

OPTIMASI EKONOMI PENGELOLAAN SUMBERDAYA PERIKANAN CAKALANG DI KABUPATEN PARIGI MOUTONG, SULAWESI TENGAH

Fisheries Resource Management Economic Optimizing Skipjack In The Parigi Moutong District, Central Sulawesi

Hasrudin Usman^{1*)}, Tridoyo Kusumastanto¹⁾, dan Achmad Fahrudin¹⁾

¹⁾Program Studi Ekonomi Sumberdaya Kelautan Tropika
Institut Pertanian Bogor
Jl. Raya Dramaga, Babakan, Dramaga, Babakan, Dramaga,
*Email: hasfishusman@gmail.com

ABSTRAK

Optimalisasi pemanfaatan sumberdaya perikanan cakalang di Kabupaten Parigi Moutong dalam penelitian ini menggunakan analisis bioekonomi model Gordon-Schaefer. Analisis bioekonomi model Gordon-Schaefer merupakan cara sederhana dalam melakukan pendugaan pemanfaatan optimal sumberdaya perikanan dan dapat dijadikan titik awal untuk memahami sistem perikanan yang kompleks. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui keseimbangan biologi dan ekonomi dalam pengelolaan sumberdaya perikanan cakalang di Kabupaten Parigi Moutong. Hasil penelitian menunjukkan bahwa saat ini sumberdaya perikanan cakalang sudah mengalami *overfishing*, hal ini disebabkan jumlah *effort* aktual telah melebihi jumlah *effort* optimum. Jumlah *effort* aktual sebesar 14.229 trip sedangkan jumlah *effort* optimum adalah 12.679 trip per tahun. Produksi maksimum secara biologi (h_{MSY}) sebesar 4.634 ton per tahun. Keuntungan maksimum diperoleh pada produksi (h_{MEY}) sebesar Rp. 36.459 miliar per tahun dan keseimbangan perikanan *open access* (h_{OAY}) terjadi pada tingkat produksi 2.516 ton per tahun. Jumlah upaya optimum secara biologi (E_{MSY}) adalah 12.679 trip per tahun, secara ekonomi (E_{MEY}) sebesar 10.625 trip per tahun dan pada perikanan *open access* sebesar (E_{OAY}) 21.251 trip per tahun. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa keseimbangan biologi terjadi saat jumlah produksi maksimum 4.634 ton per tahun dengan upaya 12.679 trip per tahun. Keseimbangan tersebut bukan merupakan titik keuntungan maksimum. Secara ekonomi keuntungan maksimum terjadi pada jumlah produksi (h_{MEY}) sebesar 4.513 ton per tahun dengan upaya sebanyak 10.116 trip per tahun, kondisi ini lebih rendah dari keseimbangan biologi (h_{MSY}).

Kata kunci: Bioekonomi, Ikan Cakalang, Kabupaten Parigi Moutong, Pemanfaatan Optimal

ABSTRACT

Optimizing the utilization of skipjack fisheries resources in Parigi Moutong district were using the analysis of Gordon-Schaefer. Bioeconomy analysis of Gordon-Schaefer is a simple way to perform the estimation of optimum utilization in fishery resources and can be used as a starting point for understanding the complex farming systems. This study was aimed to determine the biological and economical balance in the management of skipjack fishery resources in Parigi Moutong. The results showed that the skipjack fishery resources were overfishing, due to the amount of actual effort exceeds the optimum effort. The actual amount of the trip were 14.229 while the optimum effort were 12.679 trips per year. The maximum production of biological (h_{MSY}) were 4.634 tons per year. Maximum profits in the production (h_{MEY}) were Rp. 36.459 tonnes per year and the balance of the open access fisheries (h_{OAY}) were 2.516 tons per year. The optimum effort of biological activity (E_{MSY}) were 12.679 trips per year, economically (E_{MEY}) were 10.625 trips per year and in the open access fishery (E_{OAY}) were 21.251 trips per year. The results indicated that the biological equilibrium occurred when the maximum production about 4,634 tons per year with the efforts 12.679 trips per year. This balance was not the point of maximum profit, maximum benefit of the production (h_{MEY}) about 4.513 tonnes per year with an effort were 10.625 trips per year, this condition was lower than the biological balance (h_{MSY}).

Keywords: Bioeconomic, Skipjack Tuna, Parigi Moutong District, Optimal Management.

PENDAHULUAN

Kelangkaan sumberdaya alam merupakan ekspresi dari hubungan yang saling bertentangan antara manusia dan alam (Farber, 2000). BenDor et

al. (2009), studi terbaru menunjukkan bahwa kerusakan ekosistem laut akan mempengaruhi jumlah populasi dan keanekaragaman hayati. Bond (2016), sumberdaya lingkungan dan jasa ekosistem memberikan manfaat langsung untuk

konsumen dan produsen serta jasa perantara yang berkontribusi terhadap bentuk-bentuk lain dari sumberdaya alam.

Sumberdaya Perikanan merupakan dasar penting bagi produksi pangan dunia dan merupakan sumber pendapatan utama di banyak daerah pesisir. Karena praktek penangkapan ikan yang tidak berkelanjutan dan perbaikan yang cepat dalam teknologi perikanan, sumberdaya perikanan mengalami pemenuhan meskipun berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan pemahaman ilmiah dan praktek pengelolaan (Myers dan Worm, 2003). Sebagaimana dicatat oleh Sanchirico et al. (2007) dalam Akpalu (2009), pendekatan berbasis ekosistem untuk pengelolaan perikanan harus didorong untuk memenuhi tujuan pengelolaan jangka panjang.

Dalam literatur ekonomi, sumberdaya terbarukan didefinisikan sebagai stok yang tidak tetap dan dapat berkurang atau bertambah. Pertumbuhan stok memiliki batas dan tidak dapat melampaui daya dukung ekosistem yang menopang sumberdaya (Chakraborty et al. 2014). Sistem ekonomi dunia tergantung sepenuhnya terhadap suplai sumberdaya alam, namun belum sepenuhnya keberadaan stok sumberdaya alam dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan dalam jangka panjang (Clark 2013; Sardiyatmo et al. 2015).

Wilayah perairan Kabupaten Parigi Moutong secara geografis berbatasan langsung dengan Perairan Teluk Tomini yang merupakan wilayah pengelolaan perikanan cluster II Provinsi Sulawesi Tengah. Potensi sumberdaya perikanan yang dapat dikelola secara maksimal di Perairan Teluk Tomini

sebesar 68.000 ton per tahun. Potensi tersebut dikelola oleh empat kabupaten yang terdiri dari Kabupaten Parigi Moutong, Kabuapten Poso, Kabupaten Tojo Una-una, dan Kabuapten Banggai (BPS Sulawesi Tengah 2014). Berdasarkan hal tersebut, Kabupaten Parigi Moutong dapat mengelola sumberdaya perikanan lautnya secara maksimal sebesar 35.000 ton per tahun (DKP Parigi Motong 2014). Pada tahun 2013 jumlah total produksi perikanan tangkap Kabupaten Parigi Moutong sebesar 24.004,6 ton yang berarti pemanfaatan saat ini telah mencapai 68,57% dari jumlah tangkapan lestari yang ditentukan.

Kabupaten Parigi Moutong memiliki luas wilayah 6.231,85 Km² dengan luas perairan 12.716 Km² dan memiliki panjang garis pantai 472 Km, sedangkan luas areal penangkapan sebesar 28.208 Km². Salah satu jenis ikan pelagis yang memberikan kontribusi cukup besar terhadap produksi perikanan tangkap di Kabupaten Parigi Moutong adalah ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*). Produksi ikan cakalang pada tahun 2013 mencapai 4.940,9 ton (20,58% dari total produksi) dengan total nilai produksi sebesar Rp. 82.539.204 juta dan produksi ikan cakalang tahun 2012 sebesar 5.117,85 ton (21,81% dari total produksi) dengan total nilai produksi Rp. 51.326.075 juta. Berdasarkan data tersebut, produksi ikan cakalang mengalami penurunan sebesar 1,23 % atau sebesar 176,95 ton dari tahun 2012 ke tahun 2013 dan rata-rata kontribusi produksi ikan cakalang selama tujuh tahun terakhir sebesar 20,60% terhadap total produksi perikanan tangkap di Kabupaten Parigi Moutong (Tabel 1).

Tabel 1. Kontribusi perikanan cakalang terhadap produksi perikanan tangkap di Kabupaten Parigi Moutong periode 2007-2013

Tahun	Produksi Ikan Cakalang	Total Produksi Perikanan Tangkap	Kontribusi (%)
2007	4.617,93	18.448,30	25,03
2008	4.030,63	20.370,70	19,79
2009	3.780,80	22.026,00	17,17
2010	5.008,41	22.683,98	22,08
2011	4.046,23	22.821,05	17,73
2012	5.117,85	23.460,40	21,81
2013	4.940,90	24.004,60	20,58
Rataan	4.506,11	21.973,58	20,60

Berdasarkan Tabel 1 di atas, kontribusi produksi ikan cakalang dinilai cukup besar terhadap jumlah total produksi perikanan tangkap dengan nilai rata-rata sebesar 20,60% per tahun. Hal ini diduga pemanfaatan sumberdaya ikan cakalang di Kabupaten Parigi Moutong telah mengalami tekanan penangkapan. Menurut KKP (2013) saat ini populasi ikan cakalang cenderung semakin menurun di beberapa wilayah perairan di Indonesia. Dengan demikian, perlu dilakukan kajian terhadap pengelolaan sumberdaya perikanan cakalang di Kabupaten Parigi Moutong sehingga dalam pemanfaatannya tidak mengalami *overfishing*.

Jenis alat tangkap yang digunakan oleh masyarakat nelayan di Kabupaten Parigi Moutong menangkap ikan cakalang yaitu dengan alat tangkap *purse seine* dan pancing tonda. Rata-rata produksi ikan cakalang pada alat tangkap *purse seine* sebesar 2.624,75 ton per tahun (63,41% dari total produksi ikan cakalang), sedangkan alat tangkap pancing tonda dengan jumlah produksi rata-rata 1.514,70 ton per tahun (36,59% dari total produksi ikan cakalang). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan keseimbangan secara biologi dan ekonomi terhadap pengelolaan sumberdaya

perikanan cakalang di Kabupaten Parigi Moutong, Provinsi Sulawesi Tengah.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode survey. Permasalahan yang kaji dalam penelitian ini adalah pengelolaan sumberdaya ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) di Kabupaten Parigi Moutong, Provinsi Sulawesi Tengah. Pemilihan lokasi penelitian ditetapkan di lima kecamatan yang terdiri dari empat TPI dan satu pelabuhan yaitu Parigi Selatan (TPI Boyantongo), Parigi Tengah (TPI Petapa), Ampibabo (TPI Paranggi), Moutong (TPI Moutong), dan Kecamatan Parigi (Pelabuhan). Pertimbangan pemilihan lokasi penelitian didasarkan lokasi tersebut merupakan basis tempat pendaratan ikan oleh nelayan tangkap di Kabupaten Parigi Moutong. Penelitian ini dilaksanakan selama empat bulan yaitu bulan April sampai Juli 2015.

Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data primer dan sekunder. Data primer diperoleh langsung di lapangan melalui pengamatan terhadap unit-unit penangkapan ikan cakalang dengan melakukan wawancara terhadap nelayan. Sedangkan data sekunder diperoleh dari DKP Propinsi Sulawesi Tengah, DKP Kabupaten Parigi Moutong, BPS Kabupaten Parigi Moutong. Data yang digunakan bersifat runtun waktu (*time series data*) dari tahun 2007-2013, meliputi data produksi, jumlah trip, indeks harga konsumen (IHK), dan PDRB. Metode pengambilan sampel yang digunakan adalah metode *purposive sampling* atau metode yang dilakukan secara sengaja berdasarkan pertimbangan karakteristik tertentu yang dianggap mempunyai sangkut paut dengan karakteristik populasi yang sudah diketahui sebelumnya (Umar, 2004; Asriyanto et al. 2013). Nelayan yang dijadikan sampel penelitian adalah nelayan pemilik yang mewakili sifat-sifat dari keseluruhan nelayan yang menangkap ikan cakalang di perairan Kabupaten Parigi Moutong, yaitu berjumlah 40 orang yang terdiri dari 15 orang nelayan *purse seine* dan 25 orang nelayan pancing tonda.

Metode Pengolahan Data

Analisis optimasi ekonomi pengelolaan sumberdaya perikanan cakalang di Kabupaten Parigi Moutong menggunakan pendekatan model bioekonomi. Metode pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan *software Excel 2007* dan *Maple 12*.

Metode Analisis Data

1. Analisis Teknis Alat Tangkap

Data hasil upaya penangkapan ikan cakalang dapat dianalisis dengan menghitung nilai hasil tangkapan per upaya penangkapan (CPUE). CPUE digunakan sebagai indeks kelimpahan sumberdaya

perikanan. Nilai ini diperoleh dari pembagian *total catch* dengan *total fishing effort*. Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai CPUE adalah (Boesono et al. 2015):

$$CPUE_t = \frac{Catch_t}{Effort_t}$$

Ket: $t = 1, 2, 3, \dots, n$

dimana $CPUE_t$ adalah hasil tangkapan per upaya penangkapan pada tahun ke-t (Kg per trip) dan $Catch_t$ merupakan hasil tangkapan pada tahun ke-t (Kg) serta $Effort_t$ adalah upaya penangkapan pada tahun ke-t (trip).

Alat tangkap yang dominan digunakan nelayan Kabuapten Parigi Moutong menangkap ikan cakalang yaitu alat tangkap *purse seine* dan pancing tonda. Mengingat kedua jenis alat tangkap tersebut memiliki kemampuan menangkap (*fishing power*) yang berbeda, maka dilakukan standarisasi alat tangkap. Rumus yang digunakan untuk menstandarisasi upaya penangkapan adalah sebagai berikut (Guland 1983; Asriyanto et al. 2013):

$$FPI = \frac{CPUE_i}{CPUE_s}$$

dimana:

FPI = *fishing power index*

$CPUE_i$ = CPUE alat tangkap yang akan distandarisasi (Kg/Trip)

$CPUE_s$ = CPUE alat tangkap standar (Kg/Trip)

untuk menghitung *effort* standar digunakan formula berikut:

$$f_s = FPI \times f_i$$

dimana f_s merupakan upaya penangkapan

hasil standarisasi (trip) dan f_i adalah upaya penangkapan yang akan distandarisasi (trip).

2. Analisis Parameter Biologi

Estimasi parameter biologi dilakukan menggunakan model surplus produksi dari (Schaefer, 1954; Sardiyatmo 2015). Nilai parameter biologi bertujuan untuk menghasilkan parameter tingkat pertumbuhan intrinsik (r), koefisien tangkap (q) dan daya dukung lingkungan (K), ditentukan menggunakan rumus (Sobari et al. 2009) sebagai berikut:

$$\left(\frac{U_{t+1}}{U_t} \right) - 1 = r - \frac{r}{Kq} U_t - qE_t$$

produksi per satuan input (U) atau sering dikenal sebagai CPUE (*catch per unit effort*) dan E merupakan *effort* (upaya tangkap).

3. Analisis Parameter Ekonomi

Estimasi parameter ekonomi berupa harga output (p) per ton dari produksi sumberdaya perikanan dan biaya input (c) dari aktivitas upaya per trip atau per hari melaut. Harga dan biaya dikonversi ke dalam nilai riil dengan cara menyesuaikan dengan Indeks Harga Konsumen

(IHK), sehingga pengaruh inflasi dapat dieliminir (Fauzi 2010). Rumus estimasi biaya input adalah:

$$C_{pj} = \sum Effort \times \frac{\sum Biaya}{Effort} \quad \hat{C}_{pj} = \left[\frac{h_{pi}}{h_z} \right]^{\frac{1}{r}}$$

$$C_{std} = (C_{pj} \times \hat{C}_{pj}) \times 1000000 ;$$

$$C_t = (C_{std} \times IHK_t) / IHK_n$$

Sedangkan estimasi harga output menggunakan rumus:

$$P_n = \frac{\sum_i^n P_i}{n} \text{ dan } P_i = \frac{P_n}{IHK_n} \times IHK_i.$$

dimana $i = 1, 2, 3, \dots, n$

4. Analisis Bioekonomi

Perikanan merupakan dasar penting bagi produksi pangan dunia dan merupakan sumber pendapatan utama di banyak daerah pesisir. Karena praktek penangkapan ikan yang tidak berkelanjutan dan perbaikan yang cepat dalam teknologi perikanan, mengakibatkan sumberdaya perikanan menurun meskipun berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan pemahaman ilmiah dan praktik pengelolaan (Myers dan Worm, 2003). Secara khusus, simulasi model bioekonomi berguna dalam menguji efek dari strategi pengelolaan (Prellezo et al. 2012) dan menyediakan dasar bersama sebagai bahan diskusi di antara para aktor yang berbeda dalam sistem perikanan (yaitu pengelola perikanan, nelayan dan ilmuwan) (Gascuel et al. 1993; Maouel et al. 2014). Untuk mengetahui kondisi MSY, tingkat biomassa (x_{MSY}) dalam pengelolaan sumberdaya perikanan maka digunakan persamaan berikut:

$$x_{MSY} = \frac{K}{2}$$

tingkat upaya tangkapan maksimum (E_{MSY}), diperoleh dengan persamaan berikut (Clark 1985; Fauzi 2010):

$$E_{MSY} = \frac{r}{2.q}$$

untuk tingkat produksi maksimum (h_{MSY}), diperoleh dengan persamaan berikut:

$$h_{MSY} = \frac{r.K}{4}$$

Gambaran analisis tersebut diatas mengenai MSY hanyamempertimbangkan faktor biologi semata, untuk itu diperlukan kajian secara ekonomi. Gordon (1954) diacu oleh Fauzi (2010) mengemukakan tentang parameter ekonomi yaitu harga dari output (p) per satuan berat dan biaya dari input (c), yang kemudian dimasukkan ke dalam model Schaefer agar dapat diperoleh keseimbangan bioekonomi. Untuk kondisi *sole owner/maximum economic yield* (MEY) diperoleh berdasarkan

beberapa persamaan. Tingkat biomassa (x_{MEY}) diperoleh dengan persamaan berikut:

$$x_{MEY} = \frac{K}{2} \left(1 + \frac{c}{pqK} \right)$$

untuk tingkat *effort maksimum* (E_{MEY}), diperoleh dengan persamaan berikut:

$$E_{MEY} = \frac{K}{2q} \left(1 - \frac{c}{pqK} \right)$$

pada tingkat produksi maksimum (h_{MEY}) diperoleh melalui persamaan sebagai berikut:

$$E_{MEY} = \frac{rK}{4} \left(1 + \frac{c}{pqk} \right) \times \left(1 - \frac{c}{pqK} \right)$$

Keseimbangan bioekonomi atau lebih dikenal dengan keseimbangan *bioeconomics* model Gordon-Schaefer (1954), dimana pada saat tingkat upaya berada pada upaya *open access*, maka keseimbangan terjadi pada $TR=TC$ dan pendapatan sama dengan nol ($\pi=0$). Selanjutnya apabila $TR = ph$, dan $h = qEx$, dengan demikian maka $TR = pqEx$, sementara itu apabila $TC = cE$, fungsi keuntungan akan menjadi:

$$\pi = pqxE - cE$$

tingkat upaya tangkapan maksimum (E_{OA}), diperoleh dengan persamaan berikut:

$$E_{OA} = \frac{r}{q} \left(1 - \frac{c}{pqK} \right)$$

untuk tingkat produksi maksimum (h_{OA}), diperoleh dengan persamaan berikut:

$$E_{OA} = \frac{c}{p.q}$$

untuk tingkat pendapatan sama dengan nol ($\pi=0$), maka biomassa pada kondisi *open access* secara matematis sebagai berikut:

$$E_{OA} = \frac{rc}{pq} \left(1 - \frac{c}{pqK} \right)$$

estimasi biomassa, hasil tangkapan, tingkat upaya dan rente ekonomi sumberdaya di atas merupakan pendekatan model statik. Pendekatan tersebut bersifat statik dikarenakan tidak memperhitungkan waktu dalam analisisnya, oleh karena itu analisis dinamik sumberdaya ikan juga perlu diteliti, dengan formulaberikut:

$$\delta = r \left(1 - \frac{2x}{K} \right) + \frac{\frac{ch}{qx^2}}{\left(p - \frac{c}{qx} \right)}$$

berdasarkan persamaan di atas, maka dapat diketahui nilai optimal dinamik untuk biomassa, produksi dan rente ekonomi melalui persamaan berikut:

$$x^* = \frac{K}{4} \left[\left(1 + \frac{c}{pqk} + 1 - \frac{\delta}{r} \right) + \sqrt{\left(\frac{c}{pqk} + 1 - \frac{\delta}{r} \right)^2 + \frac{8c\delta}{pqKr}} \right];$$

$$h^* = \frac{1}{c} x \left(pqx - c \left[\delta - \left(1 - \frac{2x}{h} \right) \right] \right);$$

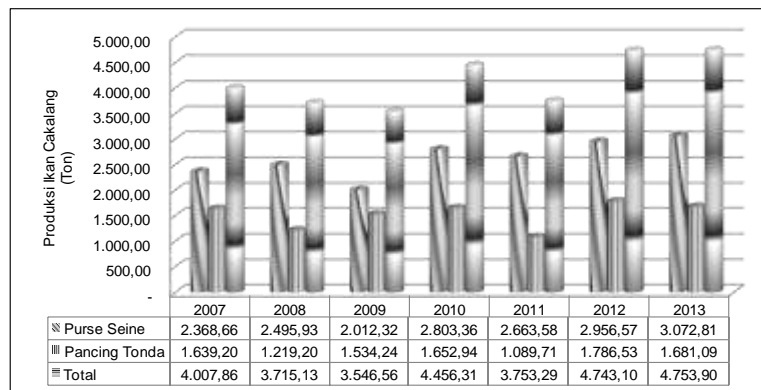
$$E^* = \frac{h^*}{qx^*}; \pi = ph - c \frac{h}{qx}$$

Pada kondisi pengelolaan optimal dinamik, faktor waktu diperhitungkan dalam analisis melalui nilai *discount rate*. Nilai *discount rate* yang digunakan dalam perhitungan ekonomi sumberdaya perikanan nilai, *social discount rate*. *Social discount rate* yang dipakai untuk menilai sumberdaya pada negara-negara berkembang berdasarkan acuan dari bank dunia besarnya berkisar antara 10-18% (Gittenger 1986; Sardiyatmo et al. 2015).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produksi Ikan Cakalang

Produksi perikanan tangkap ikan cakalang di Kabupaten Parigi Moutong mengalami fluktuatif dari tahun 2007 hingga 2013, dengan menggunakan alat tangkap *purse seine* dan pancing tonda. Produksi ikan cakalang dengan penggunaan alat tangkap *purse seine* dan pancing tonda terendah terjadi pada tahun 2009 yaitu sebesar 3.546,56 ton, sedangkan hasil tangkapan tertinggi diperoleh pada tahun 2013 sebesar 4.753,90 ton. Pada Gambar 1 menggambarkan perkembangan produksi berdasarkan kedua alat tersebut serta total produksi ikan cakalang periode 2007-2013.



Gambar 1. Produksi Ikan Cakalang Berdasarkan Alat Tangkap di Kabupaten Parigi Moutong

Standarisasi Alat Tangkap

Penangkapan ikan cakalang di Kabupaten Parigi Moutong sebagian besar ditangkap dengan alat tangkap pancing tonda dan *purse seine*. Alat tangkap yang distandarisasi dalam penelitian ini adalah alat tangkap *purse seine* dengan pertimbangan alat tangkap ini memiliki *catch per unit effort* (CPUE) yang tinggi dalam setiap kali penangkapan dan memberikan kontribusi yang paling besar terhadap jumlah produksi ikan

cakalang. Menurut Gulland (1983) diacu oleh Sobari et al. (2009) standarisasi alat tangkap dilakukan dengan tujuan dapat dijadikan alat ukur terhadap tingkat kemampuan pemanfaatan suatu alat tangkap dan juga sebagai salah satu indikator terhadap pemanfaatan sumberdaya ikan secara maksimal yang diharapkan tidak mengganggu potensi lestari sumberdaya ikan yang ada. Hasil standarisasi alat tangkap dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Standarisasi Alat Tangkap *Purse Seine* di Kabupaten Parigi Moutong

Parameter	Tahun							Rataan
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
CPUE	0.244	0.259	0.227	0.324	0.289	0.295	0.442	0.337
FPI	0.011	0.017	0.010	0.0076	0.006	0.009	0.010	0.010
Effort	16.467	14.376	15.636	13.773	13.012	16.070	10.763	13404

Sumber: Hasil Analisis Data 2015

Estimasi Parameter Biologi dan Ekonomi

Hasil perhitungan model Gordon-Schaefer diperoleh nilai parameter biologi dengan tingkat pertumbuhan intrinsik (*r*) ikan cakalang sebesar 0.6776, ini berarti bahwa pertumbuhan alami ikan cakalang jika tidak terganggu dari faktor alam maupun aktivitas manusia sebesar 0.6776 ton per tahun. Sementara koefisien tangkap (*q*) diperoleh nilai sebesar 0.00002672, nilai ini menunjukkan

bahwa setiap peningkatan satuan upaya penangkapan ikan akan berpengaruh sebesar 0.00002672 ton per trip. Sedangkan daya dukung lingkungan (*K*) sebesar 27.360 menunjukkan bahwa secara aspek biologis lingkungan di sekitar perairan Kabupaten Parigi Moutong mendukung produksi ikan cakalang sebesar 27.360 ton per tahun. Dalam analisis bioekonomi perlu dilakukan estimasi parameter ekonomi yang meliputi faktor biaya penangkapan dan harga ikan. Dalam penelitian ini,

data biaya penangkapan masing-masing alat tangkap diperoleh dari hasil wawancara dengan responden yang menggunakan alat tangkap *purse seine* dan pancing tonda yang kemudian dikonversi ke pengukuran riil dengan cara menyesuainya

dengan Indeks Harga Konsumen (IHK) yang berlaku, guna mengeliminir pengaruh inflasi. Hasil perhitungan parameter biologi dan ekonomi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Estimasi Parameter Biologi dan Ekonomi Sumberdaya Ikan Cakalang

Parameter	Satuan	Nilai
Laju Pertumbuhan (r)	Ton/Tahun	0.6776
Koefisien Tangkap (q)	Ton/Trip	0.00002672
Daya Dukung Lingkungan (K)	Ton/Tahun	27.360
Harga Ikan (p)	Juta/Ton	11.03
Biaya Penangkapan (c)	Juta/Trip	1.32

Sumber: Hasil Analisis Data 2015.

Berdasarkan hasil analisis bioekonomi dengan menggunakan data *cross section* dan data wawancara dengan para responden penelitian maka diketahui besaran rata-rata biaya riil dan harga riil

sumberdaya ikan cakalang di Kabupaten Parigi Moutong. Rata-rata biaya riil input sebesar 1.32 juta rupiah per ton sedangkan harga riil sebesar 11,03 juta rupiah per ton (Tabel 4).

Tabel 4. Data Series Biaya Riil Input dan Harga Riil Output Sumberdaya Ikan Cakalang di Kabupaten Parigi Moutong

Parameter	Tahun							Rataan
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Riil input (Juta Rp)	1.30	1,30	1.32	1.32	1.32	1.32	1.37	1.32
Riil output (Juta Rp)	10.88	10.88	11.03	11.00	11.03	11.00	11.41	11.03

Sumber: Hasil Analisis Data 2015

Bioekonomi Sumberdaya Perikanan Cakalang

Pengelolaan sumberdaya perikanan pada mulanya didasarkan pada faktor biologi, dengan pendekatan *Maximum Sustainable Yield* (MSY) yang didasarkan pada Model Schaefer (Fauzi 2010). MSY adalah cara sederhana untuk mengelola sumberdaya dengan mempertimbangkan bahwa eksploitasi berlebihan sumberdaya menyebabkan hilangnya produktivitas (Kar dan Chakraborty 2009).

Menurut Saijo et al. (1998) diacuh oleh Fauzi (2010) masalah utama dari konsep MSY adalah tidak relevan dengan prinsip ekonomi. Prinsip ekonomi mempertimbangkan manfaat dari eksploitasi sumberdaya, dan konsep MSY mengabaikan biaya eksploitasi sumberdaya. Model pengelolaan secara biologi kemudian dikembangkan oleh Gordon (1954) dengan memasukan variabel ekonomi (harga dan biaya) ke dalam model Schaefer sehingga melahirkan konsep *Maximum Economic Yield* (MEY). Model ini kemudian dikenal dengan nama model bioekonomi Gordon-Schaefer.

Pemodelan bioekonomi memberikan penilaian yang paling efisien melalui analisis MEY. Model ini memerlukan informasi yang signifikan pada biaya perikanan, harga, dan biologi ikan. Model bioekonomi biasanya model optimasi. Artinya, mereka digunakan untuk memperkirakan satu set variabel kontrol, seperti ukuran armada, atau upaya penangkapan dan memaksimalkan variabel tertentu, seperti laba (Timmermann et al, 2014). Memaksimalkan keuntungan ekonomi dalam

perikanan dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan model bioekonomi untuk mengestimasi hasil tangkapan yang tepat berbasis pada keuntungan ekonomi (Pascoe, et. al. 2016). Timmermann et al., (2014) model bioekonomi yang menggabungkan interaksi antar sektor dan memberikan representasi yang lebih holistik dan pemahaman tentang sistem yang kompleks.

1. Analisis optimasi statik pemanfaatan sumberdaya ikan cakalang

Optimasi pemanfaatan sumberdaya ikan cakalang dianalisis dalam beberapa kondisi pengelolaan, yaitu kondisi pengelolaansole owner atau *maximum economic yield* (MEY), *open access* (OA) dan *maximum sustainable yield* (MSY). Ketiga kondisi pengelolaan tersebut juga dibandingkan dengan kondisi aktual dari pemanfaatan sumberdaya ikan cakalang di Kabupaten Parigi Moutong.

Hasil analisis model bioekonomi optimasi statis dan dinamik menggambarkan keseimbangan biologi dan ekonomi. Dari hasil analisis bioekonomi model statik diketahui produksi maksimum secara biologi (h_{MSY}) sebesar 4.634,79 ton per tahun. Keuntungan maksimum diperoleh pada produksi (h_{MEY}) sebesar Rp. 35.097,31 juta per tahun dan keseimbangan perikanan *open access* (h_{OAY}) terjadi pada tingkat produksi 2.516,67 ton per tahun. Jumlah upaya optimum secara biologi (E_{MSY}) mencapai 12.679 trip per tahun, secara ekonomi (E_{MEY}) 10.625 trip per tahun, dan pada perikanan

open access sebesar (E_{OAY}) 21.251 trip per tahun. Hasil analisis ini menunjukkan bahwa keseimbangan biologi terjadi saat jumlah produksi maksimum mencapai 4.634,79 ton per tahun dengan upaya 12.679 trip per tahun. Secara ekonomi keuntungan

maksimum terjadi pada jumlah produksi (h_{MEY}) sebesar 4.513 ton per tahun dengan upaya sebanyak 10.625 trip per tahun, kondisi ini lebih rendah dari keseimbangan biologi (h_{MSY}) (Tabel 5).

Tabel 5. Hasil optimasi statik pemanfaatan sumberdaya ikan cakalang di Kabupaten Parigi Moutong

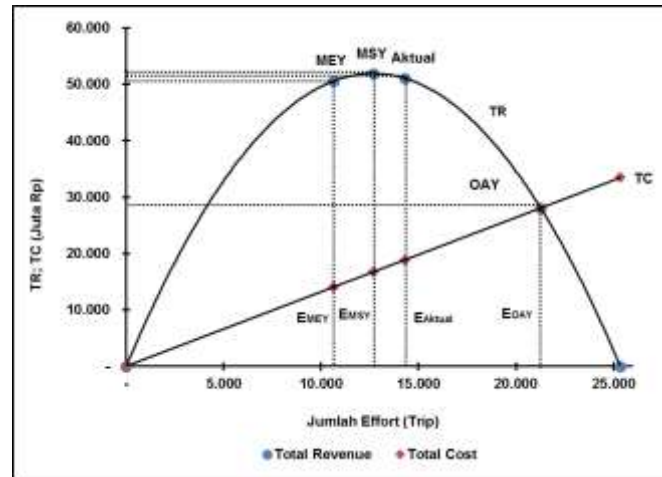
Parameter	Rezim Pengelolaan SDI Cakalang			
	MEY	MSY	OAY	Akual
Biomass (x)	15.896	13.680	4.432	-
Produksi (h)	4.513	4.634	2.516	4.139
Effort (E)	10.625	12.679	21.251	14.299
Juta Rp. (π)	36.459	35.097	-	27.690

Pada Tabel 5 di atas, menunjukkan keuntungan aktual yang diperoleh sebesar Rp. 27.690 juta per tahun, keuntungan ini lebih kecil dari keuntungan optimal baik kondisi MEY dan MSY yang masing-masing memiliki keuntungan sebesar Rp. 35.097 juta dan Rp. 35.097 juta per tahun. Sementara jumlah upaya pada kondisi aktual telah melebihi upaya kondisi optimal MSY dan MEY. Hal tersebut mengindikasikan bahwa kegiatan penangkapan terhadap sumberdaya ikan cakalang di perairan Kabupaten Parigi Moutong telah mengalami *over exploited* yang menyebabkan terjadinya *overfishing* secara biologi.

Jumlah biomass pada kondisi *open access* diperoleh sebesar 4.791 ton per tahun dan produksi yang dapat dipanen sebesar 2.516 ton per tahun dengan jumlah *effort* sebanyak 21.251 trip per tahun, dan keuntungan yang diperoleh sama dengan nol ($TR=TC$). Kondisi *open acces* tersebut menyebabkan nelayan cenderung untuk mengembangkan jumlah alat tangkap serta meningkatkan upaya tangkapan agar mendapatkan hasil yang lebih banyak. Secara ekonomi kondisi tersebut tidak efisien, karena keuntungan yang diperoleh untuk jangka panjang akan berkurang atau sama sekali tidak memperoleh keuntungan atau nol. Sobari et al. (2009) menyatakan pada kondisi *open access* rente ekonomi yang diperoleh digunakan untuk meningkatkan *effort*, sehingga biaya yang dikeluarkan akan terus meningkat yang akhirnya rente ekonomi sama dengan nol ($\pi=0$).

Sejak lama para ekonomi telah berpendapat bahwa biomasa yang memaksimalkan keuntungan secara ekonomi (X_{MEY}) dari perikanan sebagai target pengelolaan (Grafton et al. 2010). Dichmont et al (2011) menyatakan MEY adalah konsep ekuilibrium jangka panjang yang mengacu pada tingkat output dan tingkat upaya yang sesuai dengan memaksimalkan keuntungan ekonomi dari kegiatan perikanan. Lopez dan Pascoe (2011) penangkapan pada titik MEY memberikan keuntungan maksimum secara ekonomi baik kepada pemilik kapal maupun upah buruh yang bergantung pada sistem bagi hasil. Somalia dan Hanneson (2010) dalam Pascoe, et. al. (2016) menyatakan walaupun rente ekonomi dari tiap rantai nilai diperhitungkan akan tetapi rente ekonomi tertinggi tetap berada pada tingkat MEY. Pada titik ini, keuntungan maksimum didapatkan tanpa mengganggu keseimbangan biologi dari sumberdaya ikan.

Rente ekonomi optimal untuk sumberdaya ikan cakalang dengan pendekatan optimasi statik diperoleh pada kondisi MEY, yang ditunjukkan oleh jarak vertikal antara penerimaan (TR) dan biaya (TC) merupakan jarak terbesar. Kesimbangan pada kondisi *open access* membutuhkan tingkat *effort* yang jauh lebih besar dari tingkat *effort* pada kondisi MSY dan MEY, sehingga kondisi ini akan memicu terjadinya alokasi sumberdaya yang tidak tepat (Gambar 2).



Gambar 2. Kurva Optimasi Statik Pengelolaan Sumberdaya Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) di Kabupaten Parigi Moutong

Pada Gambar 2 di atas, menunjukkan tingkat *effort* dari kondisi aktual lebih besar dari pada kondisi MEY maupun MSY, ini berarti tingkat *effort* pada kondisi aktual harus segera dikurangi hingga mencapai kondisi MEY dan MSY. Kondisi ini menggambarkan bahwa sumberdaya ikan cakalang di perairan Kabupaten Parigi Moutong sudah mengalami *over exploited*. Hanneson (1987) diacu oleh Fauzi (2010) menyatakan pada kondisi MEY tingkat *effort* yang diperlukan lebih rendah daripada kondisi MSY, tetapi rente ekonomi atau keuntungan yang yang diperoleh lebih besar dari kondisi MSY. Oleh karena itu, keseimbangan kondisi pengelolaan MEY terlihat lebih *conservative minded* (lebih bersahabat dengan lingkungan) dibandingkan dengan tingkat upaya pada titik keseimbangan pada kondisi MSY.

Keuntungan yang diperoleh dalam pemanfaatan sumberdaya perikanan cakalang di Kabupaten Parigi Moutong akan mendorong nelayan mengembangkan armada penangkapannya atau meningkatkan jumlah trip penangkapan untuk mendapat keuntungan maksimum. Peningkatan Tabel 6. Hasil optimasi dinamik pemanfaatan sumberdaya ikan cakalang di Kabupaten Parigi Moutong

Parameter	Discount Rate					
	<i>i</i> =6	<i>i</i> =10	<i>i</i> =12	<i>i</i> =15	<i>i</i> =18	<i>i</i> =20
<i>x</i> (Ton)	16.373	15.763	15.461	15.029	14.621	14.345
<i>h</i> * (Ton)	4.363	4.388	4.395	4.399	4.396	4.390
<i>E</i> * (Trip)	10.951	11.440	11.682	12.028	12.355	12.577
π (Juta Rp)	573.534	356.568	297.734	238.443	198.513	178.678

Sumber: Hasil analisis data 2015

Model dinamik menyangkut aspek pengelolaan yang bersifat intertemporal, yaitu aspek tersebut dijumpai dengan penggunaan *discount rate*. Pengelolaan sumberdaya ikan yang optimal dalam konteks model dinamik diartikan sebagai perhitungan tingkat upaya (*effort*) dan panen (hasil tangkapan) yang menghasilkan surplus sosial yang maksimum. Surplus sosial pada kondisi ini diwakili oleh rente ekonomi *overtime* dari sumberdaya (Fauzi 2010).

upaya penangkapan akan terus dilakukan sampai mencapai keseimbangan *open access* dimana pelaku usaha hanya menerima biaya oportunitas, sedangkan keuntungan tidak diperoleh (Maouel et al. 2014). Pada keseimbangan *open access* jumlah penerimaan total sama dengan jumlah biaya total ($TR = TC$), hal ini merupakan keseimbangan secara ekonomi (*break even point*). Pada titik ini kegiatan usaha perikanan tidak lagi memberikan keuntungan apapun kepada semua pelaku usaha.

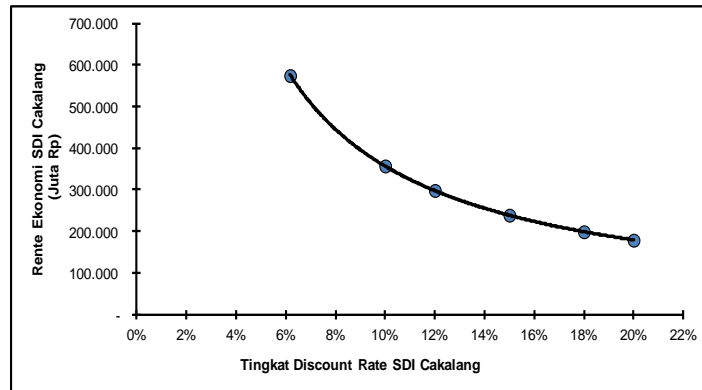
2. Analisis optimasi dinamik pemanfaatan sumberdaya ikan cakalang

Menurut Clark (1976) diacu oleh Fauzi (2010) pendekatan statik pada penilaian sumberdaya ikan memiliki kelemahan yang sangat mendasar, yaitu faktor waktu tidak dimasukkan dalam analisis sumberdaya terbarukan, seperti ikan, memerlukan waktu untuk bereaksi terhadap perubahan-perubahan eksternal yang terjadi. Oleh karena itu diperlukan pendekatan dinamik untuk memahami pengelolaan sumberdaya ikan. Hasil estimasi tingkat *discount rate* pada masing-masing sumberdaya dapat dilihat pada Tabel 6.

Hasil analisis bioekonomi model dinamik (Tabel 6) menunjukkan semakin tinggi nilai *discount rate* yang digunakan, maka akan menyebabkan semakin tinggi pula tingkat eksploitasi dan semakin banyak upaya penangkapan (*Effort*) dikerahkan, maka akan menyebabkan rente ekonomi yang diperoleh semakin rendah. Secara umum tingkat *discount rate* yang lebih rendah dapat menghasilkan optimal *yield*, optimal biomass dan rente ekonomi yang lebih tinggi, bila dibandingkan dengan

menggunakan *discount rate* yang lebih tinggi. Artinya *discount rate* yang lebih tinggi akan memacu perburuan sumberdaya lebih ekstraktif dan dampaknya tentu akan menambah tekanan terhadap sumberdaya tersebut. Keadaan ini akan menyebabkan terjadinya degradasi, yang akhirnya menimbulkan kepunahan sumberdaya ikan

cakalang. Clark (1976) diacu oleh Fauzi (2010) menyatakan bahwa nilai *discount rate* yang lebih tinggi akan meningkatkan laju eksploitasi sumberdaya terbarukan dan memungkinkan akan terjadi kepunahan.



Gambar 3. Hubungan tingkat *discount rate* dan rente ekonomi optimal dinamik sumberdaya ikan cakalang di Kabupaten Parigi Moutong

Gambar 3 di atas menunjukkan hubungan tingkat *discount rate* dan rente ekonomi optimal dinamik pada sumberdaya ikan cakalang di Kabupaten Parigi Moutong menunjukkan tingkat *discount rate* yang tinggi akan mendorong semakin lajunya tingkat *effort* dan sebaliknya tingkat *discount rate* yang rendah akan memperlambat laju tingkat *effort*. Peningkatan upaya yang berlebihan akan mengakibatkan peningkatan terhadap biaya yang dikeluarkan. Hal ini berimplikasi terhadap laju degradasi sumberdaya ikan cakalang yang semakin cepat.

Berdasarkan hasil analisis bioekonomi, maka konsep pengelolaan Smith (1987) diacu oleh Muhammad (2011) dapat digunakan sebagai alternatif kebijakan dalam menyelesaikan permasalahan perikanan di Kabupaten Parigi Moutong. Menurut Smith (1987) diacu oleh Muhammad (2011) menyatakan pilihan kebijakan dalam pengelolaan sumberdaya perikanan secara maksimum berkelanjutan pada kondisi MSY (*Maximum Sustainable Yield*) untuk meningkatkan kesejahteraan nelayan dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

1. Kebijakan jangka pendek, yaitu: perbaikan teknologi, subsidi faktor produksi atau peningkatan harga ikan.
2. Kebijakan jangka panjang, yaitu: meningkatkan sumber pendapatan alternatif bagi rumah tangga nelayan, sehingga tekanan penangkapan ikan dapat berkurang dengan cara mengurangi jumlah nelayan atau armada penangkapan ikan.

Timmermann et al. (2014) model bioekonomi adalah model sepenuhnya digabungkan yang terdiri dari empat komponen yaitu:

- 1) Suatu submodel empiris yang menjelaskan hubungan antara bahan gizi dan produksi utama;
- 2) Berbasis proses-submodel ekologi menggambarkan dinamika fitoplankton dan biomassa;
- 3) Merupakan submodel penangkapan kerang berbasis agen yang memungkinkan nelayan untuk membuat keputusan tentang usaha penangkapan berdasarkan peraturan, biomassa kerang yang tersedia, dan diharapkan biaya dan pendapatan; dan
- 4) Merupakan submodel ekonomi untuk analisis biaya-manfaat dan untuk mengetahui keuntungan yang diharapkan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Hasil analisis model bioekonomi, bahwa pemanfaatan sumberdaya ikan cakalang di Kabupaten Parigi Moutong saat ini sudah mengalami *overfishing*. Hal tersebut dikarenakan jumlah *effort* pada kondisi aktual sudah melebihi kondisi MEY dan MSY.
2. Dari hasil analisis optimasi statik pemanfaatan sumberdaya ikan cakalang diketahui bahwa keseimbangan kondisi pengelolaan *sole owner* atau *maximum economic yield* (MEY) terlihat lebih *conservative minded* (lebih bersahabat dengan lingkungan) dibandingkan dengan pengelolaan *open access* (OA) dan *maximum sustainable yield* (MSY).
3. Tingkat produksi optimal pada pemanfaatan sumberdaya ikan cakalang sebesar 4.634 ton per tahun, tingkat upaya (*effort*) optimal sebanyak 12.679 trip per tahun dan rente ekonomi optimal sebesar Rp. 35.097 juta per tahun.

Saran

Alternatif kebijakan yang dapat diterapkan saat ini untuk mengatasi permasalahan *overfishing* di Kabupaten Parimo, Sulawesi Tengah dapat dilakukan dengan dua strategi yaitu:

1. Pemerintah daerah segera mengatur jumlah upaya tangkap (*effort*) dari pemanfaatan sumberdaya ikan cakalang ke tingkat eksploitasi optimal pada tingkat pemanfaatan MSY atau MEY sehingga sumberdaya perikanan dapat berkelanjutan.
2. Sistem pengawasan (*monitoring*), evaluasi (*evaluation*), dan pendataan hasil perikanan yang sistematis dilaksanakan secara konsisten serta ditegakkannya hukum dan peraturan sehingga tujuan pengelolaan sumberdaya perikanan dapat terwujud.

DAFTAR PUSTAKA

- Akpalu, W. (2009). Economics of biodiversity and sustainable fisheries management. *Ecological Economics*, 68 (10), 2729–2733. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.05.014>
- Asriyanto, Rahman, D.F, dan Triarso I. 2013. Analisis Bioekonomi Ikan Pelagis Pada Usaha Perikanan Tangkap Di Pelabuhan Perikanan Pantai Tawang Kabupaten Kendal. *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology*. Volume 2, Nomor 1, Tahun 2013, Hlm 1-10. Online di :<http://www.ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jfrumt>
- BenDor, T., Scheffran, J., & Hannon, B. (2009). Ecological and economic sustainability in fishery management: A multi-agent model for understanding competition and cooperation. *Ecological Economics*, 68(4), 1061–1073. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.07.014>
- Bond, C. A. (2016). Valuing Coastal Natural Capital in a Bioeconomic Framework. *Water Economics and Policy*, 2(2), 1650008. <https://doi.org/10.1142/S2382624X16500089>
- Boesono, H., Tarigan T, dan Wibowo, B.A, (2015). Analisis Bioekonomi Model Copes Perikanan Demersal Pesisir Rembang. *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology*. Volume 4, Nomor 1, Tahun 2015, Hlm 52-59. Online di :<http://www.ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jfrumt>
- Chakraborty, K., Chakraborty, M., & Kar, T. K. (2014). Sustainable Development of European Hake Resource: Bioeconomic Perspective. *Journal of Biological Systems*, 22(2), 353–375. <https://doi.org/10.1142/S0218339014500120>
- Dichmont CM, Pascoe S, Kompas T, Punt AE, Deng R. 2011. On Implementing Maximum Economic Yield in Commercial Fisheries. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 107,16–21. doi:10.1073/pnas.0912091107
- [DKP] Dinas Kelautan dan Perikanan. 2020. *Statistik Perikanan Tangkap*. Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Parigi Moutong. Parigi.
- Fauzi A. 2010. Ekonomi Perikanan: Teori, Kebijakan, dan Pengelolaan. Jakarta. PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Farber, S., 2000. Welfare-based ecosystem management: an investigation of trade-offs. *Environ. Sci. Policy* 3, S491–S498.
- Grafton RQ, Kompas T, Chu L and Che N, 2010. Maximum Economic Yield. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 54, pp. 273–280.
- Kar T.K, dan Chakraborty K. 2009. *Bioeconomic analysis of Maryland's Chesapeake Bay oyster fishery with reference to the optimal utilization and management of the resource*. International Journal of Engineering, Science and Technology. Vol. 1, No. 1, 2009, pp. 172-189.
- [KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2013. *Kelautan dan Perikanan Dalam Angka 2013*. Pusat Data, Statistik dan Informasi Sekretariat Jendral Kementerian Kelautan dan Perikanan 2013. Jakarta.
- Lopes AN, Pascoe S. 2011. Net Economic Effects of Achieving Maximum Economic Yield in Fisheries. *Journal Marine Policy* 35 (2011) 489–495.
- Maouel D., Maynou F., and Bedrani S. (2014). Bioeconomic Analysis of Small Pelagic Fishery in Central Algeria. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 14, 713–726. <http://doi.org/10.4194/1303-2712-v14>.
- Muhammad S. 2011. *Kebijakan Pembangunan Perikanan dan Kelautan: Pendekatan Sistem*. Malang. PT. UB Press.
- Myers, R.A., Worm, B., 2003. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Journal Nature* 423, 280–283.
- Pascoe, S., Vieira, S., & Thebaud, O. (2016). Allocating repairs and maintenance costs to fixed or variable costs in fisheries bioeconomic models Allocating repairs and maintenance costs to fixed or variable costs in fisheries bioeconomic models, 4851(June). *Applied Economics Letters*, 2015 Vol. 22, No. 2, 127–131, <http://dx.doi.org/10.1080/13504851.2014.929619>

- Prellezo, R., Accadia, P., Andersen, J.L., Andersen, B.S., Buisman, E., Little, A., Nielsen, J.R., Poos, J., Powell, J. and Röckmann, C. 2012. A review of EU bio- economic models for fisheries: The value of a diversity of models. *Mar. Pol.*, 36: 423-431. doi: 10.1016/j.marpol.2011.08.003
- Sardiyatmo, Hutagalung, Y. V, dan Bambang, A.N. 2015. Analisis Bioekonomi Perikanan Menggunakan Model Schaefer Dan Fox Pada Cumi-Cumi (*Loligo sp*) Yang Tertangkap Dengan Cantrang Di Tpi Tanjungsari Kabupaten Rembang. *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology* Volume 4, Nomor 1, Tahun 2015, Hlm 70-78. Online di :<http://www.ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jfrumt>
- Sobari MP, Diniah dan Widiastuti. 2009. Kajian Model Bionomi terhadap Pengelolaan Sumberdaya Ikan Layur di Perairan Pelabuhan Ratu. *Prosiding Seminar Nasional Perikanan Tangkap*. Bogor: Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan FPIK-IPB : 105 - 116.
- Timmermann, K., Dinesen, G. E., Markager, S., Ravn-jonsen, L., Bassompierre, M., Roth, E., & Josianne, G. (2014). Development and Use of a Bioeconomic Model for Management of Mussel Fisheries under Different Nutrient Regimes in the Temperate Estuary of the Limfjord , Denmark. *Ecology and Society* 19(1): 14. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06041-190114>