer, D. A., R. J. Kloser, D. N. MacLennan, E. Ona. 2009. An introduction to the proceedings and a synthesis of the 2008 ICES Symposium on the Ecosystem Approach with Fisheries Acoustics and Complementary Technologies (SEAFACETS). ICES Journal of Marine Science. 66: 961–965.
- Donald, E. D. C.A. Jennings, D.J. Degan. 2011. Relationships between hydroacoustic derived density and gill net catch: Implications for fish assessments. Fisheries Research 123– 124: 78– 89.
- FAO. 1995. Code and conduct for responsible fisheries. Rome. 48 pp.
- Faraway, J.J. 2006. Extending the linear model with R. Generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models. Chapman & hall/CRC. 301 pp.
- FIKP-Unhas. No. 3 Volume/23 2013. pp 150-156. ISSN 0853-4489.
- Fisher, W.L. 2007. Recent trend in fisheries geographic information system. In GIS/ Spatial Analyses in Fishery and Aquatic Sciences (Vol.3). Fishery-Aquatic GIS research group, Saitama, Japan. 488 hal.
- Foote, K. G. 1980. Averaging of target strength functions. Journal of the Acoustical Society of America. 67(2): 504–515.

- _____. 1985. Rather-high-frequency sound scattering by swimbladdered fish. *Journal of the Acoustical Society of America*. 78 (2): 688–700.
- _____. 1987. Fish target strengths for use in echo integrator surveys. *Journal of the Acoustical Society of America*. 82: 981–987.
- Foote, K. G., J.J. Traynor. 1988. Comparison of walleye pollock target- strength estimates determined from in situ measurements and calculations based on swimbladder form. *Journal of the Acoustical Society of America*. 83: 9–17.
- Garcia, S. M., A. Zerbi, C. Aliaume, T. Do Chi, G. Lasserre. 2003. The ecosystem approach to fisheries. Issues, terminology, principles, institutional foundations, implementation and outlook. *FAO Fisheries Technical Paper 443*. 71 pp.
- Gauthier, S., G. A. Rose. 2001. Target strength of encaged Atlantic redfish (*Sebastes* spp). *ICES Journal of Marine Science*. 58: 562–568.
- Gomez, F, A., S. Montecinos, S.Hormazabal, L.A. Cubillos, M.C. Ramirez, F.P. Chavez. 2012. Impact of spring upwelling variability off southern-central Chile on common sardine (*Strangomera bentincki*) recruitment. *Fish. Oceanogr.* 21(6): 405–414.
- Gordon, A.L. 2005. Oceanography of Indonesian Seas and Their Through flow. *Oceanography* 18 (4): 14–27.
- Gorska, N., E. Ona, R. Korneliussen. 2005. Acoustic backscattering by Atlantic mackerel as being representative of fish that lack a swimbladder backscattering by individual fish. *ICES Journal*

- of Marine Science. 62: 984–995.
- Gunarso, W. 1985. Tingkah Laku Ikan dalam Hubungannya dengan Metode dan Teknik Penangkapan. Jurusan Pemanfaatan Sumber Daya Perikanan Fakultas Perikanan IPB. Bogor.
- Hampton, J. 2010. Tuna Fisheries Status and Management in the Western and Central Pacific Ocean. Oceanic Fisheries Programme. New Caledonia. 23 hal.
- Hasen, E.L., J.K. Horne. 2003. A method for evaluating the effects of biological factors on fish target strength. ICES Journal of Marine Science. 60: 555–562.
- Hastie, T., R. Tibshirani. 1990. Generalized Additive Models. Chapman and Hall, London. 352 pp.
- Hendiarti, N., Suwarso, E. Aldrian, K. Amri, R. Andiastruti, S.I. Sachoemar, I.B. Wahyono. 2005. Seasonal variation of pelagic fish catch around Java. Oceanography 18 (4): 112–123.
- Horne, J.K. 2003. The influence of ontogeny, physiology, and behavior on the target strength of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*). ICES Journal of Marine Science. 60: 1063–1074.
- Ito, Y., H. Yasuma, R. Masuda, K. Minami, R. Matsukura, S. Morioka, Miyashita, K. 2011. Swimming angle and target strength of larval Japanese anchovy (*Engraulis japonicas*). Fisheries Science. 77: 161–167.
- Johnsen, E., R. Pedersen, E. Ona. 2009. Size-dependent frequency response of sandeel schools. ICES Journal of Marine Science. 66:1100–1105.
- Kang, D., K. Sadayasu, T. Mukai, K. Iida, D. Hwang, K. Sawada, K.

- Miyashita. 2004. Target strength estimation of black porgy *Acanthopagrus schlegeli* using acoustic measurements and a scattering model. *Fisheries Science*. 70: 819–828.
- Kang, D., T. Mukai, K. Iida, D. Hwang, J.G. Myoung. 2005. The influence of tilt angle on the acoustic target strength of the Japanese common squid (*Todarodes pacificus*). *ICES Journal of Marine Science*. 62: 779–789.
- KKP. 2017. Laporan Tahunan. Kementerian Kelautan dan Perikanan. 35 hal.
- Koslow, J. A. 2009. The role of acoustics in ecosystem-based fishery management. *ICES Journal of Marine Science*, 66: 966–973.
- Kubilius, R., E. Ona. 2012. Target strength and tilt-angle distribution of the lesser sandeel (*Ammodytes marinus*). *ICES Journal of Marine Science*. 69: 1099–1107.
- Laevastu, T. and F. Favorite. 1988. Fishing and Stock Fluctuation. Fishing News Books. Farnham.
- Lehodey, P., M. Bertignac, J. Hampton, A. Lewis, and J. Picaut. 1997. El Niño southern oscillation and tuna in the western Pacific. *Nature* 389 : 715–718.
- Love, R.H. 1971. Dorsal aspect target strength of an individual fish. *J. Acoust. Soc. Am.* 49: 816–823.
- MacLennan, D.N., E.J. Simmonds. 1992. Fisheries Acoustics. Chapman Hall. London. 325 pp.
- Mallawa, M. Zainuddin, Safruddin. 2014. Potensi Perikanan Tuna di Perairan Kabupaten Kepulauan Selayar. Kerjasama Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Kepulauan Selayar dan

- Lembaga Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat (LP2M) Universitas Hasanuddin. Makassar. 80 hal.
- Manik, H.M., M. Furusawa, K. Amakasu. 2006. Measurement of Sea Bottom Surface Backscattering Strength by Quantitative Echo Sounder. *Fisheries Science*. 72: 503 -512.
- Matsukura, R., H. Yasuma, H. Murase, S.Yonezaki , T. Funamoto, S. Honda, K. Miyashita. 2009. Measurement of density contrast and sound-speed contrast for target strength estimation of *Neocalanus* copepods (*Neocalanus cristatus* and *Neocalanus phumchrus*) in the North Pacific Ocean. *Fisheries Science*. 75: 1377–1387.
- McGehee, D.E., R.L. O’Driscoll, L.V.M. Traykovski. 1998. Effect of orientation on scattering from Antarctic krill at 120 kHz. *Deep-Sea Research II*. 45: 1273–1294.
- McQuinn, I. H., P. D. Winger. 2003. Tilt angle and target strength: target tracking of Atlantic cod (*Gadus morhua*) during trawling. *ICES Journal of Marine Science*. 60: 575–583.
- Misund, O.A. 1997. Underwater acoustics in marine fisheries and fisheries research. *Reviews in fish biology and fisheries* 7, 1 – 34.
- Miyashita, K., K. Tetsumura, S. Honda, T. Ohshima , R. Kawabe, K. Sasaki. 2004. Diel changes in vertical distribution patterns of zooplankton and walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) off the Pacific Coast of Eastern Hokkaido, Japan, estimated by the volume back scattering strength (SV) difference method. *Fisheries Oceanography*. 13 (Suppl. 1): 99–110.

- Miyashita, K., K. Tetsumura. 2001. Acoustic and sampling gear surveys for estimating the abundance of aquatic living resources (proceeding of the 1st Japan-Korea joint seminar on fisheries sciences, September 24 – 25. 2001. Busan, Korea).
- Monintja, D.R. 2000. Strategi Pengembangan Sumberdaya Perikanan Tangkap Berbasis Ekonomi Kerakyatan. Seminar Nasional Strategi Pengembangan Sumber Daya Perikanan dan Kelautan Berbasis Kerakyatan. Riau. 12 hal.
- Moreno, G., G. Boyra, I. Sancristobal, D. Itano, V. Restepo. 2019. Towards Acoustic discrimination of Tropical Tuna associated with Fish Aggregating Devices. PLoS ONE 14 (6): e0216353.
- Mugo R., S. Saitoh, A. Nihira, T. Kuroyama. 2010. Habitat characteristics of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the western North Pacific: a remote sensing perspective. *Fish. Oceanography* 19(5): 382-396.
- Mukai, T., K. Iida. 1996. Depth dependence of target strength of live kokanee salmon in accordance with Boyle's law. *ICES Journal of Marine Science*. 53: 245–248.
- Nakken, O., K. Oslen. 1977. Target strength measurements of fish. Symposium on acoustic methods in fisheries research. No. 24: 33 pp.
- Ona, E. 1984. Tilt angle measurement on herring. International Council for the Exploration of the Sea. C.M. 1984/B: 19. Pelagic Fish Committee. 15 pp.

- _____. 1990. Physiological factors causing natural variations in acoustic target strength of fish. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 70: 107–127.
- Polovina, J.J., E. Howel, D.R. Kobayashi, M.P. Seki. 2001. The transition zone chlorophyll front, a dynamic global feature defining migration and forage habitat for marine resources. *Progress in Oceanography*. 49: 469-483.
- R Development Core Team. 2018. R 3.5.0 for windows. A Language and Environmental for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>.
- Ramadhan, M.I. 2013. Geographic Information System (GIS) In Education, Universitas Pendidikan Indonesia, Jakarta.
- Robotham, H., P. Bosch, G.E. J. Carlos, J. Castillo, I.P. Calvo. 2010. Acoustic identification of small pelagic fish species in Chile using support vector machines and neural networks. *Fisheries Research* 102: 115–122.
- Rothschild, B. J., C. Chen, R. G. Lough. 2005. Managing fish stocks under climate uncertainty. *ICES Journal of Marine Science*. 62: 1531–1541.
- Safurudin, B. Aswar, R. Hidayat, Saiful, Y.K.M Dewi, M. T.Umar, S. A. Farhum, M. Zainuddin, dan A. Mallawa. 2019. Zona Potensial Penangkapan Ikan Pelagis Besar di Perairan Teluk Bone. *Prosiding Simnas KP VI*. Hal 331 s.d 340.
- Safurudin, M. Zainuddin, Chair Rani. 2014. Prediksi Daerah Potensial Penangkapan Ikan Pelagis Besar Di Perairan Kabupaten

- Mamuju. Jurnal IPTEKS Pemanfaatan Sumber Daya Perikanan. Vol.1 (2): 185 -195. ISSN: 2355-729X
- Safruddin, M. Zainuddin, J. Tresnati. 2014. Dinamika Perubahan Suhu dan Klorofil-aterhadap Distribusi Ikan Teri (*Stelophorus* spp) di Perairan Pantai Spermonde, Pangkep. Jurnal IPTEKS Pemanfaatan Sumber Daya Perikanan; Vol.1 No.1: 11- 19.
- Safruddin, M. Zainuddin. 2007. Mapping Scads Fishing Ground Based on the Relationship Between Catch Data and Oceanographic Factors in Bone Coastal Waters. Torani Jurnal, ISSN 0853-4489. No. 5 (special edition). Vol. 17. Desember 2007. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan; hal. 192-200.
- Safruddin, M.T. Umar, M. Zainuddin. 2018. Estimasi Potensi dan Pola Migrasi Ikan Pelagis Besar di Perairan Teluk Bone Berbasis Remote Sensing. Laporan Penelitian. LP2M Universitas Hasanuddin. 66 hal.
- Safruddin, R. Hidayat, M. Zainuddin. 2018. Effects of environmental factors on anchovies *Stolephorus* sp distribution in Bone Gulf, Indonesia *AAFL Bioflux* 11(2):387-393.
- Safruddin, Rismawati, A. Nelwan, M. Zainuddin. 2016. Kondisi Oseanografi Yang Disukai Tuna Madidihang (*Thunnus albacares*) Di Teluk Bone Dengan Menggunakan Satelit Penginderaan Jauh. Makalah. Disajikan pada acara Seminar Nasional Kelautan dan Perikanan III. 7 Mei 2016. Makassar.
- Safruddin, S.A. Farhum, M.A.I. Hajar. 2014. Estimasi Potensi dan Daerah Potensial Ikan Cakalang (*Katsuwonus Pelamis*) di

- Perairan Teluk Bone, Provinsi Sulawesi Selatan. LP2M Universitas Hasanuddin. 54 hal.
- Safruddin, Y. Kawauchi, Y. Ito, K. Minami, K. Itaya, K. Maeda, K. Abe, R. Matsukura, H. Yasuma, K. Miyashita. 2013. Tilt Angle and Theoretical Target Strength of the Japanese Sandeel, *Ammodytes personatus* Captured on the Northern Coast of Hokkaido, Japan. The Journal of The Marine Acoustical Society of Japan. Vol. 40 No. 4. Pp. 329 – 338.
- Safruddin, R. Hidayat, Y.K. Dewi, M. T. Omar, S.A. Farhum, A. Mallawa and M, Zainuddin. 2020. The distribution of yellowfin tuna based on sea surface temperature and water depth parameters in the Bone Gulf, Indonesia. IOP Conference Series: earth and environmental science. Volume 564.
- Safruddin. 2013. Distribusi ikan Layang (*Decapterus* sp) hubungannya dengan kondisi oseanografi di perairan Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan. Jurnal Torani,
- _____. 2013. Estimates of Japanese sandeel (*Ammodytes personatus*) distribution and biomass in the northern coast of Hokkaido, Japan, using a quantitative echosounder. Hokkaido University. Disertasi. 123 hal.
- Sawada, K., Y.Miyanohana, K. Ishii. 1997. Precise target strength pattern measurement in an indoor tank. Journal of the Acoustical Society of Japan. 18 (5): 231– 237.
- Simbolon, D., A. Priatna, T. Hestirianoto, A. Purbayanto. 2015. Perbandingan Antara Marine Acoustic Remote Sensing dan Swept Area Trawl Dalam Pendugaan Densitas Ikan Demersal

- Di Perairan Tarakan. Jurnal Penginderaan Jauh Vol. 12 No. 2: 91-106
- Simmonds, E.J., D.N. MacLennan. 2005. Fisheries Acoustic. Theory and practice. Second edition. Blackwell Science. Oxford, UK. 437 pp.
- Sprintall, J., W.T Liu. 2005. Ekman Mass and Heat transport in the Indonesian Seas. Oceanography 18 (4): 88 – 97.
- Stanton, T.K., D. Chu, P. H. Wiebe. 1998. Sound scattering by several zooplankton groups. II. Scattering models. Journal of the Acoustical Society of America. 103: 236 –253.
- Stanton, T.K., D. Chu,. 2000. Review and recommendations for the modeling of acoustic scattering by fluid-like elongated zooplankton: euphausiids and copepods. ICES Journal of Marine Science. 57: 793–807.
- Thomas, G.L., J. Kirsch, R.E. Thorne. 2002. Ex situ target strength measurements of Pacific herring and Pacific sand lance. North American Journal of Fisheries Management. 22: 1136–1145.
- Widodo, J., S.M.I. Gede, N. Subhat. 1988. Sumberdaya Potensi dan Penyebaran Sumberdaya Ikan Laut di Perairan Indonesia. Komisi Nasional Pengkajian Stok Sumberdaya Ikan Laut - LIPI. Jakarta.
- Wood, S.N. 2006. Generalized Additive Models: An Introduction with R. Chapman & Hall, London. 392 hal.
- Yamada, H. 2009. Reproductive potential and recruitment of sand lance (*Ammodytes personatus*) in Ise Bay, central Japan. Fisheries Science. 75: 851–861.

- Yasuma, H., Y. Takao, K. Sawada, K. Miyashita, I. Aoki, 2006. Target strength of the lanternfish, *Stenobrachius leucopsarus* (family Myctophidae), a fish without an airbladder measured in the Bering Sea. ICES Journal of Marine Science. 63: 683–692.
- Zainuddin M., A. Nelwan, S. A. Farhum, Najamuddin, M. A.I. Hajar, M. Kurnia, and Sudirman. 2013. Characterizing Potential Fishing Zone of Skipjack Tuna during the Southeast Monsoon in Bone Bay – Flores Sea Using Remotely Oceanographic Data. International Journal of Geosciences. 4: 259-266.
- Zainuddin M., K. Saitoh, S. Saitoh. 2008. Albacore tuna fishing ground in relation to oceanographic conditions of northwestern North Pacific using remotely sensed satellite data. Fish. Oceanography 17(2): 61-73.
- Zainuddin M., S. A. Farhum, Safruddin, M. B. Selamat, Sudirman, N. Nurdin, M. Syamsuddin, M. Ridwan, S. Saitoh. 2017. Detection of pelagic habitat hotspots for skipjack tuna in the Gulf of Bone-Flores Sea, southwestern Coral Triangle tuna, Indonesia. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185601>.
- Zainuddin, M. 2006. Predicting potential habitat hot spots for albacore tuna and Migration Pattern for Albacore Tuna, *Thunnus alalunga*, in the Northwestern North Pacific using Satellite Remote Sensing and GIS. Ph.D Dissertation. Hokkaido University. 108 pp.
- Zorica, B., I. Vilibic, V.I. Kec, J. Sepic. 2013. Environmental conditions conducive to anchovy (*Engraulis encrasicolus*) spawning in the Adriatic Sea. Fish. Oceanography 22 (1): 32–40.

Zwolinski, J.P., D.A. Demer, K.A. Byers, G.R. Cutter, J.S. Renfree, T.S. Sessions, B.J. Macewicz. 2012. Distributions and abundances of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) and other pelagic fishes in the California Current Ecosystem during spring 2006, 2008, and 2010, estimated from acoustic-trawl surveys. Fish. Bull. NOAA, 110: 110–122.

TENTANG PENULIS

Safruddin, S.Pi, MP, Ph.D lahir di Palopo, 1975. Pendidikan Sarjana pada Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Universitas Hasanuddin di selesaikan pada 1998. Master Pertanian Konsentrasi Perikanan Universitas Hasanuddin, 2002. Pada Tahun 2013, menyelesaikan pendidikan Doctor of Philosophy di Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University dengan fokus studi pada bidang akustik perikanan dan oseanografi perikanan.

Sejak tahun 2003, penulis terdaftar sebagai staf pengajar pada Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Departemen Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Penulis aktif melakukan penelitian sebagai ketua peneliti dengan sumber pendanaan berasal dari hibah penelitian seperti skim penelitian internal UNHAS (Postdoc, 2014; BMIS, 2017 ; PDU, 2019); Penelitian Desentralisasi PTUPT selama 3 (tahun 2017 s.d 2019) dan PDUPT tahun 2020 (rencana tahun 2020 s.d 2022).

Mukti Zainuddin, S.Pi, M.Sc, Ph.D lahir di Barru, 1971. Pendidikan Sarjana pada Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, IPB di selesaikan pada 1994. Master (2003) dan Doctor of Philosophy diselesaikan tahun 2006 di Faculty of Fisheries Sciences, Hokkaido University dengan fokus studi pada bidang Sistem Informasi Perikanan Tangkap dengan pendekatan penginderaan jauh berbasis satelit oseanografi. Sejak tahun 1997, penulis terdaftar sebagai staf pengajar pada Program Studi Pemanfaatan

Sumberdaya Perikanan, Departemen Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin. Penulis aktif melakukan penelitian sebagai ketua peneliti dengan sumber pendanaan berasal hibah penelitian seperti skim penelitian internal UNHAS (BMIS, 2018 ; PDU, 2019 dan 2020); Penelitian Kompetensi selama 3 Tahun sejak 2015; Penelitian Desentralisasi PTUPT selama 3 (tahun 2017 s.d 2019).