

6

LAPORAN AKHIR

**PENELITIAN PRIORITAS NASIONAL
MASTERPLAN PERCEPATAN DAN PERLUASAN PEMBANGUNAN
EKONOMI INDONESIA 2011 – 2025
(PENPRINAS MP3EI 2011-2025)**



PERIKANAN/SULAWESI

**APLIKASI MODEL DINAMIK PEMANFAATAN SUMBERDAYA IKAN
BERBASIS TROFIK LEVEL UNTUK MENDUKUNG STRATEGI
PENINGKATAN NILAI HASIL TANGKAPAN IKAN PELAGIS
DI SELAT MAKASSAR**

**Dr. Ir. Muh Hatta, M.Si (NIDN : 0031126706)
Dr. Ir. Mardiana, E. Fachry, M.S. (NIDN : 0031126015)
Dr. Tenriware, S.Pi, MSi. (NIDN : 0001107403)**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN MAKASSAR
Desember, 2013**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Kegiatan : Aplikasi Model Dinamik Pemanfaatan Sumberdaya Ikan Berbasis Trofik Level untuk Mendukung Strategi Peningkatan Nilai Hasil Tangkapan Ikan Pelagis di Selat Makassar

Peneliti /Pelaksana

Nama Lengkap : Dr. Ir. MUH. HATTA, M.Si.
NIDN : 0031126706
Jabatan Fungsional : Lektor
Program Studi : Ilmu Kelautan
Nomor HP : 0811420794
Surel (e-mail) : hattaikl@yahoo.vom

Anggota Peneliti (1)

Nama Lengkap : Dr. Ir. Mardiana E. Fachry, M.S.
NIDN : 0031126015
Perguruan Tinggi : Universitas Hasanuddin

Anggota Peneliti (2)

Nama Lengkap : Dr. Tenriware, S.Pi. M.Si.
NIDN : 0001107403
Perguruan Tinggi : Universitas Sulawesi Barat

Institusi Mitra

Nama Institusi Mitra : Dinas Kelautan dan Perikanan PEMDA Provinsi Sulawesi Selatan

Alamat : Jalan Bajiminas No.12, Makassar

Penanggung Jawab :

Tahun Pelaksanaan : Tahun ke-1 dari rencana 2 tahun

Biaya Tahun Berjalan : Rp. 150.000.000,00

Biaya Keseluruhan : Rp. 306.555.000,00

Makassar, 9-12-2013

Mengetahui,
a.n Ketua LP2M UNHAS
Sekertaris


(Prof. Dr. Andi Alimuddin Munde, M.Si.)
NIP : 1962011819870202001

Ketua Peneliti,


(Dr. Ir. Muh. Hatta, M.Si.)
NIP : 196712311992021002

Menyetujui,
Rektor Universitas Hasanudin
u.b. Wakil Rektor II Universitas Hasanuddi


(Dr. dr. Wardihan Siring, M.S.)
NIP : 195908041988031002

RINGKASAN

Penelitian ini bertujuan untuk membuat model dinamik pemanfaatan sumberdaya ikan pelagis dalam upaya meningkatkan nilai hasil tangkapan ikan pelagis di Selat Makassar. Tujuan jangka pendek yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah menentukan jumlah ideal populasi yang seharusnya ditangkap pada semua jenjang trofik (trofik level) agar sumberdaya ikan pelagis kecil maupun pelagis besar dapat dimanfaatkan secara maksimal dan lestari. Dalam jangka panjang penelitian ini bertujuan membuat model dinamik yang baku sebagai acuan dalam pengelolaan sumberdaya ikan dalam wilayah regional Selat Makassar dalam mendukung program percepatan pembangunan ekonomi dalam Koridor Ekonomi Sulawesi. Metode utama yang digunakan adalah mengukur secara pasti biomassa yang dipindahkan mulai dari produser primer sampai top predator. Data dan informasi transfer biomassa ini akan dimanfaatkan untuk menghitung dan menjelaskan dinamika populasi ikan pelagis termasuk pengaruh penangkapan. Pengambilan data parameter lingkungan dan pemangsaan pada setiap jenjang trofik termasuk ikan melalui pengamatan isi lambung akan dilakukan untuk membuat suatu model bioekologi pengelolaan sumberdaya secara maksimal dan lestari menggunakan *Stella*. Pengambilan data mengenai sosial ekonomi masyarakat nelayan akan dilakukan untuk dipadukan sehingga model dinamik ini dapat dimanfaatkan untuk penyusunan perencanaan dan strategi dalam rangka perumusan grand design pengelolaan perikanan di kawasan Selat Makassar dan daerah lainnya.

Keyword : model dinamik, ikan pelagis, trofik level, pengelolaan, Selat Makassar

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perikanan merupakan salah satu fokus utama dalam program Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI) dalam Koridor Sulawesi. Hal ini menempatkan posisi strategis Selat Makassar sebagai salah satu wilayah regional yang memiliki sumberdaya alam berupa ikan yang memiliki nilai ekonomis penting. Mengingat bahwa sumberdaya ikan sebagai salah satu sumberdaya yang dapat diperbaharui dan memiliki keterbatasan sesuai daya dukung lingkungan, maka pemanfaatannya harus dikelola secara cermat agar dapat memberikan hasil maksimum. Fakta bahwa banyaknya zona penangkapan ikan di Indonesia yang menunjukkan gejala *overfishing* (tangkap lebih) menunjukkan bahwa pengelolaan sumberdaya ikan di laut harus dilakukan dengan perencanaan, pendekatan dan strategi yang tepat.

Salah satu sektor yang diharapkan dapat mendukung pengembangan industri perikanan dalam Koridor Ekonomi Sulawesi adalah perikanan tangkap dimana salah satu yang memiliki potensi ekonomi adalah ikan pelagis besar. Jenis spesies unggulan yang direncanakan pengembangannya di Sulawesi Tengah adalah tuna dan cakalang. Program ini harus didukung oleh perencanaan yang matang karena jika tidak pembangunan infrastruktur dengan biaya tinggi akan sia-sia jika tidak didukung oleh ketersediaan sumberdaya yang memadai. Salah satu faktor kunci yang menentukan keberhasilan program ini adalah kematangan perencanaan dan ketepatan pendugaan pada masa yang akan datang.

Masalah pokok yang dihadapi terkait kedua faktor kunci tersebut di atas adalah pendekatan apa yang sesuai agar dapat mengelola sumberdaya ikan dalam kawasan ini secara maksimal dan lestari. Terkait dengan permasalahan ini maka ketika mengandalkan ikan pelagis besar yang bernilai ekonomis jelas tidak akan terlepas dengan perikanan pelagis kecil. Hal ini disebabkan karena populasi ikan pelagis besar sangat ditentukan oleh populasi ikan pelagis kecil sebagai makanannya. Oleh karena itu dibutuhkan manajemen pengelolaan dengan pendekatan yang tepat agar pemanfaatan sumberdaya ikan pelagis besar dan kecil secara terintegrasi.

Salah satu pendekatan yang sangat tepat dalam orientasi pengembangan perikanan pelagis ke arah industri adalah pendekatan trofik level. Model dinamik yang menggunakan pendekatan ini khusus pada ikan pelagis kecil dengan alat tangkap bagan rambo di Selat Makassar menunjukkan bahwa penangkapan yang terlalu banyak pada trofik level rendah (ikan planktivor) menyebabkan menurunnya volume dan nilai hasil tangkapan (Hatta, 2010). Hasil penelitian ini dapat dikembangkan untuk menyempurnakan dan mengintegrasikan dengan perikanan pelagis besar. Oleh karena itu dengan mengaplikasikan model ini diharapkan dapat bermanfaat dalam menyusun model dan merumuskan implementasi kebijakan pengelolaan perikanan di Selat Makassar dan wilayah lainnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sumberdaya Ikan Pelagis

Menurut Longhurst dan Pauly (1987) keragaman spesies ikan pelagis lebih tinggi di daerah Pasifik bagian barat dibandingkan dengan di Atlantik dan Pasifik bagian timur. Distribusi ikan-ikan pelagis sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan seperti suhu perairan, salinitas, arus, makanan, kehadiran pemangsa dan faktor-faktor lainnya.

Perikanan pelagis di Samudra Pasifik menangkap tuna besar (*Thunnus* spp.) dan tuna kecil (*juveniles of Thunnus* spp; *Katsuwonus pelamis*) tetapi juga biasanya menangkap *billfishes* (*Xiphias gladius*, *Makaira* spp., *Tetrapturus* spp., *Istiophorus platypterus*) dan ikan hiu (*Prionace glauca*, *Alopias superciliosus*, *Isurus oxyrinchus*, *Carcharhinus longimanus*, *Galeocerdo cuvieri*) sebagai bycatch (Cox *et al.* 2002). Mereka mengembangkan suatu model multispesies menggunakan perangkat lunak Ecopath dengan Ecosim yang menggabungkan pendugaan time-series dari biomassa, mortalitas penangkapan, laju bycatch (1952–1998) untuk mengevaluasi kontribusi relatif penangkapan dan pengaruh trofik terhadap dinamika tuna di tengah Pasifik (0°N-40°N dan 130°E-150°W). Hasilnya menunjukkan suatu penurunan dalam mortalitas predasi yang mencerminkan penurunan predator besar yang paling besar pada tuna sirip kuning kecil dan memungkinkan untuk menghitung terjadinya peningkatan biomassa ikan.

Menurut Wijopriono dan Genisa (2003) bahwa hasil tangkapan ikan pelagis mini purse seine di perairan pantai utara Jawa Tengah mengalami fluktuasi dan hasil tangkapan per unit alat (CPUE) cenderung menurun. Komposisi hasil tangkapan terdiri dari beberapa jenis ikan pelagis yang dominan seperti ikan layang, tembang, selar, kembung, tongkol, jui/tanjan dan cumu-cumi. Peningkatan laju tangkap yang disebabkan oleh pengembangan teknologi, mesin dan daerah penangkapan menyebabkan peningkatan hasil namun menyebabkan pergeseran komposisi hasil tangkapan dimana layang semakin menurun dan jui/tanjan semakin meningkat. Hinrichsen *et al.* (2002) menyatakan bahwa menghubungkan zooplankton dengan ikan merupakan konsep penting dalam

biologi laut. Dinamika populasi ikan dikontrol oleh perubahan populasi fitoplankton di laut.

Setiakusumah *dkk* (2008) mendapatkan bahwa hasil tangkapan nelayan yang menggunakan alat tangkap tradisional dalam perikanan rakyat di Selat Makassar dominan berupa ikan pelagis kecil. Pendapatan nelayan dapat meningkat jika menangkap ikan pada trofik level yang lebih tinggi (ikan karnivor) atau mengurangi jumlah ikan planktivora yang ditangkap.

2.2. Trofik Level dan Penggunaan Pemodelan

Uye dan Shimazu (1997) menduga laju produksi oleh fitoplankton, microzooplankton dan ikan planktivora memungkinkan untuk menentukan aliran karbon dalam trofik level lebih rendah dalam ekosistem pelagis di Laut Inland, Jepang. Rata-rata efisiensi transfer dari produksi primer ke produksi sekunder dan dari produksi sekunder ke produksi tertier adalah 28 and 26%,

Banyaknya faktor-faktor yang saling berinteraksi secara simultan dalam suatu ekosistem menyebabkan hampir tidak mungkin untuk menentukan dan mengidentifikasi semua proses yang ada didalamnya secara detail melalui pengamatan laboratorium. Costanza *et al.* (1990) menggunakan pemodelan berdasarkan proses dinamis spasial ekosistem untuk melihat perubahan jangka panjang sumberdaya alam dan pengaruh aktivitas manusia di perairan pantai. Matsuda dan Abrams (2004) menjelaskan bahwa pengembangan kebijakan dalam eksploitasi spesies predator dalam sistem yang potensial tersiklus tidak dapat didasarkan pada model spesies tunggal yang stabil seperti yang banyak digunakan dalam manajemen perikanan. Oleh karena itu perlu pengaturan jumlah alat tangkap dan memperhitungkan besarnya dampak balik dari eksploitasi spesies predator dalam sistem *predator-prey* secara lengkap dan teliti

Penerapan model ekosistem memiliki banyak keberhasilan nyata dalam mengevaluasi bagaimana perikanan dan perubahan lingkungan berpengaruh terhadap populasi di laut dan suatu tahapan telah tercapai dimana model ekosistem dapat digunakan untuk menjelaskan penyebab mortalitas dan trofik saling ketergantungan dalam lingkungan laut (Banaru dan Harmelin-Vivien 2009). Kesuksesan ini menimbulkan acuan untuk pemodelan dan menyebabkan fokus

tersebut dikembangkan, termasuk optimasi kebijakan skala-ekosistem, sederhana dalam menentukan campuran armada penangkapan yang akan mengoptimalkan suatu kombinasi obyektif, mengarah pada asumsi mendasar dalam model sebagaimana kasus pada semua model (Christensen dan Walters 2003a). Dalam tulisan lainnya (Christensen dan Walters 2003b) Pendekatan model Ecopath with Ecosim (EwE) menggabungkan software untuk analisis keseimbangan massa trofik ekosistem (Ecopath) dengan suatu kemampuan pemodelan dinamik (Ecosim) untuk melihat dampak dari penangkapan dan gangguan lingkungan, sebaik untuk melihat kebijakan perikanan optimal. Duarte dan Garcia (2004) menggunakan Ecopath dan Ekosim untuk melihat pengaruh laju tangkap ikan pelagis kecil di Teluk Salamanca salah satu daerah upwelling ekosistem tropis di pantai Karibia. Hasil simulasi menunjukkan bahwa perubahan jumlah biomassa ikan pelagis kecil yang ditangkap menyebabkan perubahan yang berarti pada ikan jenjang trofik yang lebih tinggi, tetapi tidak banyak menyebabkan perubahan pada biomassa plankton. Oleh karena itu disimpulkan bahwa ikan pelagis kecil memegang peranan penting dalam dan sangat menentukan perubahan biomassa ikan pada jenjang trofik lebih tinggi dalam ekosistem. Bar *et al.* (2007) menambahkan bahwa Penting mempelajari pertumbuhan dan komposisi tubuh organisme dalam memodelkan dinamika populasi ikan.

Pauly *et al.* (1998) menyatakan bahwa telah terjadi penurunan jenjang trofik rata-rata sebesar 10% per tahun berdasarkan data pendaratan ikan yang diteliti diberbagai negara. Penurunan trofik level rata-rata ikan yang lebih besar yaitu 17,5% pertahun terjadi di Chili berdasarkan data 20 tahun (1979-1999) di pusat pendaratan ikan di Chili (Aranchibia dan Neira 2005).

Okey dan Pauly (1999) mengembangkan model keseimbangan massa aliran trofik untuk menjelaskan fungsi interaksi antar komponen untuk mengungkapkan kendala termodinamik dalam interaksi tersebut sehingga pada masa yang akan datang memungkinkan pendugaan yang baik juga untuk simulasi dinamik kerusakan ekosistem.

III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini secara umum adalah membuat model pengelolaan perikanan dan merumuskan strategi implementasinya untuk meningkatkan nilai ekonomi hasil tangkapan ikan pelagis. Untuk mencapai tujuan ini dibuat beberapa fokus tujuan spesifik per tahun yaitu :

Tujuan khusus penelitian tahun I :

- Menentukan daya dukung perairan terutama perluasan wilayah untuk ikan pelagis besar, peta dan dinamika kondisi oseanografia
- Menganalisis laju pemangsaan kebiasaan makanan ikan pelagis kecil dan besar semua alat tangkap untuk menentukan struktur trofik ikan pelagis
- Membangun model dinamik pengelolaan sumberdaya ikan pelagis secara komprehensif dan terintegrasi

Tujuan khusus penelitian tahun II :

- Mengkaji aspek sosial ekonomi yang terkait dalam pengelolaan sumberdaya sehingga ditemukan faktor kunci, kendala dan peluang dalam mengimplementasikan skenario yang disimulasikan
- Merumuskan rekomendasi dalam rangka mengimplementasikan skenario pengelolaan yang meningkatkan nilai hasil tangkapan secara signifikan
- Menyusun rencana grand design pengelolaan sumberdaya ikan pelagis di Selat Makassar.

3.2. Keutamaan dan Manfaat Penelitian

Beberapa keutamaan atau urgensi penelitian ini diantaranya :

- Pendekatan trofik level yang digunakan sangat tepat dan banyak dimanfaatkan diberbagai negara dan terbukti berhasil.
- Sebagian dari model (sub model) yaitu ikan pelagis kecil sudah didapatkan sehingga tinggal melengkapi dengan mengintegrasikan pelagis besar.
- Mafaat hasil penelitian yang mampu memberikan keuntungan pada semua pemangku kepentingan yaitu masyarakat, pemerintah dan duania usaha baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang.

- Penerapannya dengan mudah dapat ditransfer dan diimplementasikan ke wilayah lainnya sehingga sangat cocok untuk pengelolaan kawasan.

3.2. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini memiliki beberapa manfaat yaitu :

- Penerapannya dapat memaksimalkan nilai pendapatan dari hasil tangkapan dan secara lestari. Hal ini disebabkan karena menentukan besaran setiap jenis ikan yang seharusnya ditangkap agar nilai tangkapan maksimum dan tidak mengganggu kelestarian ikan.
- Model yang dihasilkan dapat dengan mudah diterapkan di kawasan lainnya karena tinggal menyesuaikan dengan nilai parameter lingkungan setempat. Hal ini jelas sangat efisien dalam memecahkan permasalahan dalam pengelolaan sumberdaya ikan secara nasional.
- Membantu pemerintah dalam menyusun rencana kebijakan dan regulasi pemanfaatan sumberdaya, terutama dalam penyusunan grand design pengembangan perikanan tang berorientasi industri.
- Meningkatkan peran dan keterlibatan perguruan tinggi dalam menyediakan informasi ilmiah sebagai dasar dan pertimbangan pemerintah dalam menetapkan kebijakan.

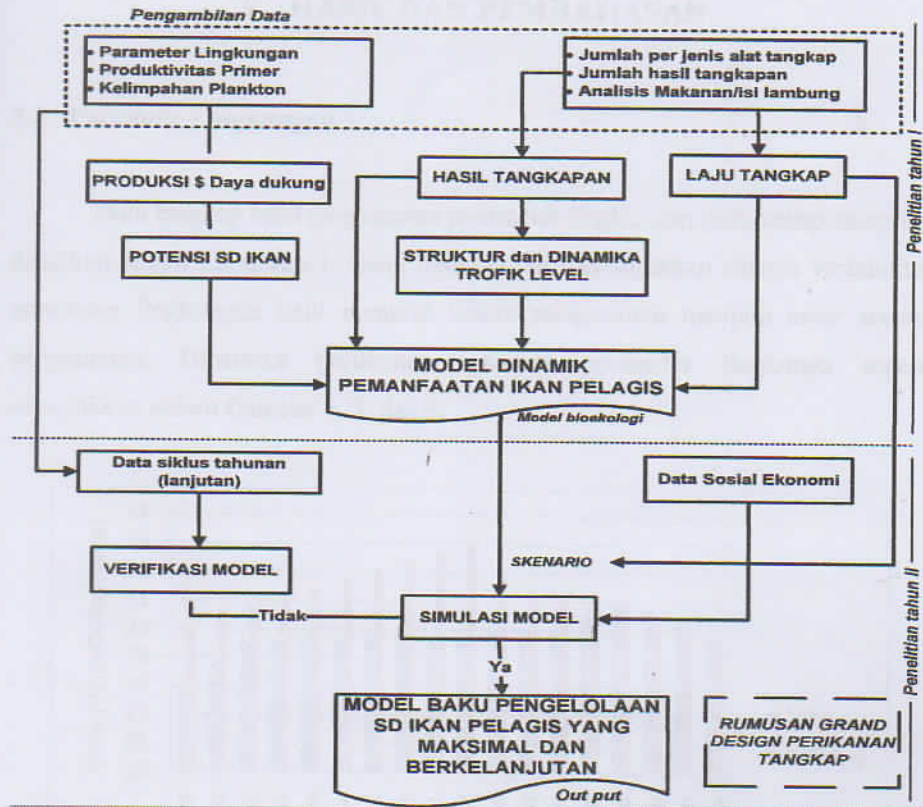
IV. METODE PENELITIAN

4.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan selama 2 tahun (April 2013-Desember 2014). Pengambilan data parameter lingkungan dilaksanakan diperairan pantai Kabupaten Barru, sedangkan pengambilan data sosial ekonomi dan hasil tangkapan dilakukan pada 3 Kecamatan di Kabupaten Barru dan 3 Kecamatan di Kabupaten Pinrang.

4.2. Tahapan Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan dalam 2 tahap dalam 2 tahun. Fokus penelitian tahun I adalah pengambilan data parameter lingkungan termasuk plankton dan analisis ini lambung ikan. Data ini akan dianalisis untuk membuat model dinamik bioekologi berbasis trofik level. Pada tahun kedua difokuskan pada penelitian sosial ekonomi dan melengkapi data tahun I untuk mendapatkan siklus tahunan. Data sosial ekonomi akan dianalisis untuk mengetahui faktor kunci yang mempengaruhi ketersediaan tenaga kerja dan kualitas hasil tangkapan. Selanjutnya sub model sosial ekonomi akan digabungkan dengan model bioekologi menjadi terintegrasi. Pada akhir penelitian akan disimulasikan beberapa skenario untuk menentukan model pengelolaan yang memberikan peningkatan nilai hasil tangkapan maksimal dan berkelanjutan. Proses dan tahapan penelitian secara keseluruhan seperti ditunjukkan dalam Gambar 1. Pembuatan model dinamik menggunakan perangkat lunak *Stella 9.0*.

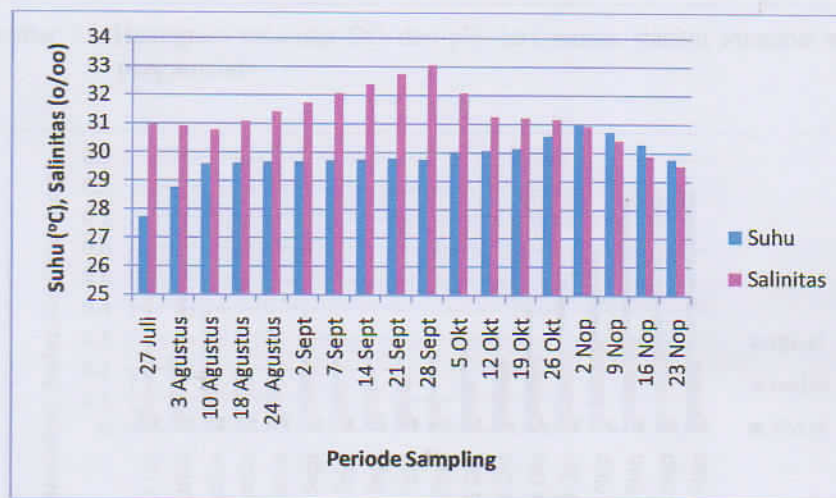


Gambar 1. Diagram alir tahapan dan proses penelitian

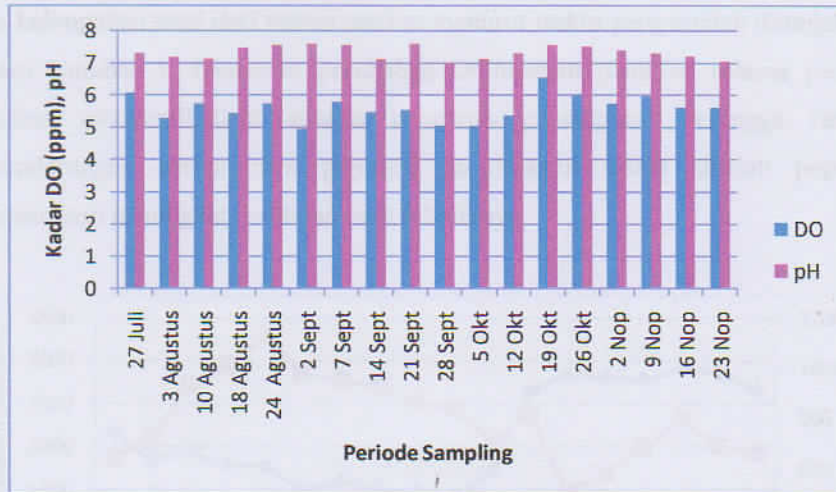
V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Parametr Lingkungan

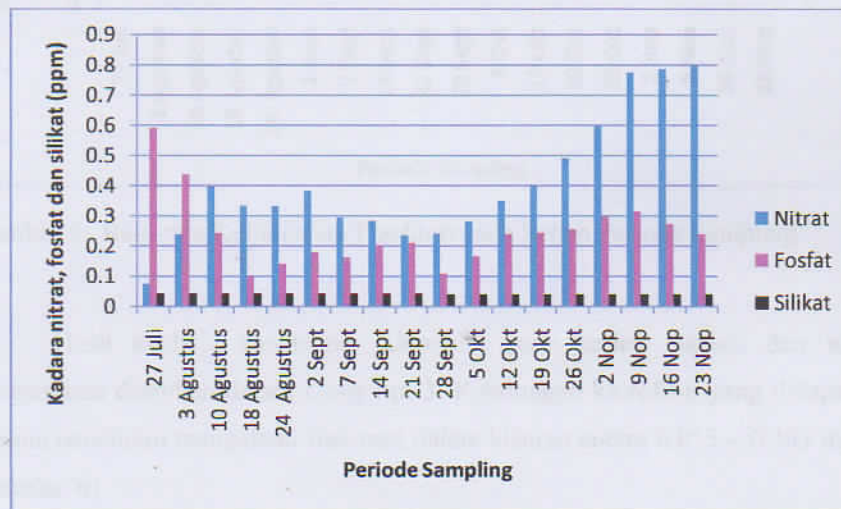
Data lengkap hasil pengukuran parameter lingkungan pada setiap sampling disajikan dalam Lampiran 1. Hasil pengukuran menunjukkan adanya variabilitas parameter lingkungan baik menurut waktu pengamatan maupun antar stasiun pengamatan. Dinamika perubahan rata-rata parameter lingkungan seperti ditunjukkan dalam Gambar 2, 3, dan 4.



Gambar 2. Histogram rata-rata suhu dan salinitas dari semua stasiun menurut waktu pengamatan



Gambar 3. Histogram rata-rata DO dan pH dari semua stasiun menurut waktu pengamatan

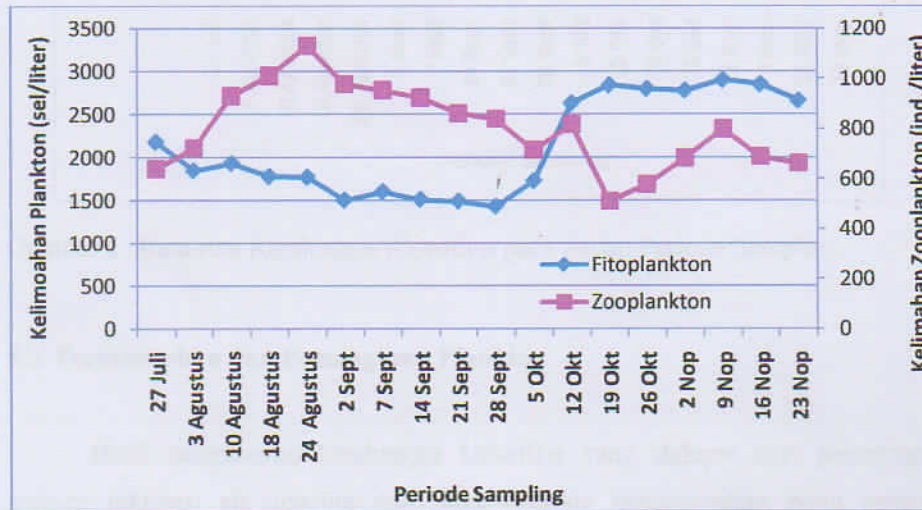


Gambar 4. Histogram rata-rata kadar nitrat, fosfat dan silikat dari semua stasiun menurut waktu pengamatan

5.2. Kelimpahan Plankton dan Klorofil-a

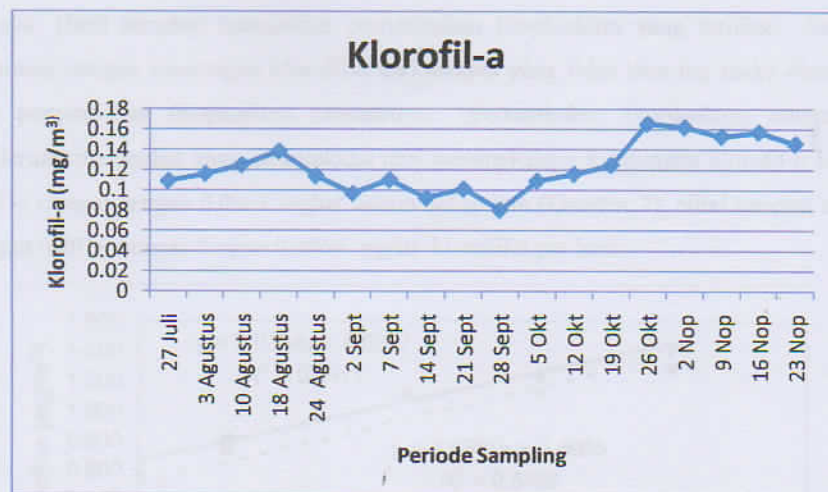
Hasil pengamatan dan pencacahan fitoplankton menunjukkan bahwa kelimpahan fitoplankton yang didapatkan selama 18 periode sampling berkisar antara 431-5438 sel/liter, sedangkan zooplankton berkisar antara 473-1400 sel per liter. Hasil lengkap pencacahan total plankton disajikan dalam Lampiran 2. Rata-

rata kelimpahan total dari semua stasiun menurut waktu pengamatan ditunjukkan dalam Gambar 5. Dinamika perubahan kelimpahan plankton selama periode tersebut memperlihatkan adanya pengaruh pemangsa sehingga terlihat kecenderungan menurunnya populasi fitoplankton sesaat setelah populasi zooplankton meningkat demikian pula sebaliknya.



Gambar 5. Rata-rata Kelimpahan Plankton pada Setiap Periode Sampling

Hasil analisis kandungan klorofil-a pada setiap stasiun dan waktu pengamatan disajikan dalam Lampiran 3. Kandungan klorofil-a yang didapatkan selama penelitian mengalami fluktuasi dalam kisaran antara 0.015 – 0.383 mg/m² (Gambar 6)



Gambar 6. Rata-rata Kandungan Klorofil-a pada Setiap Periode Sampling

5.3. Pertumbuhan dan Pemangsaan Plankton

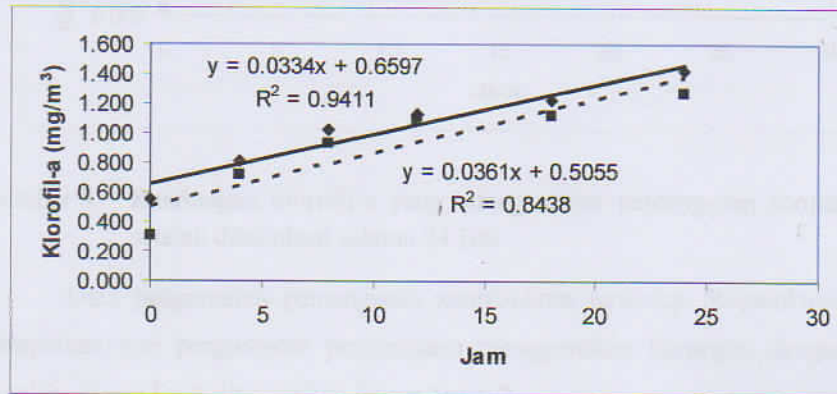
Hasil pengukuran kandungan klorofil-a yang didapat dari percobaan metode inkubasi air disaring dan tidak disaring menggunakan botol gallon berkisar antara 0,142 – 2,198 mg/m³ pada air yang disaring dan 0,062-0,328 mg/m³ (Tabel 1).

Tabel 1 Kandungan klorofil-a (mg/m³) pada setiap masa inkubasi dalam air yang tidak disaring dan yang disaring

Waktu Pengamatan	Percobaan 1		Percobaan 2	
	Tidak Disaring	Disaring	Tidak Disaring	Disaring
03,00 (Jam Ke-1)	0,254	0,555	0,062	0,142
07,00 (Jam ke-2)	0,103	0,817	0,069	1,109
11,00 (Jam ke-3)	0,094	1,020	0,328	1,368
15,00 (Jam ke-4)	0,042	1,728	0,258	2,198
19,00 (Jam ke-5)	0,105	2,219	0,144	2,074
23,00 (Jam ke-6)	0,150	2,425	0,113	1,583

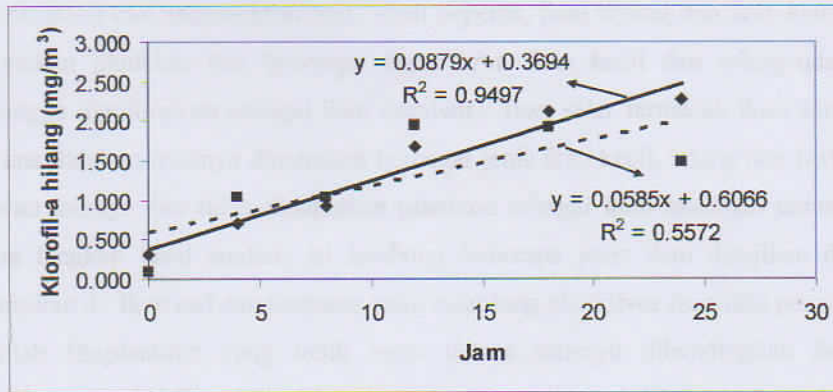
Jika hasil pengamatan kandungan klorofil-a diplotkan dengan periode inkubasi maka didapatkan kandungan klorofil-a dari air yang disaring cenderung meningkat dengan bertambahnya lama inkubasi dengan peningkatan sekitar 0.0529 mg/m³ setiap

jamnya. Hasil tersebut merupakan pertumbuhan fitoplankton yang terlihat. Setelah dikurangi dengan kandungan klorofil-a dari sampel yang tidak disaring maka diperoleh plot pertumbuhan fitoplankton sebenarnya. Pertumbuhan fitoplankton sebenarnya cenderung meningkat yang ditunjukkan dari meningkatnya kandungan klorofil-a sekitar 0,0334 sampai dengan 0,0361 mg/m^3 dalam setiap jam (Gambar 7). Nilai tersebut setara dengan 0,8016 sampai dengan 0,8664 mg/m^3 klorofil-a per hari.



Gambar 7 Kandungan klorofil-a yang dihasilkan dari pertumbuhan fitoplankton setelah diinkubasi selama 24 jam

Pengaruh pemangsaan zooplankton dapat dihitung dari nilai klorofil-a dalam botol yang diisi dengan air yang disaring dikurangi dengan klorofil-a dalam botol yang tidak disaring. Selisih diantara kedua botol tersebut merupakan klorofil-a yang hilang karena pemangsaan zooplankton. Jumlah klorofil-a yang hilang akibat pemangsaan berkisar antara 0,080-2,275 mg/m^3 dalam setiap 4 jam. Berdasarkan pada plot jumlah klorofil-a yang hilang per periode inkubasi maka laju pemangsaan zooplankton terhadap fitoplankton dapat diduga berkisar antara 0,0585-0,0879 mg/m^3 per jam (Gambar 8). Laju pemangsaan itu setara dengan 1,404-2,110 mg/m^3 klorofil-a per hari yang hilang akibat pemangsaan.



Gambar 8. Kandungan klorofil-a yang hilang akibat pemangsa zooplankton setelah diinkubasi selama 24 jam

Data pengamatan pemangsa zooplankton terhadap fitoplankton yang didapatkan dari pengamatan pemangsa menggunakan kurungan dengan tiga kombinasi rasi F : Z ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2 Kelimpahan fitoplankton (sel/liter) dan zooplankton (individu/liter) pada setiap jam pengamatan dalam kurungan pemangsa pada 3 rasio Z:F berbeda

Jam Ke...	Rasio Z:F (1:4)		Rasio Z:F (1:8)		Z:F (1:12)	
	F	Z	F	Z	F	Z
0	6240	1583	13600	1250	20400	1250
4	4680	1200	4560	1860	5580	2040
8	2520	1080	2760	1560	4140	1920
12	1920	720	1860	1560	2640	1740
16	2040	1080	2040	1500	2820	1800
20	1380	1140	1680	1080	2220	1320
24	1260	1080	1380	1260	1980	1440

5.4. Kebiasaan Makan Ikan dan Trofik Level

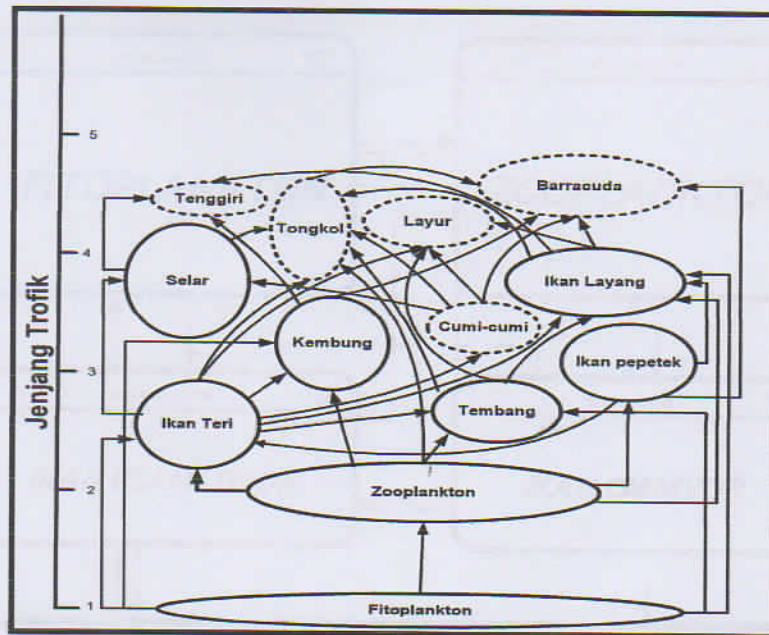
Analisis kebiasaan makan ikan dilakukan dengan membedah lambung beberapa spesies yang banyak tertangkap selama penelitian. Hasil identifikasi isi lambung menunjukkan bahwa ikan teri dan ikan tembang merupakan ikan pemakan plankton (*planktivor*) karena di dalam ususnya hanya ditemukan

fitoplankton dan zooplankton saja. Ikan pepetek, ikan layang dan ikan kembung memakan plankton dan beberapa jenis larva ikan kecil dan udang-udangan sehingga digolongkan sebagai ikan omnivor. Ikan selar termasuk ikan karnivor karena didalam ususnya ditemukan berbagai jenis ikan kecil, udang dan berbagai hewan lainnya dan tidak didapatkan plankton sebagai item makanan utamanya. Data lengkap hasil analisis isi lambung beberapa jenis ikan disajikan dalam Lampiran 4. Ikan teri dan tembang yang tergolong planktivor memiliki persentase jumlah fitoplankton yang lebih besar dalam ususnya dibandingkan dengan zooplankton. Hasil perhitungan persentase fitoplankton dalam usus ikan teri dan tembang setiap bulan seperti disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata dan standar deviasi (SD) persentase jumlah fitoplankton dalam usus ikan teri dan tembang setiap bulan pengamatan

Bulan	Ikan Teri		Ikan Tembang	
	Rata-rata	SD	Rata-rata	SD
Juli	56,85	17,61	69,87	9,32
Agustus	72,97	10,55	73,49	8,67
September	71,00	12,68	65,76	8,52
Oktober	60,84	14,07	65,13	8,83
Nopember	74,81	11,33	64,55	10,40

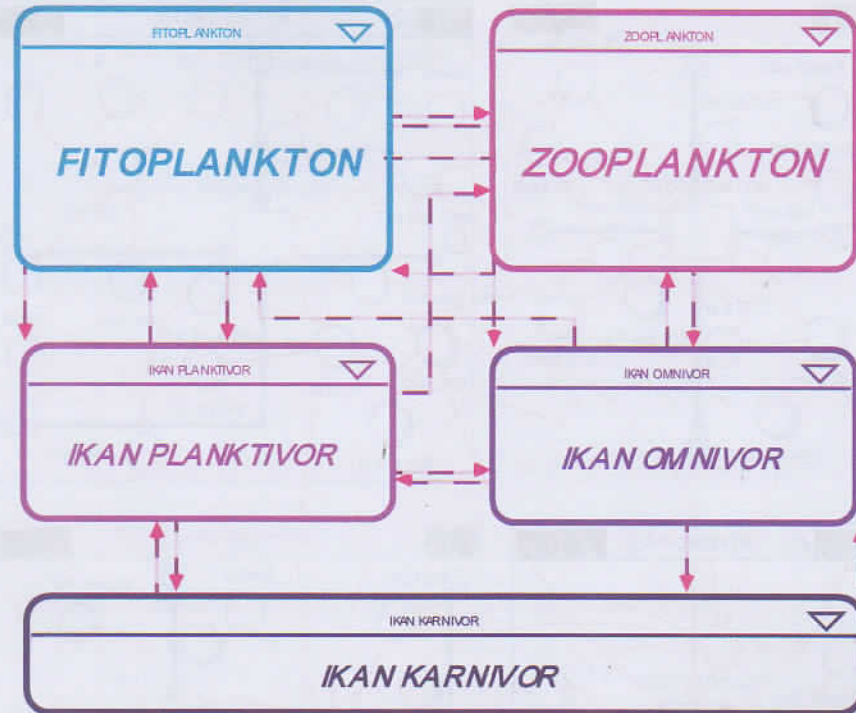
Trofik level ikan ditentukan berdasarkan item makanannya menggunakan perangkat lunak *TtrophLab2K*. Penentuan jenjang trofik dilakukan pada beberapa jenis ikan yang dominan tertangkap selama penelitian yaitu ikan teri, tembang, pepetek, layang, kembung dan selar. Hasil analisis item makanan menunjukkan bahwa posisi trofik level ikan tersebut masing-masing : ikan teri ($2,76 \pm 0,23$), ikan tembang ($3,13 \pm 0,37$), ikan pepetek ($3,23 \pm 0,47$), ikan layang ($3,60 \pm 0,56$), ikan kembung ($3,67 \pm 0,55$) dan ikan selar ($3,76 \pm 0,50$). Hasil lengkap perhitungan trofik level setiap bulannya ikan yang dominan tertangkap selama penelitian ditunjukkan dalam Lampiran 5. Struktur trofik level ikan pelagis di wilayah penelitian ditunjukkan dalam Gambar 8.



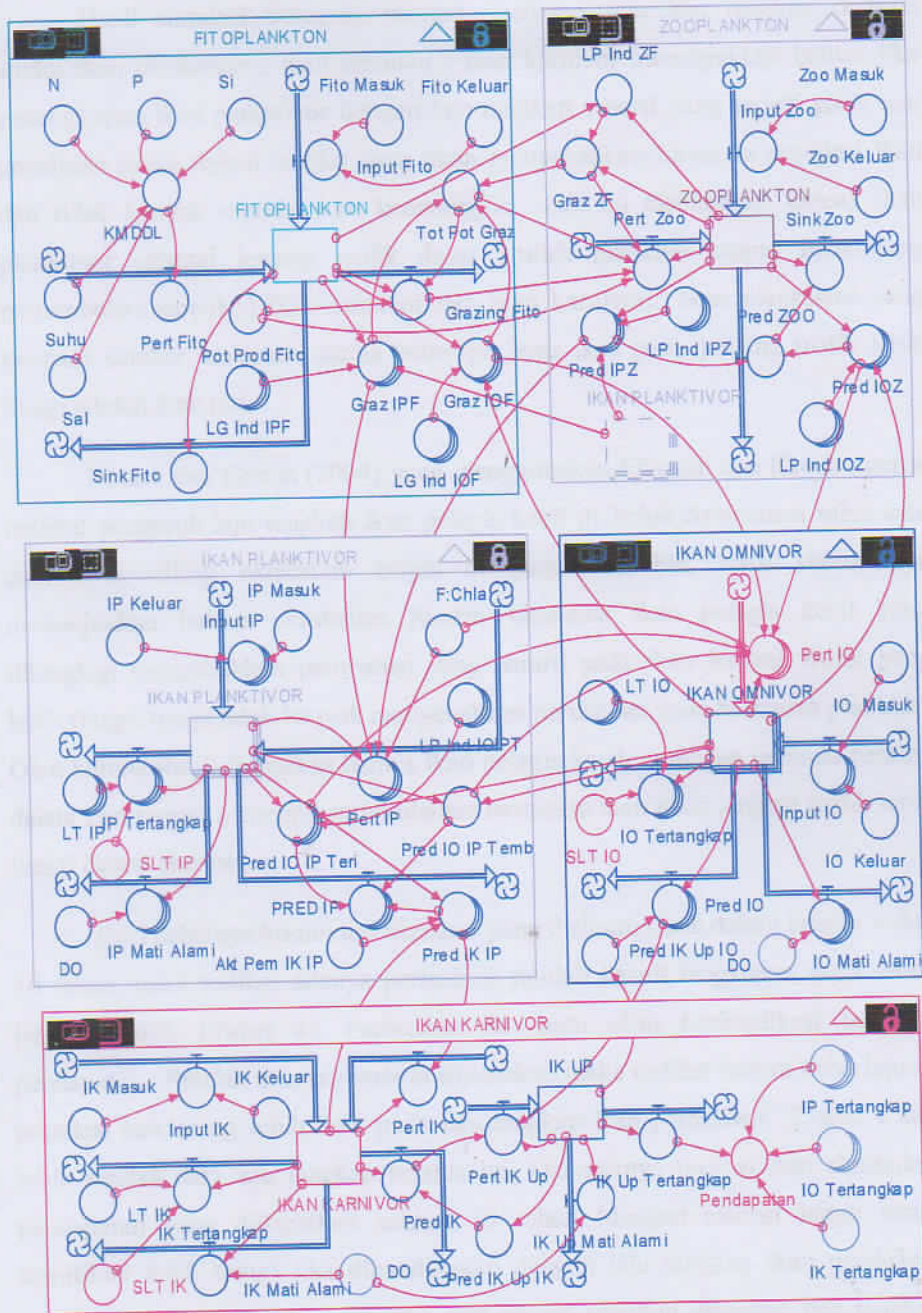
Gambar 8 Perkiraan struktur trofik level dalam sistem pelagis di lokasi penelitian; jenis ikan yang tidak dianalisis dalam penelitian ini jenjang trofik menurut *Fish Base* ditandai dengan garis putus-putus.

5.5. Model Dinamik Berbasis Trofik Level

Mengacu pada hasil pengamatan parameter lingkungan, pertumbuhan dan pemangsa plankton dan analisis isi lambung maka dibangun model dinamik berbasis trofik level yang mengintegrasikan semua komponen tersebut. Model dinamik yang dibangun ini dapat disimulasikan beberapa skenario laju tangkap pada setiap jenjang trofik yang dapat memberikan hasil maksimum dan memanfaatkan sumberdaya secara lestari. Model dinamik dibangun berdasarkan konsep dan pendekatan trofik level seperti ditunjukkan dalam Gambar 9. Model dinamik dibangun dan disimulasikan menggunakan perangkat lunak *Stella 5* dan hasilnya ditunjukkan dalam Gambar 10.



Gambar 9. Diagram Model Dinamik Pengelolaan Perikanan Pelagis Berbasis Trofik Level



Gambar 10. Model Dinamik Pengelolaan Perikanan Pelagis Berbasis Trofik Level

Hasil simulasi beberapa skenario perbandingan laju tangkap berbeda antara ikan planktivora : ikan omnivora : ikan karnivora menunjukkan bahwa jika penangkapan ikan planktivora dengan laju tangkap seperti yang terjadi pada saat penelitian maka dalam jangka lama akan menyebabkan turunnya populasi ikan dan tidak banyak memberikan keuntungan. Hal ini disebabkan karena ikan planktivora sebagai jenjang trofik dasar setelah plankton sangat menunjang pertumbuhan populasi ikan omnivora dan ikan karnivora. Ikan planktivora yang menjadi sumber makanan utama beberapa jenis ikan pada jenjang trofik lebih tinggi adalah ikan teri.

Duarte dan Garcia (2004) yang menggunakan Ecopath dan Ekosim untuk melihat pengaruh laju tangkap ikan pelagis kecil di Teluk Salamanca salah satu daerah upwelling ekosistem tropis di pantai Karibia, hasil simulasinya menunjukkan bahwa perubahan jumlah biomassa ikan pelagis kecil yang ditangkap menyebabkan perubahan yang berarti pada ikan jenjang trofik yang lebih tinggi, tetapi tidak banyak menyebabkan perubahan pada biomassa plankton. Oleh karena itu disimpulkan bahwa ikan pelagis kecil memegang peranan penting dalam dan sangat menentukan perubahan biomassa ikan pada jenjang trofik lebih tinggi dalam ekosistem.

Dari beberapa kombinasi skenario yang disimulasikan dalam jangka waktu 10 tahun maka terlihat adanya perbedaan jumlah hasil tangkapan pada setiap jenjang trofik (Tabel 4). Perbedaan ini tentu akan berimplikasi terhadap pendapatan. Setelah semua skenario dijalankan maka terlihat bahwa keberlanjutan populasi cenderung lebih baik pada laju tangkap ikan planktivora 2 atau 4 kali lebih rendah dari laju tangkap selama ini. Dampaknya terlihat dari akumulasi pendapatan yang didapatkan selama 10 tahun (dengan asumsi harga tetap) signifikan lebih tinggi jika dibandingkan dengan laju tangkap ikan planktivora seperti saat penelitian dilaksanakan. Jika secara simultan menekan laju tangkap ikan planktivora 4 kali lebih rendah (dari kondisi laju tangkap saat ini) dan meningkatkan laju tangkap ikan omnivora dan karnivora masing-masing 4 kali lebih banyak maka nilai total hasil tangkapan mencapai maksimal dan memberikan keuntungan yang paling maksimal (Tabel 5)

Tabel 4 ` Akumulasi hasil tangkapan (ton) pada setiap jenis ikan berdasarkan hasil simulasi semua skenario laju tangkap

Laju Tangkap (IP:IO:IK)	Ikan Planktivor		Ikan Omnivor			Ikan Karnivor	
	Teri	Tembang	Pepetek	Layang	Kembung	Selar	IK Up
1,00:1,00:1,00	1960	1003	2187	1306	496	48	1058
2,00:2,00:2,00	1138	932	1116	1022	304	23	261
4,00:4,00:4,00	974	903	787	868	187	8	109
0,50:0,50:0,50	3169	1157	3551	1847	604	40	79396
0,25:0,25:0,25	1584	1483	1776	924	302	20	167433
0,50:1,00:1,00	3169	1206	7103	3695	1208	81	103057
0,25:1,00:1,00	1584	1483	7103	3695	1208	81	171329
0,50:2,00:2,00	3169	1460	14192	7389	2362	162	158767
0,50:4,00:4,00	3169	1933	26310	14778	4611	33	211108
0,25:2,00:2,00	1584	1483	14205	7389	2363	162	298217
0,25: 4,00:4,00	1584	1483	26733	14778	4613	33	342268

Tabel 5. Pendapatan yang diperoleh dalam jangka 10 tahun berdasarkan hasil simulasi model dengan beberapa skenario laju tangkap ikan

Laju Tangkap (IP:IO:IK)	Pendapatan (Rp)
1,00:1,00:1,00	37.753.875.907
2,00:2,00:2,00	20.057.034.848
4,00:4,00:4,00	15.001.187.646
0,50:0,50:0,50	785.571.720.025
0,25:0,25:0,25	1.592.559.628.239
0,50:1,00:1,00	1.037.930.939.850
0,25:1,00:1,00	1.674.714.060.394
0,50:2,00:2,00	1.621.348.948.599
0,50:4,00:4,00	2.220.720.031.118
0,25:2,00:2,00	2.924.857.613.851
0,25: 4,00:4,00	3.447.385.076.638

Menurunnya pendapatan yang dapat diperoleh dari hasil tangkapan jika penangkapan intensif atau terlalu besar pada ikan teri yang trofik levelnya rendah disebabkan karena dalam jangka lama populasi ikan omnivor dan karnivor akan semakin menurun. Penurunan populasi ikan omnivor dan karnivor menyebabkan

semakin turunnya jumlah tangkapan kedua macam ikan tersebut, sementara secara ekonomis dilihat dari harganya jauh lebih tinggi dibandingkan dengan ikan teri maupun ikan tembang (ikan planktivor). Meskipun dalam jangka pendek pendapatan dari ikan planktivor dapat naik cukup tajam akan tetapi peningkatan itu tidak berlangsung lama karena dalam waktu yang bersamaan terjadi penurunan pendapatan dari ikan omnivor dan ikan karnivor. Dalam konsep perpindahan energi maka dengan menangkap terlalu banyak ikan planktivor maka dapat menyebabkan energi atau biomassa yang ada pada tingkat plankton tidak dapat ditransfer ke jenjang trofik yang lebih tinggi. Akibatnya biomassa tersebut mengendap ke dasar perairan.

Pada kondisi sebaliknya jika penangkapan terhadap ikan planktivor terlalu rendah menyebabkan kelimpahan ikan tersebut sangat tinggi dan akan berdampak pada pemanfaatan populasi plankton yang berlebihan. Hal tersebut memungkinkan terjadinya ketidak seimbangan antara produktivitas plankton dengan konsumsi ikan planktivor. Kelimpahan plankton yang sangat rendah menghambat produksi senyawa organik dari elemen-elemen nutrien yang ada dalam perairan.

Melihat hasil dalam simulasi beberapa skenario dalam Tabel 4 dan 5 maka laju penangkapan yang ideal untuk dapat memanfaatkan secara lestari potensi sumberdaya ikan di lokasi penelitian adalah mengurangi laju tangkap pada ikan planktivor dan menangkap ikan omnivor dan karnivor dalam proporsi yang dapat menyeimbangkan eksploitasi dan produksi yang dihasilkan dalam proses biologis yang terjadi dalam ekosistem pelagis. Dengan menekan laju tangkap sebanyak setengah kali dari kondisi yang ada sekarang memungkinkan melakukan penangkapan lebih intensif pada trofik level lebih tinggi yakni ikan omnivor dan ikan karnivor.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan sementara yang dapat disimpulkan dari hasil sementara penelitian adalah sebagai berikut :

- Parameter lingkungan mengalami dinamika sehingga mempengaruhi pula daya dukung lingkungan perairan terhadap populasi ikan pelagis.
- Ikan pelagis yang banyak tertangkap tergolong ikan yang memiliki trofik level rendah seperti ikan teri dan tembang. Penangkapan ikan pada trofik level rendah yang berlebihan dapat merugikan karena mengurangi daya dukung terhadap ikan pelagis besar yang justru memiliki nilai ekonomis lebih tinggi.
- Regulasi penangkapan pada setiap jenjang trofik memungkinkan untuk memanfaatkan sumberdaya ikan secara maksimal dan lestari. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan mengurangi laju penangkapan ikan planktivora 4 kali lebih rendah dari laju penangkapan sekarang memungkinkan untuk memaksimalkan keuntungan dan memanfaatkan sumberdaya ikan pelagis secara lestari.

DAFTAR PUSTAKA

- Aranchibia, H., Neira, S. 2005. Long-term change in the mean trophic level of Central Chile fisheries landings. *Sci Mar* 69 (2) : 295-300.
- Bănar, D., Harmelin-Vivien, M. 2009. Trophic links and riverine effects on food webs of pelagic fish of the north-western Black Sea. *Mar Freshwater Res* 60 (6) : 525-540.
- Bar, N.S., Sigholt, T., Shearer, K.D., Krogdahl, A. 2007. A dynamic model of nutrient pathways, growth, and body composition in fish. *Can J Fish Aquat Sci* 64 (12) : 1669-1682.
- Christensen and Walter. 2003. Ecopath with Ecosim: Methods, capabilities and limitations. Fisheries Centre, University of British Columbia, Canada
- Costanza, R., Fred. H.S. and L.W. Mary. 1990. Modelling Coastal Landscape Dinamics. Bioscience, Vol. 40 N0. 2.
- Cox, S.P., Essington, T.E., Kitchell, J.F.S., Martell, J.D., Walters C. Boggs, C.J. and I. Kaplan. 2002. Reconstructing Ecosystem Dynamics in the Central Pacific Ocean, 1952-1998. II. A Preliminary Assessment of the Trophic Impacts of Fishing and Effects on Tuna Dynamics. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 59: 1736-1747 (2002).
- Duarte LO, Garcia CB. 2004. Trophic role of small pelagic fishes in a tropical upwelling ecosystem. *Ecol Model* 177 (2-4) : 323-338.
- Hatta, M. 2010. Struktur dan Dinamika Trofik Level di Daerah Penangkapan Perikanan Bagan Rambo Kabupaten Barru Sulawesi Selatan. [Disertasi]. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. [tidak dipublikasikan].
- Hinrichsen, H.H., Moellmann, C., Voss, R.F., Koester, W. and G. Kornilovs. 2002. The Impact of Physical Forcing on Eastern Baltic Cod Larval Survival: A Coupled Hydrodynamic/Biological Modelling Approach: Fisheries Population Linkage Spatial and Temporal Variation in Zooplankton. <http://aslo.org/meetings/victoria2002/archive/300.html> (diakses 12 Maret 2011).
- Longhurst, A.R. and D.Pauly. 1987. Ecology of Tropical Oceans. Academic Press Inc. Harcourt BraceJovanovich, Publishers. New York.
- Matsuda, H. and P.A. Abrams. 2004. Effects of predator-prey interactions and adaptive change on sustainable yield. *Can J Fish Aquat Sci* 61 (2) : 175-184.
- Okey TA, Pauly D. 1999. *A mass-balanced model of trophic flows in Prince William Sound: decompartmentalizing ecosystem knowledge: ecosystem approaches for fisheries management 621 Alaska sea grant college program • AK-SG-99-01*. Canada. University of British Columbia, Fisheries Centre, Vancouver, British Columbia, Canada.

- Pauly D, Christensen V, Dalsgaard JPT, Froese R, Torres F. 1998. Fishing down marine food webs. *Science* 279 (5352) : 860-863.
- Setiakusumah, D., Hatta M., dan Tenriware. 2008. Peningkatan Pendapatan Nelayan Dalam Sistem Perikanan Rakyat Multispecies Multigear Di Wilayah Pesisir Sulawesi Selatan. Laporan Penelitian Strategis Nasional DP2M Dikti. Jakarta.
- Uye, S. dan T.Shimazu. 1997. Geographical and Seasonal Variations in Abundance, Biomass and Estimated Production Rates of Meso- and Macrozooplankton in the Inland Sea of Japan. *Journal of Oceanography*, (53): 529-538 (1997).
- Wijopriono, Genisa AS. 2003. Kajian terhadap laju tangkap dan komposisi hasil tangkapan purse seine mini di perairan pantai utara Jawa Tengah. *Torani* 13 (1) : 44-50.