

**LAPORAN AKHIR TAHUN I**  
**PENELITIAN TERAPAN**  
**UNGGULAN PERGURUAN TINGGI**



**PENENTUAN STATUS PEMANFAATAN DAN**  
**SKENARIO**  
**PENGELOLAAN IKAN TONGKOL (*Auxis rochei*)**  
**DI PERAIRAN BITUNG, MANADO, DAN BOLAANG-**  
**MONGONDOW**

**Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun**

**Prof. Dr. Ir. JOHN SOCRATES KEKENUSA, MS**

**NIDN : 0024085805**

**Dr. SENDY B. RONDONUWU, M.Si**

**NIDN : 030056403**

**MARLINE SOFIANA PAENDONG, S.Si, M.Si**

**NIDN : 0016037402**

**UNIVERSITAS SAM RATULANGI**  
**NOVEMBER 2017**

**HALAMAN PENGESAHAN**

Judul : PENENTUAN STATUS PEMANFAATAN DAN  
SKENARIO PENGELOLAAN IKAN TONGKOL (Auxis  
rochei) DI PERAIRAN BITUNG, MANADO, DAN  
BOLAANG-MONGONDOW

**Peneliti/Pelaksana**  
Nama Lengkap : Dr. Ir JOHN SOCRATES KEKENUSA, M.S  
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi  
NIDN : 0024085805  
Jabatan Fungsional : Guru Besar  
Program Studi : Matematika  
Nomor HP : 081335671395  
Alamat surel (e-mail) : johnskekenusa@yahoo.com

**Anggota (1)**  
Nama Lengkap : Dr. Dra SENDY B RONDONUWU M.Si  
NIDN : 0030056403  
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

**Anggota (2)**  
Nama Lengkap : MARLINE SOFIANA PAENDONG S.Si., M.Si.  
NIDN : 0016037402  
Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

**Institusi Mitra (jika ada)**  
Nama Institusi Mitra : -  
Alamat : -  
Penanggung Jawab : -  
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun  
Biaya Tahun Berjalan : Rp 86,822,000  
Biaya Keseluruhan : Rp 286,440,000

Mengetahui,  
Dekan FMIPA UNSRAT



(Prof. Dr. Benny Pinontoan, M.Sc)  
NIP/NIK 196606041995121001

Kota Manado, 8 - 11 - 2017  
Ketua,



(Dr. Ir JOHN SOCRATES KEKENUSA, M.S)  
NIP/NIK 195808241983031005

Menyetujui,  
Ketua LPPM UNSRAT



(Prof. Dr. Ir. Inneke F.M. Rumengan, M.Sc)  
NIP/NIK 195711051984032001

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iii</b>
<b>RINGKASAN DAN SUMMARY.....</b>	<b>iv</b>
<b>PRAKATA.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>vii</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>3</b>
<b>BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....</b>	<b>15</b>
<b>BAB 4. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>17</b>
<b>BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI.....</b>	<b>21</b>
<b>BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA.....</b>	<b>34</b>
<b>BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>35</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>37</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN.....</b>	<b>39</b>
<b>- Artikel Ilmiah Seminar Nasional (Sudah Diseminarkan, Sertifikat Terlampir)</b>	
<b>- Jurnal Internasional (Sudah Diusulkan)</b>	
<b>- Bahan Ajar (Draft)</b>	

## RINGKASAN DAN SUMMARY

### (PENENTUAN STATUS PEMANFAATAN DAN SKENARIO PENGELOLAAN IKAN TONGKOL (*Auxis rochei*) DI PERAIRAN SULAWESI UTARA)

Ikan tongkol (*Auxis rochei*), tergolong sumberdaya perikanan pelagis penting dan merupakan salah satu komoditi ekspor di Sulawesi Utara. Sumberdaya ikan perlu dikelola dengan baik, karena merupakan sumberdaya hayati yang dapat diperbaharui (*renewable*), namun dapat mengalami tangkap-lebih (*overfishing*), deplesi ataupun kepunahan. Dengan demikian, mengelola suatu sumberdaya ikan dengan cara yang benar dan tepat adalah suatu keharusan.

Dalam pemanfaatan sumberdaya ikan di laut, salah satu permasalahan utama ialah berapa banyak ikan yang dapat ditangkap tanpa mengganggu stok, atau bagaimana panen biomassa ikan dapat dimaksimalkan tanpa mengganggu prospek eksploitasi di masa mendatang. Salah satu cara pendekatan dalam pengelolaan sumberdaya ikan ialah melalui pemodelan.

Tujuan penelitian ialah mendapatkan Model Produksi Surplus terbaik, untuk mengetahui hasil tangkapan maksimum lestari, serta tingkat pemanfaatan dan pengupayaan ikan tongkol. Data yang digunakan untuk penerapan model produksi surplus dikumpul dari data hasil tangkapan ikan tongkol di perairan Sulawesi Utara (Bitung, dan Manado), bersumber dari Dinas Kelautan dan Perikanan di Dinas Kelautan dan Perikanan Kota Bitung dan Manado, serta Provinsi Sulawesi Utara.

Model Produksi Surplus yang dapat digunakan untuk menelaah hasil tangkapan ikan tongkol di perairan Bitung ialah **model Schaefer**. Di perairan Bitung : Upaya tangkap optimum per tahun secara biologi  $E_{MSY}$  (16.205 trip), dan hasil tangkapan optimum secara biologi  $C_{MSY}$  (9.577,214 ton). Tingkat pemanfaatan untuk tahun 2005 sebesar 114,46 %, dengan tingkat pengupayaan 95,86 %. Hasil tangkapan untuk tahun 2005 menunjukkan adanya tangkap-lebih (*overfishing*), dengan tingkat pengupayaan yang tidak efisien. Di perairan **Manado** : Upaya tangkap optimum per tahun secara biologi  $E_{MSY}$  (3.558 trip), dan hasil tangkapan optimum secara biologi  $C_{MSY}$  (932,156 ton). Tingkat pemanfaatan untuk tahun 2005 sebesar 105,485 %, dengan tingkat pengupayaan 122,54 %. Hasil tangkapan untuk tahun 2005 menunjukkan adanya tangkap-lebih (*overfishing*), dengan tingkat pengupayaan yang melebihi nilai optimum.

Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat dalam mengembangkan penerapan kriteria statistika dalam memilih model penduga terbaik bagi model produksi surplus. Selain itu, penelitian ini sebagai informasi berharga, terutama bagi para nelayan dan pengusaha perikanan cakalang dalam mengelola usahanya secara lebih efisien dan ekonomis. Penelitian ini juga bermanfaat bagi pemerintah melalui Dinas Kelautan dan Perikanan setempat dalam mencegah atau mengatasi tangkap-lebih (*overfishing*) serta menetapkan perencanaan perikanan cakalang yang efisien dan lestari.

## SUMMARY

Bonito (*Auxis rochei*), belongs to important pelagic fishery resources and constitutes one of export commodities. Fish resource needs to be well managed as a renewable resource, but vulnerable to overfishing, depletion or extinction. Thus, managing fish resource in a correct and proper way is a must.

In utilization of fish resource in waters, one of the main problems is how many fishes can be caught without disturbing the stock existence, or how can fish biomass harvest be maximized without disturbing the exploitation prospect in the future. One approach in fish resource management is by modeling.

The purposes of this research is to get the best model for surplus production model, to assess the *Maximum Sustainable Yield* (MSY) and *Maximum Economy Yield* (MEY), as well as bonito utilization and effort level. Data used for surplus production model were collected from bonito landings data provided by Marine and Fisheries Service (Dinas Kelautan dan Perikanan) of : Bitung, and Manado Regencies, also North Sulawesi Province.

Surplus Production Model that can be used to assess bonito potential yield in Bitung waters is Schaefer model. In **Bitung** waters : the optimum effort per year biologically  $E_{MSY}$  (16,205 trips), and biologically  $C_{MSY}$  is (9,577.214 tons). Utilization level for 2006 was 114.46 %, with effort level of 95.86 %. The catch for 2005 is bigger than MSY value, which indicate an *overfishing*, with not efficient effort. In **Manado** waters : the optimum effort per year biologically  $E_{MSY}$  (3,558 trips), and biologically  $C_{MSY}$  is (932.156 ton). Utilization level for 2005 was 105.487 %, with effort level of 122.54 %. The catch for 2005 had already above MSY value, which show an *overfishing*, with effort level above the optimum.

These research were expected useful to develop application of statistics criteria in choosing the best model for surplus production model. Also, these research result were expected to be a valuable information, especially for fishermen and bonito fishery businessman in managing their business more efficiently and economically. This research was also useful for the government through local Marine and Fisheries Service in preventing or handling *overfishing* and establishing an efficient and sustainable bonito fisheries planning.

## PRAKATA

Penelitian ini termasuk dalam Skim **Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi** (PUPT) tahun 2017, berdasarkan **Surat Tugas** dari Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Sam Ratulangi Nomor : 117/UN12.13/LT/2017, tanggal 10 Februari 2017 untuk melaksanakan penelitian Skim PUPT dengan judul : **“Penentuan Status Pemanfaatan dan Skenario Pengelolaan Ikan Tongkol (*Auxis Rochei*) di Perairan Bitung, Manado, dan Bolaang-Mongondow”**, disertai dengan **Surat Perintah Perjalanan Dinas** (SPPD). Penelitian ini sebagai **penelitian Tahun Pertama** yang berlokasi di perairan Bitung dan Manado. Untuk tahun kedua direncanakan di perairan Bolaang-Mongondow. Selesaiannya penelitian ini tidak lepas dari kerjasama yang baik antara Tim Peneliti dengan berbagai pihak.

Pada kesempatan ini disampaikan ucapan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi, melalui Rektor UNSRAT yang telah bersedia membiayai penelitian ini. Ucapan terima kasih juga selayaknya disampaikan kepada Rektor Universitas Sam Ratulangi melalui Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, serta Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, atas bantuannya memperlancar administrasi penelitian. Terima kasih secara khusus disampaikan kepada Pemerintah melalui Dinas Kelautan dan Perikanan di Kota Bitung dan Kota Manado, serta Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Utara, atas segala bantuannya memperlancar kegiatan penelitian, khususnya dalam pengumpulan data.

Kiranya, hasil penelitian ini bermanfaat bagi upaya pengelolaan perikanan tongkol yang efisien dan lestari.

Manado, 07 November 2017

Ketua Peneliti

## DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3.1	Rencana Target Capaian Tahunan Penelitian.....	17
Tabel 4.1	Peta jalan penelitian tuna kecil (Cakalang dan Tongkol).....	18
Tabel 5.1.1	Jumlah hasil tangkapan, upaya tangkap, dan CPUE ikan tongkol di perairan Bitung .....	22
Tabel 5.1.2	Jumlah hasil tangkapan, upaya tangkap, upaya tangkap, CPUE, Ln CPUE ikan tongkol di perairan Bitung.....	23
Tabel 5.1.3	Jumlah hasil tangkapan, upaya tangkap, CPUE, $\ln(U_{t+1}/U_t)$ , $(U_{t+1}+U_t)/2$ , $(E_{t+1}+E_t)/2$ ikan tongkol di perairan Bitung.....	24
Tabel 5.1.4	Jumlah hasil tangkapan, upaya tangkap, CPUE, dan $(U_{t+1}+U_t) - 1$ ikan tongkol di perairan Bitung .....	25
Tabel 5.1.5	Jumlah hasil tangkapan, upaya tangkap, CPUE, $\ln(U_{t+1})$ , $\ln(U_t)$ , dan $(E_t + E_{t+1})$ ikan tongkol di perairan Bitung.....	26
Tabel 5.1.6	Hasil validasi model produksi surplus ikan tongkol di perairan Bitung.....	27
Tabel 5.2.1	Jumlah hasil tangkapan, upaya tangkap, dan CPUE ikan tongkol di perairan Manado tahun 1995 – 2014.....	29
Tabel 5.2	Hasil validasi model produksi surplus ikan tongkol di perairan Manado.....	31
Tabel 5.3.1	Luaran yang dicapai pada Penelitian Tahun I.....	33

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Kerangka Konseptual Penelitian.....	46

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Hasil analisis regresi model produksi surplus ikan tongkol di perairan Bitung.....	40
Lampiran 2 Hasil analisis regresi model produksi surplus ikan tongkol di perairan Manado.....	44
Lampiran 3.1 Hasil perhitungan validasi model produksi surplus ikan tongkol di perairan Bitung.....	47
Lampiran 3.2 Hasil perhitungan validasi model produksi surplus ikan tongkol di perairan Manado.....	48
Lampiran 4 Biodata Peneliti.....	50
Lampiran 5. <b>Artikel Ilmiah Seminar Nasional (Sudah Diseminarkan tanggal 25 Agustus 2017, <u>Sertifikat Terlampir</u>). <u>Judul Artikel</u> : Penentuan Status Pemanfaatan dan Skenario Pengelolaan Ikan Tongkol (<i>Auxis rochei</i>) di Perairan Manado</b>	
Lampiran 6. <b>Jurnal Internasional (<u>Sudah Diusulkan</u>). <u>Judul Artikel</u> : Determination of the Status of Utilization and Management Scenarios Bonito (<i>Auxis rochei</i>) in the Bitung Waters North Sulawesi.</b>	
Lampiran 7. <b>Buku Ajar (<u>Draft</u>). <u>Judul</u> : PEMODELAN MATEMATIKA : Model Produksi Surplus Data Ikan Tongkol dan Cakalang di Sulawesi Utara.</b>	



## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **(1). Latar Belakang Permasalahan**

Ikan tongkol (*Auxis rochei*) tergolong sumberdaya perikanan pelagis penting dan merupakan salah satu komoditi ekspor nir-migas. Produksi ikan tongkol di Sulawesi Utara pada tahun 2013 mencapai sekitar 30.000 ton, dengan nilai sekitar 300 milyar rupiah (DKP Sulawesi Utara, 2014). Suatu nilai yang cukup besar dan perlu dipertahankan keberadaan dan kelestariannya.

Kegiatan perikanan tongkol di Indonesia, termasuk di Sulawesi Utara masih dipusatkan pada masalah penangkapan, sedangkan perhatian terhadap aspek biologi dan lingkungannya baru berkembang beberapa tahun terakhir ini.

Analisis terhadap tingkat pemanfaatan maupun musim penangkapan tongkol di perairan Sulawesi Utara (termasuk perairan Bitung, Manado, dan Bolaang-Mongondow), belum banyak ditelaah. Penangkapan tongkol di perairan Sulawesi Utara telah berlangsung cukup lama, dengan intensitas yang padat. Data mengenai tingkat pemanfaatan suatu sumberdaya ikan sangat penting, karena akan menentukan apakah pemanfaatan sumberdaya tersebut kurang optimal, optimal, atau berlebih. Pemanfaatan sumberdaya ikan yang berlebihan akan mengancam kelestariannya.

Tanpa informasi pengkajian stok yang memadai, pengelolaan akan menjadi suatu proses pengambilan keputusan yang tidak ilmiah sehingga tidak memiliki kredibilitas. Akibatnya, sejumlah stok akan berada dalam keadaan kritis karena dieksploitasi secara berlebihan. Sudah saatnya para pengelola perikanan harus meningkatkan kepeduliannya terhadap kualitas data yang digunakan untuk mendasari penetapan kebijakan (Boer, *dkk.*, 2001).

Dalam pemanfaatan sumberdaya ikan di laut termasuk tongkol, salah satu permasalahan utama ialah **seberapa banyak ikan yang dapat ditangkap tanpa mengganggu keberadaan stok**, atau **bagaimana panen biomassa ikan dapat dimaksimalkan tanpa mengganggu prospek eksploitasi di masa mendatang**. Pertanyaan ini merupakan dasar dari semua analisis produksi perikanan. Kegagalan dalam menjawabnya dengan baik, telah menimbulkan kesalahan pengelolaan perikanan di masa lalu dan saat ini.

Universitas Sam Ratulangi sebagai universitas terkemuka di Sulawesi Utara, telah menetapkan **Fokus Penelitian yaitu Kajian Pasifik (*Pacific Studies*)**. Hal ini sesuai dengan posisi Sulawesi Utara yang perairannya sebagian besar dipengaruhi oleh Lautan Pasifik. Universitas Sam Ratulangi (UNSRAT) dalam Rencana Induk Penelitian (RIP) untuk tahun 2011 – 2016, telah menetapkan Program Penelitian Prioritas di antaranya menyangkut **Kebaharian dan Kelautan**. Rumusan Topik Riset dari Riset Unggulan Institusi dituangkan dalam topik sesuai bidang ilmu, salah satunya ialah **Biodiversitas Kawasan Pasifik (Pelestarian Sumberdaya Alam Hayati dan Lingkungan)**(Lembaga Penelitian Unsrat, 2013). **Penelitian ini sesuai dengan Prioritas dan Unggulan Institusi**, menyangkut bagaimana melestarikan sumberdaya ikan tongkol, melalui upaya untuk mengetahui tingkat pengusahaannya dan berapa banyak jumlah maksimum ikan yang dapat ditangkap tanpa mengganggu kelestariannya.

Sulawesi Utara (termasuk Perairan Manado, Bitung, dan Bolaang-Mongondow) sebagai kawasan yang strategis baik secara nasional maupun internasional di bidang perikanan, selama ini titik berat pengembangan perikanan termasuk pengusahaan tongkol ialah dalam hal menangkap atau mengeksploitasi sumberdaya. Belum banyak kajian yang khusus di kawasan tersebut yang menyangkut potensi, tingkat pemanfaatan, serta tingkat pengusahaan sumberdaya perikanan.

Salah satu cara pendekatan dalam memprediksi pengelolaan sumberdaya ikan ialah melalui pemodelan. Model yang paling sederhana dalam dinamika populasi ikan ialah **Model Produksi Surplus (MPS)**, dengan memperlakukan ikan sebagai biomassa tunggal yang tak dapat dibagi, yang tunduk pada aturan-aturan sederhana kenaikan dan penurunan biomassa. Model ini, pada umumnya digunakan dalam penilaian stok ikan hanya dengan menggunakan data hasil tangkapan dan upaya-tangkap yang umumnya tersedia. Melalui MPS, dapat diprediksi potensi sumberdaya ikan, jumlah maksimum hasil tangkapan yang menjamin kelestarian sumberdaya, serta alokasi jumlah optimum upaya-tangkap (*trip* kapal) yang dioperasikan agar sumberdaya tetap lestari dan ekonomis.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Kelompok ikan tuna kecil antara lain cakalang dan tongkol sebagai komoditi ekspor yang penting bagi Sulawesi Utara. Penelitian tentang potensi dan status pemanfaatan ikan tongkol masih jarang dilakukan dibanding dengan ikan cakalang. Penelitian **penulis** dan kawan-kawan (**Kekenusa, dkk**, 2008), mengungkap tentang tingkat pemanfaatan dan pengusahaan perikanan cakalang di perairan Sulawesi Utara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa telah terjadi tangkap-lebih (*overfishing*) untuk perikanan cakalang di wilayah ini.

Penelitian tentang status pemanfaatan ikan tongkol di perairan Sulawesi Utara, telah diawali dengan penelitian penulis dan kawan-kawan di perairan Sangihe, Talaud, dan Siau-Tagulandang-Biaro (SITARO). Di perairan Talaud untuk tahun 2012 tingkat pemanfaatan sebesar 94,86% yang mengindikasikan adanya tangkap-lebih (*overfishing*), dengan tingkat pengusahaan 193,99% yang menunjukkan suatu tingkat pengusahaan yang tidak efisien (**Kekenusa, et al**, 2015). Untuk perairan SITARO pada tahun 2013 juga menunjukkan tingkat pemanfaatan yang berlebihan (tangkap-lebih) sebesar 103,80%, dengan tingkat pengusahaan 110,56% yang juga mengindikasikan terjadi penangkapan yang tidak efisien.

Pemetaan daerah penangkapan ikan cakalang dan tongkol di perairan utara Nanggroe Aceh Darussalam, dilakukan melalui pendekatan suhu permukaan laut (SPL) dan konsentrasi klorofil-a. Konsentrasi klorofil-a dan SPL memiliki hubungan yang positif dengan CPUE (*Catch Per Unit Effort*) ikan cakalang dan tongkol (**Muklis, dkk**, 2009). Di daerah perairan Teluk Lampung, kegiatan penangkapan ikan sudah mengkhawatirkan, karena terjadi penurunan CPUE untuk beberapa alat tangkap, sehingga perlu dikembangkan teknologi penangkapan yang difokuskan pada jenis alat yang ramah lingkungan (**Hariyanto**, 2008).

Di daerah perairan Sumatera Barat penangkapan ikan tongkol dan cakalang menggunakan pukot cincin (*purse seine*) dengan bantuan rumpon. Meskipun hasil tangkapan meningkat, akan tetapi perlu diperhatikan kelestariannya supaya tidak terjadi *overfishing* (**Telaumbanua, dkk**, 2004).

Nurhayati (2001), melakukan pendugaan stok ikan tongkol di perairan Pelabuhan Ratu dengan Model Produksi Surplus menggunakan metode Schaefer dan metode Fox. Diperoleh nilai CPUE yang berfluktuasi, diduga akibat efisiensi unit alat

tangkap, teknologi alat tangkap, ruaya, ketersediaan ikan, perubahan musim, dan faktor lingkungan. Terungkap juga bahwa model terbaik ialah model Fox, dan terdapat indikasi *overfishing* pada 2 lokasi dari 7 lokasi pendaratan ikan. Tingkat pengusahaan yang padat (*fully exploited*) ikan tongkol di perairan selatan Jawa Timur, juga dilaporkan (Lelono, 2011) dengan menggunakan Model Produksi Surplus metode Schaefer dan Fox.

Berdasarkan hasil penelitian pada beberapa daerah tersebut di atas, dirasakan sudah sangat mendesak untuk mengetahui tentang pengusahaan perikanan tongkol di seluruh Perairan Sulawesi Utara, melalui pendekatan Model Produksi Surplus (MPS).

### **(1). Model Produksi Surplus**

Model yang paling sederhana dalam dinamika populasi ikan ialah model produksi surplus yang memperlakukan populasi ikan sebagai biomassa tunggal yang tidak dapat dibagi, yang tunduk pada aturan-aturan sederhana dari kenaikan dan penurunannya. Model produksi ini tergantung pada 4 macam besaran, yaitu : biomassa populasi pada suatu waktu tertentu  $t$  ( $B_t$ ), tangkapan untuk suatu waktu tertentu  $t$  ( $C_t$ ), upaya tangkap pada waktu tertentu  $t$  ( $E_t$ ), dan laju pertumbuhan alami konstan ( $r$ ) (Boer dan Aziz, 1995). Model ini pertama kali dikembangkan oleh Schaefer, yang bentuk awalnya sama dengan model pertumbuhan logistik.

Model Produksi Surplus adalah suatu model yang digunakan dalam pengkajian stok ikan, yaitu dengan menggunakan data hasil tangkapan dan upaya penangkapan. Pertambahan biomassa suatu stok ikan dalam waktu tertentu di suatu wilayah perairan, ialah suatu parameter populasi yang disebut produksi. Biomassa yang diproduksi ini diharapkan dapat mengganti biomassa yang hilang akibat kematian penangkapan, maupun faktor alami. Produksi yang berlebih dari kebutuhan penggantian dianggap sebagai surplus yang dapat dipanen. Apabila kuantitas biomassa yang diambil sama dengan surplus yang diproduksi, maka perikanan tersebut berada dalam keadaan *equilibrium* atau seimbang (Aziz, 1989).

Menurut Coppola dan Pascoe (1996), persamaan surplus produksi terdiri dari beberapa konstanta yang dipengaruhi oleh pertumbuhan alami, kemampuan alat tangkap, dan daya dukung lingkungan. Konstanta-konstanta tersebut diduga dengan

menggunakan model-model penduga parameter biologi dari persamaan surplus produksi, yaitu model : Equilibrium Schaefer, Disequilibrium Schaefer, Schnute, dan Walter – Hilborn. Berdasarkan keempat model tersebut dipilih yang paling sesuai atau *best fit* dari pendugaan yang lain.

Menurut Sparre dan Venema (1999), rumus-rumus model produksi surplus hanya berlaku apabila parameter *slope* ( $b$ ) bernilai negatif, yang berarti penambahan upaya tangkap akan menyebabkan penurunan hasil tangkapan per upaya tangkap. Apabila parameter  $b$  nilainya positif, maka tidak dapat dilakukan pendugaan besarnya stok maupun upaya optimum, tetapi hanya dapat disimpulkan bahwa penambahan upaya tangkap masih memungkinkan untuk meningkatkan hasil tangkapan.

Penerapan model produksi surplus ialah untuk mengetahui hasil tangkapan maksimum lestari dan upaya tangkap optimum dari suatu perairan. Nilai tersebut diperoleh dari hasil analisis tangkapan per upaya tangkap pada suatu daerah perairan dengan data runtun waktu (*time series*) minimal selama lima tahun (Aziz, 1989).

Pendugaan upaya penangkapan optimum ( $E_{opt}$ ) dan hasil tangkapan maksimum lestari ( $C_{MSY}$ ) didekati dengan Model Produksi Surplus. Antara hasil tangkapan per satuan upaya ( $CPUE_t$ ) dan upaya tangkap (*effort*) dapat berupa hubungan linear maupun eksponensial (Gulland, 1983). Model Produksi Surplus terdiri dari 2 model dasar yaitu Model Schaefer (hubungan linear) dan Model Gompertz yang dikembangkan oleh Fox dengan bentuk hubungan eksponensial (Gulland, 1983).

Syarat-syarat yang harus dipenuhi dalam menganalisis model produksi surplus ialah (Gulland, 1983) :

- (1) Ketersediaan ikan pada tiap-tiap periode tidak mempengaruhi daya tangkap relatif.
- (2) Distribusi ikan menyebar merata.
- (3) Masing-masing alat tangkap menurut jenisnya mempunyai kemampuan tangkap yang seragam.

Beberapa tipe model produksi surplus menggambarkan hubungan antara stok dan produksi. Masing-masing dari model ini memiliki keuntungan dan kerugian yang bergantung pada situasi di mana model tersebut digunakan. Model pertama yang digunakan secara luas dibuat oleh Schaefer, yang didasarkan pada tulisan Graham.

## (2) Model Schaefer

Seperti dikemukakan sebelumnya bahwa model produksi surplus pertama kali dikembangkan oleh Schaefer, yang bentuk awalnya sama dengan model pertumbuhan logistik. Model tersebut ialah sebagai berikut :

$$\frac{dB_t}{dt} = G(B_t) = r B_t \left( 1 - \frac{B_t}{K} \right) \quad (1)$$

Persamaan ini belum memperhitungkan pengaruh penangkapan, sehingga Schaefer menuliskan kembali menjadi :

$$\frac{dB_t}{dt} = r B_t \left( 1 - \frac{B_t}{K} \right) - C_t \quad (2)$$

dengan  $K$  ialah daya dukung lingkungan perairan, dan  $C_t$  ialah tangkapan yang dapat ditulis sebagai :

$$C_t = q E_t B_t \quad (3)$$

dengan  $q$  sebagai koefisien ketertangkapan (*catchability*), dan  $E_t$  menunjukkan upaya tangkap. Persamaan ini dapat ditulis menjadi :

$$\frac{C_t}{E_t} = q B_t = \text{CPUE} \quad (4)$$

menunjukkan hipotesis Schaefer yang menyatakan bahwa Tangkapan Per UpayaTangkap (CPUE = *Catch Per Unit of Effort*) sebanding dengan kelimpahan stok  $B_t$ . Oleh karena  $B_t$  tidak dapat diamati, maka pendekatan ini sangat penting dalam pengkajian stok (*stock assessment*).

Dari persamaan diferensial (2), tangkapan optimum dapat dihitung pada saat  $\frac{dB_t}{dt} = 0$  atau disebut juga penyelesaian pada titik keseimbangan (*equilibrium*), yang berbentuk :

$$r B_t \left( 1 - \frac{B_t}{K} \right) - C_t = 0, \quad \text{atau}$$
$$C_t = r B_t \left( 1 - \frac{B_t}{K} \right) = q E_t B_t \quad (5)$$

Dari persamaan (3) dan (5) diperoleh nilai  $B_t$  sebagai berikut :

$$B_t = K \left( 1 - \frac{qE_t}{r} \right) \quad (6)$$

sehingga persamaan (5) menjadi :

$$\begin{aligned} C_t &= q K E_t \left( 1 - \frac{qE_t}{r} \right) \\ &= q K E_t - \frac{q^2 K}{r} E_t^2 \end{aligned} \quad (7)$$

Persamaan (7) disederhanakan lagi oleh Schaefer menjadi :

$$\begin{aligned} \frac{C_t}{E_t} &= a - b E_t, \text{ atau} \\ C_t &= a E_t - b E_t^2 \end{aligned} \quad (8)$$

sedangkan  $a = q K$  dan  $b = \frac{q^2 K}{r}$ . Hubungan linear ini yang digunakan secara luas untuk menghitung  $C_{MSY}$  melalui penentuan turunan pertama  $C_t$  terhadap  $E_t$  untuk mencari solusi optimal, baik untuk tangkapan maupun upaya tangkap. Turunan pertama  $C_t$  terhadap  $E_t$  adalah :  $\frac{dC_t}{dE_t} = a - 2b E_t$ , sehingga diperoleh dugaan  $E_{opt}$

(upaya tangkap optimum) dan  $C_{MSY}$  (tangkapan maksimum lestari) masing-masing :

$$E_{opt} = \frac{a}{2b} = \frac{r}{2q} \quad (9)$$

dengan memasukkan nilai  $E_{opt}$  pada persamaan (8), akan diperoleh  $C_{MSY}$  sebagai berikut :

$$\begin{aligned} C_{MSY} &= a E_t - b E_t^2 \\ &= a \left( \frac{a}{2b} \right) - b \left( \frac{a}{2b} \right)^2 \\ &= \frac{a^2}{2b} - \frac{ba^2}{4b^2} \\ &= \frac{a^2}{2b} - \frac{a^2}{4b} \\ &= \frac{a^2}{4b} \end{aligned}$$

dengan mensubstitusi  $a = qK$  dan  $b = \frac{q^2 K}{r}$ , akan diperoleh

$$C_{MSY} = \frac{a^2}{4b} = \frac{q^2 K^2}{4q^2 K / r} = \frac{rK}{4} \quad (10)$$

Nilai-nilai  $a$  dan  $b$  diduga melalui pendekatan metode kuadrat terkecil yang umum digunakan untuk menduga koefisien persamaan regresi sederhana. Selanjutnya, dengan memasukkan nilai  $E_{opt}$  pada persamaan (6) diperoleh biomassa optimum ( $B_{MSY}$ ) sebagai berikut :

$$\begin{aligned} B_{MSY} &= K - \frac{Kq}{r} E_{opt} \\ &= K - \frac{Kq}{r} \left( \frac{r}{2q} \right) \\ &= K - \frac{K}{2} \\ &= \frac{K}{2} \end{aligned} \quad (11)$$

Nilai-nilai parameter  $q$ ,  $K$ , dan  $r$  dapat dihitung dengan menggunakan algoritma Fox, seperti yang diacu dalam Sularso (2005), sebagai berikut :

$$q_t = \ln \left[ \left( zU_t^{-1} + \frac{1}{b} \right) / \left( zU_{t+1}^{-1} + \frac{1}{b} \right) \right] / (z) \quad (12)$$

dimana  $z = -(a/b)/E^*$ ,  $E^* = (E_t + E_{t+1})/2$ ,  $U_t = \frac{C_t}{E_t}$ , dan nilai  $q$  adalah rata-rata geometrik dari nilai  $q_t$ . Dari nilai  $a$ ,  $b$ , dan  $q$ , selanjutnya dapat dihitung nilai  $K$  dan  $r$ .

### (3). Model Fox

Model Fox (1970) memiliki beberapa karakteristik yang berbeda dari model Schaefer, yaitu pertumbuhan biomassa mengikuti model pertumbuhan Gompertz. Penurunan CPUE terhadap upaya tangkap ( $E$ ) mengikuti pola eksponensial negatif.

Asumsi-asumsi model eksponensial ini menurut FAO (1994), ialah sebagai berikut :

1. Populasi dianggap tidak akan punah
2. Populasi sebagai jumlah dari individu ikan.



Model ini menghasilkan garis lengkung bila  $\frac{C_t}{E_t}$  diplot terhadap  $E_t$ , akan tetapi bila

$\frac{C_t}{E_t}$  diplot dalam bentuk logaritma terhadap  $E_t$ , akan diperoleh garis lurus :

$$\ln \frac{C_t}{E_t} = a - b E_t \text{ atau } \frac{C_t}{E_t} = \exp(a - b E_t) \quad (13)$$

Kedua model ini mengikuti asumsi bahwa  $\frac{C_t}{E_t}$  menurun dengan meningkatnya

upaya tangkap. Nilai  $\frac{C_t}{E_t}$  selalu lebih besar dari nol untuk semua nilai  $E_t$ .

Hubungan antara tangkapan ( $C_t$ ) dengan upaya tangkap ( $E_t$ ) ialah :

$$C_t = E_t \cdot \exp(a - b E_t) \quad (14)$$

Upaya optimum diperoleh dengan menyamakan turunan pertama  $C_t$  terhadap  $E_t$  sama dengan nol :

$$\frac{dC_t}{dE_t} = e^{a-bE_t} + E_t e^{a-bE_t} (-b) = 0$$

$$\frac{dC_t}{dE_t} = e^{a-bE_t} - b E_t e^{a-bE_t} = 0$$

$$(1 - b E_t) e^{a-bE_t} = 0$$

$$b E_t = 1$$

$$E_{opt} = \frac{1}{b} \quad (15)$$

Hasil tangkapan maksimum lestari ( $C_{MSY}$ ) didapat dengan memasukkan nilai upaya optimum ke dalam persamaan (14), dan diperoleh :

$$C_{MSY} = \frac{1}{b} e^{a-1} \quad (16)$$

Nilai dugaan parameter  $a$  dan  $b$  pada persamaan (13) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan regresi sederhana. Rumus-rumus tersebut hanya berlaku bila parameter *slope* ( $b$ ) bernilai negatif, yang berarti bahwa penambahan jumlah upaya tangkap akan menyebabkan penurunan CPUE. Apabila dalam perhitungan nilai *slope*

(b) positif, maka tidak dapat dilakukan pendugaan stok maupun besarnya upaya optimum, tetapi hanya dapat disimpulkan bahwa penambahan upaya tangkap masih menambah hasil tangkapan.

#### (4). Model Schnute

Schnute (1977), mengemukakan versi lain dari model produksi surplus yang bersifat dinamis serta deterministik. Metode Schnute dianggap sebagai modifikasi dari model Schaefer dalam bentuk diskret (Roff, 1983, yang diacu dalam Tinungki 2005). Bentuk dasar dari model Schnute dikembangkan dari persamaan (2) dan (3), yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$\frac{dB_t}{B_t} = \left\{ r - \frac{rB_t}{K} - q E_t \right\} dt \quad (17)$$

Jika persamaan (17) diintegrasikan dan dilakukan satu langkah setahun ke depan akan diperoleh :

$$\ln(B_{t+1}) - \ln(B_t) = r - \frac{r}{K} \bar{B}_t - q \bar{E}_t \quad (18)$$

Dari persamaan (3) diperoleh :

$$\begin{aligned} B_t &= \frac{C_t}{E_t} / q \\ &= \frac{U_t}{q} \quad \text{dengan demikian,} \\ \bar{B}_t &= \frac{\bar{U}_t}{q} . \end{aligned}$$

Jika persamaan (18) disederhanakan dengan  $\bar{U}_t$  adalah rata-rata CPUE dan  $\bar{E}_t$  rata-rata upaya tangkap per tahun, maka akan diperoleh persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{U_{t+1}}{U_t}\right) &= r - \frac{r}{qK} \bar{U}_t - q \bar{E}_t, \quad \text{atau} \\ \ln\left(\frac{U_{t+1}}{U_t}\right) &= r - \frac{r}{qK} \left(\frac{U_t + U_{t+1}}{2}\right) - q \left(\frac{E_t + E_{t+1}}{2}\right) \\ &= a - b \left(\frac{U_t + U_{t+1}}{2}\right) - c \left(\frac{E_t + E_{t+1}}{2}\right) \end{aligned} \quad (19)$$

dimana  $a = r$ ,  $b = \frac{r}{qK}$ , dan  $c = q$ , adalah penduga parameter koefisien regresi berganda.

Nilai dugaan parameter biologi dapat diduga dengan rumus sebagai berikut ini :

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{r}{qK} \\
 K &= \frac{r}{bq} \\
 C_{MSY} &= \frac{a^2}{4bc} = \frac{r^2}{4(r/Kq)q} = \frac{rK}{4} \\
 E_{opt} &= \frac{r}{2q} \tag{20}
 \end{aligned}$$

#### (5). Model Walter - Hilborn

Walter dan Hilborn (1976) yang diacu dalam Tinungki (2005), mengembangkan jenis lain dari model produksi surplus, yang dikenal sebagai model regresi. Model Walter – Hilborn ini, menggunakan persamaan diferensial sederhana, dengan persamaan sebagai berikut :

$$B_{t+1} = B_t + r B_t \left(1 - \frac{B_t}{K}\right) - C_t \tag{21}$$

Jika  $C_t = q B_t E_t$ , dan  $B_t = \frac{U_t}{q}$ , serta  $U_t = \frac{C_t}{E_t}$  menyatakan CPUE (*Catch Per Unit of Effort*), maka persamaan (21) dapat diformulasi kembali sebagai berikut,

$$\frac{U_{t+1}}{q} = \frac{U_t}{q} + \frac{rU_t}{q} \left(1 - \frac{U_t}{Kq}\right) - U_t E_t \tag{22}$$

Penyusunan kembali persamaan (22) dengan memindahkan  $\frac{U_t}{q}$  ke sisi kiri dan

mengalikan dengan  $\frac{q}{U_t}$ , akan diperoleh persamaan model Walter – Hilborn sebagai

berikut :

$$\begin{aligned}\frac{U_{t+1}}{U_t} - 1 &= r - \frac{r}{Kq} U_t - q E_t \\ &= a - b U_t - c E_t\end{aligned}\quad (23)$$

dimana  $a = r$ ,  $b = \frac{r}{Kq}$ , dan  $c = q$ , adalah penduga parameter koefisien regresi berganda.

Nilai dugaan parameter biologi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}b &= \frac{r}{qK} \\ K &= \frac{r}{bq} \\ C_{MSY} &= \frac{a^2}{4bc} = \frac{r^2}{4(r/Kq)q} = \frac{rK}{4} \\ E_{opt} &= \frac{r}{2q}\end{aligned}\quad (24)$$

#### (6). Model Clarke Yoshimoto Pooley (CYP)

Pendugaan parameter biologi untuk model produksi surplus dapat pula dilakukan melalui teknik pendugaan yang dikemukakan oleh Clarke, Yoshimoto, dan Pooley (Fauzi dan Anna 2005, Tinungki 2005). Parameter-parameter yang diduga ialah  $r$ ,  $K$ , dan  $q$ , dengan model yang dinyatakan sebagai berikut :

$$\ln(U_{t+1}) = \left( \frac{2r}{2+r} \right) \ln(qK) + \frac{2-r}{2+r} \ln(U_t) - \frac{q}{2+r} (E_t + E_{t+1}) \quad (25)$$

$$\text{di mana : } a' = \frac{2r}{2+r}, \quad a = a' \ln(qK), \quad b = \frac{2-r}{2+r}, \quad c = \frac{q}{2+r}$$

dengan demikian persamaan (25) dapat ditulis dalam bentuk :

$$\begin{aligned}\ln(U_{t+1}) &= a' \ln(qK) + b \ln(U_t) - c (E_t + E_{t+1}) \\ &= a + b \ln(U_t) - c (E_t + E_{t+1})\end{aligned}\quad (26)$$

Pendugaan parameter untuk persamaan (26) dilakukan dengan metode OLS (*Ordinary Least Square*) untuk meregresi  $\ln(U_{t+1})$ , dengan  $\ln(U_t)$  dan  $(E_t + E_{t+1})$ .

Untuk menghitung parameter  $r$ ,  $q$ , dan  $K$  dilakukan dengan menggunakan algoritma (Fauzi, 2002), sebagai berikut :

1. Koefisien regresi  $b$  dari persamaan (26) digunakan dalam menghitung  $r$  yaitu :

$$r = \frac{2(1-b)}{1+b} \quad (27)$$

2. Koefisien regresi  $c$  pada persamaan (26) dan nilai  $r$  yang diperoleh dari persamaan (27) digunakan untuk menghitung  $q$ , yaitu :

$$q = -c(2-r) \quad (28)$$

3. Koefisien regresi  $a$  yang diperoleh dari persamaan (26) dan nilai  $q$  yang diperoleh dari persamaan (28), digunakan untuk mencari  $Q$  ( $Q = \frac{a}{a'}$ ) yang digunakan dalam menghitung nilai  $K$ , yaitu :

$$Q = \frac{a(2+r)}{2r} \quad (29)$$

4. Nilai  $K$  dapat dihitung sebagai berikut :

$$K = \frac{e^Q}{q} \quad (30)$$

## (7) Model Bioekonomi

Salah satu pertanyaan mendasar dalam pengelolaan sumberdaya ikan ialah bagaimana memanfaatkan sumberdaya tersebut sehingga menghasilkan manfaat ekonomi yang tinggi bagi pengguna, namun tetap menjaga kelestarian sumber. Pertanyaan tersebut mengandung makna ekonomi dan makna konservasi atau biologi. Pendekatan untuk menjawab pertanyaan tersebut, pertama kali dikembangkan oleh Gordon untuk melengkapi model Schaefer, dikenal sebagai pendekatan bioekonomi (Fauzi dan Anna, 2005). Model yang digunakan untuk pendekatan ini disebut model bioekonomi.

Model produksi hanya dapat mengetahui potensi sumberdaya perikanan dan tingkat produksi maksimumnya. Model tersebut belum mampu menunjukkan potensi industri penangkapan ikan dan tingkat pengusahaan yang optimum bagi masyarakat. Teori ekonomi perikanan yang didasarkan atas sifat dasar biologi populasi ikan ditujukan untuk memahami perilaku ekonomi dan industri penangkapan ikan (Purwanto, 1988).

Berdasarkan model bioekonomi didapatkan nilai dugaan keuntungan maksimum secara ekonomi. Keuntungan maksimum diperoleh pada saat upaya ( $E$ ) yang digunakan menghasilkan keuntungan ekonomi yang maksimum ( $E_{MEY} = E$  pada *Maximum Economic Yield*) (Fauzi dan Anna, 2005). Keuntungan usaha penangkapan ( $\pi$ ) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\pi = p C - c E \quad (31)$$

dengan keterangan :

$\pi$  = keuntungan usaha penangkapan ikan (satuan nilai uang)

$C$  = jumlah hasil tangkapan (satuan berat atau jumlah)

$p$  = harga satuan hasil tangkapan (satuan nilai uang)

$E$  = jumlah upaya penangkapan (trip kapal)

$c$  = biaya operasi per unit upaya tangkap (satuan nilai uang)

Bila rumus model produksi pada persamaan (8) disubstitusi ke dalam persamaan (31), maka dihasilkan :

$$\pi = p (aE - bE^2) - c E \quad (32)$$

Keseimbangan bioekonomi terjadi pada saat  $\pi = 0$  atau pendapatan sama dengan pengeluaran. Titik keseimbangan ini disebut sebagai *bioeconomic equilibrium of open access* atau keseimbangan pada akses terbuka. Tingkat upaya penangkapan pada kondisi *open access* ( $E_{oa}$ ) secara matematika dapat dihitung sebagai berikut :

$$\pi = p (aE - bE^2) - c E = 0 \quad (33)$$

$$pbE^2 = paE - cE$$

$$pbE^2 = E (pa - c)$$

$$E_{oa} = \frac{pa - c}{pb} \quad (34)$$

Keuntungan maksimum dicapai dengan membuat turunan persamaan (32) terhadap upaya tangkap  $E$ , sama dengan nol ( $\frac{d\pi}{dE} = 0$ ). Dengan demikian tingkat upaya yang memaksimalkan pendapatan ( $E_{MEY}$ ), dapat dihitung sebagai berikut :

$$\frac{d\pi}{dE} = p (a - 2bE) - c \quad (35)$$

$$\begin{aligned}
&= p(a - 2bE) - c \\
2pbE &= pa - c \\
E_{MEY} &= \frac{1}{2} \frac{pa - c}{pb} = \frac{1}{2} E_{oa} \quad (36)
\end{aligned}$$

Dengan memasukkan nilai  $E_{MEY}$  pada fungsi produksi akan diperoleh nilai hasil tangkapan maksimum secara ekonomi ( $C_{MEY}$ ).

### **BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

#### **(1). Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mendapatkan **Model Produksi Surplus terbaik** untuk diterapkan pada perikanan tongkol di wilayah penelitian.
2. Mengetahui **berapa besar hasil tangkapan maksimum lestari (MSY), tingkat pemanfaatan, dan tingkat pengusaha ikan tongkol.**
3. Mengetahui **berapa besar hasil tangkapan maksimum secara ekonomi (MEY) dalam pengusaha ikan tongkol.**
4. Menetapkan **alokasi upaya-tangkap (jumlah *trip* kapal) yang paling menguntungkan** untuk setiap daerah otonom (Kabupaten/Kota) di Wilayah Penelitian.

Sasaran akhir dari penelitian ini ialah agar pengelolaan perikanan tongkol dapat dilakukan secara lestari dan ekonomis untuk kesejahteraan masyarakat banyak, bukan hanya untuk sekelompok pengusaha perikanan tongkol saja.

#### **(2). Luaran**

Dari hasil penelitian ini, akan diperoleh luaran sebagai berikut :

1. **Status pengelolaan perikanan tongkol** di wilayah penelitian, apakah sudah terjadi **tangkap-lebih (*overfishing*)** atau tidak. Dan **Alokasi upaya-tangkap (jumlah *trip* kapal)** yang paling menguntungkan untuk setiap wilayah di Perairan Sulawesi Utara (Tahun I)

2. Hasil penelitian diusulkan untuk dipublikasi dalam **Jurnal Internasional** (Setelah Selesai Tahun II).
3. **Buku Ajar/Teks** (Setelah selesai Tahun II).
4. Hasil Penelitian disajikan dalam **Seminar Nasional** (Setelah selesai Tahun II).

### **(3) Urgensi Manfaat Penelitian**

Penelitian ini sangat bermanfaat dalam memberi informasi tentang pengelolaan ikan tongkol secara lestari dan ekonomis. Selama ini penelitian tentang ikan tongkol difokuskan kepada upaya untuk meningkatkan produksi hasil tangkapan, tanpa (kurang) peduli terhadap kelestarian sumberdaya. Jika hal ini tidak diseriusi mulai sekarang, maka aset daerah yang mendatangkan uang ratusan milyar rupiah per tahun bisa saja semakin berkurang, bahkan terancam kelangsungannya.

Dalam penerapan kepada masyarakat, hasil penelitian ini dapat digunakan untuk :

- (1). Memberi informasi tentang **batas maksimum jumlah ikan tongkol yang dapat ditangkap dan upaya-tangkap yang digunakan per tahun, agar sumberdaya ikan tongkol tetap lestari maupun yang paling menguntungkan secara ekonomi,**
- (2). Memberi informasi tentang **tingkat pemanfaatan dan pengusahaan perikanan cakalang di wilayah penelitian, apakah sudah terjadi tangkap-lebih (*overfishing*) atau tidak.**

Sumberdaya ikan perlu dikelola dengan baik karena merupakan sumberdaya hayati yang dapat diperbaharui (*renewable*), namun dapat mengalami deplesi atau kepunahan. Sumberdaya ikan dikenal sebagai sumberdaya milik bersama yang rawan terhadap tangkap-lebih (*overfishing*) (Monintja dan Yusfiandayani, 2001). Dengan demikian, mengelola suatu sumberdaya ikan dengan cara yang benar dan tepat merupakan suatu keharusan.

Tujuan utama pengelolaan sumberdaya perikanan ditinjau dari segi biologi ialah dalam upaya konservasi stok ikan untuk menghindari tangkap-lebih (King dan Ilgorm (1989) yang diacu *dalam* Tinungki (2005). Dalam eksplorasi dan eksploitasi sumberdaya perikanan, diperlukan dugaan potensi yang dapat memberikan gambaran mengenai tingkat dan batas maksimal pemanfaatan sumberdaya perikanan di suatu



wilayah. Dengan demikian, pemanfaatan sumberdaya tetap berkelanjutan (*sustainable*).

Rencana target capaian tahunan penelitian, disajikan pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1. Rencana Target Capaian Tahunan Penelitian**

No	Jenis Luaran		Indikator Capaian	
			TS <sup>(1)</sup>	TS+1
1	Publikasi Ilmiah	Internasional	Draft	Published
		Nasional Terakreditasi	Tidak ada	Tidak ada
2	Pemakalah dalam temu ilmiah/Seminar	Internasional	Tidak ada	Tidak ada
		Nasional	Terdaftar	Sudah dilaksanakan
3	Informasi tentang Status Pengelolaan Perikanan Tongkol, apakah sudah <i>overfishing (tangkap-lebih)</i> atau tidak		Ada	Ada
4	Model Matematika		Ada	Ada
5	Buku Ajar/Teks		Draft	Sudah Terbit

#### **BAB 4. METODE PENELITIAN**

Penelitian **penulis** tentang status pemanfaatan perikanan tuna kecil sudah dilaksanakan **selama 10 tahun terakhir**, yang diawali dengan ikan cakalang. Penelitian yang diusulkan ini merupakan tahapan lanjutan dari penelitian ikan tongkol yang dilakukan penulis dan kawan-kawan, yang dimaksudkan untuk mendapatkan **data base perikanan tongkol** untuk seluruh wilayah perairan Sulawesi Utara, mengikuti **Road Map (Peta Jalan)** pada Tabel 2. **Topik penelitian ini sesuai dan sejalan dengan Rencana Induk Penelitian UNSRAT** di antaranya **Kebaharian dan Kelautan**, menyangkut **Pelestarian Sumberdaya Hayati dan Lingkungan di Kawasan Pasifik**.

**Tabel 4.1. Peta Jalan Penelitian Tuna Kecil (Cakalang dan Tongkol)**

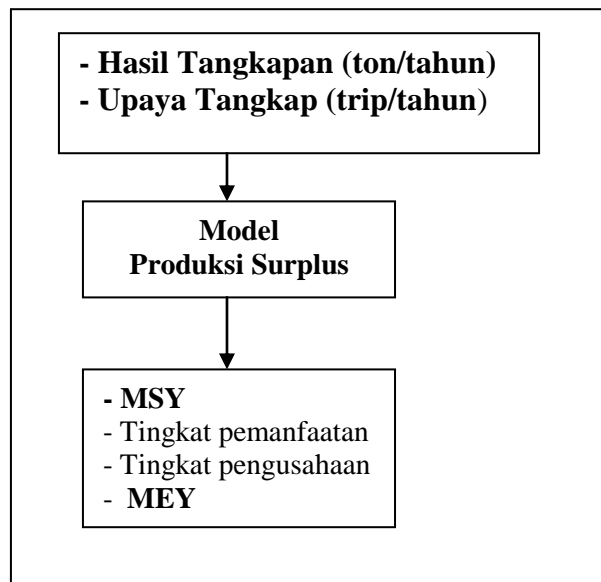
<b>Tahapan Pekerjaan dan target</b>			
<b>Penelitian yang telah dikerjakan sebelumnya</b>	<b>Penelitian yang akan dikerjakan pada Tahun I</b>	<b>Penelitian yang akan dikerjakan pada Tahun II</b>	<b>Rencana Kegiatan Selanjutnya (Follow Up)</b>
1. Telah dilakukan penelitian tentang status pemanfaatan dan pengusaha perikanan golongan tuna kecil diawali dengan ikan cakalang di Sulawesi utara 2. Telah diketahui tingkat pemanfaatan dan pengusaha Ikan cakalang di Sulawesi Utara 3. Telah diketahui tingkat pemanfaatan dan pengusaha ikan cakalang di perairan Sangihe, Talaud, dan SITARO	1. Pengumpulan data hasil tangkapan dan upaya tangkap ikan tongkol di perairan Bitung dan Manado 2. Penyiapan Program Komputer untuk Analisis data 3. Analisis data 4. <b>Publikasi</b> hasil Tingkat Pemanfaatan, Upaya-tangkap optimum, Hasil tangkapan maksimum lestari ikan tongkol ( <b>Draft Jurnal Internasional</b> ) 5. <b>Buku Ajar/Teks (Draft)</b> 6. <b>Seminar Nasional (Terdaftar)</b>	1 Pengumpulan data hasil tangkapan dan upaya tangkap ikan tongkol (untuk perairan Bolaang-Mongondow) 2 Analisis data dan <b>Publikasi</b> hasil Tingkat Pemanfaatan, Upaya-tangkap optimum, Hasil tangkapan maksimum lestari ikan tongkol ( <b>Jurnal Internasional Published</b> ) 3 Penulisan <b>Buku Ajar/Teks</b> untuk hasil penelitian tahun 1 dan tahun ke 2 ( <b>Sudah Terbit</b> ). 4 Seminar Nasional ( <b>Sudah dilaksanakan</b> )	<b>Sosialisasi hasil penelitian ke Pemerintah daerah</b> untuk bahan pengambilan kebijakan perikanan tongkol, supaya sumberdaya tetap lestari. Termasuk alokasi upaya tangkap di setiap daerah penangkapan tongkol.

### **Kerangka Konseptual Penelitian**

Pemodelan bertujuan mempelajari sistem dan hakekat model mewakili realitas dengan bentuk lebih sederhana. Dengan demikian, pemodelan dapat diartikan sebagai upaya mencari perwakilan realitas berbentuk sistem dengan bentuk lebih sederhana. Salah satu jenis model yang telah luas diterapkan ialah model matematika.

Dari data hasil tangkapan ( $C = \text{Catch}$ ), dan upaya-tangkap ( $E = \text{Effort}$ ), dengan pendekatan nilai  $\frac{C}{E}$  (*Catch Per Unit of Effort = CPUE*) dapat dilakukan

analisis Model Produksi Surplus. Berdasarkan analisis terhadap nilai **CPUE** dan **Effort (E)**, dapat diduga nilai **MSY** (*Maximum Sustainable Yield*), **MEY** (*Maximum Economic Yield*), tingkat pemanfaatan, dan tingkat pengusahaan perikanan cakalang. Melalui pendekatan *bioekonomi*, dapat dihitung tingkat upaya yang menghasilkan keuntungan maksimum. Kerangka konsep tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1.



**Gambar 4. 1. Kerangka konseptual penelitian**

Penelitian ini mencakup pembentukan model, pendugaan koefisien dan parameter, serta pengujian model. Pengujian model meliputi pendugaan parameter dan pemeriksaan kesahihan (*validasi*) model. Kegiatan ini diawali dengan pengumpulan data empirik. Tahapan berikutnya ialah pendugaan parameter, dan pengujian hipotesis.

### **Hipotesis Penelitian**

Diduga, ada model penduga stok yang spesifik dan cocok di antara Model Produksi Surplus yang dianalisis untuk perikanan tongkol yang tertangkap di perairan Bitung, Manado, Bitung, Bolaang-Mongondow.

### **Pelaksanaan Penelitian**

#### **Tempat pengumpulan data**

Penelitian ini tergolong jenis penelitian non eksperimental. Data yang dikumpulkan ialah data primer dan sekunder tentang hasil tangkapan ikan tongkol di perairan Bitung dan Manado (Tahun I), dan Bolaang-Mongondow (Tahun II) yang

didaratkan di wilayah Kabupaten/Kotaselama **20 tahun dari tahun 1995 - 2014**. Data produksi, upaya tangkap, biaya produksi, dan nilai produksi dikumpul dari Tempat Pendaratan Ikan (TPI) yang ada di wilayah Sulawesi Utara dan dari Buku Tahunan Statistik Perikanan Tangkap di Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Utara serta Kabupaten/Kota di Wilayah Penelitian.

### **Metode pengumpulan data dan definisi operasional variabel yang dianalisis**

Data yang digunakan untuk penerapan Model Produksi Surplus dikumpulkan dari data statistik hasil tangkapan (tahunan) ikantongkolselama tahun 1995 – 2014, yang bersumber dari TPI dan Dinas Kelautan dan Perikanan. Data (variabel) yang digunakan untuk analisis Model Produksi Surplus ialah data **hasil tangkapan ( $C_t$ ) per tahunan upaya tangkap ( $E_t$ ) per tahun**, serta **CPUE ( $\frac{C_t}{E_t}$ )**. Definisi operasional

data (variabel) yang digunakan untuk analisis model produksi surplus ialah sebagai berikut :

1. Hasil tangkapan ( $C_t$ ) : berat ikan yang didaratkan (ton) pada tahun ke t
2. Upaya tangkap ( $E_t$ ) : jumlah kapal motor penangkap ikan yang mendaratkan hasilnya di tempat pendaratan (trip) pada tahun ke t
3.  $\frac{C_t}{E_t}$  :  $C_t$  dibagi  $E_t$  (ton/trip) pada tahun ke t

Model Produksi Surplus yang dikaji ialah : **model Schaefer, model Fox, model Schnute, model Walter-Hilborn, dan model Clarke Yoshimoto Pooley (CYP)**. Dari model-model tersebut dievaluasi dan dipilih model yang terbaik.

### **Metode Analisis Data**

Kemampuan setiap jenis alat tangkap berbeda-beda, sehingga perlu dilakukan *standardisasi* upaya-tangkap. Rumus yang digunakan untuk menstandarisasi upaya-tangkap ialah sebagai berikut (Gulland, 1983) :

- (1). Menghitung *Fishing Power Index* (FPI)

$$FPI = \frac{CPUE_{dst}}{CPUE_{st}}$$

(2). Menghitung Upaya Standar

$$E_s = FPI \times E_{dst}$$

Keterangan : FPI = Fishing Power Indeks

$CPUE_{dst}$  = CPUE alat tangkap yang akan distandardisasi

$CPUE_{st}$  = CPUE alat tangkap standar

$E_s$  = Upaya tangkap hasil standardisasi

$E_{dst}$  = Upaya tangkap yang akan distandardisasi

Model penduga yang dianalisis dan dievaluasi ialah : model Schaefer, model Fox, model Schnute, model Walter-Hilborn, dan model Clarke Yoshimoto Pooley (CYP). **Prosedur pendugaan parameter (koefisien) model-model tersebut mengikuti urutan seperti yang dikemukakan pada tinjauan pustaka.** Berdasarkan hasil **evaluasi secara statistika**, akan diperoleh suatu **model yang “terbaik”** sebagai penduga. Dari model tersebut dapat dihitung nilai  $C_{MSY}$ , upaya-tangkap optimum  $E_{Opt}$ , tingkat pemanfaatan, tingkat pengusahaan,  $E_{MEY}$ , serta  $C_{MEY}$  sumberdaya perikanan tongkol.

### **Pengujian Model**

Pengujian model meliputi pendugaan parameter dan pemeriksaan kesahihan (validasi) model. Pengujian kesahihan (validasi) model menggunakan tolok ukur keakuratan (*accuracy*), ketelitian (*precision*), dan ketegaran (*robustness*) (Meyer, 1987). Ukuran akurasi dapat digunakan koefisien determinasi ( $R^2$ ), sedangkan untuk ukuran ketelitian dan ketegaran digunakan taraf-nyata ( $\alpha$ ) untuk uji F dan uji-t (Zar, 1984). Taraf-nyata ( $\alpha$ ) yang digunakan ialah 5 %.

## **BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI**

### **5.1 Model Produksi Surplus Ikan Tongkol di Perairan Bitung**

Hasil tangkapan perikanan tongkol di perairan Bitung berfluktuasi dari tahun ke tahun. Data hasil tangkapan selang tahun 1995 - 2014, disajikan pada Tabel 5.1.1.

**Tabel 5.1.1** Jumlah hasil tangkapan, upaya tangkap, dan CPUE ikan tongkol di perairan Bitung tahun 1995-2014

Tahun	Tangkapan (ton), $C_t$	Upaya (trip), $E_t$	CPUE = $\frac{C_t}{E_t}$ (ton/trip)
1995	6500.2	13101	.4962
1996	7152.1	13212	.5413
1997	9121.4	14102	.6468
1998	10169.3	14512	.7008
1999	9824.3	14671	.6696
2000	10517.4	15600	.6742
2001	10657.4	15523	.6866
2001	10404.6	15212	.6840
2003	10492.7	15372	.6826
2004	10821.4	15400	.7027
2005	10962.5	15534	.7057
2006	10121.5	15540	.6513
2007	9554.1	17953	.5322
2008	9621.4	18488	.5204
2009	9059.4	18788	.4822
2010	8513.5	19610	.4341
2011	8747.5	19712	.4438
2012	8781.5	20824	.4217
2013	7517.4	21840	.3442
2014	7222.3	22121	.3265
<b>Rata-rata</b>	<b>9288,095</b>	<b>16855,75</b>	<b>0,5673</b>

**Sumber :** Diolah dari data Dinas Kelautan dan Perikanan Kota Bitung dan Provinsi Sulawesi Utara

Hasil analisis regresi untuk model produksi surplus disajikan pada Lampiran 1.1 – 1.5, yang diuraikan sebagai berikut :

#### Model Schaefer

Dari hasil analisis diperoleh persamaan regresi  $\frac{C_t}{E_t} = 1,182 - 0,00003647 E_t$ ,

dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) = 0,647 dan tingkat signifikansi  $p < 0,05$ . Dengan demikian model produksi penduga hasil tangkapan untuk model Schaefer sesuai persamaan (8) ialah :  $C_t = 1,182 E_t - 0,00003647 E_t^2$ . (Lihat Lampiran 1.2).

#### Model Fox

Pada model Fox dilakukan analisis regresi sederhana antara Ln CPUE dengan Upaya untuk data pada Tabel 5.1.2.

Tabel 5.1.2 Jumlah hasil tangkapan, upaya tangkap, CPUE, dan Ln CPUE ikan tongkol di perairan Bitung

Tahun	Tangkapan (ton), $C_t$	Upaya (trip), $E_t$	CPUE (ton/trip)	Ln CPUE
1995	6500.2	13101	.4962	-0,7009
1996	7152.1	13212	.5413	-0,6137
1997	9121.4	14102	.6468	-0,4357
1998	10169.3	14512	.7008	-0,3556
1999	9824.3	14671	.6696	-0,4010
2000	10517.4	15600	.6742	-0,3942
2001	10657.4	15523	.6866	-0,3761
2001	10404.6	15212	.6840	-0,3798
2003	10492.7	15372	.6826	-0,3819
2004	10821.4	15400	.7027	-0,3528
2005	10962.5	15534	.7057	-0,3486
2006	10121.5	15540	.6513	-0,4288
2007	9554.1	17953	.5322	-0,6308
2008	9621.4	18488	.5204	-0,6531
2009	9059.4	18788	.4822	-0,7294
2010	8513.5	19610	.4341	-0,8344
2011	8747.5	19712	.4438	-0,8125
2012	8781.5	20824	.4217	-0,8635
2013	7517.4	21840	.3442	-1,0665
2014	7222.3	22121	.3265	-1,1194
<b>Rata-rata</b>	<b>9288,095</b>	<b>16855,75</b>	<b>0,5673</b>	

Dari hasil analisis regresi diperoleh persamaan regresi :

$$\ln \frac{C_t}{E_t} = 0,627 - 0,00007244 E_t, \text{ dengan } R^2 = 0,685 \text{ (p < 0,05).}$$

Penduga hasil tangkapan untuk model Fox sesuai persamaan (14) : (Lihat lampiran 1.2).

$$C_t = E_t \cdot e^{(0,627 - 0,00007244 E_t)}$$

### Model Schnute

Untuk metode Schnute dilakukan regresi antara  $\ln(U_{t+1}/U_t)$  dengan  $(U_{t+1}+U_t)/2$  dan  $(E_{t+1}+E_t)/2$  untuk data pada Tabel 5.1. 3.

Tabel 5.1.3 Jumlah hasil tangkapan, upaya tangkap, CPUE,  $\ln(U_{t+1}/U_t)$ ,  $(U_{t+1}+U_t)/2$ ,  $(E_{t+1}+E_t)/2$  ikan tongkol di perairan Bitung

Tahun	Tangkapan (ton), $C_t$	Upaya (trip), $E_t$	CPUE $U_t$	$\ln(U_{t+1}/U_t)$	$(U_{t+1}+U_t)/2$	$(E_{t+1}+E_t)/2$
1995	6500.2	13101	.4962	.0869	.5188	13157
1996	7152.1	13212	.5413	.1781	.5941	13657
1997	9121.4	14102	.6468	.0802	.6738	14307
1998	10169.3	14512	.7008	-.0455	.6852	14592
1999	9824.3	14671	.6696	.0067	.6719	15136
2000	10517.4	15600	.6742	.0182	.6804	15562
2001	10657.4	15523	.6866	.0038	.6853	15368
2001	10404.6	15212	.6840	-.0020	.6833	15295
2003	10492.7	15372	.6826	.0290	.6927	15386
2004	10821.4	15400	.7027	.0043	.7042	15467
2005	10962.5	15534	.7057	-.0802	.6785	15537
2006	10121.5	15540	.6513	-.2019	.5923	16747
2007	9554.1	17953	.5322	-.0224	.5263	18221
2008	9621.4	18488	.5204	-.0762	.5013	18638
2009	9059.4	18788	.4822	-.1051	.4582	19199
2010	8513.5	19610	.4341	.0221	.4389	19661
2011	8747.5	19712	.4438	-.0511	.4328	20268
2012	8781.5	20824	.4217	-.2031	.3829	21332
2013	7517.4	21840	.3442	-.0528	.3354	21981
2014	7222.3	22121	.3265	.0869	.5188	13157
2013	7517.4	21840	.3442	-.0528	.3354	21981
2014	7222.3	22121	.3265	.0869	.5188	13157

Dari data pada Tabel 5.1.3, berdasarkan persamaan (19) diperoleh persamaan regresi  $\ln(U_{t+1}/U_t) = 0,843 - 0,417 (U_{t+1}+U_t)/2 - 0,0000371 (E_{t+1}+E_t)/2$  dengan  $R^2 = 0,457$ , dan tidak semua koefisien regresi signifikan (lihat Lampiran 1.3).

#### Model Walter - Hilborn

Pada metode Walter – Hilborn dilakukan analisis regresi antara  $(U_{t+1}/U_t) - 1$  dengan  $U_t$  dan  $E_t$  untuk data pada Tabel 5.1.4. Dari data pada Tabel 6.1.4 sesuai persamaan (23), diperoleh persamaan regresi  $(U_{t+1}/U_t)-1 = 0,905 - 0,514 U_t - 0,00003762 E_t$  dengan  $R^2 = 0,522$ , semua koefisien regresi signifikan ( $p < 0,05$ ) (lihat Lampiran 1.4).



Tabel 5.1.4 Jumlah hasil tangkapan, upaya tangkap, CPUE, dan  $(U_{t+1}+U_t) - 1$  ikan tongkol di perairan Bitung

Tahun	Tangkapan (ton), $C_t$	Upaya (trip), $E_t$	CPUE $U_t$	$(U_{t+1}/U_t) - 1$
1995	6500.2	13101	.4962	.0903
1996	7152.1	13212	.5413	.1949
1997	9121.4	14102	.6468	.0946
1998	10169.3	14512	.7008	-.0445
1999	9824.3	14671	.6696	.0007
2000	10517.4	15600	.6742	.0184
2001	10657.4	15523	.6866	.0038
2001	10404.6	15212	.6840	-.0020
2003	10492.7	15372	.6826	.0294
2004	10821.4	15400	.7027	.0043
2005	10962.5	15534	.7057	-.0771
2006	10121.5	15540	.6513	-.1829
2007	9554.1	17953	.5322	-.0222
2008	9621.4	18488	.5204	-.0734
2009	9059.4	18788	.4822	-.0998
2010	8513.5	19610	.4341	.0223
2011	8747.5	19712	.4438	-.0498
2012	8781.5	20824	.4217	-.1838
2013	7517.4	21840	.3442	-.0514
2014	7222.3	22121	.3265	

#### Model Clarke Yoshimoto Pooley (CYP)

Pada metode CYP dilakukan regresi berganda antara  $\ln(U_{t+1})$  dengan  $\ln(U_t)$  dan  $(E_t+E_{t+1})$  untuk data pada Tabel 5.1.5. Dari data pada Tabel 5.1.5 sesuai persamaan (26), diperoleh persamaan regresi :  $\ln(U_{t+1}) = 0,500 + 0,673 \ln(U_t) - 0,00002102 (E_t+E_{t+1})$  dengan  $R^2 = 0,947$ , dan semua koefisien regresi signifikan ( $p < 0,05$ ).. (lihat Lampiran 1.5).

Tabel 5.1.5 Jumlah hasil tangkapan, upaya tangkap, CPUE,  $\ln(U_{t+1})$ ,  $\ln(U_t)$ , dan  $(E_t+E_{t+1})$  ikan tongkol di perairan Bitung

Tahun	Tangkapan (ton), $C_t$	Upaya (trip), $E_t$	CPUE $U_t$	$\ln(U_{t+1})$	$\ln(U_t)$	$(E_t+E_{t+1})$
1995	6500.2	13101	.4962	-0.6138	-0.7009	26313
1996	7152.1	13212	.5413	-0.4357	-0.6137	27314
1997	9121.4	14102	.6468	-0.3555	-0.4357	28614
1998	10169.3	14512	.7008	-0.4011	-0.3556	29183
1999	9824.3	14671	.6696	-0.3942	-0.4010	30271
2000	10517.4	15600	.6742	-0.3760	-0.3942	31120
2001	10657.4	15523	.6866	-0.3798	-0.3761	30735
2001	10404.6	15212	.6840	-0.3818	-0.3798	30584
2003	10492.7	15372	.6826	-0.3528	-0.3819	30772
2004	10821.4	15400	.7027	-0.3486	-0.3528	30934
2005	10962.5	15534	.7057	-0.4288	-0.3486	31074
2006	10121.5	15540	.6513	-0.6307	-0.4288	33493
2007	9554.1	17953	.5322	-0.6463	-0.6308	36441
2008	9621.4	18488	.5204	-0.7294	-0.6531	37276
2009	9059.4	18788	.4822	-0.8345	-0.7294	38398
2010	8513.5	19610	.4341	-0.8124	-0.8344	39322
2011	8747.5	19712	.4438	-0.8635	-0.8125	40536
2012	8781.5	20824	.4217	-0.0665	-0.8635	42664
2013	7517.4	21840	.3442	-1.0665	-1.0655	43961
2014	7222.3	22121	.3265	-1.1193	-1.1194	

### Evaluasi Model Produksi Surplus

Pada model Schaefer diperoleh nilai koefisien regresi  $a = 1,182$  (bernilai positif) dan nilai  $b = -00003647$  (bertanda negatif), berarti sesuai dengan tanda yang dipersyaratkan. Untuk model Fox juga diperoleh nilai  $a$  yang positif dan  $b$  yang negatif seperti yang dipersyaratkan.

Untuk model Schnute nilai koefisien regresi sesuai yang dipersyaratkan. Pada model Walter – Hilborn seluruh tanda koefisien regresi sesuai syarat yang ditentukan, akan tetapi ada koefisien regresi yang tidak signifikan. Pada model Clarke Yoshimoto Pooley semua tanda koefisien regresi sesuai dan signifikan. Secara lengkap hasil perhitungan lima penduga model produksi surplus, nilai  $R^2$ , dan nilai validasi (nilai residual) disajikan pada Tabel 5.1.6. Perhitungan validasi (nilai residual) dapat dilihat pada Lampiran 1.6.

**Tabel 5.1.6. Hasil validasi model produksi surplus ikan tongkol di perairan Bitung**

	<b>Model Schaefer</b>	<b>Model Fox</b>	<b>Model Schnute</b>	<b>Model Walter-Hilborn</b>	<b>Model CYP</b>
Kesesuaian Tanda	<b>Sesuai</b>	Sesuai	Sesuai	Sesuai	Sesuai
Nilai R <sup>2</sup>	<b>0,647</b>	0,685	0,457	0,522	0,947
Nilai Validasi	<b>0,0984</b>	0,1015	0,2827	0,2219	3,3910
Signifikansi Koefisien Regresi Individu	<b>Signifikan</b>	Signifikan	Signifikan	Tidak semua Signifikan	Signifikan

Dari Tabel 5.1.6, terlihat bahwa yang paling sesuai ialah **model Schaefer** dengan nilai R<sup>2</sup> cukup besar dan nilai validasi paling kecil. Model Clarke Yoshimoto Pooley memiliki nilai R<sup>2</sup> terbesar, akan tetapi nilai validasinya paling besar.

Hasil analisis regresi untuk model Schaefer sesuai persamaan (8) diperoleh persamaan produksi surplus :  $C_t = 1,182 E_t - 0,00003647 E_t^2$ , yang merupakan suatu persamaan kuadrat. Hal ini dapat diartikan bahwa pada awalnya peningkatan upaya tangkap ( $E_t$ ) akan meningkatkan hasil tangkapan ( $C_t$ ), hingga mencapai suatu titik maksimum lestari. Selanjutnya akan terjadi penurunan hasil tangkapan, seiring dengan terus bertambahnya nilai upaya tangkap.

Sesuai persamaan (9) dan (10) dapat dihitung nilai upaya tangkap optimum ( $E_{opt}$ ) dan hasil tangkapan maksimum lestari ( $C_{MSY}$ ), sebagai berikut :

$$E_{opt} = \frac{a}{2b} = \frac{1,182}{2(0,00003647)} = 16205,10 \approx 16205 \text{ trip per tahun.}$$

$$C_{MSY} = \frac{a^2}{4b} = \frac{1,182^2}{4(0,00003647)} = 9577,214 \text{ ton per tahun.}$$

Ini berarti bahwa untuk menjaga kelestarian sumberdaya perikanan tongkol secara teknis dan biologis, dalam setahun jumlah unit penangkapan tidak boleh melebihi 16205 trip. Untuk menjaga kelestarian sumberdaya ikan tongkol di perairan Bitung, maksimum ikan yang dapat ditangkap sebesar 9577,214 ton per tahun.

Selanjutnya dari nilai  $E_{opt}$  dan  $C_{MSY}$  dapat dihitung tingkat upaya penangkapan dan tingkat pemanfaatan ikan tongkol di perairan Bitung untuk tahun tertentu misalkan tahun 2005, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Tingkat upaya tahun 2005} &= \frac{E_{2005}}{E_{opt}} \times 100\% \\ &= \frac{15535}{16205} \times 100\% = 95,86\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tingkat pemanfaatan tahun 2005} &= \frac{C_{2005}}{C_{MSY}} \times 100\% \\ &= \frac{10962,5}{9577,214} \times 100\% = 114,46\% . \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, ternyata upaya tangkap ikan tongkol di perairan Bitung pada tahun 2005, mendekati tingkat upaya maksimum lestari. Hal ini menunjukkan upaya penangkapan yang kurang efisien. Tingkat pemanfaatan untuk tahun 2005, sudah melampaui tingkat optimum, sebagai tanda terjadinya *overfishing* (tangkap-lebih).

Penelitian ini menjelaskan penggunaan beberapa kriteria statistika dalam memilih model produksi surplus terbaik. Dengan menerapkan beberapa kriteria statistika dalam memilih model produksi surplus, akan diperoleh hasil yang lebih baik. Para peneliti di bidang perikanan mendapatkan pedoman dalam menetapkan kriteria pemilihan model produksi surplus, sekaligus juga menghindari penerapan langsung satu model saja dalam menganalisis model produksi surplus di suatu perairan.

## **5.2 Model Produksi Surplus Ikan Tongkol di Perairan Manado**

Hasil tangkapan perikanan tongkol di perairan Manado berfluktuasi dari tahun ke tahun. Data hasil tangkapan selang tahun 1995 - 2014, disajikan pada Tabel 5.2.1.

**Tabel 5.2.1** Jumlah hasil tangkapan, upaya tangkap, dan CPUE ikan tongkol di perairan Manado tahun 1995-2014

Tahun	Tangkapan (ton)	Upaya (trip)	CPUE = $\frac{C_t}{E_t}$ (ton/trip)
1995	700,0	2411	0,2903
1996	715,9	2500	0,2864
1997	923,4	2515	0,3672
1998	1347,4	3200	0,4211
1999	798,1	4215	0,1893
2000	847,6	4200	0,2018
2001	908,3	4117	0,2206
2002	864,2	4200	0,2058
2003	891,2	4206	0,2119
2004	920,1	4321	0,2129
2005	983,3	4360	0,2255
2006	926,6	4372	0,2119
2007	900,2	4512	0,1995
2008	906,4	4501	0,2014
2009	873,2	4522	0,1931
2010	826,5	4611	0,1792
2011	853,2	4620	0,1847
2012	869,3	4613	0,1884
2013	722,4	4621	0,1563
2014	721,6	4701	0,1535

**Sumber** : Diolah dari data Dinas Kelautan dan Perikanan Kota Manado dan Provinsi Sulawesi Utara

Hasil analisis regresi untuk model produksi surplus disajikan pada Lampiran 2,1 – 2.5, yang diuraikan sebagai berikut :

#### **Model Schaefer**

Dari hasil analisis diperoleh persamaan regresi  $\frac{C_t}{E_t} = 0,524 - 0,00007364 E_t$ ,

dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) = 0,682 dan tingkat signifikansi  $p < 0,05$ . Dengan demikian model produksi penduga hasil tangkapan untuk model Schaefer sesuai persamaan (8) ialah :  $C_t = 0,524 E_t - 0,00007364 E_t^2$ . (lihat Lampiran 2.1).

### **Model Fox**

Dari hasil analisis regresi diperoleh persamaan regresi :

$$\ln \frac{C_t}{E_t} = -0,352 - 0,000289 E_t, \text{ dengan } R^2 = 0,729 \text{ (} p < 0,05\text{)}. \text{ Penduga hasil}$$

tangkapan untuk model Fox sesuai persamaan (14) sesuai Lampiran 2.2 ialah :

$$C_t = E_t \cdot e^{(-0,352 - 0,000289 E_t)}.$$

### **Model Schnute**

Untuk metode Schnute sesuai persamaan (19), didapatkan persamaan regresi :  $\ln(U_{t+1}/U_t) = 1,345 - 2,278 (U_{t+1}+U_t)/2 - 0,000210 (E_{t+1}+E_t)/2$  dengan  $R^2 = 0,112$ , dan semua koefisien regresi tidak ada yang signifikan ( $p > 0,05$ ). (lihat Lampiran 2.3).

### **Model Walter - Hilborn**

Pada metode Walter–Hilborn dengan menggunakan persamaan (23) diperoleh persamaan regresi  $(U_{t+1}/U_t)-1 = 1,798 - 3,268 U_t - 0,000264 E_t$  dengan  $R^2 = 0,634$ , semua koefisien regresi signifikan ( $p < 0,05$ ). (lihat Lampiran 2.4).

### **Model Clarke Yoshimoto Pooley (CYP)**

Pada metode CYP diperoleh persamaan regresi, menurut persamaan (3.26) :  $\ln(U_{t+1}) = -0,264 - 0,018 \ln(U_t) - 0,000159 (E_t+E_{t+1})$  dengan  $R^2 = 0,759$ , dan tidak semua koefisien regresi signifikan (lihat Lampiran 2.5).

Hasil perhitungan validasi data untuk kelima model produksi surplus disajikan pada Lampiran 2.6, yang diringkas pada Tabel 5.2.2.

**Tabel 5.2.2. Hasil validasi model produksi surplus ikan tongkol di perairan Manado**

	<b>Model Schaefer</b>	<b>Model Fox</b>	<b>Model Schnute</b>	<b>Model Walter-Hilborn</b>	<b>Model CYP</b>
Kesesuaian Tanda	<b>Sesuai</b>	Tidak Sesuai	Sesuai	Sesuai	Tidak Sesuai
Nilai R <sup>2</sup>	<b>0,682</b>	0,729	0,112	0,634	0,759
Nilai Validasi	<b>0,08420</b>	0,08781	0,11130	0,08970	2.5634
Signifikansi Koefisien Regresi Individu	<b>Signifikan</b>	Signifikan	Tidak Signifikan	Signifikan	Tidak Signifikan

Dari hasil perhitungan pada Tabel 5.2.2, terlihat bahwa yang paling sesuai ialah model Schaefer dengan nilai R<sup>2</sup> cukup besar (R<sup>2</sup> = 0,682) dan validasi (nilai residual) paling kecil. Dari model Schaefer diperoleh nilai a = 0,524 dan nilai b = 0,00007364, dengan persamaan (9) dan (10) dapat dihitung nilai upaya optimum (E<sub>opt</sub>) dan tangkapan maksimum lestari (C<sub>MSY</sub>) sebagai berikut :

$$E_{opt} = \frac{a}{2b} = \frac{0,524}{2(0,00007364)} = 3557,8 \approx 3558 \text{ trip per tahun.}$$

$$C_{MSY} = \frac{a^2}{4b} = \frac{0,524^2}{4(0,00007364)} = 932,156 \text{ ton per tahun.}$$

Ini berarti bahwa untuk menjaga kelestarian sumberdaya perikanan tongkol secara teknis dan biologis, dalam setahun jumlah unit penangkapan tidak boleh melebihi 3558 trip. Untuk menjaga kelestarian sumberdaya ikan tongkol di perairan Manado, maksimum ikan yang dapat ditangkap sebesar 932,156 ton per tahun.

Selanjutnya dari nilai E<sub>opt</sub> dan C<sub>MSY</sub> dapat dihitung tingkat upaya penangkapan dan tingkat pemanfaatan ikan tongkol untuk tahun tertentu misalkan tahun 2005, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Tingkat upaya tahun 2005} &= \frac{E_{2005}}{E_{opt}} \times 100\% \\ &= \frac{4360}{3558} \times 100\% = 122,54\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tingkat pemanfaatan tahun 2005} &= \frac{C_{2005}}{C_{MSY}} \times 100\% \\ &= \frac{983,3}{932,156} \times 100\% = 105,487 \%. \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, ternyata upaya tangkap ikan tongkol di perairan Manado pada tahun 2005, sudah melebihi tingkat upaya maksimum lestari. Hal ini menunjukkan upaya penangkapan yang sangat tidak efisien. Tingkat pemanfaatan untuk tahun 2005, sudah melampaui tingkat optimum, menjadi tanda terjadinya *overfishing* (tangkap-lebih).

Penelitian ini menjelaskan penggunaan beberapa kriteria statistika dalam memilih model produksi surplus terbaik. Dengan menerapkan beberapa kriteria statistika dalam memilih model produksi surplus, akan diperoleh hasil yang lebih baik. Para peneliti di bidang perikanan mendapatkan pedoman dalam menetapkan kriteria pemilihan model produksi surplus, sekaligus juga menghindari penerapan langsung satu model saja dalam menganalisis model produksi surplus di suatu perairan.

### **5.3 Luaran yang Dicapai**

Luaran yang dijanjikan pada Usulan Penelitian Tahun I seluruhnya sudah terpenuhi, bahkan ada luaran yang dijanjikan pada Tahun II sudah terlaksana pada Tahun I. Draft Buku Ajar sudah lengkap, tinggal menunggu data pada penelitian Tahun II. Jurnal Internasional sebagai luaran tambahan sudah diusulkan.

Luaran yang dicapai pada penelitian tahun 1, disajikan pada Tabel 5.3.1..



Tabel 5.3.1 Luaran yang dicapai pada Penelitian Tahun I

No	Luaran	Capaian	Bukti	Ket.
1	Seminar Nasional	Sudah Terlaksana Tanggal 25 Agustus 2017	Sertifikat Pemakalah (Terlampir)	Rencana pada Tahun II, tapi sudah terlaksana Tahun I, bersama Prosiding
2	Publikasi Ilmiah Internasional :	Sudah Diusul	Jurnal (Terlampir)	Rencana pada Tahun II, tapi sudah tercapai pada Tahun I
3	Bahan/Buku Ajar : Pemodelan Matematika : Model Produksi Surplus Data Ikan Tongkol dan Cakalang di Sulawesi Utara	Draft Naskah rampung 75 %, Publikasi Tahun Depan, menunggu tambahan data penelitian tahun kedua	Draft Naskah (Terlampir)	Data penelitian tahun 1 dan 2, sbg data utama bahan ajar
3	Model Matematika, yang dpt mengungkap Status Pemanfaatan dan Pengusahaan Perikanan Tongkol di lokasi penelitian	Status pemanfaatan terjadi <i>overfishing</i> , dan tingkat pengusahaan yg berlebihan ( <b>tidak efisien</b> )	Dalam naskah Laporan dan Simpulan penelitian	

## **BAB 6 RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA**

Rencana tahapan berikutnya :

1. Menindaklanjuti proses penerbitan Jurnal Internasional (Sudah Diusulkan, menunggu tanggapan pihak penerbit Jurnal)
2. Mengakses pustaka (Studi Pustaka) untuk antisipasi Perbaikan Usulan Jurnal Internasional
3. Memasukkan Usulan Penelitian Tahun kedua (Proposal tahun kedua sudah siap)

## BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN

### 7.1 Kesimpulan

1. Model Produksi Surplus yang dapat digunakan untuk menelaah hasil tangkapan ikan tongkol di perairan Bitung ialah **Model Schaefer**, dengan persamaan :

$$\hat{C}_t = 1,182 E_t - 0,00003647 E_t^2.$$

**Untuk Perairan Bitung** : Hasil tangkapan maksimum lestari ikan tongkol  $C_{MSY}$  sebesar **9.577,214** ton per tahun, diperoleh pada tingkat upaya tangkap  $E_{MSY}$  **16.205** trip. Untuk **tahun 2005** besarnya tingkat pemanfaatan sebesar **114,46** % merupakan tanda terjadinya *overfishing* (tangkap-lebih), dengan tingkat pengupayaan **95,86** % menunjukkan ketidakefisienan dalam upaya penangkapan

2. Model Produksi Surplus yang dapat digunakan untuk menelaah hasil tangkapan ikan tongkol di perairan Manado ialah **Model Schaefer**, dengan persamaan :

$$\hat{C}_t = 0,524 E_t - 0,00007364 E_t^2$$

**Untuk Perairan Manado** : Hasil tangkapan maksimum lestari ikan tongkol  $C_{MSY}$  sebesar **932,156** ton per tahun, diperoleh pada tingkat upaya tangkap  $E_{MSY}$  **3.558** trip. Untuk **tahun 2005** besarnya tingkat pemanfaatan sebesar **105,487** % merupakan tanda terjadinya *overfishing* (tangkap-lebih), dengan tingkat pengupayaan **122,54** % menunjukkan ketidakefisienan dalam upaya penangkapan

### 7.2 Saran

1. Dalam menerapkan model produksi surplus di suatu perairan, tidak hanya langsung menggunakan satu model tertentu saja, tetapi hendaknya menggunakan beberapa model yang dipilih berdasarkan kriteria statistika. Kriteria tersebut menyangkut antara lain : kesesuaian tanda, nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ), nilai validasi, dan signifikansi koefisien regresi.
2. Ada indikasi terjadi *overfishing* (tangkap lebih), dan adanya ketidakefisienan usaha penangkapan tongkol di perairan Bitung dan Manado, disarankan secepatnya dilakukan pengawasan oleh pihak berkompeten untuk menangani masalah ini. Terutama melakukan efisiensi terhadap upaya tangkap.

3. Perlu adanya perbaikan sistem pengumpulan dan penyajian data perikanan yang dilakukan pemerintah, agar tersedia data yang sesuai untuk kebutuhan analisis pengelolaan sumberdaya. Sebagai contoh, untuk data upaya tangkap (*effort*) tidak hanya dicatat nilai nominalnya (jumlah kapal, jumlah alat tangkap, jumlah hari operasi, dan lain-lain), akan tetapi yang lebih penting lagi ialah nilai efektifnyanya. Misalnya jumlah hari-kapal (*boat-day*) yaitu jumlah kapal dikali jumlah hari operasi. Data seperti ini lebih dapat menggambarkan efektifitas upaya tangkap, dibanding dengan hanya jumlah kapal atau jumlah alat tangkap yang digunakan yang belum tentu semuanya efektif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Boer, M., dan K.A. Azis. 1995. Prinsip-prinsip Dasar Pengelolaan Sumberdaya Perikanan Melalui Pendekatan Bio-Ekonomi. *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan* III(2):109-119.
- Coppola G., and S. Pascoe. 1996. A Surplus Production Model with a non-linear Catch-Effort Relationship. (Research Paper 105) Center for the Economics and Managemant of Aquatic Resources University of Portsmouth.
- [DKP] Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Utara. 2012. Statistik Perikanan Tangkap Provinsi Sulawesi Utara Tahun 2011.
- Fauzi, A., dan S. Anna. 2005. Pemodelan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan untuk Analisis Kebijakan. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Fox, W.W. 1970. An Exponential Surplus Yield Model for Optimazing Exploited Fish Population. *Trans. Am. Fish Soc.* 99(1):80-88.
- Gulland, J.A. 1983. Fishing and Stock of Fish at Iceland. *Mui. Agric. Fish Food, Invest. (Ser.2)* 23(4): 52 – 70.
- Kekenusa, J.S. 2006. Pemodelan Hasil Tangkapan dan Evaluasi Model Produksi Surplus Ikan Cakalang yang Tertangkap di Perairan Sekitar Bitung Provinsi Sulawesi Utara. Disertasi (Tidak Dipublikasikan). Program Pascasarjana Universitas Airlangga. Surabaya. 140 hal.
- Kekenusa, J.S. 2007. Analisis Bio-ekonomi Ikan Cakalang yang Tertangkap di Perairan Sekitar Bitung Provinsi Sulawesi Utara. *Pacific Journal* Vol.2 No.1 :71-76.
- Kekenusa, J.S., V.N.R. Watung, Dj. Hatidja, dan A.J. Rindengan. 2008. Penentuan Status Pemanfaatan dan Skenario Pengelolaan Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) yang Tertangkap di Perairan Sulawesi Utara. Laporan Penelitian Hibah Bersaing.
- Kekenusa, J.S., V.N.R. Watung, dan Dj. Hatidja. 2009. Penentuan Status Pemanfaatan dan Skenario Pengelolaan Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) yang Tertangkap di Perairan Sangihe-Talaud. Laporan Kegiatan Penelitian Strategis Nasional Tahun 2009.
- Meyer, W.J. 1987. *Concepts of Mathematical Modelling*. McGraw-Hill Inc. New York. 439p.
- Monintja, D. R., dan R. Yusfiandayani. 1999. Teknologi Penangkapan Ikan Cakalang dan Tuna. Laboratorium Teknologi Penangkapan Ikan, FPIK-IPB. Bogor. 27 hal.

- Monintja, D. R., dan R. Yusfiandayani. 2001. Pemanfaatan Sumberdaya Pesisir Dalam Bidang Perikanan Tangkap. Prosiding Pelatihan Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu. IPB, Bogor.
- Purwanto. 1988. Bio-Ekonomi Penangkapan Ikan : Model Statik. Oseana. Vol. XIII No. 2. Departemen Pertanian, Jakarta.
- Schnute, J. 1977. Improved Estimates from the Schaefer Production Models : Theoretical Considerations : J. Fish. Res. Board Can., 34:583-663.
- Sparre , P. and S.C. Venema. 1999. Introduksi Pengkajian Stok Ikan Tropis. Buku 1 Manual. (Terjemahan J. Widodo. I.G.S. Merta, S. Nurhakim, dan M. Badrudin). Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Kerjasama dengan Organisasi Pangan dan Pertanian Perserikatan Bangsa-bangsa). Jakarta. 438 hal.
- Sularso, A. 2005. Alternatif Pengelolaan Perikanan Udang di Laut Arafura. Disertasi (Tidak Dipublikasikan). Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 130 hal.
- Tinungki, G. M. 2005. Evaluasi Model Produksi Surplus dalam Menduga Hasil Tangkapan Maksimum Lestari untuk Menunjang Pengelolaan Perikanan Lemuru Di Selat Bali. Disertasi (Tidak Dipublikasikan). Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 207 hal.
- Uktolseja, J.C.B. 1997. Laporan Penelitian Indeks Kelimpahan Ikan Tuna dan Cakalang di Sekitar Rumpon (Tidak Diterbitkan). Balai Penelitian Perikanan Laut, Jakarta. 29 hal.
- Widodo, J. 1987. Modified Surplus Production Methods of Gulland (1961), and Schnute (1977). A Serial Seminars Published by Oceana XII(2):119-130.
- Zar, J.H. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, New Jersey.

## Lampiran 1. Hasil analisis regresi Model Produksi Surplus Ikan Tongkol Untuk Perairan Bitung

### 1.1 Model Schaefer

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.804 <sup>a</sup>	.647	.627	.0780335

a. Predictors: (Constant), Et

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.200	1	.200	32.921	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.110	18	.006		
	Total	.310	19			

a. Dependent Variable: Ut

b. Predictors: (Constant), Et

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.182	.109		10.890	.000
	Et	-3.647E-005	.000	-.804	-5.738	.000

a. Dependent Variable: Ut

### 1.2 Model Fox

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.827 <sup>a</sup>	.685	.667	.14230162

a. Predictors: (Constant), Et

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.791	1	.791	39.062	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.364	18	.020		
	Total	1.155	19			

a. Dependent Variable: LnCtperEt

b. Predictors: (Constant), Et

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.627	.198		3.168	.005
	Et	-7.244E-005	.000	-.827	-6.250	.000

a. Dependent Variable: LnCtperEt

### 1.3. Model Schnute

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.676 <sup>a</sup>	.457	.390	.0717516

a. Predictors: (Constant), (Et+1 + Et)/2, (Ut+1 + Ut)/2

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.069	2	.035	6.745	.008 <sup>b</sup>
	Residual	.082	16	.005		
	Total	.152	18			

a. Dependent Variable: Ln (Ut+1/Ut)

b. Predictors: (Constant), (Et+1 + Et)/2, (Ut+1 + Ut)/2

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.843	.336		2.505	.023
	(Ut+1 + Ut)/2	-.417	.260	-.551	-1.603	.129
	(Et+1 + Et)/2	-3.714E-005	.000	-1.074	-3.123	.007

a. Dependent Variable: Ln (Ut+1/Ut)

### 1.4. Model Walter - Hilborn

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.722 <sup>a</sup>	.522	.462	.0663465

a. Predictors: (Constant), Et, Ut



**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.077	2	.038	8.729	.003 <sup>b</sup>
	Residual	.070	16	.004		
	Total	.147	18			

a. Dependent Variable: (Ut+1 / Ut) -1

b. Predictors: (Constant), Et, Ut

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.905	.254		3.558	.003
	Ut	-.514	.203	-.668	-2.528	.022
	Et	-3.762E-005	.000	-1.081	-4.088	.001

a. Dependent Variable: (Ut+1 / Ut) -1

## 1.5. Model CYP

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.973 <sup>a</sup>	.947	.940	.0615884

a. Predictors: (Constant), (Et + Et+1), LnCtperEt

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1.082	2	.541	142.623	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.061	16	.004		
	Total	1.143	18			

a. Dependent Variable: Ln(Ut+1)

b. Predictors: (Constant), (Et + Et+1), LnCtperEt

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.500	.108		4.612	.000

LnCtperEt	.673	.107	.586	6.304	.000
(Et + Et+1)	-2.102E-005	.000	-.443	-4.768	.000

a. Dependent Variable: Ln(Ut+1)

## Lampiran 2. Hasil analisis regresi Model Produksi Surplus Ikan Tongkol Untuk Perairan Manado

### 2.1 Model Schaefer

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.826 <sup>a</sup>	.682	.665	.0390569

a. Predictors: (Constant), Et

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.059	1	.059	38.692	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.027	18	.002		
	Total	.086	19			

a. Dependent Variable: Ut

b. Predictors: (Constant), Et

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.524	.049		10.720	.000
	Et	-7.364E-005	.000	-.826	-6.220	.000

a. Dependent Variable: Ut

### 2.2 Model Fox

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.854 <sup>a</sup>	.729	.714	.13672728

a. Predictors: (Constant), Et

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.907	1	.907	48.524	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.336	18	.019		
	Total	1.244	19			

a. Dependent Variable: LnCtperEt

b. Predictors: (Constant), Et

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.352	.171		-2.055	.055
	Et	.000	.000	-.854	-6.966	.000

a. Dependent Variable: LnCtperEt

### 2.3 Model Schnute

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.334 <sup>a</sup>	.112	.001	.2077956

a. Predictors: (Constant), (Et + Et+1)/2, (Ut + Ut+1)/2

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.087	2	.043	1.007	.387 <sup>b</sup>
	Residual	.691	16	.043		
	Total	.778	18			

a. Dependent Variable:  $\ln(U_{t+1}/U_t)$

b. Predictors: (Constant),  $(E_t + E_{t+1})/2$ ,  $(U_t + U_{t+1})/2$

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.345	.972		1.384	.185
	$(U_t + U_{t+1})/2$	-2.278	1.734	-.660	-1.313	.208
	$(E_t + E_{t+1})/2$	.000	.000	-.710	-1.412	.177

a. Dependent Variable:  $\ln(U_{t+1}/U_t)$

### 2.4 Model Walter - Hilborn

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.796 <sup>a</sup>	.634	.588	.1031662

a. Predictors: (Constant),  $E_t$ ,  $U_t$

ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.295	2	.147	13.852	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.170	16	.011		
	Total	.465	18			

a. Dependent Variable:  $(U_{t+1}/U_t) - 1$

b. Predictors: (Constant),  $E_t$ ,  $U_t$

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.798	.353		5.098	.000
	$U_t$	-3.268	.630	-1.365	-5.185	.000
	$E_t$	.000	.000	-1.254	-4.764	.000

a. Dependent Variable:  $(U_{t+1}/U_t) - 1$

### 2.5 Model CYP

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.871 <sup>a</sup>	.759	.729	.13200675

a. Predictors: (Constant),  $E_t + E_{t+1}$ ,  $\ln U_t$

ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.877	2	.438	25.159	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.279	16	.017		
	Total	1.156	18			

- a. Dependent Variable: Ln Ut+1  
 b. Predictors: (Constant), Et + Et+1, Ln Ut

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	-.264	.199		-1.327	.203
Ln Ut	-.018	.195	-.018	-.095	.926
Et + Et+1	.000	.000	-.885	-4.621	.000

- a. Dependent Variable: Ln Ut+1

**Lampiran 3.1 Hasil perhitungan validasi model produksi surplus ikan tongkol di perairan Bitung**

Tahun	C <sub>t</sub> (ton)	E <sub>t</sub> (trip)	Validasi: $Abs(\frac{C_t - \hat{C}_t}{C_t})$				
			Schaefer	Fox	Schnute	Walter-Hilborn	CYP
1995	6500.2	13101	.4193	.4606	.7271	.6158	.2361
1996	7152.1	13212	.2934	.3280	.5648	.4660	.2148
1997	9121.4	14102	.0323	.0420	.1872	.1262	.5657
1998	10169.3	14512	.0685	.0663	.0439	.0033	.6786
1999	9824.3	14671	.0339	.0342	.0712	.0256	.8513
2000	10517.4	15600	.0907	.1031	.0585	.0822	1.3886
2001	10657.4	15523	.1029	.1143	.0655	.0905	1.3009
2002	10404.6	15212	.0830	.0907	.0215	.0538	1.1281
2003	10492.7	15372	.0897	.0994	.0404	.0690	1.2260
2004	10821.4	15400	.1172	.1269	.0714	.0986	1.1782
2005	10962.5	15534	.1279	.1391	.0922	.1163	1.2446
2006	10121.5	15540	.0554	.0676	.0172	.0432	1.4358
2007	9554.1	17953	.0092	.0418	.2003	.1609	3.7903
2008	9621.4	18488	.0243	.0574	.2736	.2172	4.3087
2009	9059.4	18788	.0303	.0046	.2714	.2007	4.9777
2010	8513.5	19610	.0753	.0417	.3590	.2508	6.3948
2011	8747.5	19712	.0436	.0116	.3934	.2839	6.3261
2012	8781.5	20824	.0020	.0179	.5960	.4395	7.7616
2013	7517.4	21840	.1200	.1179	.7675	.5293	10.9120
2014	7222.3	22121	.1493	.1548	.8314	.5668	11.9017
<b>Mean</b>	<b>9,288.09</b>	<b>16856</b>	<b>0,0984</b>	<b>0,1059</b>	<b>0,2827</b>	<b>0.2219</b>	<b>3.3910</b>

1. Model Schaefer :  $\hat{C}_t = 1.182E_t - 0,00003647 E_t^2$

2. Model Fox :  $\hat{C}_t = E_t \cdot e^{(0,627 - 0,00007244E_t)}$

3. Model Schnute :

$$\hat{Y} = a - b X_1 - c X_2 = 0.843 - 0.417 X_1 - 0,0000371 X_2$$

$$r = a = 0.843 \quad q = c = 0,00003371 \quad b = \frac{r}{Kq} = 0.417$$

$$K = \frac{r}{bq} = \frac{0.843}{(0.417)(0.0000371)} = 54,490..10$$

$$\hat{C}_t = Kq E_t - \frac{Kq^2}{r} E_t^2 = 2.0216 E_t - 0.0000889 E_t^2$$

4. Model Walter – Hilborn :

$$\hat{Y} = a - b X_1 - c X_2 = 0.905 - 0.514 X_1 - 0,00003762 X_2$$

$$r = a = 0.905 \quad q = c = 0.00003762 \quad b = \frac{r}{Kq} = 0.514$$

$$K = \frac{r}{bq} = \frac{0.905}{(0.514)(0,00003762)} = 46,802.24$$

$$\hat{C}_t = Kq E_t - \frac{Kq^2}{r} E_t^2 = 1.7607 E_t - 0.0000732 E_t^2$$

5. Model CYP :  $\hat{Y} = a + b X_1 - c X_2 = 0.500 + 0.673 X_1 - 0.00002102 X_2$

$$r = \frac{2(1-b)}{1+b} = \frac{2(1-0.673)}{1+0.673} = 0.3909 \quad q = -c(2-r) = 0.00002102(2-0.3909) = 0.0000338$$

$$Q = \frac{a(2+r)}{2r} = \frac{0.500(2+0.3909)}{2(0.3909)} = 1.5291$$

**Lampiran 3.2 Hasil Perhitungan validasi model produksi surplus ikan tongkol di perairan Manado**

Tahun	C <sub>t</sub> (ton)	E <sub>t</sub> (trip)	Validasi : $Abs(\frac{C_t - \hat{C}_t}{C_t})$				
			Schaefer	Fox	Schnute	Walter-Hilborn	CYP
1995	700,0	2411	0,2933	0,2068	0,2680	0,2224	1.6216
1996	715,9	2500	0,1870	0,1924	0,2570	0,2142	1.6566
1997	923,4	2515	0,0773	0,0740	0,0234	0,0563	1.0718
1998	1347,4	3200	0,3152	0,3376	0,2984	0,3089	.7995
1999	798,1	4215	0,1281	0,0986	0,0661	0,1027	2.9784
2000	847,5	4200	0,0641	0,0354	0,0072	0,0407	2.7335
2001	908,3	4117	0,0009	0,0301	0,0441	0,0177	2.4164
2002	864,2	4200	0,0435	0,0154	0,0122	0,0206	2.6614
2003	891,2	4206	0,0112	0,0157	0,0434	0,0112	2.5554
2004	920,1	4321	0,0335	0,0526	0,0979	0,0598	2.5355
2005	983,3	4360	0,1002	0,1155	0,1642	0,1263	2.3374
2006	926,6	4372	0,0467	0,0621	0,1158	0,0785	2.5511
2007	900,2	4512	0,0390	0,0431	0,1255	0,0741	2.7693
2008	906,4	4501	0,0439	0,0490	0,1285	0,0783	2.7346
2009	873,2	4522	0,0109	0,0142	0,1012	0,0476	2.8942
2010	826,5	4611	0,0290	0,0350	0,0775	0,0142	3.1931
2011	853,2	4620	0,0048	0,0020	0,1091	0,0471	3.0696
2012	869,3	4613	0,0220	0,0161	0,1235	0,0631	2.9883
2013	722,4	4621	0,1751	0,1833	0,0519	0,1252	3.8074
2014	721,6	4701	0,1584	0,1777			3.8938
Rataan	874,94	4066	0,0842	0,0878	0,11130	0,0897	2,5634



## Lampiran 4. Biodata Peneliti

### Lampiran 4.1 Biodata Ketua Peneliti

#### A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Prof Dr Ir JOHN SOCRATES KEKENUSA, MS
2	Jenis Kelamin	L
3	Jabatan Fungsional	Guru Besar
4	NIP	19580824 198303 1 005
5	NIDN	0024085805
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Tahuna, 24 Agustus 1958
7	E-mail	<a href="mailto:johnskekenusa@yahoo.com">johnskekenusa@yahoo.com</a>
8	Nomor Telepon/HP	+62816524570
9	Alamat Kantor	Jurusan Matematika FMIPA UNSRAT Jl. Kampus Unsrat, Manado. 95115
10	Nomor Telepon/Faks	0431-827924 / 0431-853715
11	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S-1= 100 orang; S-2= 25 orang; S-3= 0 orang
12	Mata kuliah yang Diampu	1. Pemodelan Matematika 2. Perancangan Percobaan 3. Metode Sampling 4. Statistika dasar 5. Statistika Bisnis 6. Statistika Non Parametrik

#### B. Riwayat Pendidikan

Program	S-1	S-2	S-3
Nama Perguruan Tinggi	Universitas Sam Ratulangi	Institut Pertanian Bogor	Universitas Airlangga
Bidang Ilmu	Perikanan	Statistika Terapan	MIPA/Statistika
Tahun Masuk-Lulus	1976 – 1982	1985 – 1988	2003 – 2006
Judul Skripsi/ Tesis/Disertasi	Pembenihan Ikan Di BBI Langowan Kabupaten Minahasa	Model Pertumbuhan Ikan Nila	Pemodelan Hasil Tangkapan dan Evaluasi Model Produksi Surplus Ikan Cakalang Yang Tertangkap di Perairan Sekitar Bitung Provinsi Sulawesi Utara
Nama Pembimbing/ Promotor	Ir. Gybert E. Mamuaya V. Malingkas	Dr.Ir. Sjarkani Musa Dr. Ir. Siswadi, MSc Ir. K.A. Azis, M.Sc	Prof Dr Susanti Linuwih, M.Stat Prof Dr Ir Daniel Monintja Prof Dr H. Sarmanu, drh

**C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir  
(Bukan Skripsi, Tesis maupun Disertasi)**

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Juta Rp)
1	2009	Penentuan Status Pemanfaatan dan Skenario Pengelolaan Ikan Cakalang ( <i>Katsuwonus pelamis</i> ) Yang Tertangkap Di Perairan Sangihe-Talaud; John S. Kekenusa, Victor Watung, Djoni Hatidja	DIPA UNSRAT 2009	70
2	2008	Penentuan Status Pemanfaatan dan Skenario Pengelolaan Ikan Cakalang ( <i>Katsuwonus pelamis</i> ) Yang Tertangkap Di Perairan Sulawesi Utara; John S. Kekenusa, Victor Watung, Djoni Hatidja	Hibah Bersaing 2008	40

**D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir  
(Bukan Skripsi, Tesis maupun Disertasi)**

No	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jumlah (Juta Rp)
1	2011	Pengayaan Materi Matematika untuk Persiapan Ujian Akhir Nasional dan Sosialisasi PS Matematika Bagi Murid SMA Kristen YPKM Manado	Swadana	5
2	2011	Pembuatan Website Gereja GMIM “Bukit Moria Rike” Manado	Swadana	5
3	2010	Pelatihan Tenaga Laboran IPA di SMA Rex-Mundi Manado	SMA Rex-Mundi	-
4	2010	Pelatihan Peningkatan Kompetensi Guru-guru SD dan SMP Kelas Akselerasi Bidang Matematika	Direktorat PLB	25
5	2009	Pelatihan Peningkatan kompetensi Guru-guru SD dan SMP Kelas Akselerasi bidang Matematika	Direktorat PLB	25

**E. Publikasi Artikel Ilmiah di Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir**

No	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/Nomor/ Tahun
1	2015	Determination of the Status of Utilization and Management Scenarios Bonito ( <i>Auxis rochei</i> ) Caught in the Talaud	Sci J. of Applied Mathematics	Vol 3(2):39-46

		Waters North Sulawesi	and Statistics ISSN : 2376-9491 (Print) dan ISSN : 2376-9513 (Online)	
2	2014	Penentuan Status Pemanfaatan dan Skenario Pengelolaan Ikan Tongkol ( <i>Auxis rochei</i> ) yang Tertangkap di Perairan Siau-Tagulandang-Biaro (SITARO) Sulawesi Utara	Jurnal Ilmiah Sains ISSN : 1412-3770	Vol 14 No 2 Oktober 2014
3	2012	Analisis Jalur Faktor-Faktor Penyebab Kriminalitas di Kota Manado. Christian Y. Lumenta, John S. Kekenusa, Djoni Hatidja	Jurnal Ilmiah Sains ISSN:1412-3770	Vol. 12 No. 2, Oktober 2012
4	2012	Analisis Penentuan Musim Penangkapan Ikan Cakalang di Perairan Manado Sulawesi Utara. John S. Kekenusa, Victor N.R. Watung, Djoni Hatidja	Jurnal Ilmiah Sains ISSN:1412-3770	Vol. 12 No. 2, Oktober 2012
5	2009	Analisis Bio-Ekonomi Ikan Cakalang Yang Tertangkap di Perairan Sangihe-Talud Sulawesi Utara	Jurnal Ilmiah Sains ISSN:1412-3770	Vol. 9 No. 2 Oktober 2009
6	2008	Evaluasi Model Produksi Surplus Ikan Cakalang Yang Tertangkap Di Perairan Sekitar Bitung, Sulawesi Utara	Jurnal Sains dan Teknologi "SIGMA" ISSN: 1410-5888	Vol. 11 No. 1 Januari 2008
7	2007	Penerapan Analisis Spline dalam Pemodelan Hasil Tangkapan Ikan Cakalang ( <i>Spline Analysis Implementation in Skipjack Catching Model</i> ).	<b>Jurnal Mat Stat</b> ISSN: 1412-1220 (Jurnal Terakreditasi Nasional)	Vol. 7 No. 2, Januari 2007

#### F. Pemakalah Seminar Ilmiah (*Oral Presentation*) dalam 5 Tahun Terakhir

No	Nama Pertemuan Ilmiah	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1	Seminar Nasional MIPA-net	Penentuan Status Pemanfaatan dan Skenario Pengelolaan Ikan Tongkol ( <i>Auxis rochei</i> ) Di Perairan Sangihe, Sulawesi Utara	UI Depok 3 Desember 2014
2	Training On Data Analysis Using SPSS Software	Data Analysis Using SPSS	17- 18 Maret 2010, Univ. Khairun

			Ternate
3	Colloquium	Application of Spline Analysis in Skipjack Cathing Model	April 2008, Manado

**G. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit
1.	Statistika	2012	139	PPLH – SDA UNSRAT PRESS

**H. Penghargaan dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau Institusi lainnya)**

No	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Satyalancana Karya Satya 30 Tahun	Presiden R. I.	2014
2	Satyalancana Karya Satya 20 Tahun	Presiden R. I.	2006

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima risikonya.

Demikianlah biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Hibah Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi.

Manado, 25 Mei 2016

Ketua Peneliti,

Prof Dr Ir John Socrates Kekenusa, MS  
NIP : 19580824 198303 1 005

## Lampiran 4.2 Biodata Anggota Peneliti 1.

### A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Dr. SENDY B. RONDONUWU, MSi
2	Jenis Kelamin	Perempuan
3	Jabatan Fungsional	Lektor Kepala
4	NIP	196405302000032001
5	NIDN	0030056403
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Manado, 30 Mei 1964
7	E-mail	<a href="mailto:rondonuwu64@yahoo.com">rondonuwu64@yahoo.com</a>
8	Nomor Telepon/Hp	+62811431264
9	Alamat kantor	Jln. Kampus Unsrat Bahu – Manado, 95115.
10	Nomor Telepon/faks	-
11	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S1= 10 orang
12	Mata Kuliah yang Diampu	1.Mikrobiologi
		2.Ekologi
		3. Ilmu Lingkungan
		4.Pengantar Amdal
		5. Biogeografi
		6.BioKonservasi
		7.Ekotoksikologi
		8.Ekologi Tumbuhan

### B. Riwayat Pendidikan

	S1	S2	S3
Nama Perguruan Tinggi	IKIP Manado	IPB	IPB
Bidang Ilmu	Biologi	Ilmu Tanaman	Lingkungan
Tahun Masuk-Lulus	1982-1987	1992-1995	2006-2012
Nama Pembimbing/Promotor	Drs. S. Lumape	Dr. F. Rumawas	Dr. Andreas Santosa

### C. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2011	Bioremediasi Limbah Merkuri Menggunakan Bakteri	DIKTI	38.000.000,00
2	2012	Bioremediasi Limbah Merkuri Menggunakan Bioreaktor	DIKTI	40.000.000,00
3	2013	Karakteristik Bakteri Pereduksi Merkuri	DIKTI	50.000,000,00

### C. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir

No	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Pendanaan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)

### D. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/ Nomor/Tahun
1	Determination of the Status of Utilization and Management Scenarios Bonito ( <i>Auxis rochei</i> ) Caught in the Talaud Waters North Sulawesi (Anggota)	Sci J. of Applied Mathematics and Statistics ISSN : 2376-9491 (Print) dan ISSN : 2376-9513 (Online)	Vol 3(2):39-46 2015
2	Penentuan Status Pemanfaatan dan Skenario Pengelolaan Ikan Tongkol ( <i>Auxis rochei</i> ) yang Tertangkap di Perairan Siau-Tagulandang-Biaro (SITARO) Sulawesi Utara (Anggota)	Jurnal Ilmiah Sains ISSN : 1412-3770	Vol 14 No 2 Oktober 2014
3	Uji Aktivitas Bakteri Pereduksi Merkuri Asal PESK Talawaan-Tatelu, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara	Forum Pascasarjana IPB, Bogor	35/3/2012

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi.

Manado, 25 Mei 2016

Anggota Peneliti 1,

Dr. Sendy B. Rondonuwu, MSi  
NIP : 19640530 200003 2 001

### Lampiran 4.3 Biodata Anggota Peneliti 2.

#### A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Marline Sofiana Paendong, S.Si.,M.Si
2	Jenis Kelamin	P
3	Jabatan Fungsional	Lektor
4	NIP/NIK/Identitas lainnya	197403162000032001
5	NIDN	0016037402
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Tomohon, 16 Maret 1974
7	E-mail	<a href="mailto:marline_paendong@yahoo.com">marline_paendong@yahoo.com</a>
9	Nomor Telepon/HP	081244321500
10	Alamat Kantor	Jl. Kampus Unsrat, Kleak Manado
11	Nomor Telepon/Faks	0431-827924
12	Lulusan yang Telah Dihasilkan	S-1 = 25 orang; S-2 = - orang; S-3 = - orang
13.	Mata Kuliah yg Diampu	1. Pengantar Model Linier 2. Analisis Data dan Eksplorasi 3. Pengendalian Mutu dan Reliabilitas

#### B. Riwayat Pendidikan

	<b>S-1</b>	<b>S-2</b>	<b>S-3</b>
Nama Perguruan Tinggi	UGM	IPB	
Bidang Ilmu	Statistika	Statistika	
Tahun Masuk-Lulus	1993	2002	
Judul Skripsi/Tesis/Disertasi	1999	2006	
Nama Pembimbing/Promotor	Drs.Suryo Guritno,M.Stats,Ph.D	Prof. Dr.Ir.Aunuddin, M.Sc.	

C. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir  
(Bukan Skripsi, Tesis, maupun Disertasi)

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)
1	2009	Peramalan Harga Cengkeh Menggunakan Analisis Deret Waktu	DIKTI (Fundamental)	

\* Tuliskan sumber pendanaan baik dari skema penelitian DIKTI maupun dari sumber lainnya.

D. Pengalaman Pengabdian Kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber*	Jml (Juta Rp)

\* Tuliskan sumber pendanaan baik dari skema pengabdian kepada masyarakat DIKTI maupun dari sumber lainnya.

E. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/Nomor/Tahun
1	Determination of the Status of Utilization and Management Scenarios Bonito ( <i>Auxis rochei</i> ) Caught in the Talaud Waters North Sulawesi (Anggota)	Sci J. of Applied Mathematics and Statistics ISSN : 2376-9491 (Print) dan ISSN : 2376-9513 (Online)	Vol 3(2):39-46 2015
2	Penentuan Status Pemanfaatan dan Skenario Pengelolaan Ikan Tongkol ( <i>Auxis rochei</i> ) yang Tertangkap di Perairan Siau-Tagulandang-Biaro (SITARO) Sulawesi Utara (Anggota)	Jurnal Ilmiah Sains ISSN : 1412-3770	Vol 14 No 2 Oktober 2014
3	Analisis Rantai Markov untuk Mengetahui Peluang Perpindahan Merek kartu Selular Pra Bayar GSM (Studi kasus Mahasiswa pertanian unsrat Manado)	Jurnal MIPA Unsrat Online	Jilid 2, terbitan 1 Tahun 2013
4	Prediksi Harga Beras Sultan dan membrano di Kota manado dengan	Jurnal MIPA Unsrat Online	Jilid 2, terbitan 1 Tahun 2013



	Menggunakan Model ARIMA		
5	Tingkat kepuasan mahasiswa Terhadap Kualitas Pelayanan Universitas sam ratyulangi Menggunakan Analisis Faktor	Jurnal MIPA Unsrat Online	Jilid 1, terbitan 1 Tahun 2012
6	Optimisasi pembagian Tugas karyawan Menggunakan metode Hungarian	Jurnal MIPA Unsrat Online	Jilid 11, terbitan 1 Tahun 2011

**F. Pemakalah Seminar Ilmiah (*Oral Presentation*) dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Nama Pertemuan ilmiah	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan tempat

**G. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir**

No.	Judul Buku	Tahun	Jumlah Halaman	Penerbit

**H. Perolehan HKI dalam 5–10 Tahun Terakhir**

No	Judul/Tema HKI	Tahun	Jenis	Nomor P/ID

**I. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya dalam 5 Tahun Terakhir**

No	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tahun	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat

**J. Penghargaan dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)**

No	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi Penghargaan	Tahun

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak-sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Hibah Unggulan Perguruan Tinggi.

Manado, 25 Mei 2016

Anggota Peneliti 2,

Marline Sofiana Paendong, S.Si.,M.Si  
NIP 19740316 200003 2 001

Lampiran 5. Artikel/Makalah Disampaikan pada Seminar Nasional



# PENENTUAN STATUS PEMANFAATAN DAN SKENARIO PENGELOLAAN IKAN TONGKOL (*Auxis rochei*) DI PERAIRAN MANADO - SULAWESI UTARA<sup>\*)</sup>

John S. Kekenusa<sup>\*\*</sup>, Sedy B. Rondonuwu<sup>\*\*\*</sup>, Marline S. Paendong<sup>\*\*</sup>

## ABSTRAK

*Ikan tongkol (*Auxis rochei*), perlu dikelola dengan baik karena walaupun sebagai sumberdaya alam terbarukan, namun dapat mengalami deplesi ataupun kepunahan. Salah satu pendekatan dalam pengelolaan sumberdaya ikan ialah dengan pemodelan. Analisis dilakukan bertujuan untuk mendapatkan penduga terbaik untuk model produksi surplus guna mengetahui tangkapan maksimum lestari (MSY), tingkat pemanfaatan, dan pengupayaan ikan tongkol.*

*Data hasil tangkapan dan upaya tangkap ikan tongkol dikumpulkan dari Dinas Pertanian Kelautan dan Perikanan Kota Manado, serta Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Utara.*

*Model Produksi Surplus terbaik, yang digunakan untuk menilai potensi ikan tongkol di Perairan Manado ialah model Schaefer. Upaya optimal ( $E_{MSY}$ ) sebesar 3.558 trip per tahun, dengan hasil tangkapan optimal  $C_{MSY}$  sebesar 932,156 ton per tahun. Tingkat pengupayaan mulai tahun 1999 sudah melebihi tingkat upaya optimum, yang menunjukkan ketidakefisienan usaha. Untuk tahun 2005 dengan tingkat pemanfaatan sebesar 105,487 %, menunjukkan terjadi tangkap-lebih (overfishing).*

**Kata Kunci :** *Ikan tongkol, Model Produksi Surplus, Tangkapan Maksimum Lestari, Manado*

## PENDAHULUAN

Ikan tongkol (*Auxis rochei*) tergolong sumberdaya perikanan pelagis penting dan merupakan salah satu komoditi ekspor nir-migas. Produksi ikan tongkol di Sulawesi Utara (termasuk Kota Manado) pada tahun 2011 mencapai sekitar 30.000 ton, dengan nilai sekitar 300 milyar rupiah (DKP Sulawesi Utara, 2012). Penelitian tentang ikan tongkol umumnya membahas tentang eksploitasi untuk meningkatkan produksi, belum banyak yang meneliti tentang status pemanfaatan (termasuk aspek kelestarian dan efisiensi) sumberdaya.

Penangkapan ikan tongkol di perairan Manado telah berlangsung cukup lama, dengan intensitas yang padat. Data mengenai tingkat pemanfaatan suatu sumberdaya ikan sangat penting, karena akan menentukan apakah pemanfaatan sumberdaya tersebut kurang optimal, optimal, atau berlebihan. Pemanfaatan sumberdaya ikan yang berlebihan akan mengancam kelestariannya. Dengan mengetahui tingkat pemanfaatan sumberdaya tongkol, diharapkan dapat dilakukan pengelolaan yang terencana dan lestari.

<sup>\*)</sup> Makalah disampaikan pada Seminar Nasional MIPAnet tanggal 25 Agustus 2017 di Manado

<sup>\*\*)</sup> Staf Pengajar Jurusan Matematika/Statistika F-MIPA UNSRAT

<sup>\*\*\*)</sup> Staf Pengajar Jurusan Biologi F-MIPA UNSRAT

Model yang paling sederhana dalam dinamika populasi ikan ialah Model Produksi Surplus (MPS), dengan memperlakukan ikan sebagai biomassa tunggal yang tak dapat dibagi, yang tunduk pada aturan-aturan sederhana kenaikan dan penurunan biomassa. Model ini, pada umumnya digunakan dalam penilaian stok ikan hanya dengan menggunakan data hasil tangkapan dan upaya tangkap yang umumnya tersedia.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan MPS terbaik, serta mengetahui berapa besar hasil tangkapan maksimum lestari (Maximum Sustainable Yield = MSY), tingkat pemanfaatan, dan tingkat pengusahaan ikan tongkol di perairan Manado.

### **MODEL PRODUKSI SURPLUS**

Model yang paling sederhana dalam dinamika populasi ikan ialah model produksi surplus yang memperlakukan populasi ikan sebagai biomassa tunggal yang tidak dapat dibagi, yang tunduk pada aturan-aturan sederhana dari kenaikan dan penurunannya. Model produksi ini tergantung pada 4 macam besaran, yaitu : biomassa populasi pada suatu waktu tertentu  $t$  ( $B_t$ ), tangkapan untuk suatu waktu tertentu  $t$  ( $C_t$ ), upaya tangkap pada waktu tertentu  $t$  ( $E_t$ ), dan laju pertumbuhan alami konstan ( $r$ ) (Boer dan Aziz, 1995). Model ini pertama kali dikembangkan oleh Schaefer, yang bentuk awalnya sama dengan model pertumbuhan logistik.

Menurut Coppola dan Pascoe (1996), persamaan surplus produksi terdiri dari beberapa konstanta yang dipengaruhi oleh pertumbuhan alami, kemampuan alat tangkap, dan daya dukung lingkungan. Konstanta-konstanta tersebut diduga dengan menggunakan model-model penduga parameter biologi dari persamaan surplus produksi, yaitu model : Equilibrium Schaefer, Disequilibrium Schaefer, Schnute, dan Walter – Hilborn. Berdasarkan keempat model tersebut dipilih yang paling sesuai atau *best fit* dari pendugaan yang lain.

Menurut Sparre dan Venema (1999), rumus-rumus model produksi surplus hanya berlaku apabila parameter *slope* ( $b$ ) bernilai negatif, yang berarti penambahan upaya tangkap akan menyebabkan penurunan hasil tangkapan per upaya tangkap. Apabila parameter  $b$  nilainya positif, maka tidak dapat dilakukan pendugaan besarnya stok maupun upaya optimum, tetapi hanya dapat disimpulkan bahwa penambahan upaya tangkap masih memungkinkan untuk meningkatkan hasil tangkapan.

Pendugaan upaya penangkapan optimum ( $E_{opt}$ ) dan hasil tangkapan maksimum lestari ( $C_{MSY}$ ) didekati dengan Model Produksi Surplus. Antara hasil tangkapan per

satuan upaya ( $CPUE_t$ ) dan upaya tangkap (*effort*) dapat berupa hubungan linear maupun eksponensial (Gulland, 1983). Model Produksi Surplus terdiri dari 2 model dasar yaitu Model Schaefer (hubungan linear) dan Model Gompertz yang dikembangkan oleh Fox dengan bentuk hubungan eksponensial (Gulland, 1983).

### Model Schaefer

Model Produksi Surplus pertama kali dikembangkan oleh Schaefer, yang bentuk awalnya sama dengan model pertumbuhan logistik. Model tersebut ialah sebagai berikut :

$$\frac{dB_t}{dt} = G(B_t) = r B_t \left( 1 - \frac{B_t}{K} \right) \quad (1)$$

Persamaan ini belum memperhitungkan pengaruh penangkapan, sehingga Schaefer menuliskan kembali menjadi :

$$\frac{dB_t}{dt} = r B_t \left( 1 - \frac{B_t}{K} \right) - C_t \quad (2)$$

dengan  $K$  ialah daya dukung lingkungan perairan, dan  $C_t$  ialah tangkapan yang dapat ditulis sebagai :

$$C_t = q E_t B_t \quad (3)$$

dengan  $q$  sebagai koefisien ketertangkapan (*catchability*), dan  $E_t$  menunjukkan upaya tangkap. Persamaan ini dapat ditulis menjadi :

$$\frac{C_t}{E_t} = q B_t = CPUE \quad (4)$$

Dari persamaan diferensial (2), tangkapan optimum dapat dihitung pada saat  $\frac{dB_t}{dt} = 0$  atau disebut juga penyelesaian pada titik keseimbangan (*equilibrium*), yang berbentuk :

$$\begin{aligned} r B_t \left( 1 - \frac{B_t}{K} \right) - C_t &= 0, \quad \text{atau} \\ C_t &= r B_t \left( 1 - \frac{B_t}{K} \right) = q E_t B_t \end{aligned} \quad (5)$$

Dari persamaan (3) dan (5) diperoleh nilai  $B_t$  sebagai berikut :

$$B_t = K \left( 1 - \frac{qE_t}{r} \right) \quad (6)$$

Sehingga persamaan (5) menjadi :

$$\begin{aligned}
C_t &= q K E_t \left( 1 - \frac{qE_t}{r} \right) \\
&= q K E_t - \frac{q^2 K}{r} E_t^2
\end{aligned} \tag{7}$$

Persamaan (7) disederhanakan lagi oleh Schaefer menjadi :

$$\begin{aligned}
\frac{C_t}{E_t} &= a - b E_t, \quad \text{atau} \\
C_t &= a E_t - b E_t^2
\end{aligned} \tag{8}$$

sedangkan  $a = q K$  dan  $b = \frac{q^2 K}{r}$ . Hubungan linear ini yang digunakan secara luas

untuk menghitung  $C_{MSY}$  melalui penentuan turunan pertama  $C_t$  terhadap  $E_t$  untuk mencari solusi optimal, baik untuk tangkapan maupun upaya tangkap. Turunan

pertama  $C_t$  terhadap  $E_t$  adalah :  $\frac{dC_t}{dE_t} = a - 2b E_t$ , sehingga diperoleh dugaan  $E_{opt}$

(upaya tangkap optimum) dan  $C_{MSY}$  (tangkapan maksimum lestari) masing-masing :

$$E_{opt} = \frac{a}{2b} = \frac{r}{2q} \tag{9}$$

dengan memasukkan nilai  $E_{opt}$  pada persamaan (8), akan diperoleh  $C_{MSY}$  sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
C_{MSY} &= a E_t - b E_t^2 \\
&= a \left( \frac{a}{2b} \right) - b \left( \frac{a}{2b} \right)^2 \\
&= \frac{a^2}{4b}
\end{aligned}$$

dengan mensubstitusi  $a = qK$  dan  $b = \frac{q^2 K}{r}$ , akan diperoleh

$$C_{MSY} = \frac{a^2}{4b} = \frac{q^2 K^2}{4q^2 K / r} = \frac{rK}{4} \tag{10}$$

Nilai-nilai  $a$  dan  $b$  diduga melalui pendekatan metode kuadrat terkecil yang umum digunakan untuk menduga koefisien persamaan regresi sederhana. Selanjutnya, dengan memasukkan nilai  $E_{opt}$  pada persamaan (6) diperoleh biomassa optimum ( $B_{MSY}$ ) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
B_{MSY} &= K - \frac{Kq}{r} E_{opt} \\
&= K - \frac{Kq}{r} \left( \frac{r}{2q} \right)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= K - \frac{K}{2} \\
&= \frac{K}{2}
\end{aligned} \tag{11}$$

Nilai-nilai parameter  $q$ ,  $K$ , dan  $r$  dapat dihitung dengan menggunakan algoritma Fox, seperti yang diacu dalam Sularso (2005), sebagai berikut :

$$q_t = \ln \left[ \left( z U_t^{-1} + \frac{1}{b} \right) / \left( z U_{t+1}^{-1} + \frac{1}{b} \right) \right] / (z) \tag{12}$$

dimana  $z = -(a/b)/E^*$ ,  $E^* = (E_t + E_{t+1})/2$ ,  $U_t = \frac{C_t}{E_t}$ , dan nilai  $q$  adalah rata-rata geometrik dari nilai  $q_t$ . Dari nilai  $a$ ,  $b$ , dan  $q$ , selanjutnya dapat dihitung nilai  $K$  dan  $r$ .

### Model Fox

Model Fox (1970) memiliki beberapa karakteristik yang berbeda dari model Schaefer, yaitu pertumbuhan biomassa mengikuti model pertumbuhan Gompertz. Penurunan CPUE terhadap upaya tangkap ( $E$ ) mengikuti pola eksponensial negatif.

$$C_t = E_t \cdot \exp(a - b E_t) \tag{13}$$

Upaya optimum diperoleh dengan menyamakan turunan pertama  $C_t$  terhadap  $E_t$  sama dengan nol :

$$E_{\text{opt}} = \frac{1}{b} \tag{14}$$

Hasil tangkapan maksimum lestari ( $C_{\text{MSY}}$ ) didapat dengan memasukkan nilai upaya optimum ke dalam persamaan (13), dan diperoleh :

$$C_{\text{MSY}} = \frac{1}{b} e^{a-1} \tag{15}$$

### Model Schnute

Schnute (1977), mengemukakan versi lain dari model produksi surplus yang bersifat dinamis serta deterministik. Metode Schnute dianggap sebagai modifikasi dari model Schaefer dalam bentuk diskret (Roff, 1983, yang diacu dalam Tinungki 2005).

$$\begin{aligned}
\ln\left(\frac{U_{t+1}}{U_t}\right) &= r - \frac{r}{qK} \left(\frac{U_t + U_{t+1}}{2}\right) - q \left(\frac{E_t + E_{t+1}}{2}\right) \\
&= a - b \left(\frac{U_t + U_{t+1}}{2}\right) - c \left(\frac{E_t + E_{t+1}}{2}\right)
\end{aligned} \tag{16}$$

dimana  $a = r$ ,  $b = \frac{r}{qK}$ , dan  $c = q$ , adalah penduga parameter koefisien regresi berganda.



### Model Walter - Hilborn

Walter dan Hilborn (1976) yang diacu dalam Tinungki (2005), mengembangkan jenis lain dari model produksi surplus, yang dikenal sebagai model regresi. Model Walter – Hilborn ini, menggunakan persamaan diferensial sederhana, dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\frac{U_{t+1}}{U_t} - 1 &= r - \frac{r}{Kq} U_t - q E_t \\ &= a - b U_t - c E_t\end{aligned}\quad (17)$$

dimana  $a = r$ ,  $b = \frac{r}{Kq}$ , dan  $c = q$ , adalah penduga parameter koefisien regresi berganda.

### Model Clarke Yoshimoto Pooley (CYP)

Pendugaan parameter biologi untuk model produksi surplus dapat pula dilakukan melalui teknik pendugaan yang dikemukakan oleh Clarke, Yoshimoto, dan Pooley (Fauzi dan Anna 2005, Tinungki 2005). Parameter-parameter yang diduga ialah  $r$ ,  $K$ , dan  $q$ , dengan model yang dinyatakan sebagai berikut :

$$\ln(U_{t+1}) = \left( \frac{2r}{2+r} \right) \ln(qK) + \frac{2-r}{2+r} \ln(U_t) - \frac{q}{2+r} (E_t + E_{t+1}) \quad (18)$$

di mana :  $a' = \frac{2r}{2+r}$ ,  $a = a' \ln(qK)$ ,  $b = \frac{2-r}{2+r}$ ,  $c = \frac{q}{2+r}$

dengan demikian persamaan (18) dapat ditulis dalam bentuk :

$$\begin{aligned}\ln(U_{t+1}) &= a' \ln(qK) + b \ln(U_t) - c (E_t + E_{t+1}) \\ &= a + b \ln(U_t) - c (E_t + E_{t+1})\end{aligned}\quad (19)$$

## METODE PENELITIAN

### Sumber Data

Data yang dikumpulkan ialah data primer dan sekunder hasil tangkapan ikan tongkol di perairan Manado. Data produksi dan upaya tangkap dikumpul dari Dinas Pertanian Kelautan dan Perikanan Kota Manado, dan Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Utara selama tahun 1995 - 2014.

Data (variabel) yang digunakan untuk analisis model produksi surplus ialah data hasil tangkapan ( $C_t$ ) per tahun dan upaya tangkap ( $E_t$ ) per tahun, serta CPUE  $\left(\frac{C_t}{E_t}\right)$ .

Data (variabel) utama yang digunakan untuk analisis model produksi surplus ialah sebagai berikut :

1. Hasil tangkapan ( $C_t$ ) : berat ikan yang didaratkan (ton) pada tahun ke t
2. Upaya tangkap ( $E_t$ ) : jumlah kapal motor penangkap ikan yang mendaratkan hasilnya di tempat pendaratan (trip) pada tahun ke t
3.  $\frac{C_t}{E_t}$  :  $C_t$  dibagi  $E_t$  (ton /trip) pada tahun ke t

### **Metode Analisis Data**

Model penduga yang dianalisis dan dievaluasi ialah : model Schaefer, model Fox, model Schnute, model Walter-Hilborn, dan model Clarke Yoshimoto Pooley (CYP). Berdasarkan hasil evaluasi secara statistika (kesesuaian tanda, nilai  $R^2$ , nilai validasi, dan signifikansi koefisien regresi model), akan diperoleh suatu model yang “terbaik” sebagai penduga. Dari model terbaik tersebut dapat dihitung nilai  $C_{MSY}$ , upaya tangkap optimum ( $E_{MSY}$ ), tingkat pemanfaatan, dan tingkat pengusahaan sumberdaya perikanan tongkol.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil tangkapan perikanan tongkol di perairan Talaud berfluktuasi dari tahun ke tahun. Data hasil tangkapan selang tahun 1995 - 2014, disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1** Jumlah Hasil Tangkapan, upaya tangkap, dan CPUE ikan tongkol di perairan Manado tahun 1995 - 2014

Tahun	Tangkapan (ton)	Upaya (trip)	CPUE = $\frac{C_t}{E_t}$ (ton/trip)
1995	700,0	2411	0,2903
1996	715,9	2500	0,2864
1997	923,4	2515	0,3672
1998	1347,4	3200	0,4211
1999	798,1	4215	0,1893
2000	847,5	4200	0,2018
2001	908,3	4117	0,2206
2002	864,2	4200	0,2058
2003	891,2	4206	0,2119
2004	920,1	4321	0,2129
2005	983,3	4360	0,2255
2006	926,6	4372	0,2119
2007	900,2	4512	0,1995
2008	906,4	4501	0,2014
2009	873,2	4522	0,1931
2010	826,5	4611	0,1792
2011	853,2	4620	0,1847
2012	869,3	4613	0,1884
2013	722,4	4621	0,1563
2014	721,6	4701	0,1535
<b>Rata-rata</b>	<b>874,940</b>	<b>4066</b>	<b>0.2250</b>

**Sumber** : Diolah dari data Dinas Pertanian Kelautan dan Perikanan Kota Manado dan Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Utara

Hasil analisis regresi untuk model produksi surplus disajikan pada Lampiran 1, yang diuraikan sebagai berikut :

#### Model Schaefer

Dari hasil analisis diperoleh persamaan regresi  $\frac{C_t}{E_t} = 0,524 - 0,00007364 E_t$ ,

dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) = 0,682 dan tingkat signifikansi  $p < 0,05$ . Dengan demikian model produksi penduga hasil tangkapan untuk model Schaefer sesuai persamaan (8) ialah :  $C_t = 0,524 E_t - 0,00007364 E_t^2$ .

### Model Fox

Dari hasil analisis regresi diperoleh persamaan regresi :

$$\ln \frac{C_t}{E_t} = -0,352 - 0,000289 E_t, \text{ dengan } R^2 = 0,729 \text{ (} p < 0,05\text{)}. \text{ Penduga hasil}$$

tangkapan untuk model Fox sesuai persamaan (13) :

$$C_t = E_t \cdot e^{(-0,352 - 0,000289 E_t)}$$

### Model Schnute

Untuk metode Schnute sesuai persamaan (16), didapatkan persamaan regresi :

$$\ln(U_{t+1}/U_t) = 1,345 - 2,278 (U_{t+1}+U_t)/2 - 0,000210 (E_{t+1}+E_t)/2 \text{ dengan } R^2 = 0,112, \text{ dan}$$

semua koefisien regresi tidak ada yang signifikan ( $p > 0,05$ ).

### Model Walter - Hilborn

Pada metode Walter–Hilborn dengan menggunakan persamaan (17) diperoleh persamaan regresi  $(U_{t+1}/U_t)-1 = 1,798 - 3,268 U_t - 0,000264 E_t$  dengan  $R^2 = 0,634$ , semua koefisien regresi signifikan ( $p < 0,05$ )

### Model Clarke Yoshimoto Pooley (CYP)

Pada metode CYP diperoleh persamaan regresi, menurut persamaan (19) :  $\ln(U_{t+1}) = -0,264 - 0,018 \ln(U_t) - 0,000159 (E_t+E_{t+1})$  dengan  $R^2 = 0,759$ , dan tidak semua koefisien regresi signifikan.

## PEMBAHASAN

Hasil perhitungan validasi data untuk kelima model produksi surplus disajikan pada Lampiran 2, yang diringkas pada Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil validasi model produksi surplus**

	Model Schaefer	Model Fox	Model Schnute	Model Walter-Hilborn	Model CYP
Kesesuaian Tanda	Sesuai	Tidak Sesuai	Sesuai	Sesuai	Tidak Sesuai
Nilai $R^2$	<b>0,682</b>	0,729	0,112	0,634	0,759
Nilai Validasi	<b>0,08420</b>	0,08781	0,11130	0,08970	2.5634
Signifikansi Koefisien Regresi Individu	<b>Signifikan</b>	Signifikan	Tidak Signifikan	Signifikan	Tidak Signifikan

Dari hasil perhitungan pada Tabel 2, terlihat bahwa yang paling sesuai ialah model Schaefer dengan nilai  $R^2$  cukup besar ( $R^2 = 0,682$ ) dan validasi (nilai residual) paling kecil. Dari model Schaefer diperoleh nilai  $a = 0,524$  dan nilai  $b = 0,00007364$ , dengan persamaan (9) dan (10) dapat dihitung nilai Upaya optimum ( $E_{opt}$ ) dan Tangkapan maksimum lestari ( $C_{MSY}$ ) sebagai berikut :

$$E_{opt} = \frac{a}{2b} = \frac{0,524}{2(0,00007364)} = 3557,8 \approx 3558 \text{ trip per tahun.}$$

$$C_{MSY} = \frac{a^2}{4b} = \frac{0,524^2}{4(0,00007364)} = 932,156 \text{ ton per tahun.}$$

Ini berarti bahwa untuk menjaga kelestarian sumberdaya perikanan tongkol secara teknis dan biologis, dalam setahun jumlah unit penangkapan tidak boleh melebihi 3558 trip. Untuk menjaga kelestarian sumberdaya ikan tongkol di perairan Manado, maksimum ikan yang dapat ditangkap sebesar 932,156 ton per tahun.

Selanjutnya dari nilai  $E_{opt}$  dan  $C_{MSY}$  dapat dihitung tingkat upaya penangkapan dan tingkat pemanfaatan ikan cakalang untuk tahun tertentu misalkan tahun 2005, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Tingkat upaya tahun 2005} &= \frac{E_{2005}}{E_{opt}} \times 100\% \\ &= \frac{4360}{3558} \times 100\% = 122,54\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tingkat pemanfaatan tahun 2005} &= \frac{C_{2005}}{C_{MSY}} \times 100\% \\ &= \frac{983,3}{932,156} \times 100\% = 105,487\%. \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, ternyata upaya tangkap ikan tongkol di perairan Manado pada tahun 2005, sudah melebihi tingkat upaya maksimum lestari. Hal ini menunjukkan upaya penangkapan yang sangat tidak efisien. Tingkat pemanfaatan untuk tahun 2005, sudah melampaui tingkat optimum, menjadi tanda terjadinya *overfishing* (tangkap-lebih).

Penelitian ini menjelaskan penggunaan beberapa kriteria statistika dalam memilih model produksi surplus terbaik. Dengan menerapkan beberapa kriteria statistika dalam memilih model produksi surplus, akan diperoleh hasil yang lebih baik. Para peneliti di bidang perikanan mendapatkan pedoman dalam menetapkan kriteria

pemilihan model produksi surplus, sekaligus juga menghindari penerapan langsung satu model saja dalam menganalisis model produksi surplus di suatu perairan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Model Produksi Surplus yang dapat digunakan untuk menelaah hasil tangkapan ikan tongkol di perairan Manado ialah Model Schaefer, dengan persamaan :  
$$\hat{C}_t = 0,524 E_t - 0,00007364 E_t^2$$
2. Hasil tangkapan maksimum lestari ikan tongkol  $C_{MSY}$  sebesar **932,156** ton per tahun, diperoleh pada tingkat upaya tangkap  $E_{MSY}$  **3558** trip. Untuk **tahun 2005** besarnya tingkat pemanfaatan sebesar **105,487 %** merupakan tanda terjadinya *overfishing* (tangkap-lebih), dengan tingkat pengupayaan **122,54 %** menunjukkan ketidakefisienan dalam upaya penangkapan

### Saran

1. Dalam menerapkan model produksi surplus di suatu perairan, tidak hanya langsung menggunakan satu model tertentu saja, tetapi hendaknya menggunakan beberapa model yang dipilih berdasarkan kriteria statistika. Kriteria tersebut menyangkut antara lain : kesesuaian tanda, nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ), nilai validasi, dan signifikansi koefisien regresi.
2. Ada indikasi terjadi *overfishing* (tangkap lebih), dan adanya ketidakefisienan usaha penangkapan tongkol di perairan Manado, disarankan secepatnya dilakukan pengawasan oleh pihak berkompeten untuk menangani masalah ini. Terutama melakukan efisiensi terhadap upaya tangkap.

## DAFTAR PUSTAKA

- Boer, M., dan K.A. Azis. 1995. Prinsip-prinsip Dasar Pengelolaan Sumberdaya Perikanan Melalui Pendekatan Bio-Ekonomi. Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan III(2):109-119.
- Coppola G., and S. Pascoe. 1996. A Surplus Production Model with a non-linear Catch-Effort Relationship. (Research Paper 105) Center for the Economics and Management of Aquatic Resources University of Portsmouth.

- [DKP] Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Utara. 2012. Statistik Perikanan Tangkap Provinsi Sulawesi Utara Tahun 2011.
- Fauzi, A., dan S. Anna. 2005. Pemodelan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan untuk Analisis Kebijakan. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Fox, W.W. 1970. An Exponential Surplus Yield Model for Optimizing Exploited Fish Population. *Trans. Am. Fish Soc.* 99(1):80-88.
- Gulland, J.A. 1983. Fishing and Stock of Fish at Iceland. *Mui. Agric. Fish Food, Invest. (Ser.2)* 23(4): 52 – 70.
- Kekenusa, J.S. 2006. Pemodelan Hasil Tangkapan dan Evaluasi Model Produksi Surplus Ikan Cakalang yang Tertangkap di Perairan Sekitar Bitung Provinsi Sulawesi Utara. Disertasi (Tidak Dipublikasikan). Program Pascasarjana Universitas Airlangga. Surabaya. 140 hal.
- Kekenusa, J.S. 2007. Analisis Bio-ekonomi Ikan Cakalang yang Tertangkap di Perairan Sekitar Bitung Provinsi Sulawesi Utara. *Pacific Journal* Vol.2 No.1 :71-76.
- Kekenusa, J.S., V.N.R. Watung, Dj. Hatidja, dan A.J. Rindengan. 2008. Penentuan Status Pemanfaatan dan Skenario Pengelolaan Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) yang Tertangkap di Perairan Sulawesi Utara. Laporan Penelitian Hibah Bersaing.
- Kekenusa, J.S., V.N.R. Watung, dan Dj. Hatidja. 2009. Penentuan Status Pemanfaatan dan Skenario Pengelolaan Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) yang Tertangkap di Perairan Sangihe-Talaud. Laporan Kegiatan Penelitian Strategis Nasional Tahun 2009.
- Meyer, W.J. 1987. Concepts of Mathematical Modelling. McGraw-Hill Inc. New York. 439p.
- Monintja, D. R., dan R. Yusfiandayani. 1999. Teknologi Penangkapan Ikan Cakalang dan Tuna. Laboratorium Teknologi Penangkapan Ikan, FPIK-IPB. Bogor. 27 hal.
- Monintja, D. R., dan R. Yusfiandayani. 2001. Pemanfaatan Sumberdaya Pesisir Dalam Bidang Perikanan Tangkap. Prosiding Pelatihan Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu. IPB, Bogor.
- Purwanto. 1988. Bio-Ekonomi Penangkapan Ikan : Model Statik. *Oseana*. Vol. XIII No. 2. Departemen Pertanian, Jakarta.
- Schnute, J. 1977. Improved Estimates from the Schaefer Production Models : Theoretical Considerations : *J. Fish. Res. Board Can.*, 34:583-663.

Sparre , P. and S.C. Venema. 1999. *Introduksi Pengkajian Stok Ikan Tropis. Buku 1 Manual.* (Terjemahan J. Widodo. I.G.S. Merta, S. Nurhakim, dan M. Badrudin). Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Kerjasama dengan Organisasi Pangan dan Pertanian Perserikatan Bangsa-bangsa). Jakarta. 438 hal.

Sularso, A. 2005. *Alternatif Pengelolaan Perikanan Udang di Laut Arafura.* Disertasi (Tidak Dipublikasikan). Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 130 hal.

Tinungki, G. M. 2005. *Evaluasi Model Produksi Surplus dalam Menduga Hasil Tangkapan Maksimum Lestari untuk Menunjang Pengelolaan Perikanan Lemuru Di Selat Bali.* Disertasi (Tidak Dipublikasikan). Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 207 hal.

Uktolseja, J.C.B. 1997. *Laporan Penelitian Indeks Kelimpahan Ikan Tuna dan Cakalang di Sekitar Rumpun* (Tidak Diterbitkan). Balai Penelitian Perikanan Laut, Jakarta. 29 hal.

Widodo, J. 1987. *Modified Surplus Production Methods of Gulland (1961), and Schnute (1977).* A Serial Seminars Published by Oceana XII(2):119-130.

Zar, J.H. 1984. *Biostatistical Analysis.* Prentice-Hall, New Jersey.

## Lampiran 1. Hasil analisis regresi Model Produksi Surplus

### 1. Model Schaefer

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.826 <sup>a</sup>	.682	.665	.0390569

a. Predictors: (Constant), Et

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.059	1	.059	38.692	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.027	18	.002		
	Total	.086	19			

a. Dependent Variable: Ut

b. Predictors: (Constant), Et

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.524	.049		10.720	.000
	Et	-7.364E-005	.000	-.826	-6.220	.000

a. Dependent Variable: Ut



## 2. Model Fox

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.854 <sup>a</sup>	.729	.714	.13672728

a. Predictors: (Constant), Et

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.907	1	.907	48.524	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.336	18	.019		
	Total	1.244	19			

a. Dependent Variable: LnCtperEt

b. Predictors: (Constant), Et

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.352	.171		-2.055	.055
	Et	.000	.000	-.854	-6.966	.000

a. Dependent Variable: LnCtperEt

## 3. Model Schnute

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.334 <sup>a</sup>	.112	.001	.2077956

a. Predictors: (Constant), (Et + Et+1)/2, (Ut + Ut+1)/2

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.087	2	.043	1.007	.387 <sup>b</sup>
	Residual	.691	16	.043		
	Total	.778	18			

a. Dependent Variable: Ln(Ut+1)/Ut

b. Predictors: (Constant), (Et + Et+1)/2, (Ut + Ut+1)/2

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.345	.972		1.384	.185
	(Ut + Ut+1)/2	-2.278	1.734	-.660	-1.313	.208
	(Et + Et+1)/2	.000	.000	-.710	-1.412	.177

a. Dependent Variable: Ln(Ut+1)/Ut

#### 4. Model Walter - Hilborn

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.796 <sup>a</sup>	.634	.588	.1031662

a. Predictors: (Constant), Et, Ut

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.295	2	.147	13.852	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.170	16	.011		
	Total	.465	18			

a. Dependent Variable: (Ut+1)/Ut - 1

b. Predictors: (Constant), Et, Ut

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.798	.353		5.098	.000
	Ut	-3.268	.630	-1.365	-5.185	.000
	Et	.000	.000	-1.254	-4.764	.000

a. Dependent Variable: (Ut+1)/Ut - 1

#### 5. Model CYP

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.871 <sup>a</sup>	.759	.729	.13200675

a. Predictors: (Constant), Et + Et+1, Ln Ut

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.877	2	.438	25.159	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.279	16	.017		
	Total	1.156	18			

a. Dependent Variable: Ln Ut+1

b. Predictors: (Constant), Et + Et+1, Ln Ut

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.264	.199		-1.327	.203
	Ln Ut	-.018	.195	-.018	-.095	.926
	Et + Et+1	.000	.000	-.885	-4.621	.000

a. Dependent Variable: Ln Ut+1

**Lampiran 2. Validasi model produksi surplus**

Tahun	C <sub>t</sub> (ton)	E <sub>t</sub> (trip)	Validasi : $Abs(\frac{C_t - \hat{C}_t}{C_t})$				
			Schaefer	Fox	Schnute	Walter-Hilborn	CYP
1995	700,0	2411	0.29329	0,20676	0,26803	0,22241	1.62157
1996	715,9	2500	0,18697	0,19244	0,25698	0,21421	1.65662
1997	923,4	2515	0,07725	0,07399	0,02340	0,05630	1.07182
1998	1347,4	3200	0,31518	0,33756	0,29838	0,30889	.79952
1999	798,1	4215	0,12812	0,09860	0,06609	0,10265	2.97843
2000	847,5	4200	0,06406	0,03536	0,00723	0,04071	2.73352
2001	908,3	4117	0,00092	0,03005	0,04409	0,01767	2.41640
2002	864,2	4200	0,04350	0,01535	0,01224	0,02060	2.66138
2003	891,2	4206	0,01124	0,01571	0,04340	0,01120	2.55540
2004	920,1	4321	0,03351	0,05258	0,09790	0,05982	2.53554
2005	983,3	4360	0,10020	0,11549	0,16420	0,12632	2.33741
2006	926,6	4372	0,04668	0,06205	0,11584	0,07849	2.55113
2007	900,2	4512	0,03898	0,04313	0,12545	0,07410	2.76928
2008	906,4	4501	0,04385	0,04897	0,12851	0,07825	2.73461
2009	873,2	4522	0,01088	0,01421	0,10118	0,04755	2.89422
2010	826,5	4611	0,02901	0,03502	0,07748	0,01415	3.19307
2011	853,2	4620	0,00483	0,00198	0,10909	0,04708	3.06957
2012	869,3	4613	0,02201	0,01608	0,12349	0,06314	2.98831
2013	722,4	4621	0,17514	0,18331	0,05185	0,12518	3.80743
2014	721,6	4701	0,15843	0,17769			3.89382
<b>Rataan</b>	<b>874,940</b>	<b>4066</b>	<b>0,08420</b>	<b>0,08781</b>	<b>0,11130</b>	<b>0,0897</b>	<b>2,5634</b>

1. Model Schaefer :  $\hat{C}_t = 0,524E_t - 0,00007364E_t^2$

2. Model Fox :  $\hat{C}_t = E_t \cdot e^{(-0,352-0,000289E_t)}$

3. Model Schnute :

$$\hat{Y} = a - bX_1 - cX_2 = 1,345 - 2,278X_1 - 0,000210X_2$$

$$r = a = 1,345 \quad q = c = 0,000210 \quad b = \frac{r}{Kq} = 2,278$$

$$K = \frac{r}{bq} = \frac{1,345}{(2,278)(0,000210)} = 2811,57$$

$$\hat{C}_t = KqE_t - \frac{Kq^2}{r}E_t^2 = 0,5904E_t - 0,00009218E_t^2$$

4. Model Walter – Hilborn :  $\hat{Y} = a - bX_1 - cX_2 = 1,798 - 3,268X_1 - 0,000264X_2$

$$r = a = 1,798 \quad q = c = 0,000264 \quad b = \frac{r}{Kq} = 3,268$$

$$K = \frac{r}{bq} = \frac{1,798}{(3,268)(0,000264)} = 2084,03$$

$$\hat{C}_t = KqE_t - \frac{Kq^2}{r}E_t^2 = 0,5502 E_t - 0,000081 E_t^2$$

5. Model CYP :  $\hat{Y} = a + bX_1 - cX_2 = -0,264 - 0,018X_1 - 0,000159X_2$

$$r = \frac{2(1-b)}{1+b} = \frac{2(1+0,018)}{1-0,018} = 2,0733 \quad q = -c(2-r) = -0,000159(2-2,0733) = 0,00001165$$

$$Q = \frac{a(2+r)}{2r} = \frac{-0,264(2+2,0733)}{2(2,0733)} = -0,25933$$

$$K = \frac{e^Q}{q} = \frac{e^{-0,25933}}{0,00001165} = 66229,04$$

$$\hat{C}_t = KqE_t - \frac{Kq^2}{r}E_t^2 = 0,7716 E_t - 0,00000434 E_t^2$$

## International Journal

### DETERMINATION OF THE STATUS OF UTILIZATION AND EFFORT OF BONITO (*Auxis rochei*) CAUGHT IN THE BITUNG WATERS NORTH SULAWESI

---

John S. Kekenusa<sup>1,\*</sup>, Sedy B. Rondonuwu<sup>2</sup>, Marline S. Paendong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Mathematics, Faculty of Mathematics and Natural Science, Sam Ratulangi University, Manado – Indonesia.

<sup>2</sup>Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Science, Sam Ratulangi University, Manado – Indonesia.

E-mail address : [johnskekenusa@yahoo.com](mailto:johnskekenusa@yahoo.com) (John S. Kekenusa)

#### ABSTRACT

Bonito (*Auxis rochei*), needs to be managed well because even as a renewable natural resource, but can undergo depletion or extinction. One of the approach in the management of fish resources is by modeling. The analysis was performed aiming to get the best estimate for the surplus production model to determine the maximum sustainable yields (MSY), utilization level, and effort level of bonito. The data of catch and fishing effort bonito collected from the Marine and Fisheries Service of the Bitung City and the North Sulawesi Province.

Best Surplus Production Model, which is used to assess the potential of bonito is *Schaefer Model*. Optimal effort ( $E_{MSY}$ ) of 16,205 trips per year, with catches of optimal  $C_{MSY}$  9,577.214 tons per year. The effort level for 2005 is 95.86%, which shows the inefficiency of effort, the utilization level of 114.46%, showing occur overfishing.

**Keywords :** *Bonito, Surplus Production Model, Maximum Sustainable Yield, Bitung*

#### 1. Introduction

Bonito (*Auxis rochei*) classified as pelagic fishery resource is important and one of the non-oil export commodity in North Sulawesi. Bonito production in North Sulawesi (including Bitung waters) in 2011 reached 30,000 tons per year, with a value of about 300 billion rupiahs<sup>[1]</sup>. Research on bonito generally discusses the exploitation to increase production, not much research on the status of utilization (including aspects of sustainability and efficiency) resources. Catching bonito in Bitung waters has lasted long enough, with high intensity. Data on the level of utilization of the fish resources

are very important, as it will determine whether the resource use is less than optimal, optimal, or excessive. Excessive utilization of fish resources would threaten its sustainability. By knowing the level of resource utilization on the bonito, is expected to be done in a planned and sustainable management.

The simplest model of the dynamics of fish populations is Surplus Production Model (SPM), by treating the fish as a single biomass that can not be divided, which is subject to the rules of simple increases and decreases in biomass. This model, commonly used in the assessment of fish stocks using only the data of catch and fishing effort generally available.

This study aims to get the best SPM, as well as knowing how much the result of maximum sustainable yields (MSY), utilization level, and the level of effort of bonito in the Bitung waters.

## 2. SURPLUS PRODUCTION MODEL

The simplest model of the dynamics of fish populations is a surplus production model that treats the fish population as a single biomass that can not be divided, which is subject to the simple rules of the rise and decline. The production model is dependent on the amount of four kinds, namely: biomass population at a given time  $t$  ( $B_t$ ), catches for a certain time  $t$  ( $C_t$ ), fishing effort at a certain time  $t$  ( $E_t$ ), and the natural growth rate constant ( $r$ )<sup>[2]</sup>. This model was first developed by Schaefer, who was initially the same as the form of logistic growth model. According to Coppola and Pascoe<sup>[3]</sup>, equation surplus consists of several constants that are affected by natural growth, the ability of fishing gear, and carrying capacity. Constants allegedly using models of biological parameter estimators of surplus production equation, namely the model: Equilibrium Schaefer, Schaefer Disequilibrium, Schnute, and Walter - Hilborn. Based on the four models were selected the most appropriate or best fit of the estimation of others. According to Sparre and Venema<sup>[4]</sup>, formulas surplus production model is valid only if the slope parameter ( $b$ ) is negative, which means the addition of fishing effort will lead to a decrease in the catch per fishing effort. If the parameter  $b$  positive value, then it can not be done estimating the optimum amount of stock and effort, but it can only be concluded that the addition of fishing effort is still possible to increase the catch.

Prediction of optimum fishing effort ( $E_{opt}$ ) and the maximum sustainable catch ( $C_{MSY}$ ) approached the surplus production model. Between the catch per unit of effort (CPUE) and fishing effort can be either linear or exponential relationship<sup>[5]</sup>. Surplus Production Model consists of two models, namely basic model of Schaefer (linear relationship) and the Gompertz model developed by Fox with forms exponential relationship<sup>[5]</sup>.

### 2.1 Schaefer Model

Surplus production models first developed by Schaefer, who was initially the same as the form of logistic growth model. The model is as follows:

$$\frac{dB_t}{dt} = G(B_t) = r B_t \left( 1 - \frac{B_t}{K} \right) \quad (1)$$

This equation does not include the effect of the catching, so Schaefer wrote back to :

$$\frac{dB_t}{dt} = r B_t \left( 1 - \frac{B_t}{K} \right) - C_t \quad (2)$$

K is the carrying capacity of the marine environment, and  $C_t$  is the catch that can be written as:

$$C_t = q E_t B_t \quad (3)$$

catchability, and  $E_t$  indicates fishing effort. This equation can be written as:

$$\frac{C_t}{E_t} = q B_t = \text{CPUE} \quad (4)$$

From the differential equation (2), the optimum catchment can be calculated at the time  $\frac{dB_t}{dt} = 0$ , also called settlement at the point of balance (equilibrium), in the form of:

$$\begin{aligned} r B_t \left( 1 - \frac{B_t}{K} \right) - C_t &= 0, \quad \text{or} \\ C_t &= r B_t \left( 1 - \frac{B_t}{K} \right) = q E_t B_t \end{aligned} \quad (5)$$

From equation (3) and (5), find value of  $B_t$  obtained as follows :

$$B_t = K \left( 1 - \frac{qE_t}{r} \right) \quad (6)$$

So that equation (5) becomes :

$$\begin{aligned} C_t &= q K E_t \left( 1 - \frac{qE_t}{r} \right) \\ &= q K E_t - \frac{q^2 K}{r} E_t^2 \end{aligned} \quad (7)$$

Equation (7) is simplified further by Schaefer becomes:

$$\begin{aligned} \frac{C_t}{E_t} &= a - b E_t, \quad \text{or} \\ C_t &= a E_t - b E_t^2 \end{aligned} \quad (8)$$

while the  $a = q K$  and  $b = \frac{q^2 K}{r}$

This linear relationship is used widely for calculating  $C_{MSY}$  through the determination of the first derivative of  $C_t$  with  $E_t$  to find optimal solutions, both to catch and fishing effort. The first derivative of  $C_t$  to  $E_t$  is :  $\frac{dC_t}{dE_t} = a - 2b E_t$ , in order to obtain the alleged  $E_{opt}$  (optimum fishing effort) and  $C_{MSY}$  (maximum sustainable yields) respectively :

$$E_{opt} = \frac{a}{2b} = \frac{r}{2q} \quad (9)$$

by entering the value of  $E_{opt}$  in equation (8), will be obtained  $C_{MSY}$  as follows:

$$\begin{aligned} C_{MSY} &= a E_t - b E_t^2 \\ &= a \left( \frac{a}{2b} \right) - b \left( \frac{a}{2b} \right)^2 \\ &= \frac{a^2}{4b} \end{aligned}$$

by substituting  $a = qK$  and  $b = \frac{q^2 K}{r}$  will be obtained,

$$C_{MSY} = \frac{a^2}{4b} = \frac{q^2 K^2}{4q^2 K / r} = \frac{rK}{4} \quad (10)$$

The values of  $a$  and  $b$  are estimated by the least squares method approach that is commonly used to estimate the coefficient of a simple regression equation. Furthermore, by including the value of  $E_{opt}$  in equation (6) is obtained optimum biomass ( $B_{MSY}$ ) as follows :

$$\begin{aligned} B_{MSY} &= K - \frac{Kq}{r} E_{opt} \\ &= K - \frac{Kq}{r} \left( \frac{r}{2q} \right) \\ &= K - \frac{K}{2} \\ &= \frac{K}{2} \end{aligned} \quad (11)$$

The values of the parameter  $q$ ,  $K$ , and  $r$  can be calculated using the Fox algorithm, as referenced in Sularso<sup>[6]</sup>, as follows:

$$q_t = \ln \left[ \left[ \left( zU_t^{-1} + \frac{1}{b} \right) / \left( zU_{t+1}^{-1} + \frac{1}{b} \right) \right] / (z) \right] \quad (12)$$

where  $z = - (a / b) / E^*$ ,  $E^* = (E_t + E_{t+1}) / 2$ ,  $U_t = \frac{C_t}{E_t}$  and the value of  $q$  is the



geometric mean of the value of  $q_t$ . From the values of  $a$ ,  $b$ , and  $q$ , can then be calculated values of  $K$  and  $r$ .

## 2.2 Fox Model

Model of Fox has several characteristics that are different from the model Schaefer, that it biomass growth following the Gompertz growth model<sup>[7]</sup>. The relation of CPUE with effort ( $E$ ) follows a negative exponential pattern :

$$C_t = E_t \cdot \exp(a - b E_t) \quad (13)$$

Efforts optimum is obtained by equating the first derivative of  $C_t$  to  $E_t$  equal to zero and find :

$$E_{\text{opt}} = \frac{1}{b} \quad (14)$$

The maximum sustainable yields of catch ( $C_{\text{MSY}}$ ) is obtained by inserting the value of the optimum effort into equation (13), and obtained:

$$C_{\text{MSY}} = \frac{1}{b} e^{a-1} \quad (15)$$

## 2.3 Schnute Model

Schnute<sup>[8]</sup>, suggests another version of the surplus production model is dynamic and deterministic. Schnute method is considered as a modification of the model in the form of discrete Schaefer (Roff, 1983, referred by Tinungki)<sup>[9]</sup>.

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{U_{t+1}}{U_t}\right) &= r - \frac{r}{qK} \left(\frac{U_t + U_{t+1}}{2}\right) - q \left(\frac{E_t + E_{t+1}}{2}\right) \\ &= a - b \left(\frac{U_t + U_{t+1}}{2}\right) - c \left(\frac{E_t + E_{t+1}}{2}\right) \end{aligned} \quad (16)$$

where  $a = r$ ,  $b = \frac{r}{qK}$ , and  $c = q$ , is the regression coefficient estimators.

## 2.4 Walter - Hilborn Model

Walter and Hilborn (1976) referred by Tinungki<sup>[9]</sup>, to develop other types of surplus production model, known as the regression model. Walter - Hilborn Model, using a simple differential equation, by the following equation :

$$\frac{U_{t+1}}{U_t} - 1 = r - \frac{r}{Kq} U_t - q E_t$$

$$= a - b U_t - c E_t \quad (17)$$

where  $a = r$ ,  $b = \frac{r}{Kq}$ , and  $c = q$ , is the regression coefficient estimators.

### 2.5 Clarke Model Yoshimoto Pooley (CYP)

Estimation of biological parameters for the surplus production model can also be done through estimation techniques proposed by Clarke, Yoshimoto, and Pooley<sup>[9, 10]</sup>. The parameters which allegedly is  $r$ ,  $K$ , and  $q$ , the model is expressed as follows:

$$\ln(U_{t+1}) = \left( \frac{2r}{2+r} \right) \ln(qK) + \frac{2-r}{2+r} \ln(U_t) - \frac{q}{2+r} (E_t + E_{t+1}) \quad (18)$$

$$\text{where : } a' = \frac{2r}{2+r}, \quad a = a' \ln(qK), \quad b = \frac{2-r}{2+r}, \quad c = \frac{q}{2+r}$$

thus equation (18) can be written in the form :

$$\begin{aligned} \ln(U_{t+1}) &= a' \ln(qK) + b \ln(U_t) - c (E_t + E_{t+1}) \\ &= a + b \ln(U_t) - c (E_t + E_{t+1}) \end{aligned} \quad (19)$$

## 3. RESEARCH METHODS

### 3.1 Source of Data

The primary and secondary data of bonito catching is collected from the Bitung waters. Production and fishing effort data collected from the Marine and Fisheries Service of Bitung City and North Sulawesi Province during the years 1995-2014. Data (variables) used for the analysis of the surplus production model is the data of the catch ( $C_t$ ) per year and fishing effort ( $E_t$ ) per year, and CPUE (Catch Per Unit of Effort). The data (variables) used for the analysis of the surplus production model is as follows :

1. The catch ( $C_t$ ): weight of fish landed (tons) in year  $t$
2. The Effort of catching ( $E_t$ ) : the number of fishing boat landing result in a landing (trip) in year  $t$
3.  $\frac{C_t}{E_t}$  Catch per Unit of Effort (tons per trip) in year  $t$

### 3.2 Methods of Data Analysis

The models estimator who analyzed and evaluated are : Schaefer, Fox, Schnute, Walter-Hilborn, and Clarke-Yoshimoto-Pooley (CYP). Based on the results of statistical evaluation (sign suitability of regression coefficient, the value of  $R^2$ , the validation value, and significance of the regression coefficient of the models), we get the "best" as estimator. From the best of model can be calculated  $C_{MSY}$  value, optimum fishing effort ( $E_{MSY}$ ), utilization level, and the level of effort of bonito fishery.

## 4 RESULTS AND DISCUSSION

Catches of bonito fisheries in the Bitung waters fluctuate from year to year. Data catching in 1995-2014, are presented in Table 1.

**Table 1.** Total catch, fishing efforts, and CPUE (Catch per Unit of Efforts) of bonito in Bitung waters 1995-2014

Years	Catch (ton), $C_t$	Effort (trip), $E_t$	CPUE = $\frac{C_t}{E_t}$ (ton/trip)
1995	6,500.2	13,101	.4962
1996	7,152.1	13,212	.5413
1997	9,121.4	14,102	.6468
1998	10,169.3	14,512	.7008
1999	9,824.3	14,671	.6696
2000	10,517.4	15,600	.6742
2001	10,657.4	15,523	.6866
2002	10,404.6	15,212	.6840
2003	10,492.7	15,372	.6826
2004	10,821.4	15,400	.7027
2005	10,962.5	15,534	.7057
2006	10,121.5	15,540	.6513
2007	9,554.1	17,953	.5322
2008	9,621.4	18,488	.5204
2009	9,059.4	18,788	.4822
2010	8,513.5	19,610	.4341
2011	8,747.5	19,712	.4438
2012	8,781.5	20,824	.4217
2013	7,517.4	21,840	.3442
2014	7,222.3	22,121	.3265
<b>Mean</b>	<b>9,288.095</b>	<b>16,856</b>	<b>0.5673</b>

**Source :** Calculated from the Marine and Fisheries Service of Bitung City and North Sulawesi

The results of the regression analysis for the surplus production model is presented in Appendix 1, which is described as follows:

#### 4.1 Schaefer Model

From the analysis of regression equation  $\frac{C_t}{E_t} = 1.182 - 0.00003647 E_t$ , with a coefficient of determination ( $R^2$ ) = 0.647 and a significance level of  $p < 0.05$ . Thus, a production model estimator catches Schaefer model according to the equation (8) is:  $C_t = 1.182 E_t - 0.00003647 E_t^2$ .

#### 4.2 Fox Model

From the results of the regression analysis regression equation:  $\ln \frac{C_t}{E_t} = 0.627 - 0.00007244 E_t$ , with  $R^2 = 0.685$  ( $p < 0.05$ ). Estimates of catches corresponding to the model Fox equation (13) :

$$C_t = E_t \cdot e^{(0.627 - 0.00007244 E_t)}$$

### 4.3 Schnute Model

Schnute method according to equation (16), obtained regression equation:

$$\ln\left(\frac{U_{t+1}}{U_t}\right) = 0.843 - 0.417 \left(\frac{U_t + U_{t+1}}{2}\right) - 0.0000371 \left(\frac{E_t + E_{t+1}}{2}\right)$$

with  $R^2 = 0.457$ , and not all the regression coefficient was significant ( $p < 0.05$ ).

### 4.4 Walter Model - Hilborn

In Walter-Hilborn method using equation (17) derived regression equation

$$\frac{U_{t+1}}{U_t} - 1 = 0.905 - 0.514 U_t - 0.00003762 E_t$$

With  $R^2 = 0.522$  and all regression coefficients were significant ( $p < 0.05$ ).

### 4.5 Clarke Model Yoshimoto Pooley (CYP)

In the regression equation CYP method, according to equation (19) :

$$\ln(U_{t+1}) = 0.500 + 0.673 \ln(U_t) - 0.00002102(E_t + E_{t+1})$$

with  $R^2 = 0.947$ , and all of the regression coefficient are significant ( $p < 0.05$ ).

## 5. DISCUSSION

The results of calculations for validation surplus production model of 5 models is presented in Appendix 2, which is summarized in Table 2.

Table 2. Results of the surplus production model validation

	Model Schaefer	Model Fox	Model Schnute	Model Walter-Hilborn	Model CYP
Sign Suitability	<b>Appropriate</b>	<b>Appropriate</b>	<b>Appropriate</b>	<b>Appropriate</b>	<b>Appropriate</b>
R <sup>2</sup> Value	<b>0.647</b>	0.685	0.457	0.522	0.947
Validation Value	<b>0.0984</b>	0.1015	0.2827	0.2219	3.3910
Significance Coefficient	<b>Significant</b>	Significant	Significant	Not all significant	Significant

From the results of the calculations in Table 2, it appears that the most appropriate is **Schaefer model** with the  $R^2$  value is quite large ( $R^2 = 0.647$ ) and validation (residual value) is smallest. Schaefer model obtained values of  $a = 1.182$  and  $b = 0.00003647$ , with equation (9) and (10) can be calculated optimum value of Effort ( $E_{opt}$ ) and the maximum sustainable catch ( $C_{MSY}$ ) as follows:

$$E_{opt} = \frac{a}{2b} = \frac{1.182}{2(0.00003647)} = 16,205.10 \approx 16,205 \text{ trips per year.}$$

$$C_{MSY} = \frac{a^2}{4b} = \frac{1.182^2}{4(0.00003647)} = 9,577.214 \text{ tons per year.}$$

This means that in order to preserve the bonito fisheries resources technically and biologically, in a year the number of units should not exceed 16,205 trips. To preserve the bonito resources in the waters Bitung, the maximum of fish that can be caught at 9,577.214 tons per year. Furthermore, from the value of  $E_{opt}$  and  $C_{MSY}$  can be calculated fishing effort levels and utilization level of bonito for a particular year for example in 2005, as follows:

$$\begin{aligned} \text{The level of effort in 2005} &= \frac{E_{2005}}{E_{opt}} \times 100\% \\ &= \frac{15,534}{16,205} \times 100\% = 95.86\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{The utilization level in 2005} &= \frac{C_{2005}}{C_{MSY}} \times 100\% \\ &= \frac{10,962.5}{9,577.214} \times 100\% = 114.46\%. \end{aligned}$$

From the calculation, it turns out bonito fishing effort at the Bitung waters in 2005, nearly exceeding the maximum sustainable level of effort. This shows that fishing effort is not efficient. The utilization level for the year 2005, is more than optimum level, its mean a sign of *overfishing* (catch-over). The same result of bonito fishing effort and utilization level at the Talaud waters shows not efficient and overfishing<sup>[11]</sup>, also at Manado waters<sup>[12]</sup>.

This study describes the use of some statistical criteria in selecting the best surplus production model. By applying some statistical criteria in selecting a surplus production model, will obtain better results. Researchers in the field of fisheries get guidelines for setting selection criteria for surplus production models, as well as avoiding the direct application of one model in analyzing the surplus production model in a waters.

## 6. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

### 6.1 Conclusion

1. The surplus production model that can be used to examine the catch of bonito in the Bitung waters is Schaefer model, by the equation:  $C_t = 1.182 E_t - 0.00003647 E_t^2$
2. The maximum sustainable yield of bonito  $C_{MSY}$  is 9,577.214 tons per year, obtained at the level of fishing effort  $E_{MSY}$  16,205 trips. For the year 2005 the amount of 114.46% utilization level is a sign of overfishing (overfished), with the level of effort for 95.86% indicating inefficiencies in fishing effort.

### 6.2 Suggestion

1. In applying surplus production models in a waters location, not only directly using one particular model, but should use some of the models are chosen based on statistical criteria. These criteria involve, among others : suitability sign of the coefficient of

models, coefficient of determination ( $R^2$ ), the value of validation, and the significance of the regression coefficients.

2. There are indications will occur overfishing, and the presence of inefficiency of fishing effort of bonito in the waters Talaud, recommended immediate supervision by competent institutions to handle this issue. Especially the efficiency of fishing effort.

## Appendix

### Appendix 1. Regression analysis of Surplus Production Model of bonito data in Bitung waters

#### Schaefer Model

##### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.804 <sup>a</sup>	.647	.627	.0780335

a. Predictors: (Constant), Et

##### ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.200	1	.200	32.921	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.110	18	.006		
	Total	.310	19			

a. Dependent Variable: Ut

b. Predictors: (Constant), Et

##### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.182	.109		10.890	.000
	Et	-3.647E-005	.000	-.804	-5.738	.000

a. Dependent Variable: Ut

#### Fox Model

##### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.827 <sup>a</sup>	.685	.667	.14230162

a. Predictors: (Constant), Et

##### ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.791	1	.791	39.062	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.364	18	.020		
	Total	1.155	19			

a. Dependent Variable: LnCtperEt

b. Predictors: (Constant), Et

##### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.627	.198		3.168	.005
	Et	-7.244E-005	.000	-.827	-6.250	.000

a. Dependent Variable: LnCtperEt

**Schnute Model**

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.676 <sup>a</sup>	.457	.390	.0717516

a. Predictors: (Constant), (Et+1 + Et)/2, (Ut+1 + Ut)/2

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.069	2	.035	6.745	.008 <sup>b</sup>
	Residual	.082	16	.005		
	Total	.152	18			

a. Dependent Variable: Ln (Ut+1/Ut)

b. Predictors: (Constant), (Et+1 + Et)/2, (Ut+1 + Ut)/2

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.843	.336		2.505	.023
	(Ut+1 + Ut)/2	-.417	.260	-.551	-1.603	.129
	(Et+1 + Et)/2	-3.714E-005	.000	-1.074	-3.123	.007

a. Dependent Variable: Ln (Ut+1/Ut)

**Walter – Hilborn Model**

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.722 <sup>a</sup>	.522	.462	.0663465

a. Predictors: (Constant), Et, Ut

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.077	2	.038	8.729	.003 <sup>b</sup>
	Residual	.070	16	.004		
	Total	.147	18			

a. Dependent Variable: (Ut+1 / Ut) -1

b. Predictors: (Constant), Et, Ut

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.905	.254		3.558	.003
	Ut	-.514	.203	-.668	-2.528	.022
	Et	-3.762E-005	.000	-1.081	-4.088	.001

a. Dependent Variable: (Ut+1 / Ut) -1

**CYP Model**

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.973 <sup>a</sup>	.947	.940	.0615884

a. Predictors: (Constant), (Et + Et+1), LnCtperEt

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
-------	--	----------------	----	-------------	---	------

1	Regression	1.082	2	.541	142.623	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.061	16	.004		
	Total	1.143	18			

a. Dependent Variable: Ln(Ut+1)

b. Predictors: (Constant), (Et + Et+1), LnCtperEt

#### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.500	.108		4.612	.000
	LnCtperEt	.673	.107	.586	6.304	.000
	(Et + Et+1)	-2.102E-005	.000	-.443	-4.768	.000

a. Dependent Variable: Ln(Ut+1)

### Appendix 2. Validation of surplus production models of bonito data

Years	C <sub>t</sub> (tons)	E <sub>t</sub> (trips)	Validation: $Abs(\frac{C_t - \hat{C}_t}{C_t})$				
			Schaefer	Fox	Schnute	Walter-Hilborn	CYP
1995	6500.2	13101	.4193	.4606	.7271	.6158	.2361
1996	7152.1	13212	.2934	.3280	.5648	.4660	.2148
1997	9121.4	14102	.0323	.0420	.1872	.1262	.5657
1998	10169.3	14512	.0685	.0663	.0439	.0033	.6786
1999	9824.3	14671	.0339	.0342	.0712	.0256	.8513
2000	10517.4	15600	.0907	.1031	.0585	.0822	1.3886
2001	10657.4	15523	.1029	.1143	.0655	.0905	1.3009
2002	10404.6	15212	.0830	.0907	.0215	.0538	1.1281
2003	10492.7	15372	.0897	.0994	.0404	.0690	1.2260
2004	10821.4	15400	.1172	.1269	.0714	.0986	1.1782
2005	10962.5	15534	.1279	.1391	.0922	.1163	1.2446
2006	10121.5	15540	.0554	.0676	.0172	.0432	1.4358
2007	9554.1	17953	.0092	.0418	.2003	.1609	3.7903
2008	9621.4	18488	.0243	.0574	.2736	.2172	4.3087
2009	9059.4	18788	.0303	.0046	.2714	.2007	4.9777
2010	8513.5	19610	.0753	.0417	.3590	.2508	6.3948
2011	8747.5	19712	.0436	.0116	.3934	.2839	6.3261
2012	8781.5	20824	.0020	.0179	.5960	.4395	7.7616
2013	7517.4	21840	.1200	.1179	.7675	.5293	10.9120
2014	7222.3	22121	.1493	.1548	.8314	.5668	11.9017
<b>Mean</b>	<b>9,288.09</b>	<b>16856</b>	<b>0,0984</b>	<b>0,1059</b>	<b>0,2827</b>	<b>0.2219</b>	<b>3.3910</b>

1. Schaefer Model :  $\hat{C}_t = 1.182E_t - 0,00003647E_t^2$

2. Fox Model :  $\hat{C}_t = E_t \cdot e^{(0,627 - 0,00007244E_t)}$

3. Schnute Model :  $\hat{Y} = a - bX_1 - cX_2 = 0.843 - 0.417X_1 - 0,0000371X_2$

$$r = a = 0.843 \quad q = c = 0,00003371 \quad b = \frac{r}{Kq} = 0.417$$



$$K = \frac{r}{bq} = \frac{0.843}{(0.417)(0.0000371)} = 54,490.10$$

$$\hat{C}_t = KqE_t - \frac{Kq^2}{r}E_t^2 = 2.0216E_t - 0.0000889E_t^2$$

4. Walter – Hilborn Model :

$$\hat{Y} = a - bX_1 - cX_2 = 0.905 - 0.514X_1 - 0.00003762X_2$$

$$r = a = 0.905 \quad q = c = 0.00003762 \quad b = \frac{r}{Kq} = 0.514$$

$$K = \frac{r}{bq} = \frac{0.905}{(0.514)(0.00003762)} = 46,802.24$$

$$\hat{C}_t = KqE_t - \frac{Kq^2}{r}E_t^2 = 1.7607E_t - 0.0000732E_t^2$$

5. CYP Model :  $\hat{Y} = a + bX_1 - cX_2 = 0.500 + 0.673X_1 - 0.00002102X_2$

$$r = \frac{2(1-b)}{1+b} = \frac{2(1-0.673)}{1+0.673} = 0.3909 \quad q = -c(2-r) = 0.00002102(2-0.3909) = 0.0000338$$

$$Q = \frac{a(2+r)}{2r} = \frac{0.500(2+0.3909)}{2(0.3909)} = 1.5291$$

## REFERENCE

- [1] [DKP] Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Utara. 2012. Statistik Perikanan Tangkap Provinsi Sulawesi Utara Tahun 2011.
- [2] Boer, M., dan K.A. Azis. 1995. Prinsip-prinsip Dasar Pengelolaan Sumberdaya Perikanan Melalui Pendekatan Bio-Ekonomi. Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan III(2):109-119.
- [3] Coppola G., and S. Pascoe. 1996. A Surplus Production Model with a non-linear Catch-Effort Relationship. (Research Paper 105) Center for the Economics and Managemant of Aquatic Resources University of Portsmouth.
- [4] Sparre , P. and S.C. Venema. 1999. Introduksi Pengkajian Stok Ikan Tropis. Buku 1 Manual. (Terjemahan J. Widodo. I.G.S. Merta, S. Nurhakim, dan M. Badrudin). Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Kerjasama dengan Organisasi Pangan dan Pertanian Perserikatan Bangsa-bangsa). Jakarta. 438 hal.
- [5] Gulland, J.A. 1983. Fishing and Stock of Fish at Iceland. Mui.`Agric. Fish Food, Invest. (Ser.2) 23(4): 52 – 70.
- [6] Sularso, A. 2005. Alternatif Pengelolaan Perikanan Udang di Laut Arafura. Disertasi (Tidak Dipublikasikan). Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 130 hal.
- [7] Fox, W.W. 1970. An Exponential Surplus Yield Model for Optimazing Exploited Fish Population. Trans. Am. Fish Soc. 99(1):80-88.
- [8] Schnute, J. 1977. Improved Estimates from the Schaefer Production Models : Theoretical Considerations : J. Fish. Res. Board Can., 34:583-663.
- [9] Tinungki, G. M. 2005. Evaluasi Model Produksi Surplus dalam Menduga Hasil Tangkapan Maksimum Lestari untuk Menunjang Pengelolaan Perikanan Lemuru

Di Selat Bali. Disertasi (Tidak Dipublikasikan). Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 207 hal.

- [10] Fauzi, A., dan S. Anna. 2005. Pemodelan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan untuk Analisis Kebijakan. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- [11] Kekenusa, John S., Marline S. Paendong, Winsy Ch. D. Weku, and Sendy B. Rondonuwu. 2015. Determination of the Status of Utilization and Management Scenarios Bonito (*Auxis rochei*) Caught in the Talaud Waters North Sulawesi. *Sci. J. of Applied Mathematics and Statistics* 2015; 3(2):39-46.
- [12] Kekenusa, J.S., S. B. Rondonuwu, dan M. S. Paendong. 2017. Penentuan Status Pemanfaatan dan Skenario Pengelolaan Ikan Tongkol (*Auxis rochei*) di Perairan Manado - Sulawesi Utara. Makalah Hasil Penelitian yang disampaikan pada Seminar Nasional MIPA-*net* tanggal 25 Agustus 2017.

Lampiran 7. Buku Ajar (Draft)

**(DRAFT)**

**BUKU AJAR**

**PEMODELAN MATEMATIKA :  
*MODEL PRODUKSI SURPLUS*  
DATA IKAN TONGKOL DAN CAKALANG  
DI SULAWESI UTARA**

**OLEH**

**JOHN SOCRATES KEKENUSA  
SENDY R. RONDONUWU  
MARLINE SOFIANA PAENDONG**

**2017**

## PRAKATA

Buku Ajar ini ditulis bersumber dari data penelitian penulis selama beberapa tahun untuk mengetahui status pemanfaatan dan pengelolaan ikan tuna kecil, khususnya tongkol di wilayah perairan Sulawesi Utara. Pemilihan jenis ikan tongkol, dengan pertimbangan bahwa ikan ini sebagai produk utama sekaligus komoditas ekspor utama dari Sulawesi Utara. Juga, kedua ikan tongkol ditangkap secara intensif di wilayah Sulawesi Utara, dan belum banyak penelitian yang mengungkap tentang status pemanfaatan dan pengelolaan. Penelitian mengenai ikan tongkol, umumnya menyangkut tentang peningkatan upaya penangkapan, dan masih kurang yang menelaah tentang aspek kelestarian sumberdaya ikan ini.

Buku ini ditulis secara khusus untuk menelaah Model Produksi Surplus, dengan menggunakan data hasil tangkapan dan upaya tangkap ikan tongkol. Analisis data dimulai dengan standardisasi alat tangkap, apabila alat tangkap yang digunakan bervariasi. Selanjutnya dilakukan analisis data menggunakan 5 model (metode), yaitu : Schaefer, Fox, Schnute, Walter-Hilborn, dan Clarke-Yoshimoto-Cooley (CYP). Guna mengevaluasi untuk memilih model penduga terbaik, dilakukan validasi menggunakan kriteria statistika, yaitu : kesesuaian tanda, nilai koefisien determinansi ( $R^2$ ), nilai validasi (simpangan terkecil), dan signifikansi koefisien regresi individu dari model penduga. Dengan demikian buku ajar ini, antara lain dapat digunakan dalam perkuliahan Pemodelan Matematika, dan Analisis Regresi, serta Dinamika Populasi Ikan. Berdasarkan hasil analisis Model Produksi Surplus, dapat diketahui status pemanfaatan dan pengelolaan suatu jenis ikan di wilayah tertentu. Apabila status pemanfaatan dan pengusahaan didapatkan bahwa suatu jenis ikan tertentu terjadi tangkap-lebih (*overfishing*) dan upaya tangkap yang tidak efisien, maka perlu dicari solusi untuk mengatasinya melalui kebijakan dari pemerintah bersama semua *stakeholder* yang terlibat.

Pada kesempatan ini disampaikan ucapan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah bersedia membiayai penelitian tentang ikan tongkol di Sulawesi Utara, yang datanya digunakan dalam buku ajar ini. Ucapan terima kasih juga selayaknya disampaikan kepada Rektor Universitas Sam Ratulangi melalui Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, serta

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, atas bantuannya memperlancar administrasi penelitian. Terima kasih secara khusus disampaikan kepada Pemerintah melalui Dinas Kelautan dan Perikanan di Kota Btung dan Kota Manado, serta Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Utara, atas segala bantuannya memperlancar kegiatan penelitian, khususnya dalam pengumpulan data.

Kiranya, buku ajar ini bermanfaat bagi mahasiswa ataupun praktisi di bidang perikanan tangkap, agar tercipta upaya pengelolaan perikanan tongkol yang lestari serta efisien.

Manado, Oktober 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>PRAKATA</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	viii
<b>1 PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>2 MODEL MATEMATIKA</b> .....	3
<b>3 MODEL PRODUKSI SURPLUS</b> .....	7
<b>4 DINAMIKA POPULASI IKAN</b> .....	21
<b>4.1 Dinamika dan Eksploitasi ikan cakalang</b> .....	21
<b>4.2 Dinamika dan Eksploitasi ikan tongkol</b> .....	28
<b>5 KERANGKA KONSEPTUAL DAN PROSEDUR PEMODELAN</b> .....	30
<b>5.1 Konseptual Pemodelan</b> .....	30
<b>5.2 Prosedur Pembentukan Model</b> .....	31
<b>5.3 Metode Pengumpulan dan Analisis Data</b> .....	30
<b>6 APLIKASI METODE PRODUKSI SURPLUS (MPS) : DATA IKAN TONGKOL</b> .....	35
<b>6.1 MPS Ikan Tongkol di Perairan Bitung</b> .....	35
<b>6.2 MPS Ikan Tongkol di perairan Manado</b> .....	45
<b>6.3 MPS Ikan Tongkol di perairan Bolaang-Mongondow</b> ..	53
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	57
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN</b> .....	60

# 1. PENDAHULUAN

Salah satu cara pendekatan dalam memprediksi pengelolaan sumberdaya ikan ialah melalui pemodelan. Model yang paling sederhana dalam dinamika populasi ikan ialah **Model Produksi Surplus (MPS)**, dengan memperlakukan ikan sebagai biomassa tunggal yang tak dapat dibagi, yang tunduk pada aturan-aturan sederhana kenaikan dan penurunan biomassa. Model ini, pada umumnya digunakan dalam penilaian stok ikan hanya dengan menggunakan data hasil tangkapan dan upaya-tangkap yang umumnya tersedia. Melalui MPS, dapat diprediksi potensi sumberdaya ikan, jumlah maksimum hasil tangkapan yang menjamin kelestarian sumberdaya, serta alokasi jumlah optimum upaya-tangkap (*trip* kapal) yang dioperasikan agar sumberdaya tetap lestari dan ekonomis.

Model merupakan sekumpulan pernyataan yang dirumuskan dengan baik, yang menggambarkan sistem-sistem kompleks dan memungkinkan adanya pernyataan-pernyataan yang tepat mengenai bagaimana komponen-komponen dari sistem-sistem tersebut berinteraksi. Menurut Widodo (1987), model yang paling banyak digunakan untuk menggambarkan dinamika populasi ikan ialah model matematika.

Model dianggap baik, apabila dapat menduga keluaran dengan ketepatan yang masuk akal. Nilai suatu model dapat dievaluasi melalui kesederhanaan dan keakuratannya dengan nilai-nilai yang diduga oleh model yang cocok dengan nilai pengamatan. Model dikatakan baik, jika sederhana secara matematika, dengan relatif sedikit parameter dan mudah dipahami, tetapi memberikan kecocokan yang baik sesuai kenyataan yang harus digambarkan terhadap serangkaian kondisi yang berbeda.

Tanpa informasi pengkajian stok yang memadai, pengelolaan akan menjadi suatu proses pengambilan keputusan yang tidak ilmiah sehingga tidak memiliki

kredibilitas. Akibatnya, sejumlah stok akan berada dalam keadaan kritis karena dieksploitasi secara berlebihan. Sudah saatnya para pengelola perikanan harus meningkatkan kepeduliannya terhadap kualitas data yang digunakan untuk mendasari penetapan kebijakan (Boer, *dkk.*, 2001).

Dalam pemanfaatan sumberdaya ikan di laut termasuk cakalang dan tongkol, salah satu permasalahan utama ialah seberapa banyak ikan yang dapat ditangkap tanpa mengganggu keberadaan stok, atau bagaimana panen biomassa ikan dapat dimaksimalkan tanpa mengganggu prospek eksploitasi di masa mendatang. Pertanyaan ini merupakan dasar dari semua analisis produksi perikanan. Kegagalan dalam menjawabnya dengan baik, telah menimbulkan kesalahan pengelolaan perikanan di masa lalu dan saat ini.

Tujuan utama pengelolaan sumberdaya perikanan ditinjau dari segi biologi ialah dalam upaya konservasi stok ikan untuk menghindari tangkap lebih (King dan Ilgorn (1989) yang diacu *dalam* Tinungki (2005). Dalam eksplorasi dan eksploitasi sumberdaya perikanan, diperlukan dugaan potensi yang dapat memberikan gambaran mengenai tingkat dan batas maksimal pemanfaatan sumberdaya perikanan di suatu wilayah.



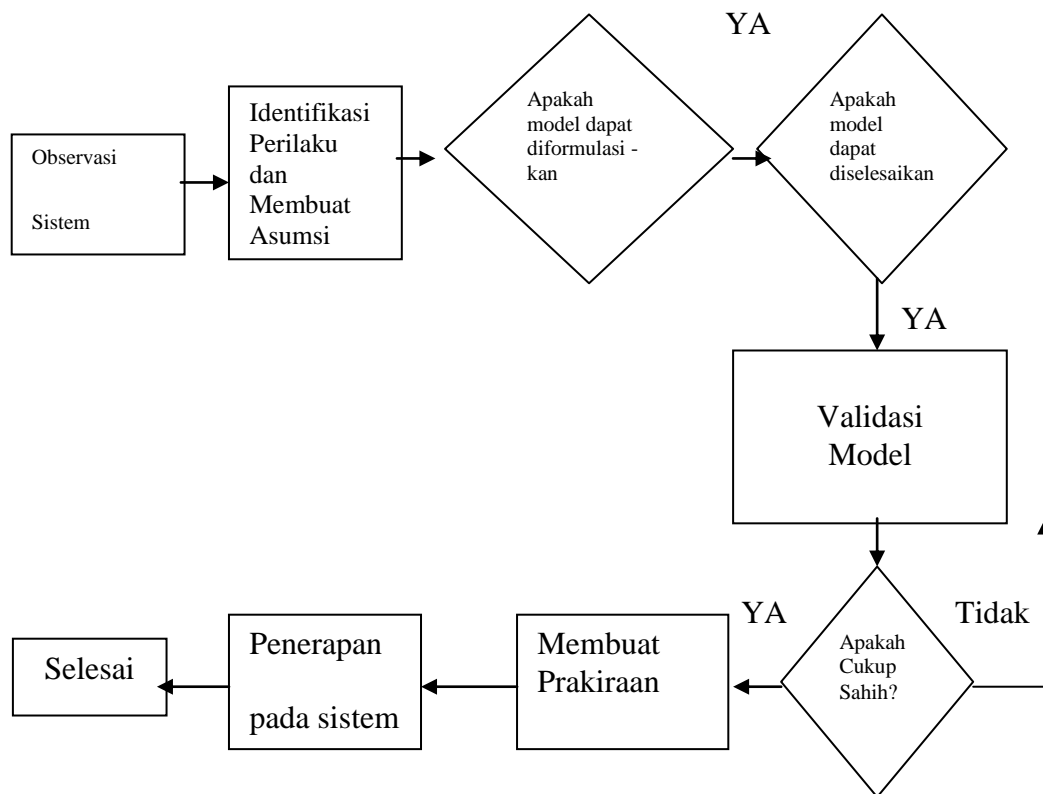
## 2. MODEL MATEMATIKA

Model adalah suatu konsep yang digunakan untuk menyatakan sesuatu keadaan (permasalahan) ke dalam bentuk simbolik, ikonik, atau analog (Meyer, 1987; Mulyono, 1991). Menurut Grant (1986), model adalah suatu abstraksi realitas atau deskripsi formal unsur-unsur utama suatu permasalahan. Pada hakikatnya model adalah perwakilan realitas, oleh karena itu wujudnya harus lebih sederhana. Jadi pemodelan adalah upaya penyederhanaan (simplifikasi) suatu permasalahan.

Menurut Meyer (1987), model matematika adalah model yang melibatkan konsep matematika seperti variabel, persamaan, pertidaksamaan, dan lain sebagainya. Definisi yang lebih aplikatif dikemukakan oleh Giordano dan Weir (1985), model matematika adalah konstruksi matematika yang dirancang untuk mempelajari sistem atau fenomena alam nyata. Konstruksi yang dimaksud ialah upaya perancangan bentuk hubungan antar variabel, berbentuk persamaan atau pertidaksamaan. Model matematika yang berkembang luas penerapannya ialah yang berbentuk persamaan. Fungsi atau persamaan tersebut dapat berupa fungsi biasa (linear atau non-linear), fungsi diferensial, fungsi beda, dan fungsi integral.

Model sebagai perwakilan realitas harus menggambarkan realitas sedekat mungkin atau simpangannya sekecil mungkin. Oleh karena itu, prosedur perancangan model matematika harus memperhatikan persyaratan tersebut. Perancangan model matematika dapat didekati melalui teori atau fakta empirik. Mekanisme atau proses fisika, proses biologi, dan proses ekonomi dapat digunakan sebagai dasar penyusunan model matematika. Model yang terbentuk disebut model mekanistik. Selain itu, adakalanya telah tersedia fakta empirik (berupa data) dan berdasarkan data ini model matematika





**Gambar 2.1. Sifat iteratif pembentukan model matematika (Giordano dan Weir, 1985)**

Deskripsi perancangan model mekanistik meliputi pengkajian teori mengenai mekanisme atau proses suatu sistem. Kajian ini diikuti dengan identifikasi variabel-variabel yang terlibat. Model berbentuk persamaan matematika tersusun dari variabel-variabel dengan bentuk hubungan sesuai dengan proses atau mekanisme sistem yang ditelaah. Penentuan bentuk hubungan dalam model mempunyai syarat sesuai dengan kondisi atau batasan-batasan tertentu, yang selanjutnya dinamakan asumsi-asumsi model. Tahapan berikutnya ialah validasi dan kalibrasi model. Validasi dan kalibrasi model terdiri dari tahapan pendugaan parameter dan penilaian kesesuaian antara hasil dugaan dengan data empirik. Pada tahapan ini, pemodelan memerlukan data empirik dari lapang.

Pada model empirik, data digunakan untuk perancangan dan sekaligus validasi model. Berdasarkan permasalahan yang akan dipelajari, variabel-variabel (data) yang diperlukan dapat diidentifikasi dan dikumpulkan. Bentuk hubungan berupa persamaan matematika dapat dirancang melalui kurva pendekatan berdasarkan pola pencarian data. Penelaahan pola tebaran data dilakukan dengan cara membuat diagram pencar (*scatter diagram*) antar variabel yang akan dihubungkan.

Kondisi dan persyaratan “percobaan” pencarian data dan batasan-batasan yang diberikan merupakan pengandaian berlakunya model empirik dan merupakan asumsi model. Validasi dan kalibrasi model empirik sama dengan model mekanistik.

### 3. MODEL PRODUKSI SURPLUS

Model yang paling sederhana dalam dinamika populasi ikan ialah model produksi surplus yang memperlakukan populasi ikan sebagai biomassa tunggal yang tidak dapat dibagi, yang tunduk pada aturan-aturan sederhana dari kenaikan dan penurunannya. Model produksi ini tergantung pada 4 macam besaran, yaitu : biomassa populasi pada suatu waktu tertentu  $t$  ( $B_t$ ), tangkapan untuk suatu waktu tertentu  $t$  ( $C_t$ ), upaya tangkap pada waktu tertentu  $t$  ( $E_t$ ), dan laju pertumbuhan alami konstan ( $r$ ) (Boer dan Aziz, 1995). Model ini pertama kali dikembangkan oleh Schaefer, yang bentuk awalnya sama dengan model pertumbuhan logistik.

Model produksi surplus adalah suatu model yang digunakan dalam pengkajian stok ikan, yaitu dengan menggunakan data hasil tangkapan dan upaya penangkapan. Pertambahan biomassa suatu stok ikan dalam waktu tertentu di suatu wilayah perairan, ialah suatu parameter populasi yang disebut produksi. Biomassa yang diproduksi ini diharapkan dapat mengganti biomassa yang hilang akibat kematian penangkapan, maupun faktor alami. Produksi yang berlebih dari kebutuhan penggantian dianggap sebagai surplus yang dapat dipanen. Apabila kuantitas biomassa yang diambil sama dengan surplus yang diproduksi, maka perikanan tersebut berada dalam keadaan *equilibrium* atau seimbang (Aziz, 1989).

Menurut Coppola dan Pascoe (1996), persamaan surplus produksi terdiri dari beberapa konstanta yang dipengaruhi oleh pertumbuhan alami, kemampuan alat tangkap, dan daya dukung lingkungan. Konstanta-konstanta tersebut diduga dengan menggunakan model-model penduga parameter biologi dari persamaan surplus produksi, yaitu model : Equilibrium Schaefer, Disequilibrium Schaefer, Schnute, dan

Walter – Hilborn. Berdasarkan keempat model tersebut dipilih yang paling sesuai atau *best fit* dari pendugaan yang lain.

Menurut Sparre dan Venema (1999), rumus-rumus model produksi surplus hanya berlaku apabila parameter *slope* ( $b$ ) bernilai negatif, yang berarti penambahan upaya tangkap akan menyebabkan penurunan hasil tangkapan per upaya tangkap. Apabila parameter  $b$  nilainya positif, maka tidak dapat dilakukan pendugaan besarnya stok maupun upaya optimum, tetapi hanya dapat disimpulkan bahwa penambahan upaya tangkap masih memungkinkan untuk meningkatkan hasil tangkapan.

Penerapan model produksi surplus ialah untuk mengetahui hasil tangkapan maksimum lestari dan upaya tangkap optimum dari suatu perairan. Nilai tersebut diperoleh dari hasil analisis tangkapan per upaya tangkap pada suatu daerah perairan dengan data runtun waktu (*time series*) minimal selama lima tahun (Aziz, 1989).

Pendugaan upaya penangkapan optimum ( $E_{opt}$ ) dan hasil tangkapan maksimum lestari ( $C_{MSY}$ ) didekati dengan Model Produksi Surplus. Antara hasil tangkapan per satuan upaya (CPUE) dan upaya tangkap (*effort*) dapat berupa hubungan linear maupun eksponensial (Gulland, 1983). Model Produksi Surplus terdiri dari 2 model dasar yaitu Model Schaefer (hubungan linear) dan Model Gompertz yang dikembangkan oleh Fox dengan bentuk hubungan eksponensial.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi dalam menganalisis model produksi surplus ialah (Gulland, 1983) :

- (1) Ketersediaan ikan pada tiap-tiap periode tidak mempengaruhi daya tangkap relatif.
- (2) Distribusi ikan menyebar merata.

- (3). Masing-masing alat tangkap menurut jenisnya mempunyai kemampuan tangkap yang seragam.

Beberapa tipe model produksi surplus menggambarkan hubungan antara stok dan produksi. Masing-masing dari model ini memiliki keuntungan dan kerugian yang bergantung pada situasi lokasi model tersebut digunakan. Model pertama yang digunakan secara luas dibuat oleh Schaefer, yang didasarkan pada tulisan Graham.

### Model Schaefer

Seperti dikemukakan sebelumnya bahwa model produksi surplus pertama kali dikembangkan oleh Schaefer, yang bentuk awalnya sama dengan model pertumbuhan logistik. Model tersebut ialah sebagai berikut :

$$\frac{dB_t}{dt} = G(B_t) = r B_t \left( 1 - \frac{B_t}{K} \right) \quad (3.1)$$

Persamaan ini belum memperhitungkan pengaruh penangkapan, sehingga Schaefer menuliskan kembali menjadi :

$$\frac{dB_t}{dt} = r B_t \left( 1 - \frac{B_t}{K} \right) - C_t \quad (3.2)$$

dengan  $K$  ialah daya dukung lingkungan perairan, dan  $C_t$  ialah tangkapan pada waktu ke  $t$  yang dapat ditulis sebagai :

$$C_t = q E_t B_t \quad (3.3)$$

dengan  $q$  sebagai koefisien ketertangkapan (*catchability*), dan  $E_t$  menunjukkan upaya tangkap pada waktu  $t$ . Persamaan ini dapat ditulis menjadi :

$$\frac{C_t}{E_t} = q B_t = \text{CPUE} \quad (3.4)$$

menunjukkan hipotesis Schaefer yang menyatakan bahwa tangkapan per upaya tangkap (CPUE = *Catch Per Unit of Effort*) sebanding dengan kelimpahan stok  $B_t$ . Oleh karena  $B_t$  tidak dapat diamati, maka pendekatan ini sangat penting dalam pengkajian stok (*stock assessment*).

Dari persamaan diferensial (3.2), tangkapan optimum dapat dihitung pada saat  $\frac{dB_t}{dt} = 0$  atau disebut juga penyelesaian pada titik keseimbangan (*equilibrium*), yang berbentuk :

$$r B_t \left( 1 - \frac{B_t}{K} \right) - C_t = 0, \quad \text{atau}$$

$$C_t = r B_t \left( 1 - \frac{B_t}{K} \right) = q E_t B_t \quad (3.5)$$

Dari persamaan (3.3) dan (3.5) diperoleh nilai  $B_t$  sebagai berikut :

$$B_t = K \left( 1 - \frac{qE_t}{r} \right) \quad (3.6)$$

Sehingga persamaan (3.5) menjadi :

$$C_t = q K E_t \left( 1 - \frac{qE_t}{r} \right)$$

$$= q K E_t - \frac{q^2 K}{r} E_t^2 \quad (3.7)$$

Persamaan (3.7) disederhanakan lagi oleh Schaefer menjadi :

$$\frac{C_t}{E_t} = a - b E_t, \quad \text{atau}$$

$$C_t = a E_t - b E_t^2 \quad (3.8)$$

sedangkan  $a = q K$  dan  $b = \frac{q^2 K}{r}$ . Hubungan linear ini yang digunakan secara luas untuk menghitung  $C_{MSY}$  melalui penentuan turunan pertama  $C_t$  terhadap  $E_t$  untuk



mencari solusi optimal, baik untuk tangkapan maupun upaya tangkap. Turunan pertama

$C_t$  terhadap  $E_t$  adalah :  $\frac{dC_t}{dE_t} = a - 2b E_t$ , sehingga diperoleh dugaan  $E_{opt}$  (upaya

tangkap optimum) dan  $C_{MSY}$  (tangkapan maksimum lestari) masing-masing :

$$E_{opt} = \frac{a}{2b} = \frac{r}{2q} \quad (3.9)$$

dengan memasukkan nilai  $E_{opt}$  pada persamaan (3.8), akan diperoleh  $C_{MSY}$  sebagai berikut :

$$\begin{aligned} C_{MSY} &= a E_t - b E_t^2 \\ &= a \left( \frac{a}{2b} \right) - b \left( \frac{a}{2b} \right)^2 \\ &= \frac{a^2}{2b} - \frac{ba^2}{4b^2} \\ &= \frac{a^2}{2b} - \frac{a^2}{4b} \\ &= \frac{a^2}{4b} \end{aligned}$$

dengan mensubstitusi  $a = qK$  dan  $b = \frac{q^2 K}{r}$ , akan diperoleh

$$C_{MSY} = \frac{a^2}{4b} = \frac{q^2 K^2}{4q^2 K / r} = \frac{rK}{4} \quad (3.10)$$

Nilai-nilai  $a$  dan  $b$  diduga melalui pendekatan metode kuadrat terkecil yang umum digunakan untuk menduga koefisien persamaan regresi sederhana. Selanjutnya, dengan memasukkan nilai  $E_{opt}$  pada persamaan (3.6) diperoleh biomassa optimum ( $B_{MSY}$ ) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
B_{MSY} &= K - \frac{Kq}{r} E_{opt} \\
&= K - \frac{Kq}{r} \left( \frac{r}{2q} \right) \\
&= K - \frac{K}{2} \\
&= \frac{K}{2}
\end{aligned} \tag{3.11}$$

Nilai-nilai parameter  $q$ ,  $K$ , dan  $r$  dapat dihitung dengan menggunakan algoritma Fox, seperti yang diacu *dalam* Sularso (2005), sebagai berikut :

$$q_t = \ln \left[ \left[ \left( zU_t^{-1} + \frac{1}{b} \right) / \left( zU_{t+1}^{-1} + \frac{1}{b} \right) \right] / (z) \right] \tag{3.12}$$

dimana  $z = -(a/b)/E^*$ ,  $E^* = (E_t + E_{t+1})/2$ ,  $U_t = \frac{C_t}{E_t}$ , dan nilai  $q$  adalah rata-rata geometrik dari nilai  $q_t$ . Dari nilai  $a$ ,  $b$ , dan  $q$ , selanjutnya dapat dihitung nilai  $K$  dan  $r$ .

## Model Fox

Model Fox (1970) memiliki beberapa karakteristik yang berbeda dari model Schaefer, yaitu pertumbuhan biomassa mengikuti model pertumbuhan Gompertz. Penurunan CPUE terhadap upaya tangkap ( $E$ ) mengikuti pola eksponensial negatif.

Asumsi-asumsi model eksponensial ini menurut FAO (1994), ialah sebagai berikut :

1. Populasi dianggap tidak akan punah
2. Populasi sebagai jumlah dari individu ikan.

Model ini menghasilkan garis lengkung bila  $\frac{C_t}{E_t}$  diplot terhadap  $E_t$ , akan tetapi bila

$\frac{C_t}{E_t}$  diplot dalam bentuk logaritma terhadap  $E_t$ , akan diperoleh garis lurus :

$$\ln \frac{C_t}{E_t} = a - b E_t \text{ atau } \frac{C_t}{E_t} = \exp(a - b E_t) \quad (3.13)$$

Kedua model ini mengikuti asumsi bahwa  $\frac{C_t}{E_t}$  menurun dengan meningkatnya

upaya tangkap. Nilai  $\frac{C_t}{E_t}$  selalu lebih besar dari nol untuk semua nilai  $E_t$ .

Hubungan antara tangkapan ( $C_t$ ) dengan upaya tangkap ( $E_t$ ) ialah :

$$C_t = E_t \cdot \exp(a - b E_t) \quad (3.14)$$

Upaya optimum diperoleh dengan menyamakan turunan pertama  $C_t$  terhadap  $E_t$  sama dengan nol :

$$\frac{dC_t}{dE_t} = e^{a-bE_t} + E_t e^{a-bE_t} (-b) = 0$$

$$\frac{dC_t}{dE_t} = e^{a-bE_t} - b E_t e^{a-bE_t} = 0$$

$$(1 - b E_t) e^{a-bE_t} = 0$$

$$b E_t = 1$$

$$E_{opt} = \frac{1}{b} \quad (3.15)$$

Hasil tangkapan maksimum lestari ( $C_{MSY}$ ) didapat dengan memasukkan nilai upaya optimum ke dalam persamaan (3.14), dan diperoleh :

$$C_{MSY} = \frac{1}{b} e^{a-1} \quad (3.16)$$

Nilai dugaan parameter a dan b pada persamaan (3.13) dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan regresi sederhana. Rumus-rumus tersebut hanya berlaku bila parameter *slope* (b) bernilai negatif, yang berarti bahwa penambahan jumlah upaya tangkap akan menyebabkan penurunan CPUE. Apabila dalam perhitungan nilai *slope* (b) positif, maka tidak dapat dilakukan pendugaan stok maupun besarnya upaya optimum, tetapi hanya dapat disimpulkan bahwa penambahan upaya tangkap masih menambah hasil tangkapan.

### Model Schnute

Schnute (1977), mengemukakan versi lain dari model produksi surplus yang bersifat dinamis serta deterministik. Metode Schnute dianggap sebagai modifikasi dari model Schaefer dalam bentuk diskret (Roff, 1983, yang diacu dalam Tinungki 2005). Bentuk dasar dari model Schnute dikembangkan dari persamaan (3.2) dan (3.3), yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$\frac{dB_t}{B_t} = \left\{ r - \frac{rB_t}{K} - q E_t \right\} dt \quad (3.17)$$

Jika persamaan (3.17) diintegrasikan dan dilakukan satu langkah setahun ke depan akan diperoleh :

$$\ln(B_{t+1}) - \ln(B_t) = r - \frac{r}{K} \bar{B}_t - q \bar{E}_t \quad (3.18)$$

Dari persamaan (3.3) diperoleh :

$$\begin{aligned} B_t &= \frac{C_t}{E_t} / q \\ &= \frac{U_t}{q} \quad \text{dengan demikian,} \end{aligned}$$

$$\bar{B}_t = \frac{\bar{U}_t}{q} .$$

Jika persamaan (3.18) disederhanakan dengan  $\bar{U}_t$  adalah rata-rata CPUE dan  $\bar{E}_t$  rata-rata upaya tangkap per tahun, maka akan diperoleh persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{U_{t+1}}{U_t}\right) &= r - \frac{r}{qK} \bar{U}_t - q \bar{E}_t, \quad \text{atau} \\ \ln\left(\frac{U_{t+1}}{U_t}\right) &= r - \frac{r}{qK} \left(\frac{U_t + U_{t+1}}{2}\right) - q \left(\frac{E_t + E_{t+1}}{2}\right) \\ &= a - b \left(\frac{U_t + U_{t+1}}{2}\right) - c \left(\frac{E_t + E_{t+1}}{2}\right) \end{aligned} \quad (3.19)$$

dimana  $a = r$ ,  $b = \frac{r}{qK}$ , dan  $c = q$ , adalah penduga parameter koefisien regresi berganda.

Nilai dugaan parameter biologi dapat diduga dengan rumus sebagai berikut ini :

$$\begin{aligned} b &= \frac{r}{qK} \\ K &= \frac{r}{bq} \\ C_{MSY} &= \frac{a^2}{4bc} = \frac{r^2}{4(r/Kq)q} = \frac{rK}{4} \\ E_{opt} &= \frac{r}{2q} \end{aligned} \quad (3.20)$$

## Model Walter - Hilborn

Walter dan Hilborn (1976) yang diacu dalam Tinungki (2005), mengembangkan jenis lain dari model produksi surplus, yang dikenal sebagai model regresi. Model Walter – Hilborn ini, menggunakan persamaan diferensial sederhana, dengan persamaan sebagai berikut :

$$B_{t+1} = B_t + r B_t \left(1 - \frac{B_t}{K}\right) - C_t \quad (3.21)$$

Jika  $C_t = q B_t E_t$ , dan  $B_t = \frac{U_t}{q}$ , serta  $U_t = \frac{C_t}{E_t}$  menyatakan CPUE (*Catch Per Unit of Effort*), maka persamaan (3.21) dapat diformulasi kembali sebagai berikut,

$$\frac{U_{t+1}}{q} = \frac{U_t}{q} + \frac{rU_t}{q} \left(1 - \frac{U_t}{Kq}\right) - U_t E_t \quad (3.22)$$

Penyusunan kembali persamaan (3.22) dengan memindahkan  $\frac{U_t}{q}$  ke sisi kiri dan

mengalikan dengan  $\frac{q}{U_t}$ , akan diperoleh persamaan model Walter – Hilborn sebagai

berikut :

$$\begin{aligned} \frac{U_{t+1}}{U_t} - 1 &= r - \frac{r}{Kq} U_t - q E_t \\ &= a - b U_t - c E_t \end{aligned} \quad (3.23)$$

dimana  $a = r$ ,  $b = \frac{r}{Kq}$ , dan  $c = q$ , adalah penduga parameter koefisien regresi

berganda.

Nilai dugaan parameter biologi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} b &= \frac{r}{qK} \\ K &= \frac{r}{bq} \\ C_{MSY} &= \frac{a^2}{4bc} = \frac{r^2}{4(r/Kq)q} = \frac{rK}{4} \\ E_{opt} &= \frac{r}{2q} \end{aligned} \quad (3.24)$$

### Model Clarke Yoshimoto Pooley (CYP)

Pendugaan parameter biologi untuk model produksi surplus dapat pula dilakukan melalui teknik pendugaan yang dikemukakan oleh Clarke, Yoshimoto, dan Pooley (Fauzi dan Anna 2005, Tinungki 2005). Parameter-parameter yang diduga ialah  $r$ ,  $K$ , dan  $q$ , dengan model yang dinyatakan sebagai berikut :

$$\ln(U_{t+1}) = \left( \frac{2r}{2+r} \right) \ln(qK) + \frac{2-r}{2+r} \ln(U_t) - \frac{q}{2+r} (E_t + E_{t+1}) \quad (3.25)$$

di mana :  $a' = \frac{2r}{2+r}$  ,  $a = a' \ln(qK)$  ,  $b = \frac{2-r}{2+r}$  ,  $c = \frac{q}{2+r}$

dengan demikian persamaan (3.25) dapat ditulis dalam bentuk :

$$\begin{aligned} \ln(U_{t+1}) &= a' \ln(qK) + b \ln(U_t) - c (E_t + E_{t+1}) \\ &= a + b \ln(U_t) - c (E_t + E_{t+1}) \end{aligned} \quad (3.26)$$

Pendugaan parameter untuk persamaan (3.26) dilakukan dengan metode OLS (*Ordinary Least Square*) untuk meregresi  $\ln(U_{t+1})$ , dengan  $\ln(U_t)$  dan  $(E_t + E_{t+1})$ .

Untuk menghitung parameter  $r$ ,  $q$ , dan  $K$  dilakukan dengan menggunakan algoritma (Fauzi, 2002), sebagai berikut :

1. Koefisien regresi  $b$  dari persamaan (3.26) digunakan dalam menghitung  $r$  yaitu :

$$r = \frac{2(1-b)}{1+b} \quad (3.27)$$

2. Koefisien regresi  $c$  pada persamaan (3.26) dan nilai  $r$  yang diperoleh dari persamaan (3.27) digunakan untuk menghitung  $q$ , yaitu :

$$q = -c (2 - r) \quad (3.28)$$

3. Koefisien regresi  $a$  yang diperoleh dari persamaan (3.26) dan nilai  $q$  yang diperoleh dari persamaan (3.28), digunakan untuk mencari  $Q$  ( $Q = \frac{a}{a'}$ ) yang digunakan dalam menghitung nilai  $K$ , yaitu :

$$Q = \frac{a(2+r)}{2r} \quad (3.29)$$

4. Nilai  $K$  dapat dihitung sebagai berikut :

$$K = \frac{e^q}{q} \quad (3.30)$$

### **Model Bioekonomi**

Salah satu pertanyaan mendasar dalam pengelolaan sumberdaya ikan ialah bagaimana memanfaatkan sumberdaya tersebut sehingga menghasilkan manfaat ekonomi yang tinggi bagi pengguna, namun tetap menjaga kelestarian sumber. Pertanyaan tersebut mengandung makna ekonomi dan makna konservasi atau biologi. Pendekatan untuk menjawab pertanyaan tersebut, pertama kali dikembangkan oleh Gordon untuk melengkapi model Schaefer, dikenal sebagai pendekatan bioekonomi (Fauzi dan Anna, 2005). Model yang digunakan untuk pendekatan ini disebut model bioekonomi.

Model produksi hanya dapat mengetahui potensi sumberdaya perikanan dan tingkat produksi maksimumnya. Model tersebut belum mampu menunjukkan potensi industri penangkapan ikan dan tingkat perusahaan yang optimum bagi masyarakat. Teori ekonomi perikanan yang didasarkan atas sifat dasar biologi populasi ikan ditujukan untuk memahami perilaku ekonomi dan industri penangkapan ikan (Purwanto, 1988).

Berdasarkan model bioekonomi didapatkan nilai dugaan keuntungan maksimum secara ekonomi. Keuntungan maksimum diperoleh pada saat upaya ( $E$ ) yang digunakan



menghasilkan keuntungan ekonomi yang maksimum ( $E_{MEY} = E$  pada *Maximum Economic Yield*) (Fauzi dan Anna, 2005). Keuntungan usaha penangkapan ( $\pi$ ) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\pi = p C - c E \quad (3.31)$$

dengan keterangan :

- $\pi$  = keuntungan usaha penangkapan ikan (satuan nilai uang)
- $C$  = jumlah hasil tangkapan (satuan berat atau jumlah)
- $p$  = harga satuan hasil tangkapan (satuan nilai uang)
- $E$  = jumlah upaya penangkapan (trip kapal)
- $c$  = biaya operasi per unit upaya tangkap (satuan nilai uang)

Bila rumus model produksi pada persamaan (3.8) disubstitusi ke dalam persamaan (3.31), maka dihasilkan :

$$\pi = p (aE - bE^2) - c E \quad (3.32)$$

Keseimbangan bioekonomi terjadi pada saat  $\pi = 0$  atau pendapatan sama dengan pengeluaran. Titik keseimbangan ini disebut sebagai *bioeconomic equilibrium of open access* atau keseimbangan pada akses terbuka. Tingkat upaya penangkapan pada kondisi *open access* ( $E_{oa}$ ) secara matematika dapat dihitung sebagai berikut :

$$\pi = p (aE - bE^2) - c E = 0 \quad (3.33)$$

$$pbE^2 = paE - cE$$

$$pbE^2 = E (pa - c)$$

$$E_{oa} = \frac{pa - c}{pb} \quad (3.34)$$

Keuntungan maksimum dicapai dengan membuat turunan persamaan (3.32) terhadap upaya tangkap  $E$ , sama dengan nol ( $\frac{d\pi}{dE} = 0$ ). Dengan demikian tingkat upaya yang memaksimalkan pendapatan ( $E_{MEY}$ ), dapat dihitung sebagai berikut :

$$\frac{d\pi}{dE} = p(a - 2bE) - c \quad (3.35)$$

$$0 = p(a - 2bE) - c$$

$$2pbE = pa - c$$

$$E_{MEY} = \frac{1}{2} \frac{pa - c}{pb} = \frac{1}{2} E_{oa} \quad (3.36)$$

Dengan memasukkan nilai  $E_{MEY}$  pada fungsi produksi akan diperoleh nilai hasil tangkapan maksimum secara ekonomi ( $C_{MEY}$ ).

## 4 DINAMIKA POPULASI IKAN

### 4.1 Dinamika dan Eksploitasi Ikan Cakalang

Penilaian terhadap keadaan stok dan potensi ikan umumnya dilakukan dengan menelaah hubungan antara hasil tangkapan per upaya (*Catch Per Unit of Effort* = CPUE) dengan upaya (*effort*). Dugaan potensi ikan cakalang di perairan Atlantik, kuranglebih setengah dari perairan Pasifik. Pada tahun 1978 dilaporkan bahwa total potensi di perairan Pasifik 662.000 ton, sedangkan di perairan Atlantik diduga sebesar 331.000 ton (FAO 1978, yang diacu *dalam* Matsumoto *et al.*, 1984).

Analisis *Year-per-Recruit* (Y/R) di bagian Timur perairan Atlantik tropis menunjukkan bahwa ukuran optimum pertama kali tertangkap 0,6 – 1,3 kg (33 – 40 cm) (Hayasi 1974, yang diacu *dalam* Matsumoto *et al.*, 1984). Hayasi menyimpulkan bahwa tidak terdapat bukti cakalang di perairan Atlantik telah dieksploitasi secara penuh. Dilaporkan pula dengan menggunakan model produksi nilai dugaan *Maximum Sustainable Yield* (MSY) ikan cakalang di bagian timur Atlantik tropis sebesar 92.500 ton (Pianet 1980, yang diacu *dalam* Matsumoto *et al.*, 1984).

Silliman (1966, yang diacu *dalam* Matsumoto *et al.*, 1984) meneliti besarnya potensi ikan cakalang di bagian timur perairan Pasifik dengan menggunakan model simulasi populasi, dan mendapatkan koefisien mortalitas total ( $Z$ ) konstan pada nilai 0,8, dan koefisien mortalitas alami  $M$  bervariasi dari 0,2 – 0,7. Diperoleh nilai dugaan MSY sebesar 225.000 ton, dengan koefisien mortalitas alami  $M = 0,3$ .

Potensi sumberdaya optimum ikan cakalang yang tertangkap di perairan Pelabuhan Ratu sebesar 2.098,336 ton, dengan tingkat pemanfaatan tahun 1997 mencapai 66,19 % (Kusnawan, 1999). Untuk perairan Sorong besarnya nilai MSY ikan

cakalang sebesar 7.999,525 ton per tahun, dengan tingkat pemanfaatan sebesar 43,77 % pada tahun 1999 (Astarini, 2002).

Kegiatan penangkapan ikan tuna termasuk cakalang telah berkembang di perairan Indonesia, khususnya perairan timur Indonesia sejak awal tahun 1970-an (Wild dan Himpton, 1994 yang diacu *dalam* Sala, 1999). Penangkapan cakalang di Indonesia dilakukan dengan menggunakan huhate (*pole and line*), pancing tonda (*troll line*), pukat cincin (*purse seine*), jaring insang, dan payang (Burhanuddin, 1984 yang diacu *dalam* Tampubolon, 1990).

Penangkapan cakalang tertinggi terdapat di Sulawesi Utara dan Sulawesi Selatan dengan menggunakan huhate dan pancing tonda, kadang-kadang di Sulawesi selatan digunakan pukat cincin dan payang (Marcille, 1984 yang diacu *dalam* Tampubolon, 1990). Di perairan Maluku dan Irian Jaya semua penangkapan cakalang menggunakan alat tangkap huhate. Di perairan Sorong, alat penangkapan utama ikan cakalang digunakan huhate dan pancing tonda (Astarini, 2002).

Daerah penangkapan terbesar ikan cakalang di Indonesia ialah di perairan bagian timur yang tertletak di antara 5° LS – 10° LS yang terdiri dari Laut Sulawesi, Laut Maluku, Laut Halmahera, Laut Flores, Laut Timor, dan Laut Arafura (Kakiay, 1965 yang diacu *dalam* Monintja dan Yusfiandayani, 1999).

Ikan cakalang bersifat epipelagis dan oseanis, peruaya jarak jauh, dan suhu air yang disenanginya berkisar antara 14,7 – 30 °C. Cakalang sangat menyukai daerah di mana terjadi pertemuan arus atau air (konvergensi) yang umumnya terjadi di daerah yang banyak pulaunya. Selain itu cakalang juga menyukai batas perairan yang terjadi pertemuan antara massa air panas dan air dingin, kenaikan air dan parameter hidrografi yang mana terdapat pencampuran yang tidak tetap. Penyebaran vertikal, mulai dari

permukaan sampai kedalaman 260 m pada siang hari, sedangkan pada malam hari akan menuju ke permukaan (*diurnal migration*). Sebaran geografis terutama pada perairan tropis dan perairan panas di daerah lintang sedang (Uktolseja, dkk., 1998).

Cakalang digambarkan sebagai kosmopolitan karena distribusinya yang sangat luas. Cakalang dapat ditemukan di 'laut hangat' dengan suhu air di atas 20 °C. Penyebaran cakalang dapat diamati dari tiap tingkat umur, yaitu penyebaran larva, juvenil, dewasa, dan dewasa memijah (Kearney, 1978).

Penangkapan cakalang dapat dilakukan di seluruh perairan tropis dan subtropis. Walaupun distribusinya luas, *fishing ground* cakalang ditemukan hanya pada daerah yang terbatas (Kawasaki, 1972). Kepadatan yang memungkinkan diadakan penangkapan (*fishable concentration*) dibatasi oleh isotherm 20 °C. Penyebaran cakalang meliputi perairan antara 40 °N – 30 °S. Fishing ground terbesar berada di sepanjang katulistiwa antara 10 °N – 10 °S (Forsbergh, 1980). Cakalang yang terdapat di perairan Indonesia Timur sebagian besar berasal dari Samudera Pasifik yang memasuki perairan ini mengikuti arus. Karena itu cakalang umumnya sangat padat pada bagian sebelah utara dari perairan Indonesia Timur (Suharman, 1981).

Penyebaran cakalang di Sulawesi Utara menurut Rosa (*dalam* Nursalam, 1982), termasuk lingkaran penyebaran Samudera Pasifik bagian Barat, yang dimulai dari Pulau Mariane, Pulau Bonin, Kepulauan Kurilen, Pantai Timur Kepulauan Jepang, sebelah Selatan Hokaido, Formosa, Pulau Palantinus, ke Sulawesi Utara, Irian Jaya, dan ke Carolina.

Menurut Monintja dan Zulkarnain (1995), musim penangkapan ikan cakalang umumnya terjadi dua kali dalam setahun, puncaknya berkisar antara bulan Maret – April dan Oktober – November. Uktolseja, dkk (1997) menyatakan bahwa musim

tangkap cakalang di perairan sekitar Bitung dibagi menjadi empat kategori, yaitu : (1). Musim Tangkap I bulan April – Juni, dengan puncak pada bulan Juni, (2). Musim Tangkap II (September - November), puncaknya bulan November, (3). Bukan Musim Tangkap I (Juli – Agustus), paling rendah bulan Agustus, dan (4). Bukan Musim Tangkap II (Desember – Maret), paling rendah pada bulan Januari.

Saat ini penangkapan cakalang dengan pancing semakin menurun, digantikan dengan pukot cincin yang dapat menangkap secara sekaligus dengan jumlah besar. Hal ini dapat saja menyebabkan penurunan rata-rata ukuran ikan yang tertangkap.

Di bagian Selatan, Pulau Banggai sekitar Kendari, Muna Buton, dan Kepulauan Tukang Besi, hasil tangkapan tertinggi terjadi pada bulan Desember – Maret. Untuk Ambon dan perairan sekitarnya, puncak hasil tangkapan terjadi pada bulan September – Maret (Subani, 1961). Musim penangkapan ikan cakalang di perairan sekitar Sorong terjadi pada bulan April – Juli dan September – Oktober. Dengan puncak musim terjadi pada bulan Mei dan Oktober (Sala, 1999).

Di perairan Atlantik tropis, ikan cakalang mendominasi hasil tangkapan dengan pukot cincin mencapai 71 % (Menard *et al.*, 2000). Ukuran yang tertangkap bervariasi 0,80 – 8,22 kg dengan bobot rata-rata 2,05 kg. Di kawasan tersebut penggunaan pukot cincin untuk menangkap ikan tuna dimulai sejak tahun 1960-an, dan berkembang pada tahun 1975 – 1990. Sejak tahun 1991, dilaporkan bahwa telah terjadi penurunan rata-rata berat badan yang diduga akibat *overfishing* (tangkap lebih) atau perubahan pertumbuhan (Menard, *et al.*, 2000). Pada tahun-tahun terakhir ini ikan cakalang mengalami tangkap lebih, juga dilaporkan oleh Fromentin dan Fonteneau (2001).

Sejak akhir tahun 1990 dilakukan kerjasama antara pengusaha swasta nasional dari Filipina (General Santos) untuk mengeksploitasi bersama Zona Ekonomi Eksklusif

Indonesia (ZEEI) di bagian Utara Sulawesi. Alat tangkap yang digunakan ialah pukat cincin dengan memasang 150 *payaos* (rumpon). Penggunaan pukat cincin dengan alat bantu rumpon tentunya juga akan tertangkap ikan-ikan berukuran kecil. Setelah satu tahun pemasangan *payaos* ini telah ada tuntutan dari nelayan huhate Sulawesi Utara bahwa hasil tangkapan mereka menurun cukup banyak (Gafa, *dkk.*, 1993). Sampai dengan tahun 1990, daerah penangkapan cakalang oleh nelayan di Sulawesi Utara masih di bawah 30 mil dari garis pantai. Tetapi mulai tahun 1991 daerah penangkapan menjadi lebih jauh ke tengah, yaitu sekitar rumpon yang dipasang di wilayah ZEEI, milik perusahaan nasional yang bekerja sama dengan perusahaan asing. Selanjutnya Gafa, *dkk* (1993) menyatakan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi penurunan hasil tangkapan cakalang per unit huhate pada tahun 1992 di Sulawesi Utara ialah akibat : (1). meningkatnya upaya penangkapan oleh perikanan huhate, (2). tekanan penangkapan dengan pukat cincin, dan (3). faktor alam, yaitu naiknya suhu perairan laut mencapai 30 °C akibat musim kemarau panjang.

Ikan cakalang termasuk salah satu jenis ikan tuna. Di antara jenis tuna, cakalang tergolong berukuran kecil, namun hasil tangkapannya terbesar di Indonesia. Penyebarannya di seluruh perairan Indonesia, terutama di perairan Indonesia Timur hasil tangkapannya dengan menggunakan pancing mencapai 80 % (McElroy dan Uktolseja, 1992). Ikan tuna dan cakalang merupakan komoditi ekspor utama perikanan setelah udang. Perkembangannya yang sangat cepat terjadi di perairan kawasan Timur Indonesia. Penangkapan cakalang dapat dilakukan sepanjang tahun.

Ikan cakalang selalu bergerombol dalam jumlah besar, sehingga memudahkan penangkapannya dengan pukat cincin (*purse seine*). Pukat cincin yang dipakai seharusnya mempunyai ukuran mata jaring antara 4,5 – 5,0 inci (11,3-12,5 cm), agar

dapat meloloskan ikan-ikan yang masih kecil untuk “*recruitment*” atau penambahan baru. Dengan ukuran mata jaring yang demikian kelestarian sumber dapat dipertahankan. Saat ini hampir semua kapal pukat cincin asing yang beroperasi di perairan Indonesia menggunakan mata jaring 0,75 inci atau sekitar 2,0 cm. Keadaan ini telah terlihat pengaruhnya pada ikan cakalang yang tertangkap di perairan Indonesia Timur, yang ukurannya makin kecil dari tahun ke tahun. Sebagai gambaran dapat dikemukakan bahwa persentase cakalang berukuran lebih besar dari 2,6 kg mengalami penurunan dari 85,3 % pada tahun 1991, menjadi 36,8 % pada tahun 1996. Sebaliknya, ikan cakalang ukuran lebih dari 1,6 kg dan lebih dari 1,2 kg pada periode yang sama masing-masing mengalami kenaikan persentase dari 8,8 % dan 5,9 % menjadi 35,9 % dan 27,4 % (Uktolseja, 1997).

Tingkat pengusahaan sumberdaya ikan laut dibagi atas empat bagian, yaitu : tahap rendah (0 – 33,3 %), berkembang (33,4 – 66,7 %), padat tangkap (66,8 – 100 %), dan lebih tangkap (lebih dari 100 %). Dari potensi ikan cakalang di perairan Indonesia sebesar 374.046 ton, pada tahun 1997 tingkat pengusahaan mencapai 127.853 ton (34,2 %). Di wilayah perairan Laut Sulawesi – Utara Irian Jaya produksi cakalang mencapai 30.538 ton dengan tingkat pengusahaan mencapai 25,2 % (Uktolseja, *dkk.*, 1998).

Huhate (*pole and line*) cenderung menangkap ukuran yang lebih kecil dan ukuran kelas yang lebih sedikit dibanding dengan pukat cincin (*purse seine*). Selektifitas huhate dapat dimodifikasi dengan merubah ukuran pancing, berat tangkai, dan ukuran umpan, tetapi yang paling berarti memilih ukuran dari gerombolan ikan. Selektifitas ukuran pukat cincin dapat divariasikan dengan memilih gerombolan dan mengatur ukuran mata jaring sesuai dengan ukuran ikan yang ditangkap atau lebih besar (Matsumoto *et al.*, 1984)



Jumlah hasil tangkapan tahunan dari tuna dan sejenisnya (termasuk cakalang) meningkat secara teratur dari rata-rata sekitar 1,9 juta ton pada awal tahun 1970-an menjadi 4,2 juta ton pada tahun 1990 (FAO, 1994).

Total potensi ikan cakalang di Indonesia ialah 374.046 ton. Potensi terbesar terdapat di Laut Sulawesi – Utara Irian Jaya yaitu sebesar 121.201 ton. Menurut wilayah pengelolaannya, Indeks Kelimpahan (IK) tertinggi juga terdapat di perairan Laut Sulawesi – Utara Irian Jaya (Uktolseja, dkk; 1998).

Menurut Suwartana (*dalam* Monintja dan Yusfiandayani, 1999), hasil tangkapan ikan cakalang merupakan yang terbesar dibanding jenis ikan lainya di Indonesia. Di perairan Indonesia Bagian Timur hasil tangkapan cakalang rata-rata sekitar 30.000 ton setiap tahun.

## **4.2 Dinamika dan Eksploitasi Ikan Tongkol**

Kelompok ikan tuna kecil antara lain cakalang dan tongkol sebagai komoditi ekspor yang penting bagi Sulawesi Utara. Penelitian tentang potensi dan status pemanfaatan ikan tongkol masih jarang dilakukan dibanding dengan ikan cakalang. Penelitian penulis dan kawan-kawan (Kekenusa, dkk, 2008), mengungkap tentang tingkat pemanfaatan dan pengusaha perikanan cakalang di perairan Sulawesi Utara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa telah terjadi tangkap-lebih (*overfishing*) untuk perikanan cakalang di wilayah ini.

Pemetaan daerah penangkapan ikan cakalang dan tongkol di perairan utara Nanggroe Aceh Darussalam, dilakukan melalui pendekatan suhu permukaan laut (SPL) dan konsentrasi klorofil-a. Konsentrasi klorofil-a dan SPL memiliki hubungan yang positif dengan CPUE (*Catch Per Unit Effort*) ikan cakalang dan tongkol (Muklis, dkk, 2009). Di daerah perairan Teluk Lampung, kegiatan penangkapan ikan sudah

mengkhawatirkan, karena terjadi penurunan CPUE untuk beberapa alat tangkap, sehingga perlu dikembangkan teknologi penangkapan yang difokuskan pada jenis alat yang ramah lingkungan (Hariyanto, 2008).

Di daerah perairan Sumatera Barat penangkapan ikan tongkol dan cakalang menggunakan pukat cincin (*purse seine*) dengan bantuan rumpon. Meskipun hasil tangkapan meningkat, akan tetapi perlu diperhatikan kelestariannya supaya tidak terjadi *overfishing* (Telaumbanua, *dkk*, 2004).

Nurhayati (2001), melakukan pendugaan stok ikan tongkol di perairan Pelabuhan Ratu dengan Model Produksi Surplus menggunakan metode Schaefer dan metode Fox. Diperoleh nilai CPUE yang berfluktuasi, diduga akibat efisiensi unit alat tangkap, teknologi alat tangkap, ruaya, ketersediaan ikan, perubahan musim, dan faktor lingkungan. Terungkap juga bahwa model terbaik ialah model Fox, dan terdapat indikasi *overfishing* pada 2 lokasi dari 7 lokasi pendaratan ikan. Tingkat pengusahaan yang padat (*fully exploited*) ikan tongkol di perairan selatan Jawa Timur, juga dilaporkan (Lelono, 2011) dengan menggunakan Model Produksi Surplus metode Schaefer dan Fox.

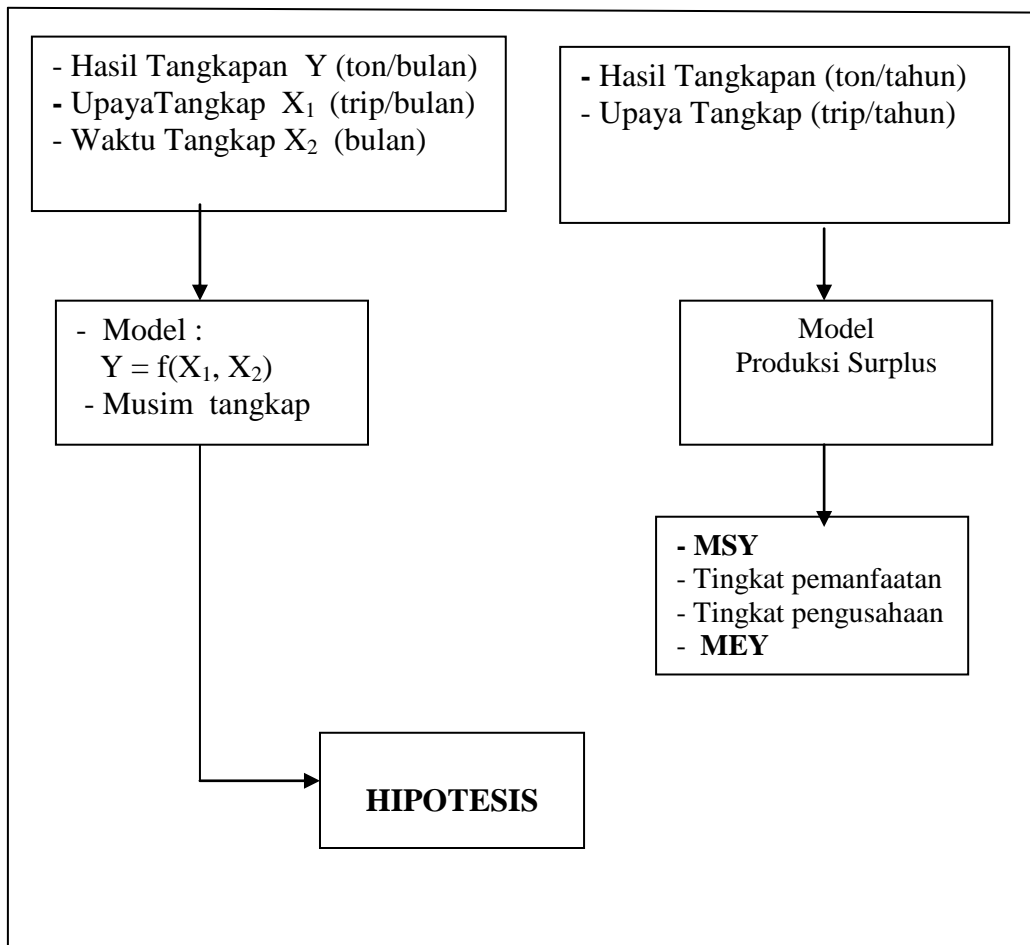
Berdasarkan hasil penelitian pada beberapa daerah tersebut di atas, dirasakan sudah sangat mendesak untuk mengetahui tentang pengusahaan perikanan tongkol di Sulawesi Utara, melalui pendekatan Model Produksi Surplus (MPS).

## **5. KERANGKA KONSEPTUAL DAN PROSEDUR PEMODELAN**

### **5.1 Konseptual Pemodelan**

Pemodelan bertujuan mempelajari sistem dan hakekat model mewakili realitas dengan bentuk lebih sederhana. Dengan demikian, pemodelan dapat diartikan sebagai upaya mencari perwakilan realitas berbentuk sistem dengan bentuk lebih sederhana. Salah satu jenis model yang telah luas diterapkan ialah model matematika.

Misalkan, dari data hasil tangkapan ( $Y$ ), upaya tangkap ( $X_1$ , trip), dan waktu tangkap ( $X_2$ , bulan), dapat dibuat model penduga untuk hasil tangkapan  $Y = f(X_1, X_2)$  serta dapat diketahui musim tangkap ikan. Demikian pula dengan pendekatan hasil tangkap per upaya (CPUE) dapat diduga nilai MSY, MEY, tingkat pemanfaatan, dan tingkat pengusahaan perikanan. Melalui pendekatan bioekonomi, dapat dihitung tingkat upaya yang menghasilkan keuntungan maksimum. Hubungan antar konsep tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.1.

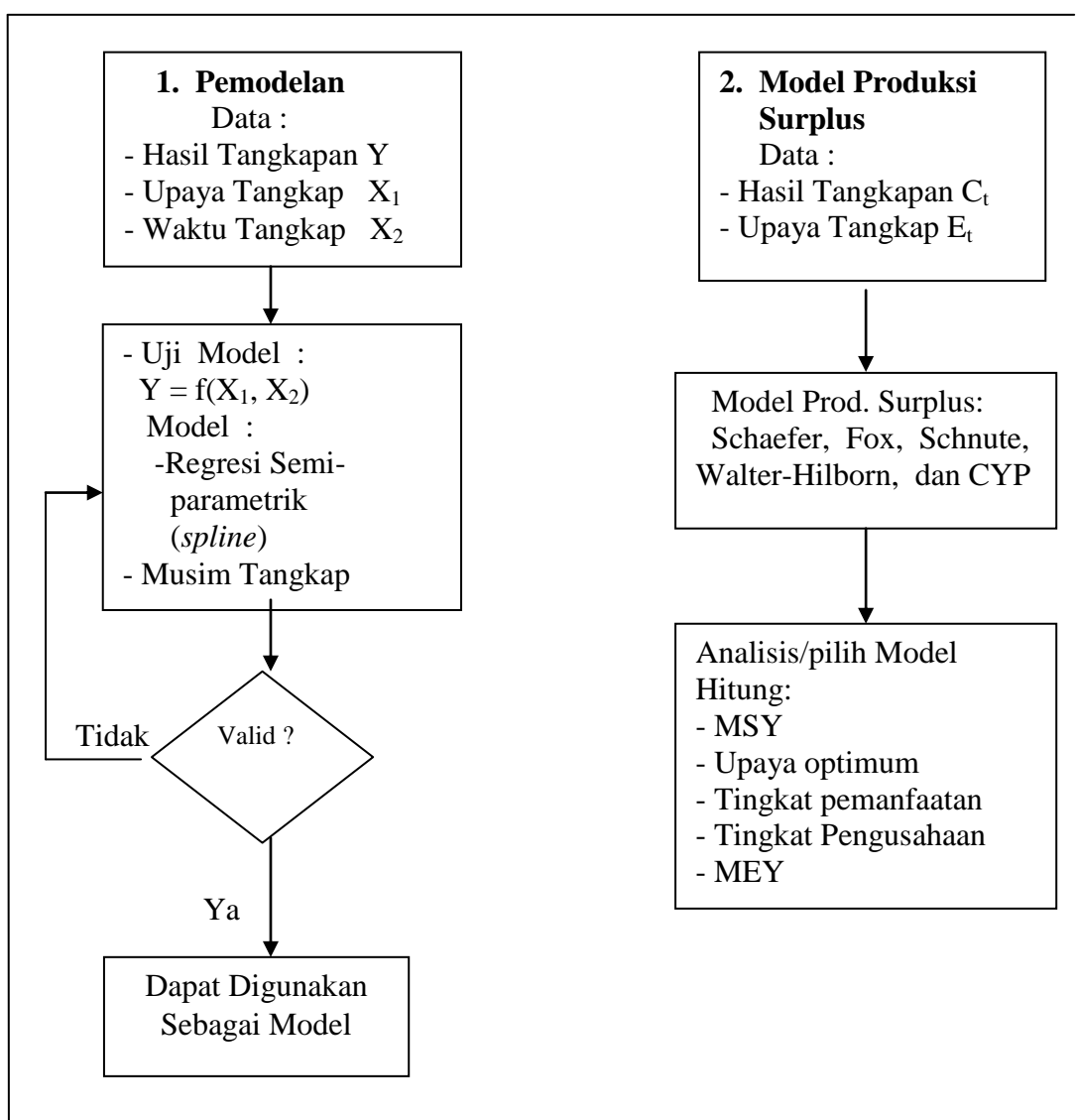


**Gambar 5.1. Contoh kerangka konseptual penelitian**

## 5.2 Prosedur Pembentukan Model

Prosedur pembentukan model mencakup : pendugaan koefisien dan parameter, serta pengujian model. Pengujian model meliputi pendugaan parameter dan pemeriksaan kesahihan (validasi) model.

Kegiatan ini diawali dengan pengumpulan data empirik. Tahapan berikutnya ialah pembentukan model, pendugaan parameter, dan pengujian hipotesis. Mengacu kepada contoh kerangka konseptual penelitian pada Gambar 5.1, dapat dibuat diagram alur tahapan kegiatan penelitian dan pengujiannya, seperti pada Gambar 5.2.



**Gambar 5.2. Kerangka operasional pelaksanaan penelitian**

### 5.3 Metode pengumpulan data dan definisi operasional variabel yang dianalisis

Untuk menganalisis penentuan musim tangkap, umumnya dibutuhkan data hasil tangkapan ( $Y$ , ton) dan upaya tangkap ( $X_1$ , trip), dan waktu tangkap ( $X_2$ , bulan). Definisi operasional dari data (variabel) yang digunakan untuk pembentukan model ialah sebagai berikut :

1. Hasil tangkapan (Y) : berat ikan yang didaratkan (ton) dalam sebulan
2. Upaya tangkap ( $X_1$ ) : jumlah kapal motor penangkap ikan yang mendaratkan hasilnya di tempat pendaratan (trip) dalam sebulan,
3. Waktu tangkap ( $X_2$ ) : bulan pada saat operasi penangkapan, datanya diurutkan mulai dari pertama sampai terakhir.

Data yang digunakan untuk penerapan model produksi surplus ialah hasil tangkapan ( $C_t$ ) per tahun dan upaya tangkap ( $E_t$ ) per tahun, serta CPUE ( $\frac{C_t}{E_t}$ ). Definisi operasional data (variabel) yang digunakan untuk analisis model produksi surplus ialah sebagai berikut :

1. Hasil tangkapan ( $C_t$ ) : berat ikan yang didaratkan (ton) pada tahun ke t
2. Upaya tangkap ( $E_t$ ) : jumlah kapal motor penangkap ikan yang mendaratkan hasilnya di tempat pendaratan (trip) pada tahun ke t
3.  $\frac{C_t}{E_t}$  :  $C_t$  dibagi  $E_t$  (ton /trip) pada tahun ke t

Model produksi surplus yang umumnya dikaji ialah, model : Schaefer, Fox, Schnute, Walter-Hilborn, dan Clarke Yoshimoto Pooley (CYP). Dari model-model tersebut dievaluasi dan dipilih model yang terbaik.

### 5.3 Metode Analisis Data

Untuk analisis penentuan musim tangkap, jenis model yang diterapkan sesuai dengan pola sebaran data, dapat dilakukan analisis regresi baik parametrik maupun non-parametrik.

Analisis untuk Model Produksi Surplus, juga memperhitungkan jenis alat tangkap yang digunakan. Kemampuan setiap jenis alat tangkap berbeda-beda, sehingga

perlu dilakukan standarisasi upaya tangkap. Rumus yang digunakan untuk menstandarisasi upaya tangkap ialah sebagai berikut (Gulland, 1982) :

(1). Menghitung *Fishing Power Index* (FPI)

$$FPI = \frac{CPUE_{dst}}{CPUE_{st}}$$

(2). Menghitung Upaya Standar

$$E_s = FPI \times E_{dst}$$

Keterangan : FPI = Fishing Power Indeks  
CPUE<sub>dst</sub> = CPUE alat tangkap yang akan distandarisasi  
CPUE<sub>st</sub> = CPUE alat tangkap standar  
E<sub>s</sub> = Upaya tangkap hasil standarisasi  
E<sub>dst</sub> = Upaya tangkap yang akan distandarisasi

Model penduga yang dianalisis dan dievaluasi ialah : model Schaefer, model Fox, model Schnute, model Walter-Hilborn, dan model Clarke Yoshimoto Pooley (CYP). Berdasarkan hasil evaluasi secara statistika, akan diperoleh suatu model yang “terbaik” sebagai penduga. Dari model tersebut dapat dihitung nilai C<sub>MSY</sub>, upaya tangkap optimum, tingkat pemanfaatan, tingkat pengusahaan, E<sub>MEY</sub>, serta C<sub>MEY</sub> sumberdaya perikanan suatu jenis ikan, misalnya cakalang atau jenis ikan lainnya. Langkah-langkah dan urutan analisis data disajikan pada bab 3.

Pengujian model meliputi pendugaan parameter dan pemeriksaan kesahihan (validasi) model. Pengujian kesahihan (validasi) model menggunakan tolok ukur keakuratan (*accuracy*), ketelitian (*precision*), dan ketegaran (*robustness*) (Meyer, 1987). Ukuran akurasi dapat digunakan koefisien determinasi (R<sup>2</sup>), sedangkan untuk ukuran ketelitian dan ketegaran digunakan taraf-nyata ( $\alpha$ ) untuk uji F (Zar, 1984). Taraf-nyata ( $\alpha$ ) yang digunakan ialah 5 %.

## 6. APLIKASI MODEL PRODUKSI SURPLUS :

### *Data Ikan Tongkol*

#### 6.1 Model Produksi Surplus Ikan Tongkol di Perairan Bitung

Hasil tangkapan perikanan tongkol di perairan Bitung berfluktuasi dari tahun ke tahun. Data hasil tangkapan selang tahun 1995 - 2014, disajikan pada Tabel 6.1.1.

**Tabel 6.1.1** Jumlah hasil tangkapan, upaya tangkap, dan CPUE ikan tongkol di perairan Bitung tahun 1995-2014

Tahun	Tangkapan (ton), $C_t$	Upaya (trip), $E_t$	CPUE = $\frac{C_t}{E_t}$ (ton/trip)
1995	6500.2	13101	.4962
1996	7152.1	13212	.5413
1997	9121.4	14102	.6468
1998	10169.3	14512	.7008
1999	9824.3	14671	.6696
2000	10517.4	15600	.6742
2001	10657.4	15523	.6866
2001	10404.6	15212	.6840
2003	10492.7	15372	.6826
2004	10821.4	15400	.7027
2005	10962.5	15534	.7057
2006	10121.5	15540	.6513
2007	9554.1	17953	.5322
2008	9621.4	18488	.5204
2009	9059.4	18788	.4822
2010	8513.5	19610	.4341
2011	8747.5	19712	.4438
2012	8781.5	20824	.4217
2013	7517.4	21840	.3442
2014	7222.3	22121	.3265
<b>Rata-rata</b>	<b>9288,095</b>	<b>16855,75</b>	<b>0,5673</b>

**Sumber** : Diolah dari data Dinas Kelautan dan Perikanan Kota Bitung dan Provinsi Sulawesi Utara

Hasil analisis regresi untuk model produksi surplus disajikan pada Lampiran 2, yang diuraikan sebagai berikut :

#### **Model Schaefer**

Dari hasil analisis diperoleh persamaan regresi  $\frac{C_t}{E_t} = 1,182 - 0,00003647 E_t$ ,

dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) = 0,647 dan tingkat signifikansi  $p < 0,05$ .



Dengan demikian model produksi penduga hasil tangkapan untuk model Schaefer sesuai persamaan (3.8) ialah :  $C_t = 1,182 E_t - 0,00003647 E_t^2$ .

### Model Fox

Pada model Fox dilakukan analisis regresi sederhana antara Ln CPUE dengan Upaya untuk data pada Tabel 6.1.2.

Tabel 6.1.2 Jumlah hasil tangkapan, upaya tangkap, CPUE, dan Ln CPUE ikan tongkol di perairan Bitung

Tahun	Tangkapan (ton), $C_t$	Upaya (trip), $E_t$	CPUE (ton/trip)	Ln CPUE
1995	6500.2	13101	.4962	-0,7009
1996	7152.1	13212	.5413	-0,6137
1997	9121.4	14102	.6468	-0,4357
1998	10169.3	14512	.7008	-0,3556
1999	9824.3	14671	.6696	-0,4010
2000	10517.4	15600	.6742	-0,3942
2001	10657.4	15523	.6866	-0,3761
2001	10404.6	15212	.6840	-0,3798
2003	10492.7	15372	.6826	-0,3819
2004	10821.4	15400	.7027	-0,3528
2005	10962.5	15534	.7057	-0,3486
2006	10121.5	15540	.6513	-0,4288
2007	9554.1	17953	.5322	-0,6308
2008	9621.4	18488	.5204	-0,6531
2009	9059.4	18788	.4822	-0,7294
2010	8513.5	19610	.4341	-0,8344
2011	8747.5	19712	.4438	-0,8125
2012	8781.5	20824	.4217	-0,8635
2013	7517.4	21840	.3442	-1,0665
2014	7222.3	22121	.3265	-1,1194
<b>Rata-rata</b>	<b>9288,095</b>	<b>16855,75</b>	<b>0,5673</b>	

Dari hasil analisis regresi diperoleh persamaan regresi :

$$\text{Ln} \frac{C_t}{E_t} = 0,627 - 0,00007244 E_t, \text{ dengan } R^2 = 0,685 \text{ (} p < 0,05\text{)}. \text{ Penduga hasil}$$

tangkapan untuk model Fox sesuai persamaan (3.14) :

$$C_t = E_t \cdot e^{(0,627 - 0,00007244 E_t)}.$$

### Model Schnute

Untuk metode Schnute dilakukan regresi antara  $\text{Ln}(U_{t+1}/U_t)$  dengan  $(U_{t+1}+U_t)/2$  dan  $(E_{t+1}+E_t)/2$  untuk data pada Tabel 6.1.3.

Tabel 6.1.3 Jumlah hasil tangkapan, upaya tangkap, CPUE,  $\ln(U_{t+1}/U_t)$ ,  $(U_{t+1}+U_t)/2$ ,  $(E_{t+1}+E_t)/2$  ikan tongkol di perairan Bitung

Tahun	Tangkapan (ton), $C_t$	Upaya (trip), $E_t$	CPUE $U_t$	$\ln(U_{t+1}/U_t)$	$(U_{t+1}+U_t)/2$	$(E_{t+1}+E_t)/2$
1995	6500.2	13101	.4962	.0869	.5188	13157
1996	7152.1	13212	.5413	.1781	.5941	13657
1997	9121.4	14102	.6468	.0802	.6738	14307
1998	10169.3	14512	.7008	-.0455	.6852	14592
1999	9824.3	14671	.6696	.0067	.6719	15136
2000	10517.4	15600	.6742	.0182	.6804	15562
2001	10657.4	15523	.6866	.0038	.6853	15368
2001	10404.6	15212	.6840	-.0020	.6833	15295
2003	10492.7	15372	.6826	.0290	.6927	15386
2004	10821.4	15400	.7027	.0043	.7042	15467
2005	10962.5	15534	.7057	-.0802	.6785	15537
2006	10121.5	15540	.6513	-.2019	.5923	16747
2007	9554.1	17953	.5322	-.0224	.5263	18221
2008	9621.4	18488	.5204	-.0762	.5013	18638
2009	9059.4	18788	.4822	-.1051	.4582	19199
2010	8513.5	19610	.4341	.0221	.4389	19661
2011	8747.5	19712	.4438	-.0511	.4328	20268
2012	8781.5	20824	.4217	-.2031	.3829	21332
2013	7517.4	21840	.3442	-.0528	.3354	21981
2014	7222.3	22121	.3265	.0869	.5188	13157

Dari data pada Tabel 6.1.3, berdasarkan persamaan (3.19) diperoleh persamaan regresi  $\ln(U_{t+1}/U_t) = 0,843 - 0,417 (U_{t+1}+U_t)/2 - 0,0000371 (E_{t+1}+E_t)/2$  dengan  $R^2 = 0,457$ , dan tidak semua koefisien regresi signifikan (lihat Lampiran 2.3).

#### Model Walter - Hilborn

Pada metode Walter – Hilborn dilakukan analisis regresi antara  $(U_{t+1}/U_t) - 1$  dengan  $U_t$  dan  $E_t$  untuk data pada Tabel 6.1.4. Dari data pada Tabel 6.1.4 sesuai persamaan (3.23), diperoleh persamaan regresi  $(U_{t+1}/U_t)-1 = 0,905 - 0,514 U_t - 0,00003762 E_t$  dengan  $R^2 = 0,522$ , semua koefisien regresi signifikan ( $p < 0,05$ ) (lihat Lampiran 2.4).

Tabel 6.1.4 Jumlah hasil tangkapan, upaya tangkap, CPUE, dan  $(U_{t+1}+U_t) - 1$  ikan tongkol di perairan Bitung

Tahun	Tangkapan (ton), $C_t$	Upaya (trip), $E_t$	CPUE $U_t$	$(U_{t+1}/U_t) - 1$
1995	6500.2	13101	.4962	.0903
1996	7152.1	13212	.5413	.1949
1997	9121.4	14102	.6468	.0946
1998	10169.3	14512	.7008	-.0445
1999	9824.3	14671	.6696	.0007
2000	10517.4	15600	.6742	.0184
2001	10657.4	15523	.6866	.0038
2001	10404.6	15212	.6840	-.0020
2003	10492.7	15372	.6826	.0294
2004	10821.4	15400	.7027	.0043
2005	10962.5	15534	.7057	-.0771
2006	10121.5	15540	.6513	-.1829
2007	9554.1	17953	.5322	-.0222
2008	9621.4	18488	.5204	-.0734
2009	9059.4	18788	.4822	-.0998
2010	8513.5	19610	.4341	.0223
2011	8747.5	19712	.4438	-.0498
2012	8781.5	20824	.4217	-.1838
2013	7517.4	21840	.3442	-.0514
2014	7222.3	22121	.3265	

### Model Clarke Yoshimoto Pooley (CYP)

Pada metode CYP dilakukan regresi berganda antara  $\ln(U_{t+1})$  dengan  $\ln(U_t)$  dan  $(E_t+E_{t+1})$  untuk data pada Tabel 6.1.5. Dari data pada Tabel 6.1.5 sesuai persamaan (3.26), diperoleh persamaan regresi :  $\ln(U_{t+1}) = 0,500 + 0,673 \ln(U_t) - 0,00002102 (E_t+E_{t+1})$  dengan  $R^2 = 0,947$ , dan semua koefisien regresi signifikan ( $p < 0,05$ ).

Tabel 6.1.5 Jumlah hasil tangkapan, upaya tangkap, CPUE,  $\ln(U_{t+1})$ ,  $\ln(U_t)$ , dan  $(E_t+E_{t+1})$  ikan tongkol di perairan Bitung

Tahun	Tangkapan (ton), $C_t$	Upaya (trip), $E_t$	CPUE $U_t$	$\ln(U_{t+1})$	$\ln(U_t)$	$(E_t+E_{t+1})$
1995	6500.2	13101	.4962	-0.6138	-0.7009	26313
1996	7152.1	13212	.5413	-0.4357	-0.6137	27314
1997	9121.4	14102	.6468	-0.3555	-0.4357	28614
1998	10169.3	14512	.7008	-0.4011	-0.3556	29183
1999	9824.3	14671	.6696	-0.3942	-0.4010	30271
2000	10517.4	15600	.6742	-0.3760	-0.3942	31120
2001	10657.4	15523	.6866	-0.3798	-0.3761	30735
2001	10404.6	15212	.6840	-0.3818	-0.3798	30584
2003	10492.7	15372	.6826	-0.3528	-0.3819	30772
2004	10821.4	15400	.7027	-0.3486	-0.3528	30934
2005	10962.5	15534	.7057	-0.4288	-0.3486	31074
2006	10121.5	15540	.6513	-0.6307	-0.4288	33493
2007	9554.1	17953	.5322	-0.6463	-0.6308	36441
2008	9621.4	18488	.5204	-0.7294	-0.6531	37276
2009	9059.4	18788	.4822	-0.8345	-0.7294	38398
2010	8513.5	19610	.4341	-0.8124	-0.8344	39322
2011	8747.5	19712	.4438	-0.8635	-0.8125	40536
2012	8781.5	20824	.4217	-0.0665	-0.8635	42664
2013	7517.4	21840	.3442	-1.0665	-1.0655	43961
2014	7222.3	22121	.3265	-1.1193	-1.1194	

### Evaluasi Model Produksi Surplus

Pada model Schaefer diperoleh nilai koefisien regresi  $a = 1,182$  (bernilai positif) dan nilai  $b = -00003647$  (bertanda negatif), berarti sesuai dengan tanda yang dipersyaratkan. Untuk model Fox juga diperoleh nilai  $a$  yang positif dan  $b$  yang negatif seperti yang dipersyaratkan.

Untuk model Schnute nilai koefisien regresi sesuai yang dipersyaratkan. Pada model Walter – Hilborn seluruh tanda koefisien regresi sesuai syarat yang ditentukan, akan tetapi ada koefisien regresi yang tidak signifikan. Pada model Clarke Yoshimoto Pooley semua tanda koefisien regresi sesuai dan signifikan. Secara lengkap hasil perhitungan lima penduga model produksi surplus, nilai  $R^2$ , dan nilai validasi (nilai residual) disajikan pada Tabel 6.1.6. Perhitungan validasi (nilai residual) dapat dilihat pada Lampiran 2.1 – 2.5

**Tabel 6.1.6. Hasil validasi model produksi surplus ikan tongkol di perairan Bitung**

	<b>Model Schaefer</b>	<b>Model Fox</b>	<b>Model Schnute</b>	<b>Model Walter-Hilborn</b>	<b>Model CYP</b>
Kesesuaian Tanda	<b>Sesuai</b>	Sesuai	Sesuai	Sesuai	Sesuai
Nilai R <sup>2</sup>	<b>0,647</b>	0,685	0,457	0,522	0,947
Nilai Validasi	<b>0,0984</b>	0,1015	0,2827	0,2219	3,3910
Signifikansi Koefisien Regresi Individu	<b>Signifikan</b>	Signifikan	Signifikan	Tidak semua Signifikan	Signifikan

Dari Tabel 6.1.6, terlihat bahwa yang paling sesuai ialah **model Schaefer** dengan nilai R<sup>2</sup> cukup besar dan nilai validasi paling kecil. Model Clarke Yoshimoto Pooley memiliki nilai R<sup>2</sup> terbesar, akan tetapi nilai validasinya paling besar.

Hasil analisis regresi untuk model Schaefer sesuai persamaan (3.8) diperoleh persamaan produksi surplus :  $C_t = 1,182 E_t - 0,00003647 E_t^2$ , yang merupakan suatu persamaan kuadrat. Hal ini dapat diartikan bahwa pada awalnya peningkatan upaya tangkap ( $E_t$ ) akan meningkatkan hasil tangkapan ( $C_t$ ), hingga mencapai suatu titik maksimum lestari. Selanjutnya akan terjadi penurunan hasil tangkapan, seiring dengan terus bertambahnya nilai upaya tangkap.

Sesuai persamaan (3.9) dan (3.10) dapat dihitung nilai upaya tangkap optimum ( $E_{opt}$ ) dan hasil tangkapan maksimum lestari ( $C_{MSY}$ ), sebagai berikut :

$$E_{opt} = \frac{a}{2b} = \frac{1,182}{2(0,00003647)} = 16205,10 \approx 16205 \text{ trip per tahun.}$$

$$C_{MSY} = \frac{a^2}{4b} = \frac{1,182^2}{4(0,00003647)} = 9577,214 \text{ ton per tahun.}$$

Ini berarti bahwa untuk menjaga kelestarian sumberdaya perikanan tongkol secara teknis dan biologis, dalam setahun jumlah unit penangkapan tidak boleh melebihi 16205 trip. Untuk menjaga kelestarian sumberdaya ikan tongkol di perairan Bitung, maksimum ikan yang dapat ditangkap sebesar 9577,214 ton per tahun.

Selanjutnya dari nilai  $E_{opt}$  dan  $C_{MSY}$  dapat dihitung tingkat upaya penangkapan dan tingkat pemanfaatan ikan tongkol di perairan Bitung untuk tahun tertentu misalkan tahun 2005, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Tingkat upaya tahun 2005} &= \frac{E_{2005}}{E_{opt}} \times 100\% \\ &= \frac{15535}{16205} \times 100\% = 95,86\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tingkat pemanfaatan tahun 2005} &= \frac{C_{2005}}{C_{MSY}} \times 100\% \\ &= \frac{10962,5}{9577,214} \times 100\% = 114,46\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, ternyata upaya tangkap ikan tongkol di perairan Bitung pada tahun 2005, mendekati tingkat upaya maksimum lestari. Hal ini menunjukkan upaya penangkapan yang kurang efisien. Tingkat pemanfaatan untuk tahun 2005, sudah melampaui tingkat optimum, sebagai tanda terjadinya *overfishing* (tangkap-lebih).

Penelitian ini menjelaskan penggunaan beberapa kriteria statistika dalam memilih model produksi surplus terbaik. Dengan menerapkan beberapa kriteria statistika dalam memilih model produksi surplus, akan diperoleh hasil yang lebih baik. Para peneliti di bidang perikanan mendapatkan pedoman dalam menetapkan kriteria pemilihan model produksi surplus, sekaligus juga menghindari penerapan langsung satu model saja dalam menganalisis model produksi surplus di suatu perairan.

## 6.2 Model Produksi Surplus Ikan Tongkol di Perairan Manado

Hasil tangkapan perikanan tongkol di perairan Manado berfluktuasi dari tahun ke tahun. Data hasil tangkapan selang tahun 1995 - 2014, disajikan pada Tabel 6.2.1.

**Tabel 6.2.1** Jumlah hasil tangkapan, upaya tangkap, dan CPUE ikan tongkol di perairan Manado tahun 1995-2014

Tahun	Tangkapan (ton)	Upaya (trip)	CPUE = $\frac{C_t}{E_t}$ (ton/trip)
1995	700,0	2411	0,2903
1996	715,9	2500	0,2864
1997	923,4	2515	0,3672
1998	1347,4	3200	0,4211
1999	798,1	4215	0,1893
2000	847,6	4200	0,2018
2001	908,3	4117	0,2206
2002	864,2	4200	0,2058
2003	891,2	4206	0,2119
2004	920,1	4321	0,2129
2005	983,3	4360	0,2255
2006	926,6	4372	0,2119
2007	900,2	4512	0,1995
2008	906,4	4501	0,2014
2009	873,2	4522	0,1931
2010	826,5	4611	0,1792
2011	853,2	4620	0,1847
2012	869,3	4613	0,1884
2013	722,4	4621	0,1563
2014	721,6	4701	0,1535

**Sumber** : Diolah dari data Dinas Kelautan dan Perikanan Kota Manado dan Provinsi Sulawesi Utara

Hasil analisis regresi untuk model produksi surplus disajikan pada Lampiran 2, yang diuraikan sebagai berikut :

#### **Model Schaefer**

Dari hasil analisis diperoleh persamaan regresi  $\frac{C_t}{E_t} = 0,524 - 0,00007364 E_t$ ,

dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) = 0,682 dan tingkat signifikansi  $p < 0,05$ . Dengan demikian model produksi penduga hasil tangkapan untuk model Schaefer sesuai persamaan (8) ialah :  $C_t = 0,524 E_t - 0,00007364 E_t^2$ .

### **Model Fox**

Dari hasil analisis regresi diperoleh persamaan regresi :

$$\ln \frac{C_t}{E_t} = -0,352 - 0,000289 E_t, \text{ dengan } R^2 = 0,729 \text{ (} p < 0,05\text{)}. \text{ Penduga hasil}$$

tangkapan untuk model Fox sesuai persamaan (3.14) :

$$C_t = E_t \cdot e^{(-0,352 - 0,000289 E_t)}.$$

### **Model Schnute**

Untuk metode Schnute sesuai persamaan (3.19), didapatkan persamaan regresi :  $\ln(U_{t+1}/U_t) = 1,345 - 2,278 (U_{t+1}+U_t)/2 - 0,000210 (E_{t+1}+E_t)/2$  dengan  $R^2 = 0,112$ , dan semua koefisien regresi tidak ada yang signifikan ( $p > 0,05$ ).

### **Model Walter - Hilborn**

Pada metode Walter–Hilborn dengan menggunakan persamaan (3.23) diperoleh persamaan regresi  $(U_{t+1}/U_t) - 1 = 1,798 - 3,268 U_t - 0,000264 E_t$  dengan  $R^2 = 0,634$ , semua koefisien regresi signifikan ( $p < 0,05$ ).

### **Model Clarke Yoshimoto Pooley (CYP)**

Pada metode CYP diperoleh persamaan regresi, menurut persamaan (3.26) :  $\ln(U_{t+1}) = -0,264 - 0,018 \ln(U_t) - 0,000159 (E_t + E_{t+1})$  dengan  $R^2 = 0,759$ , dan tidak semua koefisien regresi signifikan.

Hasil perhitungan validasi data untuk kelima model produksi surplus disajikan pada Lampiran 3.2, yang diringkas pada Tabel 6.2.2.



**Tabel 6.2.2. Hasil validasi model produksi surplus ikan tongkol di perairan Manado**

	<b>Model Schaefer</b>	<b>Model Fox</b>	<b>Model Schnute</b>	<b>Model Walter-Hilborn</b>	<b>Model CYP</b>
Kesesuaian Tanda	<b>Sesuai</b>	Tidak Sesuai	Sesuai	Sesuai	Tidak Sesuai
Nilai R <sup>2</sup>	<b>0,682</b>	0,729	0,112	0,634	0,759
Nilai Validasi	<b>0,08420</b>	0,08781	0,11130	0,08970	2.5634
Signifikansi Koefisien Regresi Individu	<b>Signifikan</b>	Signifikan	Tidak Signifikan	Signifikan	Tidak Signifikan

Dari hasil perhitungan pada Tabel 6.2.2, terlihat bahwa yang paling sesuai ialah model Schaefer dengan nilai R<sup>2</sup> cukup besar (R<sup>2</sup> = 0,682) dan validasi (nilai residual) paling kecil. Dari model Schaefer diperoleh nilai a = 0,524 dan nilai b = 0,00007364, dengan persamaan (3.9) dan (3.10) dapat dihitung nilai upaya optimum (E<sub>opt</sub>) dan tangkapan maksimum lestari (C<sub>MSY</sub>) sebagai berikut :

$$E_{opt} = \frac{a}{2b} = \frac{0,524}{2(0,00007364)} = 3557,8 \approx 3558 \text{ trip per tahun.}$$

$$C_{MSY} = \frac{a^2}{4b} = \frac{0,524^2}{4(0,00007364)} = 932,156 \text{ ton per tahun.}$$

Ini berarti bahwa untuk menjaga kelestarian sumberdaya perikanan tongkol secara teknis dan biologis, dalam setahun jumlah unit penangkapan tidak boleh melebihi 3558 trip. Untuk menjaga kelestarian sumberdaya ikan tongkol di perairan Manado, maksimum ikan yang dapat ditangkap sebesar 932,156 ton per tahun.

Selanjutnya dari nilai E<sub>opt</sub> dan C<sub>MSY</sub> dapat dihitung tingkat upaya penangkapan dan tingkat pemanfaatan ikan tongkol untuk tahun tertentu misalkan tahun 2005, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Tingkat upaya tahun 2005} &= \frac{E_{2005}}{E_{opt}} \times 100\% \\ &= \frac{4360}{3558} \times 100\% = 122,54\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tingkat pemanfaatan tahun 2005} &= \frac{C_{2005}}{C_{MSY}} \times 100\% \\ &= \frac{983,3}{932,156} \times 100\% = 105,487\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, ternyata upaya tangkap ikan tongkol di perairan Manado pada tahun 2005, sudah melebihi tingkat upaya maksimum lestari. Hal ini menunjukkan upaya penangkapan yang sangat tidak efisien. Tingkat pemanfaatan untuk tahun 2005, sudah melampaui tingkat optimum, menjadi tanda terjadinya *overfishing* (tangkap-lebih).

Penelitian ini menjelaskan penggunaan beberapa kriteria statistika dalam memilih model produksi surplus terbaik. Dengan menerapkan beberapa kriteria statistika dalam memilih model produksi surplus, akan diperoleh hasil yang lebih baik. Para peneliti di bidang perikanan mendapatkan pedoman dalam menetapkan kriteria pemilihan model produksi surplus, sekaligus juga menghindari penerapan langsung satu model saja dalam menganalisis model produksi surplus di suatu perairan.

### **6.3 Model Produksi Surplus Ikan Tongkol di Perairan Bolaang-Mongodow**

(Menunggu Data Penelitian Tahun kedua).....

## DAFTAR PUSTAKA

- Boer, M., dan K.A. Azis. 1995. Prinsip-prinsip Dasar Pengelolaan Sumberdaya Perikanan Melalui Pendekatan Bio-Ekonomi. *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan* III(2):109-119.
- Coppola G., and S. Pascoe. 1996. A Surplus Production Model with a non-linear Catch-Effort Relationship. (Research Paper 105) Center for the Economics and Managemant of Aquatic Resources University of Portsmouth.
- [DKP] Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Utara. 2012. Statistik Perikanan Tangkap Provinsi Sulawesi Utara Tahun 2011.
- Fauzi, A., dan S. Anna. 2005. Pemodelan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan untuk Analisis Kebijakan. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Fox, W.W. 1970. An Exponential Surplus Yield Model for Optimazing Exploited Fish Population. *Trans. Am. Fish Soc.* 99(1):80-88.
- Gulland, J.A. 1983. Fishing and Stock of Fish at Iceland. *Mui.`Agric. Fish Food, Invest. (Ser.2)* 23(4): 52 – 70.
- Kekenusa, J.S. 2006. Pemodelan Hasil Tangkapan dan Evaluasi Model Produksi Surplus Ikan Cakalang yang Tertangkap di Perairan Sekitar Bitung Provinsi Sulawesi Utara. Disertasi (Tidak Dipublikasikan). Program Pascasarjana Universitas Airlangga. Surabaya. 140 hal.
- Kekenusa, J.S. 2007. Analisis Bio-ekonomi Ikan Cakalang yang Tertangkap di Perairan Sekitar Bitung Provinsi Sulawesi Utara. *Pacific Journal* Vol.2 No.1 :71-76.
- Kekenusa, J.S., V.N.R. Watung, Dj. Hatidja, dan A.J. Rindengan. 2008. Penentuan Status Pemanfaatan dan Skenario Pengelolaan Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) yang Tertangkap di Perairan Sulawesi Utara. Laporan Penelitian Hibah Bersaing.
- Kekenusa, J.S., V.N.R. Watung, dan Dj. Hatidja. 2009. Penentuan Status Pemanfaatan dan Skenario Pengelolaan Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) yang Tertangkap di Perairan Sangihe-Talaud. Laporan Kegiatan Penelitian Strategis Nasional Tahun 2009.
- Meyer, W.J. 1987. *Concepts of Mathematical Modelling*. McGraw-Hill Inc. New York. 439p.
- Monintja, D. R., dan R. Yusfiandayani. 1999. Teknologi Penangkapan Ikan Cakalang dan Tuna. *Laboratorium Teknologi Penangkapan Ikan, FPIK-IPB*. Bogor. 27 hal.

- Monintja, D. R., dan R. Yusfiandayani. 2001. Pemanfaatan Sumberdaya Pesisir Dalam Bidang Perikanan Tangkap. Prosiding Pelatihan Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu. IPB, Bogor.
- Purwanto. 1988. Bio-Ekonomi Penangkapan Ikan : Model Statik. Oseana. Vol. XIII No. 2. Departemen Pertanian, Jakarta.
- Schnute, J. 1977. Improved Estimates from the Schaefer Production Models : Theoretical Considerations : J. Fish. Res. Board Can., 34:583-663.
- Sparre , P. and S.C. Venema. 1999. Introduksi Pengkajian Stok Ikan Tropis. Buku 1 Manual. (Terjemahan J. Widodo. I.G.S. Merta, S. Nurhakim, dan M. Badrudin). Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Kerjasama dengan Organisasi Pangan dan Pertanian Perserikatan Bangsa-bangsa). Jakarta. 438 hal.
- Sularso, A. 2005. Alternatif Pengelolaan Perikanan Udang di Laut Arafura. Disertasi (Tidak Dipublikasikan). Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 130 hal.
- Tinungki, G. M. 2005. Evaluasi Model Produksi Surplus dalam Menduga Hasil Tangkapan Maksimum Lestari untuk Menunjang Pengelolaan Perikanan Lemuru Di Selat Bali. Disertasi (Tidak Dipublikasikan). Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 207 hal.
- Uktolseja, J.C.B. 1997. Laporan Penelitian Indeks Kelimpahan Ikan Tuna dan Cakalang di Sekitar Rumpon (Tidak Diterbitkan). Balai Penelitian Perikanan Laut, Jakarta. 29 hal.
- Widodo, J. 1987. Modified Surplus Production Methods of Gulland (1961), and Schnute (1977). A Serial Seminars Published by Oceana XII(2):119-130.
- Zar, J.H. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, New Jersey.

**Lampiran 1 Hasil analisis regresi model produksi surplus ikan tongkol  
Di perairan Bitung**

**1.1 Model Schaefer**

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.804 <sup>a</sup>	.647	.627	.0780335

a. Predictors: (Constant), Et

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.200	1	.200	32.921	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.110	18	.006		
	Total	.310	19			

a. Dependent Variable: Ut

b. Predictors: (Constant), Et

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.182	.109		10.890	.000
	Et	-3.647E-005	.000	-.804	-5.738	.000

a. Dependent Variable: Ut

**1.2 Model Fox**

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.827 <sup>a</sup>	.685	.667	.14230162

a. Predictors: (Constant), Et

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.791	1	.791	39.062	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.364	18	.020		
	Total	1.155	19			

a. Dependent Variable: LnCtperEt

b. Predictors: (Constant), Et

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.627	.198		3.168	.005
	Et	-7.244E-005	.000	-.827	-6.250	.000

a. Dependent Variable: LnCtperEt

## Lampiran 2. Hasil analisis regresi Model Produksi Surplus Ikan Tongkol Untuk Perairan Manado

### 2.1 Model Schaefer

#### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.826 <sup>a</sup>	.682	.665	.0390569

a. Predictors: (Constant), Et

#### ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.059	1	.059	38.692	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.027	18	.002		
	Total	.086	19			

a. Dependent Variable: Ut

b. Predictors: (Constant), Et

#### Coefficients<sup>a</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	.524	.049		10.720	.000
	Et	-7.364E-005	.000	-.826	-6.220	.000

a. Dependent Variable: Ut

### 2.2 Model Fox

#### Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.854 <sup>a</sup>	.729	.714	.13672728

a. Predictors: (Constant), Et

#### ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.907	1	.907	48.524	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.336	18	.019		
	Total	1.244	19			

a. Dependent Variable: LnCtperEt

b. Predictors: (Constant), Et

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.352	.171		-2.055	.055
	Et	.000	.000	-.854	-6.966	.000

a. Dependent Variable: LnCtperEt

### 2.3 Model Schnute

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.334 <sup>a</sup>	.112	.001	.2077956

a. Predictors: (Constant),  $(Et + Et+1)/2$ ,  $(Ut + Ut+1)/2$

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.087	2	.043	1.007	.387 <sup>b</sup>
	Residual	.691	16	.043		
	Total	.778	18			

a. Dependent Variable:  $\ln(Ut+1)/Ut$

b. Predictors: (Constant),  $(Et + Et+1)/2$ ,  $(Ut + Ut+1)/2$

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.345	.972		1.384	.185
	$(Ut + Ut+1)/2$	-2.278	1.734	-.660	-1.313	.208
	$(Et + Et+1)/2$	.000	.000	-.710	-1.412	.177

a. Dependent Variable:  $\ln(Ut+1)/Ut$

### 2.4 Model Walter - Hilborn

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.796 <sup>a</sup>	.634	.588	.1031662

a. Predictors: (Constant), Et, Ut

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.295	2	.147	13.852	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.170	16	.011		
	Total	.465	18			

a. Dependent Variable:  $(Ut+1)/Ut - 1$

b. Predictors: (Constant), Et, Ut

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1.798	.353		5.098	.000
	Ut	-3.268	.630	-1.365	-5.185	.000
	Et	.000	.000	-1.254	-4.764	.000

a. Dependent Variable:  $(Ut+1)/Ut - 1$

## 2.5 Model CYP

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.871 <sup>a</sup>	.759	.729	.13200675

a. Predictors: (Constant), Et + Et+1, Ln Ut  
ANOVA<sup>a</sup>

Model		Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.877	2	.438	25.159	.000 <sup>b</sup>
	Residual	.279	16	.017		
	Total	1.156	18			

a. Dependent Variable: Ln Ut+1

b. Predictors: (Constant), Et + Et+1, Ln Ut

**Coefficients<sup>a</sup>**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.264	.199		-1.327	.203
	Ln Ut	-.018	.195	-.018	-.095	.926
	Et + Et+1	.000	.000	-.885	-4.621	.000

a. Dependent Variable: Ln Ut+1



### Lampiran 3. Validasi model produksi surplus

#### Lampiran 3.1 Validasi model produksi surplus ikan tongkol di perairan Bitung

Tahun	C <sub>t</sub> (ton)	E <sub>t</sub> (trip)	Validasi: $Abs(\frac{C_t - \hat{C}_t}{C_t})$				
			Schaefer	Fox	Schnute	Walter-Hilborn	CYP
1995	6500.2	13101	.4193	.4606	.7271	.6158	.2361
1996	7152.1	13212	.2934	.3280	.5648	.4660	.2148
1997	9121.4	14102	.0323	.0420	.1872	.1262	.5657
1998	10169.3	14512	.0685	.0663	.0439	.0033	.6786
1999	9824.3	14671	.0339	.0342	.0712	.0256	.8513
2000	10517.4	15600	.0907	.1031	.0585	.0822	1.3886
2001	10657.4	15523	.1029	.1143	.0655	.0905	1.3009
2002	10404.6	15212	.0830	.0907	.0215	.0538	1.1281
2003	10492.7	15372	.0897	.0994	.0404	.0690	1.2260
2004	10821.4	15400	.1172	.1269	.0714	.0986	1.1782
2005	10962.5	15534	.1279	.1391	.0922	.1163	1.2446
2006	10121.5	15540	.0554	.0676	.0172	.0432	1.4358
2007	9554.1	17953	.0092	.0418	.2003	.1609	3.7903
2008	9621.4	18488	.0243	.0574	.2736	.2172	4.3087
2009	9059.4	18788	.0303	.0046	.2714	.2007	4.9777
2010	8513.5	19610	.0753	.0417	.3590	.2508	6.3948
2011	8747.5	19712	.0436	.0116	.3934	.2839	6.3261
2012	8781.5	20824	.0020	.0179	.5960	.4395	7.7616
2013	7517.4	21840	.1200	.1179	.7675	.5293	10.9120
2014	7222.3	22121	.1493	.1548	.8314	.5668	11.9017
<b>Rataan</b>	<b>9,288.09</b>	<b>16856</b>	<b>0,0984</b>	<b>0,1059</b>	<b>0,2827</b>	<b>0.2219</b>	<b>3.3910</b>

1. Schaefer :  $\hat{C}_t = 1.182E_t - 0,00003647 E_t^2$
2. Model Fox :  $\hat{C}_t = E_t \cdot e^{(0.627 - 0,00007244E_t)}$
3. Model Schnute :
 
$$\hat{Y} = a - b X_1 - c X_2 = 0.843 - 0.417 X_1 - 0,0000371 X_2$$

$$r = a = 0.843 \quad q = c = 0,00003371 \quad b = \frac{r}{Kq} = 0.417$$

$$K = \frac{r}{bq} = \frac{0.843}{(0.417)(0.0000371)} = 54,490..10$$

$$\hat{C}_t = Kq E_t - \frac{Kq^2}{r} E_t^2 = 2.0216 E_t - 0.0000889 E_t^2$$
4. Model Walter – Hilborn :
 
$$\hat{Y} = a - b X_1 - c X_2 = 0.905 - 0.514 X_1 - 0,00003762 X_2$$

$$r = a = 0.905 \quad q = c = 0.00003762 \quad b = \frac{r}{Kq} = 0.514$$

$$K = \frac{r}{bq} = \frac{0.905}{(0.514)(0,00003762)} = 46,802.24$$

$$\hat{C}_t = Kq E_t - \frac{Kq^2}{r} E_t^2 = 1.7607 E_t - 0.0000732 E_t^2$$
5. Model CYP :  $\hat{Y} = a + b X_1 - c X_2 = 0.500 + 0.673 X_1 - 0.00002102 X_2$ 

$$r = \frac{2(1-b)}{1+b} = \frac{2(1-0.673)}{1+0.673} = 0.3909 \quad q = -c(2-r) = 0.00002102(2-0.3909) = 0.0000338$$

$$Q = \frac{a(2+r)}{2r} = \frac{0.500(2+0.3909)}{2(0.3909)} = 1.5291$$

### Lampiran 3.2 Validasi model produksi surplus ikan tongkol di perairan Manado

Tahun	C <sub>t</sub> (ton)	E <sub>t</sub> (trip)	Validasi : $Abs\left(\frac{C_t - \hat{C}_t}{C_t}\right)$				
			Schaefer r	Fox	Schnute	Walter- Hilborn	CYP
1995	700,0	2411	0,2933	0,2068	0,2680	0,2224	1.6216
1996	715,9	2500	0,1870	0,1924	0,2570	0,2142	1.6566
1997	923,4	2515	0,0773	0,0740	0,0234	0,0563	1.0718
1998	1347,4	3200	0,3152	0,3376	0,2984	0,3089	.7995
1999	798,1	4215	0,1281	0,0986	0,0661	0,1027	2.9784
2000	847,5	4200	0,0641	0,0354	0,0072	0,0407	2.7335
2001	908,3	4117	0,0009	0,0301	0,0441	0,0177	2.4164
2002	864,2	4200	0,0435	0,0154	0,0122	0,0206	2.6614
2003	891,2	4206	0,0112	0,0157	0,0434	0,0112	2.5554
2004	920,1	4321	0,0335	0,0526	0,0979	0,0598	2.5355
2005	983,3	4360	0,1002	0,1155	0,1642	0,1263	2.3374
2006	926,6	4372	0,0467	0,0621	0,1158	0,0785	2.5511
2007	900,2	4512	0,0390	0,0431	0,1255	0,0741	2.7693
2008	906,4	4501	0,0439	0,0490	0,1285	0,0783	2.7346

2009	873,2	4522	0,0109	0,0142	0,1012	0,0476	2.8942
2010	826,5	4611	0,0290	0,0350	0,0775	0,0142	3.1931
2011	853,2	4620	0,0048	0,0020	0,1091	0,0471	3.0696
2012	869,3	4613	0,0220	0,0161	0,1235	0,0631	2.9883
2013	722,4	4621	0,1751	0,1833	0,0519	0,1252	3.8074
2014	721,6	4701	0,1584	0,1777			3,8938
<b>Rataan</b>	<b>874,94</b>	<b>4066</b>	<b>0,0842</b>	<b>0,0878</b>	<b>0,11130</b>	<b>0,0897</b>	<b>2,5634</b>

1. Model Schaefer :  $\hat{C}_t = 0,524E_t - 0,00007364 E_t^2$

2. Model Fox :  $\hat{C}_t = E_t \cdot e^{(-0,352-0,000289E_t)}$

3. Model Schnute :

$$\hat{Y} = a - b X_1 - c X_2 = 1,345 - 2,278X_1 - 0,000210 X_2$$

$$r = a = 1,345 \quad q = c = 0,000210 \quad b = \frac{r}{Kq} = 2,278$$

$$K = \frac{r}{bq} = \frac{1,345}{(2,278)(0,000210)} = 2811,57$$

$$\hat{C}_t = Kq E_t - \frac{Kq^2}{r} E_t^2 = 0,5904 E_t - 0,00009218 E_t^2$$

4. Model Walter - Hilborn :  $\hat{Y} = a - b X_1 - c X_2$   
 $= 1,798 - 3,268 X_1 - 0,000264 X_2$

$$r = a = 1,798 \quad q = c = 0,000264 \quad b = \frac{r}{Kq} = 3,268$$

$$K = \frac{r}{bq} = \frac{1,798}{(3,268)(0,000264)} = 2084,03$$

$$\hat{C}_t = Kq E_t - \frac{Kq^2}{r} E_t^2 = 0,5502 E_t - 0,000081 E_t^2$$

5. Model CYP :  $\hat{Y} = a + b X_1 - c X_2 = -0,264 - 0,018X_1 - 0,000159 X_2$

$$r = \frac{2(1-b)}{1+b} = \frac{2(1+0,018)}{1-0,018} = 2,0733 \quad q = -c(2-r) = -0,000159(2-2,0733) = 0,00001165$$

$$Q = \frac{a(2+r)}{2r} = \frac{-0,264(2+2,0733)}{2(2,0733)} = -0,25933$$

$$K = \frac{e^Q}{q} = \frac{e^{-0,25933}}{0,00001165} = 66229,04$$

$$\hat{C}_t = Kq E_t - \frac{Kq^2}{r} E_t^2 = 0,7716 E_t - 0,00000434 E_t^2$$

Lampiran 3.2 Validasi model produksi surplus ikan tongkol di perairan Manado

Tahun	C <sub>t</sub> (ton)	E <sub>t</sub> (trip)	Validasi : $Abs(\frac{C_t - \hat{C}_t}{C_t})$				
			Schaefer	Fox	Schnute	Walte r- Hilbor n	CYP
1995	700,0	2411	0,2933	0,2068	0,2680	0,2224	1.6216
1996	715,9	2500	0,1870	0,1924	0,2570	0,2142	1.6566
1997	923,4	2515	0,0773	0,0740	0,0234	0,0563	1.0718
1998	1347,4	3200	0,3152	0,3376	0,2984	0,3089	.7995
1999	798,1	4215	0,1281	0,0986	0,0661	0,1027	2.9784
2000	847,5	4200	0,0641	0,0354	0,0072	0,0407	2.7335
2001	908,3	4117	0,0009	0,0301	0,0441	0,0177	2.4164
2002	864,2	4200	0,0435	0,0154	0,0122	0,0206	2.6614
2003	891,2	4206	0,0112	0,0157	0,0434	0,0112	2.5554
2004	920,1	4321	0,0335	0,0526	0,0979	0,0598	2.5355
2005	983,3	4360	0,1002	0,1155	0,1642	0,1263	2.3374
2006	926,6	4372	0,0467	0,0621	0,1158	0,0785	2.5511
2007	900,2	4512	0,0390	0,0431	0,1255	0,0741	2.7693
2008	906,4	4501	0,0439	0,0490	0,1285	0,0783	2.7346
2009	873,2	4522	0,0109	0,0142	0,1012	0,0476	2.8942
2010	826,5	4611	0,0290	0,0350	0,0775	0,0142	3.1931
2011	853,2	4620	0,0048	0,0020	0,1091	0,0471	3.0696
2012	869,3	4613	0,0220	0,0161	0,1235	0,0631	2.9883
2013	722,4	4621	0,1751	0,1833	0,0519	0,1252	3.8074
2014	721,6	4701	0,1584	0,1777			3.8938
<b>Rataa n</b>	<b>874,94</b>	<b>4066</b>	<b>0,0842</b>	<b>0,0878</b>	<b>0,11130</b>	<b>0,0897</b>	<b>2,5634</b>

1. Model Schaefer :  $\hat{C}_t = 0,524E_t - 0,00007364E_t^2$

2. Model Fox :  $\hat{C}_t = E_t \cdot e^{(-0,352 - 0,000289E_t)}$

3. Model Schnute :

$$\hat{Y} = a - bX_1 - cX_2 = 1,345 - 2,278X_1 - 0,000210X_2$$

$$r = a = 1,345 \quad q = c = 0,000210 \quad b = \frac{r}{Kq} = 2,278$$

$$K = \frac{r}{bq} = \frac{1,345}{(2,278)(0,000210)} = 2811,57$$

$$\hat{C}_t = KqE_t - \frac{Kq^2}{r}E_t^2 = 0,5904E_t - 0,00009218E_t^2$$

$$4. \text{ Model Walter - Hilborn : } \hat{Y} = a - b X_1 - c X_2 \\ = 1,798 - 3,268 X_1 - 0,000264 X_2$$

$$r = a = 1,798 \quad q = c = 0,000264 \quad b = \frac{r}{Kq} = 3,268$$

$$K = \frac{r}{bq} = \frac{1,798}{(3,268)(0,000264)} = 2084,03$$

$$\hat{C}_t = Kq E_t - \frac{Kq^2}{r} E_t^2 = 0,5502 E_t - 0,000081 E_t^2$$

$$5. \text{ Model CYP : } \hat{Y} = a + b X_1 - c X_2 = -0,264 - 0,018 X_1 - 0,000159 X_2$$

$$r = \frac{2(1-b)}{1+b} = \frac{2(1+0,018)}{1-0,018} = 2,0733 \quad q = -c(2-r) = -0,000159(2-2,0733) = 0,00001165$$

$$Q = \frac{a(2+r)}{2r} = \frac{-0,264(2+2,0733)}{2(2,0733)} = -0,25933$$

$$K = \frac{e^Q}{q} = \frac{e^{-0,25933}}{0,00001165} = 66229,04$$

$$\hat{C}_t = Kq E_t - \frac{Kq^2}{r} E_t^2 = 0,7716 E_t - 0,00000434 E_t^2$$