

LAPORAN AKHIR TAHUN
RISET TERAPAN UNGGULAN UNSRAT



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

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 2018**

**Dibiayai Dari Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA)
Nomor: SP DIPA - 042.01.2.400959/2018 tanggal 5 Desember 2017
5742.003.053.525119**

HALAMAN PENGESAHAN
RISET TERAPAN UNGGULAN UNSRAT (RTUU)

Judul

Penentuan Status Pemanfaatan Dan Skenario Pengelolaan Ikan Tongkol (Auxis Rochei) Di Perairan Minahasa Tenggara Dan Minahasa Utara

Peneliti/Pelaksana

Nama Lengkap : JOHN SOCRATES KEKENUSA
 Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi
 NIP/NIK : 195808241983031005
 NIDN : 0024085805
 Jabatan / Golongan : Guru Besar - IV/e
 Fakultas / Program Studi : Fakultas Matematika dan ilmu pengetahuan alam - Matematika
 Nomor HP : 081335671395
 Alamat surel(e-mail) : johnskekenusa@yahoo.com
 Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 2 Tahun
 Biaya Yang Diusulkan : Rp. 52,500,000
 Biaya Maksimum : Rp. 60,000,000

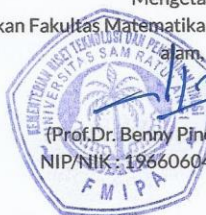
Anggota

Anggota (1)
 Nama : SENDY B. RONDONUWU
 NIDN : 0030056403
 Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

Anggota (2)
 Nama : MARLINE SOFIANA PAENDONG
 NIDN : 0016037402
 Perguruan Tinggi : Universitas Sam Ratulangi

Mengetahui

Dekan Fakultas Matematika dan ilmu pengetahuan



Manado, 13 November 2018

Ketua

(PROF. DR. IR. JOHN SOCRATES KEKENUSA, MS.)
 NIP/NIK : 195808241983031005

Menyetujui,
 Ketua LPPM UNSRAT

(Prof. Dr. Ir. Charles L. Kaunang, MS)
 NIP/NIK : 195910181986031002

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|----------------|
| LEMBAR PENGESAHAN..... | 2 |
| DAFTAR ISI..... | 3 |
| RINGKASAN DAN SUMMARY..... | 4 |
| PRAKATA..... | 6 |
| DAFTAR TABEL..... | 7 |
| DAFTAR GAMBAR..... | 8 |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | 8 |
| BAB 1. PENDAHULUAN..... | 9 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA..... | 11 |
| BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN..... | 22 |
| 3.1 Tujuan Penelitian..... | 22 |
| 3.2 Manfaat Penelitian..... | 22 |
| BAB 4. METODE PENELITIAN..... | 24 |
| BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI..... | 28 |
| 5.1 Hasil Penelitian..... | 28 |
| 5.2 Luaran yang Dicapai (Tahun I)..... | 33 |
| BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN..... | 34 |
| 6.1 Kesimpulan..... | 34 |
| 6.2 Saran..... | 34 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 35 |
| LAMPIRAN-LAMPIRAN..... | 37 |

RINGKASAN DAN SUMMARY

(PENENTUAN STATUS PEMANFAATAN DAN SKENARIO PENGELOLAAN IKAN TONGKOL (*Auxis rochei*) DI PERAIRAN MINAHASA TENGGARA)

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 Minahasa Tenggara), bersumber dari Dinas Kelautan dan Perikanan di wilayah penelitian, serta Provinsi Sulawesi Utara.

Model Produksi Surplus yang dapat digunakan untuk menelaah hasil tangkapan ikan tongkol di perairan **Minahasa Tenggara** ialah **model Fox**. Di perairan Minahasa Tenggara :Upaya tangkap optimum E_{MSY} (482 trip per tahun), dan hasil tangkapan optimum secara biologi C_{MSY} (465,13 ton per tahun). Tingkat pemanfaatan untuk tahun 2013 sebesar 105,569 %, dengan tingkat pengupayaan 154,0 %, menunjukkan adanya gejala tangkap-lebih (*overfishing*), dengan tingkat pengupayaan yang kurang efisien.

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 :South East MinahasaRegencies, also North Sulawesi Province.

Surplus Production Model that can be used to assess bonito potential yield in Bitung waters is Fox model. In South-East Minahasa :the optimum effort per year biologically E_{MSY} (500 trips), and biologically C_{MSY} is (682.395tons). Utilization level for 2013 was 105.569 %, with effort level of 154.0 %, which indicatean *overfishing*, with not efficient effort.

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 **Riset Terapan Unggulan Unsrat** tahun 2018, berdasarkan **Surat Tugas** dari Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Sam Ratulangi Nomor : 1123/UN12.13/LT/2018, tanggal 17 Mei 2018 untuk melaksanakan penelitian Skim PUPT dengan judul : **“Penentuan Status Pemanfaatan dan Skenario Pengelolaan Ikan Tongkol (*Auxis Rochei*) di Perairan Minahasa tenggara dan Minahasa Utara”**, disertai dengan **Surat Perintah Perjalanan Dinas (SPPD)**. Penelitian ini sebagai **Penelitian Tahun I** dari rencana 2 tahun yang berlokasi di perairan Minahasa Tenggara.

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 Kabupaten Minahasa Tenggara 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, 13 November 2018

Ketua Peneliti

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 3.1 Rencana target capaian tahunan penelitian..... | 23 |
| Tabel 4.1 Peta Jalan penelitian tuna kecil (cakalang dan tongkol)..... | 24 |
| Tabel 5.1 Hasil tangkapan, upaya tangkap, dan CPUE ikan tongkol di perairan Minahasa Tenggara tahun 2008-2017..... | 28 |
| Tabel 5.2 Hasil tangkapan, upaya tangkap, CPUE, dan Ln CPUE ikan tongkol di perairan Minahasa Tenggara tahun 2008-2017..... | 29 |
| Tabel 5.3 Hasil tangkapan, upaya tangkap, CPUE, Ln (U_{t+1}/U_t) , $(U_{t+1}+U_t)/2$, $(E_{t+1}+E_t)/2$ ikan tongkoldi perairan Minahasa Tenggara. | 29 |
| Tabel 5.4 Hasil tangkapan, upaya tangkap, CPUE, dan $(U_{t+1}+U_t) - 1$ ikan tongkoldi perairan Minahasa Tenggara..... | 30 |
| Tabel 5.5 Hasil tangkapan, upaya tangkap, CPUE, Ln (U_{t+1}) , Ln (U_t) , dan $(E_t + E_{t+1})$ ikan tongkoldi perairan Minahasa Tenggara.... | 31 |
| Tabel 5.6 Validasi model produksi surplus ikan tongkol di perairan Minahasa Tenggara..... | 32 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 4.1 Kerangka konseptual penelitian..... | 25 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|--|---------|
| Lampiran 1 Hasil analisis regresi model produksi surplus ikan tongkol di perairan Minahasa Tenggara..... | 37 |
| Lampiran 2. Surat Tugas melaksanakan Penelitian..... | 40 |
| Lampiran 3. HKI : Surat Pencataan Ciptaan..... | 44 |
| Lampiran 4. Draft Jurnal Internasional..... | 45 |

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 100 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 Minahasa Tenggara dan Minahasa Utara), 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 berlebihan. 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.

Sulawesi Utara (termasuk Perairan Minahasa Tenggara dan Minahasa Utara) sebagai kawasan yang strategis baik secara nasional maupun internasional di bidang

perikanan. Selama ini titik berat pengembangan perikanan termasuk pengusaha tongkol ialah dalam hal menangkap atau mengeksploitasi sumberdaya. Belum banyak kajian yang khusus di kawasan tersebut yang menyangkut potensi, tingkat pemanfaatan, serta tingkat pengusaha 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 ($CPUE_i$) 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 :

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

Persamaan (7) disederhanakan lagi oleh Schaefer menjadi :

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

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 :

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

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

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

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 :

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

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

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

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.

(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 :

$$\begin{aligned} \frac{dC_t}{dE_t} &= e^{a-bE_t} + E_t e^{a-bE_t} (-b) = 0 \\ \frac{dC_t}{dE_t} &= e^{a-bE_t} - b E_t e^{a-bE_t} = 0 \\ (1 - b E_t) e^{a-bE_t} &= 0 \\ b E_t &= 1 \\ E_{\text{opt}} &= \frac{1}{b} \end{aligned} \quad (15)$$

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

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

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 :

$$b = \frac{r}{qK}$$

$$K = \frac{r}{bq}$$

$$C_{MSY} = \frac{a^2}{4bc} = \frac{r^2}{4(r/Kq)q} = \frac{rK}{4}$$

$$E_{opt} = \frac{r}{2q} \quad (20)$$

(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 :

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

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,

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

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 :

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

(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 :

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

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 (25) dapat ditulis dalam bentuk :

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

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 :

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

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 :

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

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 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 pengusahaan ikan tongkol.**
3. Mengetahui **berapa besar hasil tangkapan maksimum secara ekonomi (MEY) dalam pengusahaan 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.

3.2 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 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. 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 ⁽¹⁾ | 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 | HKI | | Terdaftar | Tidak Ada |

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) Penelitian Pengusul** pada Tabel 4.1.

Topik penelitian ini sesuai dan sejalan dengan Rencana Induk Penelitian UNSRAT di antaranya **Kebaharian dan Kelautan (Kemaritiman)**, menyangkut **Pelestarian Sumberdaya Hayati dan Lingkungan di Kawasan Pasifik**.

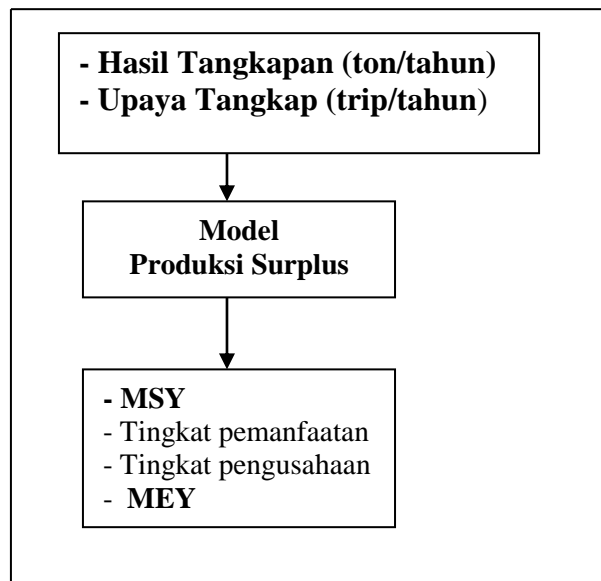
Tabel 4.1. Peta Jalan penelitian tuna kecil (cakalang dan tongkol)

| Tahapan Pekerjaan dan target | | | |
|--|---|---|---|
| Penelitian yang telah dikerjakan sebelumnya | Penelitian yang akan dikerjakan pada Tahun I | Penelitian yang akan dikerjakan pada Tahun II | Rencana Kegiatan Selanjutnya (Follow Up) |
| 1. Telah dilakukan penelitian tentang status pemanfaatan dan perusahaan perikanan golongan tuna kecil diawali dengan ikan cakalang di Sulawesi utara 2. Telah diketahui tingkat pemanfaatan dan perusahaan Ikan cakalang dan tongkol di Sulawesi Utara 3. Telah diketahui tingkat pemanfaatan dan perusahaan ikan cakalang dan tongkol di perairan Sangihe, Talaud, dan SITARO, Bitung, Manado | 1. Pengumpulan data hasil tangkapan dan upaya tangkap ikan tongkol di perairan Minahasa Tenggara 2. Penyiapan Program Komputer untuk Analisis data 3. Analisis data 4. Publikasi hasil Tingkat Pemanfaatan, Upaya-tangkap optimum, Hasil tangkapan maksimum lestari ikan tongkol (Draft Jurnal Internasional) 5. Seminar Nasional (Terdaftar) 6. HKI (Terdaftar) | 1 Pengumpulan data hasil tangkapan dan upaya tangkap ikan tongkol (untuk perairan Minahasa Utara) 2 Analisis data dan Publikasi hasil Tingkat Pemanfaatan, Upaya-tangkap optimum, Hasil tangkapan maksimum lestari ikan tongkol (Jurnal Internasional Published) 3 Seminar Nasional (Sudah dilaksanakan) | Sosialisasi hasil penelitian ke Pemerintah daerah 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 ($C = \textit{Catch}$), dan upaya-tangkap ($E = \textit{Effort}$), 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 Minahasa Tenggara dan Minahasa Utara.

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 Minahasa Tenggara (Tahun I), dan Minahasa Utara (Tahun II) yang didaratkan di darat/dicatat selama **10 tahun dari tahun 2007- 2016**. Data produksi, upaya tangkap, biaya produksi, dan nilai produksi dikumpul dari Tempat Pendaratan Ikan (TPI) yang ada di wilayah penelitian dan dari Buku Tahunan Statistik Perikanan Tangkap di Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Utara serta Kabupaten 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) ikan tongkol selama tahun 2008 – 2017, 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 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 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 (α) untuk uji F dan uji-t (Zar, 1984). Taraf-nyata (α) yang digunakan ialah 5 %.

BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1 Hasil Penelitian

Hasil tangkapan perikanan tongkol di perairan Minahasa Utaraberfluktuasi dari tahun ke tahun. Data hasil tangkapan selang tahun 2008 - 2017, disajikan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil tangkapan, upaya tangkap, dan CPUE ikan tongkol di perairan Minahasa Tenggara tahun 2008-2017

| Tahun | Tangkapan (ton), C_t | Upaya (trip), E_t | CPUE = $\frac{C_t}{E_t}$ (ton/trip) |
|------------------|------------------------|---------------------|--|
| 2008 | 604,2 | 706 | 0,8558 |
| 2009 | 633,6 | 863 | 0,7342 |
| 2010 | 741,2 | 801 | 0,9253 |
| 2011 | 754,4 | 760 | 0,9926 |
| 2012 | 782,3 | 765 | 1,0226 |
| 2013 | 720,4 | 770 | 0,9356 |
| 2014 | 652,2 | 782 | 0,8340 |
| 2015 | 940,1 | 811 | 0,7893 |
| 2016 | 623,5 | 825 | 0,7558 |
| 2017 | 610,2 | 810 | 0,7334 |
| Rata-rata | 676,210 | 791 | 0,8579 |

Sumber : Diolah dari data Dinas Kelautan dan Perikanan Minahasa Tenggara 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 $\frac{C_t}{E_t} = 2,090 - 0,002 E_t$, dengan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,424 dan tingkat signifikansi $p < 0,05$. Dengan demikian model produksi penduga hasil tangkapan untuk model Schaefer sesuai persamaan (8) ialah : $C_t = 2,090 E_t - 0,002 E_t^2$.

Model Fox

Pada model Fox dilakukan analisis regresi sederhana antara Ln CPUE dengan Upaya untuk data pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil tangkapan, upaya tangkap, CPUE, dan Ln CPUE ikan tongkol di perairan Minahasa Tenggara tahun 2008-2017

| Tahun | Tangkapan (ton), C_t | Upaya (trip), E_t | CPUE (ton/trip) | Ln CPUE |
|------------------|------------------------|---------------------|-----------------|---------|
| 2008 | 604,2 | 706 | 0,8558 | -.1557 |
| 2009 | 633,6 | 863 | 0,7342 | -.3090 |
| 2010 | 741,2 | 801 | 0,9253 | -.0776 |
| 2011 | 754,4 | 760 | 0,9926 | -.0074 |
| 2012 | 782,3 | 765 | 1,0226 | .0224 |
| 2013 | 720,4 | 770 | 0,9356 | -.0666 |
| 2014 | 652,2 | 782 | 0,8340 | -.1815 |
| 2015 | 940,1 | 811 | 0,7893 | -.2366 |
| 2016 | 623,5 | 825 | 0,7558 | -.2800 |
| 2017 | 610,2 | 810 | 0,7334 | -.3100 |
| Rata-rata | 676,210 | 791 | 0,8579 | |

Sumber : Diolah dari data Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Minahasa Tenggara dan Provinsi Sulawesi Utara

Dari hasil analisis diperoleh persamaan regresi : $\text{Ln } \frac{C_t}{E_t} = 1,311 - 0,002 E_t$,

dengan nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,450 dan tingkat signifikansi $p < 0,05$.

Penduga hasil tangkapan untuk model Fox sesuai persamaan (3.14) ialah :

$$C_t = E_t \cdot e^{(1,311 - 0,002 E_t)} \quad (\text{Lihat Lampiran 1.2}).$$

Model Schnute

Untuk metode Schnute dilakukan analisis 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 5.3.

Tabel 5.3 Hasil tangkapan, upaya tangkap, CPUE, $\text{Ln}(U_{t+1}/U_t)$, $(U_{t+1}+U_t)/2$, $(E_{t+1}+E_t)/2$ ikan tongkol di perairan Minahasa Tenggara

| Tahun | Tangkapan (ton), C_t | Upaya (trip), E_t | CPUE U_t | Ln (U_{t+1}/U_t) | $(U_{t+1}+U_t)/2$ | $(E_{t+1}+E_t)/2$ |
|------------------|------------------------|---------------------|---------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| 2008 | 604,2 | 706 | 0,8558 | -.1533 | .7950 | 785 |
| 2009 | 633,6 | 863 | 0,7342 | .2313 | .8297 | 832 |
| 2010 | 741,2 | 801 | 0,9253 | .0702 | .9589 | 781 |
| 2011 | 754,4 | 760 | 0,9926 | .0298 | 1.0076 | 763 |
| 2012 | 782,3 | 765 | 1,0226 | -.0889 | .9791 | 768 |
| 2013 | 720,4 | 770 | 0,9356 | -.1143 | .8848 | 776 |
| 2014 | 652,2 | 782 | 0,8340 | -.0551 | .8117 | 797 |
| 2015 | 940,1 | 811 | 0,7893 | -.0434 | .7726 | 818 |
| 2016 | 623,5 | 825 | 0,7558 | -.0301 | .7446 | 818 |
| 2017 | 610,2 | 810 | 0,7334 | | | |
| Rata-rata | 676,210 | 791 | 0,8579 | | | |

Dari data pada Tabel 5.3, berdasarkan persamaan (3.19) diperoleh persamaan regresi $\ln(U_{t+1}/U_t) = -7,048 + 1,585 (U_{t+1}+U_t)/2 + 0,007 (E_{t+1}+E_t)/2$ dengan $R^2 = 0,881$, dan semua koefisien regresi signifikan (lihat Lampiran 1.3).

Model Walter - Hilborn

Pada metode Walter–Hilborn dilakukan analisis regresi antara regresi $(U_{t+1}/U_t) - 1$ dengan U_t dan E_t untuk data pada Tabel 5.4. Dari data pada Tabel 5.4 sesuai persamaan (3.23), diperoleh persamaan regresi $(U_{t+1}/U_t) - 1 = -1,981 + 0,173 U_t + 0,02 E_t$ dengan $R^2 = 0,601$, tidak semua koefisien regresi signifikan.

Tabel 5.4 Hasil tangkapan, upaya tangkap, CPUE, dan $(U_{t+1}/U_t) - 1$ ikan tongkol di perairan Minahasa Tenggara

| Tahun | Tangkapan (ton), C_t | Upaya (trip), E_t | CPUE U_t | $(U_{t+1}/U_t) - 1$ |
|-------|------------------------|---------------------|------------|---------------------|
| 2008 | 604,2 | 706 | 0,8558 | -.1421 |
| 2009 | 633,6 | 863 | 0,7342 | .2603 |
| 2010 | 741,2 | 801 | 0,9253 | .0727 |
| 2011 | 754,4 | 760 | 0,9926 | .0302 |
| 2012 | 782,3 | 765 | 1,0226 | -.0851 |
| 2013 | 720,4 | 770 | 0,9356 | -.1086 |
| 2014 | 652,2 | 782 | 0,8340 | -.0536 |
| 2015 | 940,1 | 811 | 0,7893 | -.0424 |
| 2016 | 623,5 | 825 | 0,7558 | -.0296 |
| 2017 | 610,2 | 810 | 0,7334 | |

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 5.5. Dari data pada Tabel 5.5 sesuai persamaan (3.26) diperoleh persamaan regresi : $\ln(U_{t+1}) = -6,453 + 2,317 \ln(U_t) + 0,004 (E_t+E_{t+1})$ dengan $R^2 = 0,478$, dan semua koefisien regresi tidak signifikan.

Tabel 5.5 Hasil tangkapan, upaya tangkap, CPUE, $\ln(U_{t+1})$, $\ln(U_t)$, dan (E_t+E_{t+1}) ikan tongkol di perairan Minahasa Tenggara

| Tahun | Tangkapan (ton), C_t | Upaya (trip), E_t | CPUE U_t | $\ln(U_{t+1})$ | $\ln(U_t)$ | (E_t+E_{t+1}) |
|-------|------------------------|---------------------|------------|----------------|------------|-----------------|
| 2008 | 604,2 | 706 | 0,8558 | -.3090 | -.1557 | 1569 |
| 2009 | 633,6 | 863 | 0,7342 | -.0776 | -.3090 | 1664 |
| 2010 | 741,2 | 801 | 0,9253 | -.0074 | -.0776 | 1561 |
| 2011 | 754,4 | 760 | 0,9926 | .0224 | -.0074 | 1525 |
| 2012 | 782,3 | 765 | 1,0226 | -.0666 | .0224 | 1535 |
| 2013 | 720,4 | 770 | 0,9356 | -.1815 | -.0666 | 1552 |
| 2014 | 652,2 | 782 | 0,8340 | -.2366 | -.1815 | 1593 |
| 2015 | 940,1 | 811 | 0,7893 | -.2800 | -.2366 | 1636 |
| 2016 | 623,5 | 825 | 0,7558 | -.3100 | -.2800 | 1635 |
| 2017 | 610,2 | 810 | 0,7334 | | -.3100 | |

Evaluasi Model Produksi Surplus

Pada model Schaefer diperoleh nilai koefisien regresi $a = 2,090$ (bernilai positif) dan nilai $b = -0.002$ (bertanda negatif), berarti sesuai dengan tanda yang dipersyaratkan. Untuk model Fox diperoleh nilai a positif dan b negatif sesuai yang dipersyaratkan.

Untuk model Schnute nilai koefisien regresi tidak sesuai yang dipersyaratkan. Pada model Walter – Hilborn semua tanda koefisien regresi tidak sesuai syarat yang ditentukan, dan semua koefisien regresi tidak signifikan. Pada model Clarke Yoshimoto Pooley semua tanda koefisien regresi tidak sesuai syarat, serta semuanya tidaksignifikan. Secara lengkap hasil perhitungan lima penduga model produksi surplus, nilai R^2 , dan nilai validasi (nilai residual) disajikan pada Tabel5.6. Perhitungan validasi (nilai residual) dapat dilihat pada Lampiran 1.6.

Tabel 5.6. Validasi model produksi surplus ikan tongkol di perairan Minahasa Tenggara

| | Model Schaefer | Model Fox | Model Schnute | Model Walter-Hilborn | Model CYP |
|---|-----------------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|------------------|
| Kesesuaian Tanda | Sesuai | Sesuai | Tidak Sesuai | Tidak Sesuai | Tidak Sesuai |
| Nilai R ² | 0,424 | 0,450 | 0,881 | 0,601 | 0,478 |
| Nilai Validasi | 0,4088 | 0,1136 | 0,1351 | 1,6358 | 1,0898 |
| Signifikansi Koefisien Regresi Individu | Signifikan | Signifikan | Signifikan | Tidak Semua Signifikan | Tidak Signifikan |

Dari hasil perhitungan pada Tabel 5.6, terlihat bahwa yang paling sesuai dan memenuhi syarat ialah model Fox dengan nilai R² cukup besar (R² = 0,450) dan validasi (nilai residual) paling kecil. Pada model Fox diperoleh nilai a = 1,311 dan nilai b = 0,002, dengan persamaan (15) dan (16) dapat dihitung nilai upaya optimum (E_{opt}) dan tangkapan maksimum lestari (C_{MSY}) sebagai berikut :

$$E_{opt} = \frac{1}{b} = \frac{1}{0,002} = 500 \text{ trip per tahun.}$$

$$C_{MSY} = \frac{1}{b} e^{a-1} = \frac{1}{0,002} e^{(1,311-1)} = 682,395 \text{ ton per tahun.}$$

Ini berarti bahwa untuk menjaga kelestarian sumberdaya perikanan tongkol secara teknis dan biologis, dalam setahun jumlah unit penangkapan tidak boleh melebihi 500 trip. Untuk menjaga kelestarian sumberdaya ikan tongkol di perairan Minahasa Tenggara, maksimum ikan yang dapat ditangkap sebesar 682,395 ton per tahun.

Selanjutnya dari nilai E_{opt} dan C_{MSY} dapat dihitung tingkat upaya penangkapan dan tingkat pemanfaatan ikan tongkol untuk tahun tertentu misalkan tahun 2013, sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Tingkat upaya tahun 2013} &= \frac{E_{2013}}{E_{opt}} \times 100\% \\ &= \frac{770}{500} \times 100\% = 154,0\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tingkat pemanfaatan tahun 2013} &= \frac{C_{2013}}{C_{MSY}} \times 100\% \\ &= \frac{720,4}{682,395} \times 100\% = 105,569\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, ternyata upaya tangkap ikan tongkol di perairan Minahasa Tenggara pada tahun 2013, sudah melebihi tingkat upaya maksimum lestari. Hal ini menunjukkan upaya penangkapan yang sangat tidak efisien. Tingkat pemanfaatan untuk tahun 2013, 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.

5.2 Luaran yang Dicapai (Tahun I) :

| No | Luaran | Capaian | Bukti | Ket. |
|----|---|--|--|------|
| 1 | HKI : Hak Cipta Laporan Penelitian | Sertifikat HKI (Surat Pencatatan Ciptaan) | Fotokopi Sertifikat No. 000125111 (Terlampir) | |
| 2. | Jurnal Internasional | Draft Jurnal | Fotokopi Draft Jurnal (Terlampir) | |

BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Model Produksi Surplus yang dapat digunakan untuk menelaah hasil tangkapan ikan tongkol di perairan **Minahasa Tenggara** adalah Model Fox, dengan persamaan :

$$\hat{C}_t = E_t \cdot e^{(1,311-0,002 E_t)}$$

Untuk Perairan Minahasa Tenggara: Hasil tangkapan maksimum lestari ikan tongkol **CMSY** sebesar **682,395** ton per tahun, diperoleh pada tingkat upaya tangkap **EMS_Y 500** trip per tahun. Untuk **tahun 2013** besarnya tingkat pemanfaatan sebesar **105,569 %** merupakan tanda terjadinya *overfishing* (tangkap-lebih), dengan tingkat pengupayaan **154,0 %** menunjukkan ketidakefisienan dalam upaya penangkapan.

6.2 Saran

1. Dalam menerapkan model produksi surplus di suatu perairan, tidak hanya langsung menggunakan satu model saja, tetapi menggunakan beberapa model yang dipilih berdasarkan criteria statistika. Kriteria tersebut antara lain : kesesuaian tanda, nilai koefisien determinasi (R^2), nilai validasi, dan signifikansi koefisien regresi.
2. Ada indikasi terjadi *overfishing* (tangkap-lebih), dan ketidakefisienan upaya tangkap tongkol di perairan Minahasa Tenggara. Oleh karena itu, secepatnya dilakukan pengawasan oleh pihak berkompeten, 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 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 Minahasa Tenggara

1.1 Model Schaefer

Model Summary

| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|-------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| 1 | .651 ^a | .424 | .352 | .0858551 |

a. Predictors: (Constant), Upaya Tangkap (Trip)

ANOVA^a

| Model | | Sum of Squares | Df | Mean Square | F | Sig. |
|-------|------------|----------------|----|-------------|-------|-------------------|
| 1 | Regression | .043 | 1 | .043 | 5.890 | .041 ^b |
| | Residual | .059 | 8 | .007 | | |
| | Total | .102 | 9 | | | |

a. Dependent Variable: Ct per Et

b. Predictors: (Constant), Upaya Tangkap (Trip)

Coefficients^a

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|-------|----------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | 2.090 | .509 | | 4.110 | .003 |
| | Upaya Tangkap (Trip) | -.002 | .001 | -.651 | -2.427 | .041 |

a. Dependent Variable: Ct per Et

1.2 Model Fox

Model Summary

| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|-------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| 1 | .671 ^a | .450 | .381 | .0972732 |

a. Predictors: (Constant), Upaya Tangkap (Trip)

ANOVA^a

| Model | | Sum of Squares | Df | Mean Square | F | Sig. |
|-------|------------|----------------|----|-------------|-------|-------------------|
| 1 | Regression | .062 | 1 | .062 | 6.536 | .034 ^b |
| | Residual | .076 | 8 | .009 | | |
| | Total | .138 | 9 | | | |

a. Dependent Variable: LnCtperEt

b. Predictors: (Constant), Upaya Tangkap (Trip)

Coefficients^a

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|-------|----------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | 1.311 | .576 | | 2.275 | .052 |
| | Upaya Tangkap (Trip) | -.002 | .001 | -.671 | -2.557 | .034 |

a. Dependent Variable: LnCtperEt

1.3 Model Schnute

Model Summary

| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|-------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| 1 | .938 ^a | .881 | .841 | .0461376 |

a. Predictors: (Constant), EttambahsatutambahEtperdua, UttambahsatutambahUtperdua

ANOVA^a

| Model | | Sum of Squares | Df | Mean Square | F | Sig. |
|-------|------------|----------------|----|-------------|--------|-------------------|
| 1 | Regression | .094 | 2 | .047 | 22.129 | .002 ^b |
| | Residual | .013 | 6 | .002 | | |
| | Total | .107 | 8 | | | |

a. Dependent Variable: LnUttambahsatuperUt

b. Predictors: (Constant), EttambahsatutambahEtperdua, UttambahsatutambahUtperdua

Coefficients^a

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|-------|-----------------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | -7.048 | 1.057 | | -6.668 | .001 |
| | Uttambahsatutambah Utperdua | 1.585 | .275 | 1.323 | 5.763 | .001 |
| | Ettambahsatutambah Etperdua | .007 | .001 | 1.513 | 6.589 | .001 |

a. Dependent Variable: LnUttambahsatuperUt

1.4 Model Walter-Hilborn

Model Summary

| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|-------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| 1 | .775 ^a | .601 | .468 | .0884267 |

a. Predictors: (Constant), Upaya Tangkap (Trip), Ct per Et

ANOVA^a

| Model | | Sum of Squares | Df | Mean Square | F | Sig. |
|-------|------------|----------------|----|-------------|-------|-------------------|
| 1 | Regression | .071 | 2 | .035 | 4.524 | .063 ^b |
| | Residual | .047 | 6 | .008 | | |
| | Total | .118 | 8 | | | |

a. Dependent Variable: UttambahsatuperUtkurangsatu

b. Predictors: (Constant), Upaya Tangkap (Trip), Ct per Et

Coefficients^a

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|-------|----------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | -1.981 | .925 | | -2.141 | .076 |
| | Ct per Et | .173 | .379 | .147 | .455 | .665 |
| | Upaya Tangkap (Trip) | .002 | .001 | .855 | 2.648 | .038 |

a. Dependent Variable: UttambahsatuperUtkurangsatu

1.5 Model CYP

Model Summary

| Model | R | R Square | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|-------|-------------------|----------|-------------------|----------------------------|
| 1 | .692 ^a | .478 | .304 | .1093592 |

a. Predictors: (Constant), EttambahEttambahsatu, LnCtperEt

ANOVA^a

| Model | | Sum of Squares | Df | Mean Square | F | Sig. |
|-------|------------|----------------|----|-------------|-------|-------------------|
| 1 | Regression | .066 | 2 | .033 | 2.749 | .142 ^b |
| | Residual | .072 | 6 | .012 | | |
| | Total | .138 | 8 | | | |

a. Dependent Variable: LnUttambahsatu

b. Predictors: (Constant), EttambahEttambahsatu, LnCtperEt

Coefficients^a

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. |
|-------|----------------------|-----------------------------|------------|---------------------------|--------|------|
| | | B | Std. Error | Beta | | |
| 1 | (Constant) | -6.453 | 4.890 | | -1.320 | .235 |
| | LnCtperEt | 2.317 | 1.329 | 2.097 | 1.743 | .132 |
| | EttambahEttambahsatu | .004 | .003 | 1.570 | 1.306 | .240 |

a. Dependent Variable: LnUttambahsatu

1.6 . Validasi Model Produksi Surplus ikan tongkol di perairan Minahasa Tenggara

| Tahun | C _t (ton) | E _t (trip) | Validasi : $Abs(\frac{C_t - \hat{C}_t}{C_t})$ | | | | |
|------------------|-------------------------|--------------------------|---|---------------|---------------|----------------|---------------|
| | | | Schaefer | Fox | Schnute | Walter-Hilborn | CYP |
| 2008 | 604,2 | 706 | .2078 | .0562 | .5500 | 2.8109 | 1.0779 |
| 2009 | 633,6 | 863 | .5042 | .1006 | .1384 | .9616 | 1.1133 |
| 2010 | 741,2 | 801 | .4726 | .1922 | .0203 | 1.3336 | 1.0828 |
| 2011 | 754,4 | 760 | .4258 | .1826 | .0959 | 1.6546 | 1.0729 |
| 2012 | 782,3 | 765 | .4524 | .2144 | .0421 | 1.5200 | 1.0713 |
| 2013 | 720,4 | 770 | .4121 | .1499 | .1155 | 1.6924 | 1.0785 |
| 2014 | 652,2 | 782 | .3693 | .0690 | .1877 | 1.8534 | 1.0895 |
| 2015 | 940,1 | 811 | .4070 | .0717 | .0926 | 1.5890 | 1.0985 |
| 2016 | 623,5 | 825 | .4178 | .0573 | .0592 | 1.4889 | 1.1048 |
| 2017 | 610,2 | 810 | .4192 | .0420 | .0493 | 1.4540 | 1.1090 |
| Rata-rata | 676,21 | 791 | 0.4088 | 0.1136 | 0.1351 | 1.6356 | 1,0898 |

- Schaefer Model : $\hat{C}_t = 2,090 E_t - 0,002 E_t^2$
- Fox Model : $\hat{C}_t = E_t \cdot e^{(1,311 - 0,002 E_t)}$
- Schnute Model : $\hat{Y} = a - b X_1 - c X_2 = -7,048 + 1,585 X_1 + 0,007 X_2$
 $r = a = 7,048 \quad q = c = 0,007 \quad b = \frac{r}{Kq} = 0,007$
 $K = \frac{r}{bq} = \frac{7,048}{(1,585)(0,007)} = 635,241$
 $\hat{C}_t = KqE_t - \frac{Kq^2}{r} E_t^2 = 4,447 E_t - 0,00442 E_t^2$
- Walter – Hilborn Model :
 $\hat{Y} = a - b X_1 - c X_2 = -1,981 + 0,173 X_1 + 0,002 X_2$
 $r = a = 1,981 \quad q = c = 0,002 \quad b = \frac{r}{Kq} = 0,173$
 $K = \frac{r}{bq} = \frac{1,981}{(0,173)(0,002)} = 5725,433$
 $\hat{C}_t = KqE_t - \frac{Kq^2}{r} E_t^2 = 11,451 E_t - 0,0116 E_t^2$
- CYP Model : $\hat{Y} = a + b X_1 - c X_2 = -6,453 + 2,317 X_1 + 0,004 X_2$

$$r = \frac{2(1-b)}{1+b} = \frac{2(1-2,317)}{1+2,317} = -0,7941 \quad q = -c(2-r) = -0.004(2+0,7941) = -0.0112$$

$$Q = \frac{a(2+r)}{2r} = \frac{-6,453(2-0,7941)}{2(-0,7941)} = -4,8997$$

$$K = \frac{e^Q}{q} = \frac{e^{-4,8997}}{-0,0112} = -0,6651$$

$$\hat{C}_t = KqE_t - \frac{Kq^2}{r}E_t^2 = 0,00745 E_t - 0.000105 E_t^2$$

Lampiran 2. SURAT TUGAS MELAKSANAKAN PENELITIAN



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SAM RATULANGI
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
Alamat : Kampus UNSRAT Manado
Telp. (0431) 827560, Fax. (0431) 827560
Email: lppm@unsrat.ac.id Laman: <http://lppm.unsrat.ac.id>

SURAT TUGAS

Nomor: 1123 /UN12.13/LT/2018

Ketua Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Sam Ratulangi Manado, dengan ini menugaskan kepada:

1. Nama : Prof.Dr.Ir. John Socrates Kekenusa, MS (Ketua)
NIP : 19580824 198303 1 005
Pangkat Gol. : Pembina Utama/IVe
Jabatan : Guru Besar
2. Nama : Dr. Dra. Sedy B. Rondonuwu, M.Si (Anggota)
NIP : 19640530 200003 2 001
Pangkat Gol. : Pembina/IVa
Jabatan : Lektor Kepala
3. Nama : Marline Sofiana Paendong, S.Si., M.Si (Anggota)
NIP : 19740316 200003 2 001
Pangkat Gol. : Penata/IIIc
Jabatan : Lektor

untuk melaksanakan Penelitian skim Riset Terapan Unggulan Universitas Sam Ratulangi (RTUU), yang di danai oleh dana PNBPN UNSRAT tahun 2018 dengan judul : ***“Penentuan Status Pemanfaatan Dan Skenario Pengelolaan Ikan Tongkol(Auxis Rochei) Di Perairan Minahasa Tenggara Dan Minahasa Utara”.***

Demikian surat tugas ini dibuat untuk dilaksanakan dengan penuh Tanggungjawab.

Manado, 17 Mei 2018

Ketua,

Inneke F.M. Rumengan
NIP : 195711051984032001

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN
PENDIDIKAN TINGGI
SEKRETARIAT / DIREKTORAT /
INSPEKTORAT JENDERAL
DIREKTORAT JENDERAL
PENDIDIKAN TINGGI

Lembar ke :

Kode Nomor :

Nomor : 1123/UN12.13/LT/2018

SURAT PERINTAH PERJALANAN DINAS

| | | |
|-----|---|--|
| 1. | Pejabat berwenang yang memberi perintah | KETUA LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT UNIVERSITAS SAM RATULANGI |
| 2. | Nama Pegawai yang diperintah N I P | Prof.Dr.Ir. John Socrates Kekenusa, MS 19580824 198303 1 005 |
| 3. | a. Pangkat dan Golongan menurut PP No. 6 tahun 1997 b. Jabatan c. Gaji Pokok d. Tingkat menurut Peraturan Perjalanan Dinas | a. Pembina Utama/IVe b. Guru Besar c. d. |
| 4. | Maksud Perjalanan Dinas | untuk melaksanakan Penelitian skim Riset Terapan Unggulan Universitas Sam Ratulangi (RTUU), yang di danai oleh dana PNBP UNSRAT tahun 2018 dengan judul <i>"Penentuan Status Pemanfaatan Dan Skenario Pengelolaan Ikan Tongkol(Auxis Rochei) Di Perairan Minahasa Tenggara Dan Minahasa Utara"</i> . |
| 5. | Alat angkut yang diperlukan | |
| 6. | a. Tempat Berangkat b. Tempat Tujuan | a. b. |
| 7. | a. Lama perjalanan dinas b. Tanggal berangkat c. Tanggal harus kembali | a. b. c. |
| 8. | Pengikut : Nama : Umur : 1. Dr. Dra. Sedy B. Rondonuwu, M.Si 2. Marline Sofiana Paendong, S.Si., M.Si | Hubungan Keluarga / Keterangan Anggota Tim |
| 9. | Pembebanan anggaran : a. Instansi b. Mata anggaran | a. Dibebankan pada anggaran yang tersedia b. |
| 10. | Keterangan Lain | |

Dikeluarkan di : Manado

Pada tanggal : 17 Mei 2018

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian
Kepada Masyarakat Unsrat,



Imneke F.M. Rumengan
NIP.195711051984032001

Lampiran 3. HKI : Surat Pencatatan Ciptaan No. 000125111 tanggal 13 November 2018, Laporan Penelitian dengan Judul : “Penentuan Status Pemanfaatan dan Skenario Pengelolaan Ikan Tongkol (*Auxis rochei*) di Perairan Minahasa Tenggara dan Minahasa Utara”


REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00201855198, 22 November 2018

Pencipta

Nama : **Prof. Dr. Ir. John Socrates Kekenusa, MS, Dr. Sedy B. Rondonuwu, M. Si, , dkk**

Alamat : Kelurahan Malalayang Satu Lingk. X Kec. Malalayang, Manado, Sulawesi Utara, 95115

Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **LPPM Unsrat**

Alamat : Kampus Unsrat, Manado, Sulawesi Utara, 95115

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Laporan Penelitian**

Judul Ciptaan : **PENENTUAN STATUS PEMANFAATAN DAN SKENARIO PENGELOLAAN IKAN TONGKOL (*Auxis Rochei*) DI PERAIRAN MINAHASA TENGGARA DAN MINAHASA UTARA**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 13 November 2018, di Manado

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.

Nomor pencatatan : 000125111

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL



Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001



Lampiran 4. Draft Jurnal Internasional

**DETERMINATION OF THE STATUS OF UTILIZATION AND
MANAGEMENT SCENARIOS BONITO (*Auxis rochei*) CAUGHT IN THE
SOUTH-EAST MINAHASA WATERS NORTH SULAWESI**

John S. Kekenusa*, Sedy B. Rondonuwu, Marline S. Paendong***

DRAFT

Diusulkan di Jurnal Internasional

*) Lecturer at Department of Mathematics, Faculty of Mathematics and Natural Science, Sam Ratulangi University, Indonesia

***) Lecturer at Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Science, Sam Ratulangi University, Indonesia

DETERMINATION OF THE STATUS OF UTILIZATION AND MANAGEMENT SCENARIOS BONITO (*Auxis rochei*) CAUGHT IN THE SOUTH-EAST MINAHASA WATERS NORTH SULAWESI

John S. Kekenusa^{1,*}, Sendy B. Rondonuwu², Marline S. Paendong¹

¹Department of Mathematics, Faculty of Mathematics and Natural Science, Sam Ratulangi University, Indonesia

²Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Science, Sam Ratulangi University, Indonesia

E-mail address : johnskekenusa@unsrat.ac.id (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 South-East Minahasa Regency and the North Sulawesi Province. Best Surplus Production Model, which is used to assess the potential of bonito is *Fox Model*. Optimal effort (E_{MSY}) of 500 trips per year, with catches of optimal C_{MSY} 682.395 tons per year. The effort level for 2013 is 154,0%, which shows the inefficiency of effort, the utilization level of 105.569%, showing indicate occur overfishing.

Keywords : *Bonito, Surplus Production Model, Maximum Sustainable Yield, South-East Minahasa*

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 South-East Minahasa waters) in 2013 reached 30,000 tons per year, with a value of about 100 billion rupiahs^[1]. 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 South-East Mnahasa 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 South-East 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)^[2]. This model was first developed by Schaefer, who was initially the same as the form of logistic growth model. According to Coppola and Pascoe^[3], 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. The 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^[4]. 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^[5]. 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^[5].

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:

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

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

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 :

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

$$= q K E_t - \frac{q^2 K}{r} E_t^2 \quad (7)$$

Equation (7) is simplified further by Schaefer becomes:

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

$$C_t = a E_t - b E_t^2 \quad (8)$$

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

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:

$$C_{MSY} = a E_t - b E_t^2$$

$$= a \left(\frac{a}{2b} \right) - b \left(\frac{a}{2b} \right)^2$$

$$= \frac{a^2}{4b}$$

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^[6], as follows:

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

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^[7]. 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 :

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

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

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

2.3 Schnute Model

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

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

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^[8], 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 :

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

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 (Fauzi and Anna in 2005, Tinungki 2005)^[9]. The parameters which allegedly is r , K , and q , the model is expressed as follows:

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

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

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

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

3. RESEARCH METHODS

3.1 Source of Data

The primary and secondary data of bonito catching is collected from the Talaud waters. Production and fishing effort data collected from the Marine and Fisheries Service of South-East Regency and North Sulawesi Province during the years 2008-2017.

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 (mark of conformity, the value of R^2 , the validation value, and significance of the regression coefficient of the model), 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 boniti fishery.

4. Result and Discussion

Catches of bonito fisheries in the South-East waters fluctuate from year to year. Data catching in 2008-2017, are presented in Table 1.

Table 1. Total catch, fishing efforts, and CPUE of bonito in South-East Minahasa waters of 2008-2017

| Years | Catch (tons) | Efforts (trips) | CPUE = $\frac{C_t}{E_t}$ (ton/trip) |
|-------|----------------|-----------------|--|
| 2008 | 604,2 | 706 | 0,8558 |
| 2009 | 633,6 | 863 | 0,7342 |
| 2010 | 741,2 | 801 | 0,9253 |
| 2011 | 754,4 | 760 | 0,9926 |
| 2012 | 782,3 | 765 | 1,0226 |
| 2013 | 720,4 | 770 | 0,9356 |
| 2014 | 652,2 | 782 | 0,8340 |
| 2015 | 940,1 | 811 | 0,7893 |
| 2016 | 623,5 | 825 | 0,7558 |
| 2017 | 610,2 | 810 | 0,7334 |
| Mean | 676,210 | 791 | 0,8579 |

Source : *Calculated from the Marine and Fisheries Service South-East Minahasa Regency and North Sulawesi Province data*

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 $\frac{C_t}{E_t} = 2.090 - 0.002 E_t$, with a coefficient of determination (R^2) = 0.424 and a significance level of $p < 0.01$. Thus, a production model estimator catches Schaefer model according to the equation (8) is: $C_t = 2.090 E_t - 0.002 E_t^2$.

4.2 Fox Model

From the results of the regression analysis regression equation: $\ln U_t = 1.311 - 0.002 E_t$, with $R^2 = 0.450$ ($p < 0.05$). Estimates of catches corresponding to the model Fox equation (13) :

$$C_t = E_t \cdot e^{(1.311 - 0.002 E_t)}$$

4.3 Schnute Model

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

$$\ln\left(\frac{U_{t+1}}{U_t}\right) = -7.048 + 1.585 \left(\frac{U_t + U_{t+1}}{2}\right) + 0,007 \left(\frac{E_t + E_{t+1}}{2}\right)$$

with $R^2 = 0,881$, and all the regression coefficient was significant ($p < 0.05$).

4.4 Walter Model - Hilborn

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

$$\frac{U_{t+1}}{U_t} - 1 = -1.981 + 0.173 U_t + 0.002 E_t$$

With $R^2 = 0.601$ and not all regression coefficients were significant.

4.5 Clarke Model Yoshimoto Pooley (CYP)

The regression equation CYP method, according to equation (19) :

$$\ln(U_{t+1}) = -6.453 + 2.317 \ln(U_t) - 0.004 (E_t + E_{t+1})$$

with $R^2 = 0.478$, and all of the regression coefficient are not significant.

5. Discussson

The results of calculations for validation surplus production model of 5 models is presented in Appendix 2, 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 | Appropriate | Appropriate | Not Appropriate | Not Appropriate | Not Appropriate |
| R ² Value | 0,424 | 0,450 | 0,881 | 0,601 | 0,478 |
| Validation Value | 0,4088 | 0,1136 | 0,1351 | 1,6358 | 1,0898 |
| Significance Coefficient | Significant | Significant | Significant | Not all Significant | Not Significan |

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 ($R^2 = 0.771$) and validation (residual value) is relatively small. Schaefer model obtained values of $a = 0.636$ and $b = 0.00003746$, with equation (9) and (10) can be calculated optimum value of Effort (E_{opt}) and the maximum sustainable catch (C_{MSY}) as follows:

$$E_{opt} = \frac{a}{2b} = \frac{0.636}{2(0.00003746)} = 8,489.054 \approx 8,489 \text{ trips per year.}$$

$$C_{MSY} = \frac{a^2}{4b} = \frac{0.636^2}{4(0.00003746)} = 2,453.77 \text{ ton per year.}$$

This means that in order to preserve the bonito fisheries resources technically and biologically, in a year the number of units should not exceed 8,489 trips. To preserve the bonito resources in the waters Talaud Islands, the maximum of fish that can be caught at 2,453.77 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 2012, as follows:

$$\begin{aligned} \text{The level of effort in 2012} &= \frac{E_{2012}}{E_{opt}} \times 100\% \\ &= \frac{16,468}{8,489} \times 100\% = 193.99\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{The utilization level in 2012} &= \frac{C_{2012}}{C_{MSY}} \times 100\% \\ &= \frac{2327,6}{2453,77} \times 100\% = 94.86\% \end{aligned}$$

From the calculation, it turns out bonito fishing effort at the Talaud waters in 2012, vastly exceeding the maximum sustainable level of effort. This shows that fishing effort is not very efficient. The utilization level for the year 2012, although not beyond the optimum level, however, be a sign of *overfishing* (catch-over). 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.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Conclusion

1. The surplus production model that can be used to examine the catch of bonito in the Talaud waters is Schaefer model, by the equation: $C_t = 0.636 E_t - 0.00003746 E_t^2$
2. The maximum sustainable yield of bonito C_{MSY} is 2453.77 tons per year, obtained at the level of fishing effort E_{MSY} 8,489 trips. For the year 2012 the amount of 94.86% utilization level is a sign of overfishing alert (overfished), with the level of effort for 193.99% indicating inefficiencies in fishing effort.

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.

REFERENCE

- 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 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.