

## MODEL BIOEKONOMI EKSPLOITASI MULTISPESIES SUMBER DAYA PERIKANAN PELAGIS DI PERAIRAN SELAT BALI

*(Bio-economic Model of Multispecies Exploitation of Pelagic Fishery Resources in  
the Bali Strait)*

Oleh:

Nimmi Zulbainarni<sup>1\*</sup>, Mangara Tambunan<sup>2</sup>, Yusman Syaukat<sup>2</sup>, Achmad Fahrudin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, FPIK, IPB

<sup>2</sup> Fakultas Ekonomi dan Manajemen, IPB

<sup>3</sup> Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan (MSP)-FPIK, IPB

\*Korespondensi: nimmiz\_reims@yahoo.com

Diterima: 24 Juni 2011; Disetujui: 19 September 2011

### ABSTRACT

Bali Strait has potential abundance of pelagic fishery resources such as Indonesian oil sardine (*lemuru*), frigate mackerel (*tongkol*), scad mackerel (*layang*), short-bodied mackerel (*kembung*) and others which can be caught mostly using purse seine. Fishery resources are combined and also known as multispecies; therefore this research aimed to analyze the model of bio-economic multispecies exploitation of pelagic fishery resources in Bali Strait. The analytical methods that used in this research were estimated dynamic model of Walters and Hilborn (1976) and analysis of bio-economic model. The results showed that actual production of exploitation of pelagic fishery resources in Bali Strait, was lower than the rate of sustainable production especially Indonesian oil sardine and short-bodied mackerel. Production and fishing effort were below the actual optimal value. The management of pelagic fishery resources in Bali Strait did not show a good level of economic efficiency. Thus the exploitation of pelagic fishery resources in Bali Strait using purse seine could still be increased.

**Key words:** bio-economic, multispecies, optimal

### ABSTRAK

Perairan Selat Bali memiliki potensi sumber daya perikanan pelagis yang berlimpah antara lain ikan lemuru, tongkol, layang, kembung dan lainnya yang ditangkap umumnya dengan alat tangkap *purse seine*. Sumber daya perikanan bersifat gabungan atau multispesies (Clark 1990), sehingga penelitian ini bertujuan menganalisis model bioekonomi eksploitasi multispesies sumber daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali. Metode analisis yang digunakan adalah estimasi dinamis model Walters dan Hilborn (1976) dan analisis model bioekonomi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di Perairan Selat Bali eksploitasi sumber daya perikanan pelagis, produksi aktual berada di bawah produksi lestari. Produksi dan upaya penangkapan (*effort*) aktual berada di bawah nilai optimal. Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan sumber daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali belum menunjukkan tingkat efisiensi ekonomi yang baik. Dengan demikian eksploitasi sumber daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali dengan menggunakan alat tangkap *purse seine* masih dapat ditingkatkan.

**Kata kunci:** bio-ekonomi, multispesies, optimal

## PENDAHULUAN

Perairan Selat Bali yang merupakan perairan relatif sempit (sekitar 2.500 km<sup>2</sup>), dan mempunyai kesuburan yang tinggi dengan potensi sumber daya perikanan pelagis yang sangat besar seperti ikan lemuru (*Sardinella longiceps*), tongkol (*Euthynnus* spp.), layang (*Decapterus* spp.), kembung (*Rastrelinger* sp.) dan ikan lainnya. *Purse seine* adalah alat tangkap utama yang digunakan oleh nelayan di Perairan Selat Bali sejak tahun 1972 sehingga eksploitasi sumber daya perikanan pelagis berkembang sangat pesat. Penelitian terdahulu dengan menggunakan pendekatan spesies tunggal (spesies lemuru) diketahui bahwa telah terjadi *overfishing* biologi maupun ekonomi di Perairan Selat Bali (Sujastani dan Nurhakim 1982; Merta *et al.* 1997; dan Zulfainarni 2002). Usaha-usaha pelestarian sumber daya perikanan di Indonesia umumnya fokus kepada identifikasi dengan menggunakan pendekatan spesies tunggal. Meskipun banyak peneliti yang menyadari kelemahan metode tersebut, akan tetapi literatur-literatur bioekonomi tetap didominasi oleh model-model spesies tunggal.

Sumber daya perikanan tropis (pelagis) seperti di Indonesia bersifat gabungan atau multispesies yang berada dalam suatu sistem ekologi yang kompleks. Menurut Clark (1990), memodelkan kedinamisan sebuah populasi dengan menggunakan sebuah persamaan turunan atau selisih secara tidak langsung menunjukkan sebuah pengabaian dari hubungan-hubungan interelasi-interelasi ekologis. Pengabaian ini dapat dibenarkan dalam beberapa kasus, khususnya apabila hanya ada satu spesies dalam sebuah ekosistem yang akan menjadi subjek pengeksploitasian. Dengan selalu meningkatnya permintaan atas sumber daya perikanan yang dapat diperbaharui, bagaimana pun, model-model spesies tunggal menjadi semakin tidak memenuhi permintaan.

Tujuan umum penelitian ini adalah mengidentifikasi faktor dan menganalisis tingkat kelestarian beberapa jenis ikan utama di perairan Indonesia khususnya di Perairan Selat Bali dengan menggunakan model bioekonomi multispesies. Tujuan penelitian ini yang saling berkaitan satu dengan yang lainnya dengan urutan sebagai berikut:

1. menganalisis tingkat eksploitasi multispesies sumber daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali
2. menganalisis tingkat kelestarian multispesies dan tingkat optimal eksploitasi multispesies sumber daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali

Sehubungan dengan tujuan penelitian tersebut maka hasil penelitian ini diharapkan berguna sebagai bahan masukan bagi pihak-pihak yang berwenang dan berkepentingan atau *stakeholders* dalam bidang perikanan khususnya dan pertanian umumnya dan untuk arahan kerangka kerja bagi para pengguna (*users*) dalam menetapkan kebijakan perikanan.

## METODE

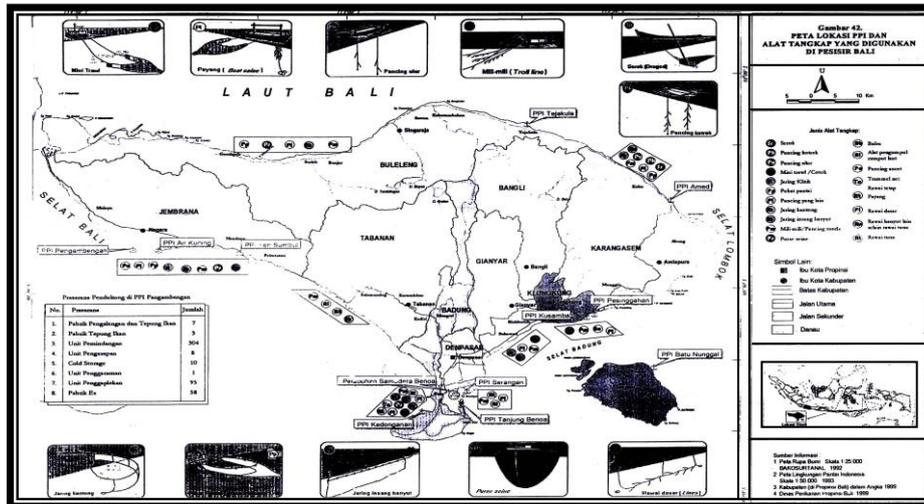
Penelitian ini dilaksanakan di Perairan Selat Bali yang berada diantara dua provinsi yaitu Provinsi Bali (Kabupaten Jembrana) dan Jawa Timur (Kabupaten Banyuwangi). Lokasi ini dipilih berdasarkan pertimbangan daerah penangkapan sumber daya perikanan pelagis yang sempit dan subur dengan hasil tangkapan multispesies yang besar (Gambar 1).

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh dari lapangan antara lain biaya penangkapan per trip. Teknik pengambilan *sample* atau contoh yang dilakukan pada penelitian ini adalah *purposive sampling* dimana sampling diambil berdasarkan karakteristik tertentu yaitu nelayan *purse seine* dengan dua *boat* yang melakukan kegiatan penangkapan di Perairan Selat Bali. Jumlah sampel yang diambil adalah 13 orang nelayan dari Kabupaten Jembrana dan 18 orang nelayan Kabupaten Muncar. Adapun data sekunder adalah data yang diperoleh dari Biro Pusat Statistik (BPS), Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) Muncar-Banyuwangi dan Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Pengambangan Departemen Kelautan dan Perikanan Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap Kabupaten Jembrana serta sumber lainnya. Alat tangkap yang dominan di Perairan Selat Bali adalah *purse seine* dengan dua perahu (*boat*) yang umumnya menangkap spesies lemuru, tongkol, layang, kembung dan ikan lainnya, yang dipilih sebagai objek dalam penelitian ini. Data yang dikumpulkan meliputi hasil tangkapan per spesies ikan dan upaya tangkap *purse seine* yang dikumpulkan berupa data *time series* selama dua puluh tahun (tahun 1990-2009).

## Analisis Data

### Model bioekonomi multispesies

Umumnya terdapat tiga pendekatan yang dapat digunakan dalam penelitian biologi perikanan multispesies. Pendekatan pertama, adalah menyamaratakan semua spesies.



Gambar 1 Perairan Selat Bali.

Pendekatan ini menggabungkan atau mencampurkan semua spesies sebagai stok spesies tunggal dan untuk menganalisisnya digunakan model surplus produksi atau Biomass Total Model Schaefer seperti penelitian yang dilakukan oleh Brown *et al.* (1976), Pope (1979), Pauly (1979), Clark (1985) dan Panayotou (1985). Pendekatan ini sangat populer karena hanya data hasil tangkapan dan upaya tangkap (*effort*) yang diperlukan, dimana data ini relatif mudah untuk diperoleh (Gulland 1974; Chaudhuri 1986; dan Fauzi 1998).

Pendekatan kedua, adalah menganalisis faktor-faktor biologi alami setiap spesies ikan dan mengevaluasi interaksi yang terjadi diantara spesies (Anderson & Ursin 1977; May *et al.* 1979). Anderson dan Ursin (1977) mengembangkan model simulasi untuk Laut Utara yang menggabungkan respon balik dari predator-mangsa dan pengaruh dari pemindahan industri perikanan. Pendekatan ini pasti menghendaki dibuatnya model dan estimasi parameter biologi yang sangat kompleks. Hilborn dan Walter (1992) menegaskan bahwa keperluan data yang digunakan dalam model ini sangat dibutuhkan, tapi dalam prakteknya pendekatan ini jarang digunakan dalam pengelolaan perikanan multispesies. Pendekatan ketiga dan agak lebih baik adalah menganalisis setiap spesies secara terpisah menggunakan fungsi surplus produksi seperti penelitian yang dilakukan oleh Placenti *et al.* (1992) dan Tai (1993). Pendekatan ini secara implisit mengasumsikan bahwa setiap spesies secara ekologi adalah *independent* (Clark 1985).

Penelitian ini menggunakan perpaduan antara pendekatan pertama, kedua, dan ketiga untuk mengestimasi parameter biologi sumber

daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali. Secara umum model surplus produksi dapat ditulis:

$$x_{t+1} = x_t + h - m \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

- $x_{t+1}$  : Biomass tahun t+1
- $x_t$  : Biomass tahun t
- $m$  : kematian alami (*natural mortality*)

Persamaan (4.1) menyatakan bahwa ketika produksi lebih tinggi dari pada tingkat kematian alami maka stok akan meningkat dan sebaliknya jika tingkat kematian berada di atas produksi. Istilah surplus produksi digunakan untuk menggambarkan perbedaan antara produksi dan kematian alami. Menurut Hilborn dan Walters (1992) bahwa surplus produksi juga bisa menggambarkan nilai stok ikan yang akan meningkat apabila tidak ada kegiatan penangkapan atau nilai tangkapan dimana hasil tangkapan ketika stok ikan berada pada tingkat konstan.

Terdapat beberapa tipe model surplus produksi yang menjelaskan hubungan antara stok (biomass) dan produksi. Setiap model memiliki kelebihan dan kekurangan tergantung pada situasi dimana model tersebut digunakan. Pada penelitian ini digunakan model surplus produksi Walters dan Hilborn. Model surplus produksi yang dikembangkan oleh Walters dan Hilborn (1976) dikenal sebagai *difference model*. Model Walters dan Hilborn juga dikenal sebagai model yang berbeda dari model Schaefer. Model Walters dan Hilborn dapat dijelaskan pada persamaan berikut:

$$x_{t+1} = x_t + rx_t \left( 1 - \frac{x_t}{K} \right) - h_t \dots \dots \dots (2)$$

Model Walters dan Hilborn menggunakan versi diskrit model biologi sedangkan Schaefer tidak. Estimasi parameter biologi dengan menggunakan metode estimasi dinamis atau dikenal dengan metode regresi relatif lebih mudah karena dapat mengestimasi parameter biologi langsung dari persamaannya (Hilborn and Walters 1992). Model surplus produksi Walters dan Hilborn adalah *linear, lag, dan reciprocal*.

Perubahan stok tersebut merupakan selisih antara laju pertumbuhan biomass dengan jumlah biomass yang ditangkap atau hasil tangkapan. Jika proses produksi atau *harvest* dinamis dimasukkan kedalam model stok dinamis maka persamaan dapat dinyatakan secara matematis seperti pada persamaan (3).

$$\frac{dx}{dt} = rx_t \left( 1 - \frac{x_t}{K} \right) - h_t \dots\dots\dots(3)$$

Hasil tangkapan (produksi) merupakan fungsi linier dari usaha perikanan dan biomass, serta konstanta. Dengan mengasumsikan kondisi keseimbangan (*equilibrium*) maka kurva tangkapan usaha perikanan lestari dari fungsi dinamis secara matematis disajikan pada persamaan (4), yang juga memasukkan unsur waktu (*t*).

$$h_t = qE_t K \left( 1 - \frac{qE_t}{r} \right) \dots\dots\dots(4)$$

Ini adalah fungsi kuadratik dalam *effort* atau upaya tangkap.

Jika diasumsikan bahwa permintaan terhadap ikan elastis sempurna, dengan harga *output* konstan dan *total cost linier* terhadap usaha perikanan maka keuntungan dalam suatu periode *t* pada suatu industri perikanan dapat ditulis sebagai berikut:

$$\pi_t = ph_t - c_t \frac{h_t}{qx_t} \dots\dots\dots(5)$$

$$\pi_t = ph_t - c_t E_t$$

dimana:

- $\pi_t$  : Rente sumber daya perikanan pada periode *t*
- $c_t$  : Biaya per unit upaya pada periode *t*
- $E_t$  : Effot atau upaya tangkap periode *t*

Menurut Hartwick (1998) pengetahuan mengenai perbedaan antara tingkat tangkapan dan upaya yang aktual dan optimal diperlukan dalam penentuan kebijakan sehingga dapat meminimalisasi *opportunity cost* dalam bentuk keuntungan ekonomi optimal lestari yang hilang karena mengeksploitasi sumber daya perikanan pada tingkat sekarang ini. Artinya eksploitasi pada tingkat optimal inilah yang

dapat menjaga kelestarian sumber daya perikanan.

Eksplorasi optimal dari sumber daya perikanan sepanjang waktu, dapat diketahui dengan menggunakan teori kapital ekonomi sumber daya yang dikembangkan oleh Clark dan Munro (1975), dimana manfaat dari eksploitasi sumber daya perikanan sepanjang waktu ditulis sebagai berikut:

$$V_t = \int_0^{\infty} \left( p - \frac{c}{qx_t} \right) h_t e^{-\delta t} dt \dots\dots\dots(6)$$

dengan kendala:

$$\frac{\partial x}{\partial t} = x = f(x_t) - h_t$$

$$0 \leq x \leq x_{\max}$$

$$0 \leq h \leq h_{\max}$$

dimana:

- $V_t$  : *Present value* rente ekonomi sumber daya perikanan
- $p$  : Harga output per satuan unit
- $c$  : Biaya per satuan input
- $\delta$  : *Social discount rate*

Dengan memberlakukan *Pontryagins Maximum Principle*, maka tingkat pemanfaatan sumber daya perikanan yang optimal diperoleh dari *Modified Golden Rule* sebagai:

$$\frac{\partial f(x)}{\partial x} + \frac{\frac{\partial \pi(h, x, E)}{\partial x}}{\frac{\partial \pi(h, x, E)}{\partial h}} = \delta \dots\dots\dots(7)$$

Atau secara eksplisit ditulis sebagai:

$$\frac{\partial f(x)}{\partial x} + \frac{cf(x)}{x[qxp(f(x)) - c]} = \delta \dots\dots\dots(8)$$

- $f(x_t)$  : Pertumbuhan alami dari stok ikan
- $\frac{\partial \pi(h, x, E)}{\partial x}$  : Rente marjinal akibat perubahan biomass
- $\frac{\partial \pi(h, x, E)}{\partial h}$  : Rente marjinal akibat perubahan produksi

Parameter ekonomi dan biologi ditentukan oleh besaran biaya per unit *effort* (*c*), harga ikan (*p*), *discount rate* ( $\delta$ ) dan koefisien penangkapan (*q*).  $f'(x_t)$  adalah produktivitas marjinal dari biomass yang merupakan turunan pertama dari  $f(x_t)$ . Dari persamaan di atas akan dihasilkan  $x^*$  (biomass optimal) yang dapat digunakan untuk menghitung tingkat upaya penangkapan dan hasil tangkapan yang optimal. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$x_t^* = \frac{K}{4} \left[ \left( \frac{c}{pqK} + 1 - \frac{\delta}{r} \right) + \sqrt{\left( \frac{c}{pqK} + 1 - \frac{\delta}{r} \right)^2 + \frac{8c\delta}{pqKr}} \right] \dots\dots\dots(9)$$

Hasil tangkapan optimal dapat ditulis sebagai berikut:

$$h_t^* = \frac{x^* (pqx^* - c) [\delta - r(1 - 2x^* / K)]}{c} \dots\dots\dots(10)$$

Diketahuinya hasil tangkap optimal ( $h^*$ ) dan biomass optimal ( $x^*$ ) maka dapat diketahui pula upaya tangkap yang optimal ( $E^*$ ), sebagaimana dapat ditulis pada persamaan berikut:

$$E_t^* = \frac{h_t^*}{qx_t^*} \dots\dots\dots(11)$$

Dengan demikian dapat diketahui rente ekonomi sumber daya perikanan yang merupakan hasil dari perkalian antara harga produk ikan dengan tangkapan optimal dikurangi biaya dari tingkat upaya optimal atau secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\pi_t^* = p_t^* h_t^* - c_t^* E_t^* \dots\dots\dots(12)$$

Penelitian ini mengembangkan model dari empat spesies ikan dan spesies ikan lainnya yang merupakan kumpulan dari spesies-spesies ikan yang sedikit sekali ditangkap untuk melihat dampak dari penambahan spesies ke dalam kerangka bioekonomi spesies tunggal. Dengan demikian diharapkan keuntungan saat ini nilainya jauh lebih besar.

**Turunan Produktivitas**

Jika diasumsikan kegiatan penangkapan dengan alat tangkap *purse seine* menangkap beberapa spesies ikan yang dikelompokkan kedalam lima spesies yaitu spesies lemuru, tongkol, layang, kembung dan ikan lainnya maka pada penelitian ini dikembangkan model bioekonomi Gordon-Schaefer dan Clark. Diasumsikan pula bahwa setiap spesies merupakan subjek dari pertumbuhan logistik dan E didenotasi sebagai usaha yang dicurahkan untuk mengkombinasikan penangkapan, maka secara matematis dapat kita tuliskan sebagai berikut:

$$\frac{dx}{dt} = rx \left( 1 - \frac{x}{K} \right) - q_1 E x$$

$$\frac{dy}{dt} = sy \left( 1 - \frac{y}{L} \right) - q_2 E y \dots\dots\dots(13)$$

$$\frac{dz}{dt} = tz \left( 1 - \frac{z}{M} \right) - q_3 E z$$

$$\frac{dw}{dt} = uw \left( 1 - \frac{w}{N} \right) - q_4 E w$$

$$\frac{dn}{dt} = vn \left( 1 - \frac{n}{O} \right) - q_4 E n$$

dimana:

- x, y, z, w dan n : Biomass spesies ke-1, sampai dengan (s/d) ke-5
- r, s, t, u dan v : *Intrinsic growth rate* spesies ke-1 s/d ke-5
- K, L, M, N, dan O : *Carrying capacity* spesies ke-1 s/d ke-5
- q<sub>1</sub>, q<sub>2</sub>, q<sub>3</sub>, q<sub>4</sub> dan q<sub>5</sub> : *Catchability coefficient/* koefisien kemampuan tangkap spesies ke-1 s/d ke-5
- E : Usaha perikanan/upaya penangkapan (*effort*)

- Spesies ke-1 : Spesies lemuru
- Spesies ke-2 : Spesies tongkol
- Spesies ke-3 : Spesies layang
- Spesies ke-4 : Spesies kembung
- Spesies ke-5 : Spesies ikan lainnya

Persamaan (13) ditetapkan dan dikembangkan dari Model Schaefer untuk kasus lima spesies yang ditangkap dengan menggunakan alat tangkap yang sama yaitu *purse seine* (pukat cincin). Jika diasumsikan bahwa harga yang mewakili masing-masing spesies p<sub>1</sub>, p<sub>2</sub>, p<sub>3</sub>, p<sub>4</sub>, dan p<sub>5</sub> adalah konstan dan bahwa biaya penangkapan ikan seimbang dengan usaha maka pendapatan bersih (*economic rent*) dapat ditulis sebagai berikut:

$$\pi(x, y, z, w, n, E) = p_1 q_1 x E + p_2 q_2 y E + p_3 q_3 z E + p_4 q_4 w E + p_5 q_5 n E - c E \dots\dots\dots(14)$$

Solusi keseimbangan  $\dot{x} = \dot{y} = \dot{z} = \dot{w} = \dot{n} = 0$  pada persamaan (14) dapat muncul pada koordinat axis ( $x=0$ , atau  $y=0$ , atau  $z=0$ , atau  $w=0$ , atau  $n=0$ ) atau pada titik (x,y) pada segmen garis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{r}{q_1} \left( 1 - \frac{x}{K} \right) = \frac{s}{q_2} \left( 1 - \frac{y}{L} \right) = \frac{t}{q_3} \left( 1 - \frac{z}{M} \right) = \frac{u}{q_4} \left( 1 - \frac{w}{N} \right) = \frac{v}{q_5} \left( 1 - \frac{n}{O} \right), \dots(15)$$

$0 \leq x \leq K; 0 \leq y \leq L; 0 \leq z \leq M; 0 \leq w \leq N; 0 \leq n \leq O$

Keseimbangan bioekonomi dari industri atau usaha perikanan pada kondisi pengusahaan *open access* dikarakteristikkan oleh persamaan (14) sehingga *economic rent* dapat ditulis sebagai berikut:

$$\pi = (p_1q_1x + p_2q_2y + p_3q_3z + p_4q_4w + p_5q_5n - c)E = 0 \quad \dots\dots\dots(16)$$

Banyak contoh yang melibatkan pengeliminasian beberapa spesies tertentu yang berada dibawah rezim pemanenan gabungan atau multispesies. Pengeliminasian suatu spesies dapat pula terjadi karena harga dari spesies ikan yang ditangkap.

### Kurva "Yield-Effort"

Dengan menggunakan diagram *yield-effort* dapat diperoleh kebijakan penangkapan optimal yang tetap mengacu pada keuntungan ekonomi total, secara matematis keuntungan ekonomi total dapat ditulis:

$$\begin{aligned} TR &= TR_x + TR_y + TR_z + TR_w + TR_n \\ &= p_1q_1KE \left(1 - \frac{q_1E}{r}\right) + p_2q_2LE \left(1 - \frac{q_2E}{s}\right) + p_3q_3ME \left(1 - \frac{q_3E}{t}\right) \\ &+ p_4q_4NE \left(1 - \frac{q_4E}{u}\right) + p_5q_5OE \left(1 - \frac{q_5E}{v}\right) \quad \dots\dots\dots(17) \end{aligned}$$

Sehingga kurva total pendapatan (*total revenue/TR*) hampir sama dengan hasil penjumlahan parabola kurva-kurva pendapatan lima spesies.

Jika populasi spesies *x* memiliki kemampuan produksi dengan keuntungan ekonomi yang lebih besar dibandingkan dengan populasi spesies *y* dan seterusnya, maka penentu utama maksimal rente pada industri perikanan gabungan atau multispesies adalah kontribusi yang diberikan oleh populasi spesies *x*. Populasi spesies *y* adalah hanya keberuntungan insidental dalam industri perikanan. Dalam keadaan seperti ini eksploitasi pada rezim akses terbuka atau *open access* sudah jelas tidak berhasil karena hal tersebut mengarah pada kehancuran sumber daya perikanan pelagis yang sangat berharga atau yang dominan ditangkap tersebut dan mencapai sebuah *equilibrium* dimana hanya populasi-populasi yang kurang berharga atau yang tidak dominan ditangkap yang dapat bertahan dan seterusnya.

Untuk meraih keuntungan ekonomi maksimum dari sebuah industri perikanan, perlu dilakukan pemilahan salah satu dari kedua atau lebih populasi. Tentu saja dalam praktek sebenarnya, yang mungkin untuk dipisahkan

adalah cara penangkapannya, walaupun hal ini dapat menyebabkan kenaikan biaya secara besar-besaran. Dengan demikian, semua populasi dominan yang dimiliki oleh sebuah ekosistem yang dieksploitasi menjadi terus menerus diinginkan secara ekonomis. Ada banyak tangkapan yang 'tidak disengaja' yang dapat terambil sehingga tentu saja juga dapat berpengaruh terhadap sumber daya perikanan yang ada.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Model bioekonomi eksploitasi multispesies sumber daya perikanan pelagis

#### Upaya penangkapan (*fishing effort*)

Upaya penangkapan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jumlah hari melaut atau trip karena data ini yang tersedia dalam bentuk *time series* dan sering digunakan. Upaya penangkapan yang dilakukan untuk mengeksploitasi atau menangkap sumber daya perikanan pelagis di perairan Selat Bali tahun 1990-2009 berfluktuasi, cenderung meningkat dari tahun 2005. Secara rinci perkembangan upaya tangkap (trip) sumber daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali disajikan pada Gambar 2.

#### Analisis biologi sumber daya perikanan pelagis

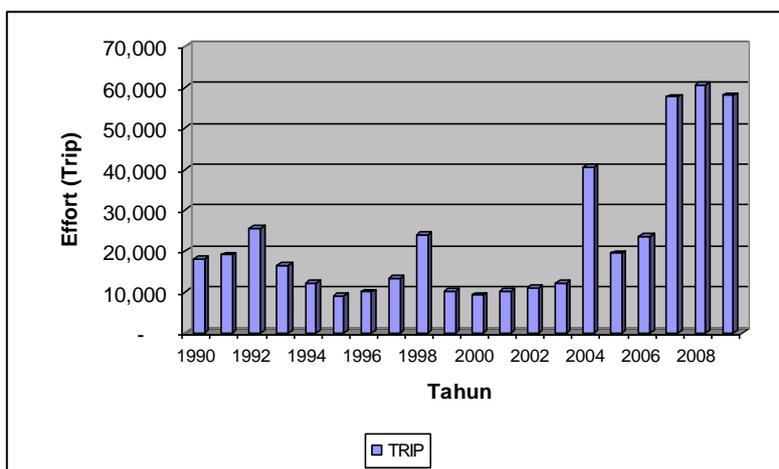
##### *Hasil penangkapan sumber daya perikanan pelagis*

Produksi sumber daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali berfluktuasi dalam periode tahun 1990-2009. Secara rinci perkembangan produksi sumber daya perikanan pelagis berdasarkan spesies di Perairan Selat Bali disajikan pada Gambar 3.

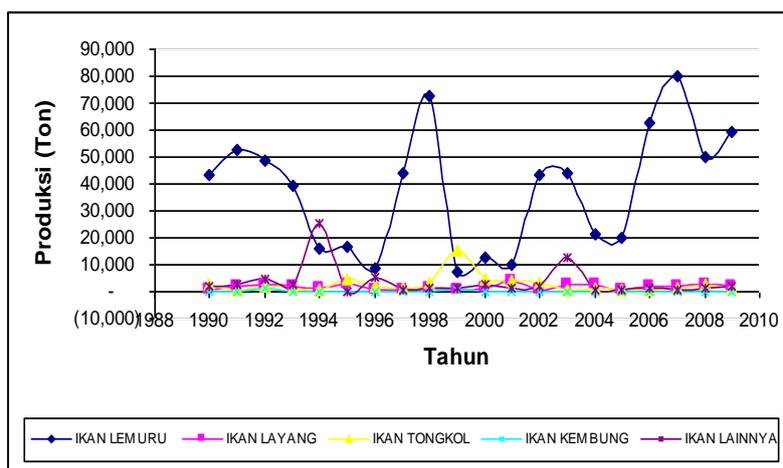
Plotting hubungan antara effort dan CPUE per spesies ikan disajikan pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa terdapat hubungan negatif antara CPUE dan effort dimana apabila effort meningkat maka CPUE cenderung akan menurun pada setiap spesies ikan. Korelasi negatif antara CPUE dengan upaya penangkapan mengindikasikan bahwa produktivitas alat tangkap *purse seine* di Perairan Selat Bali akan menurun apabila upaya penangkapan mengalami peningkatan.

##### *Estimasi Parameter Biologi*

Estimasi parameter biologi dengan model surplus produksi Walters dan Hilborn dan derivasi parameter biologinya disajikan pada Tabel 2 melalui tahapan analisis pada Tabel 1.



Gambar 2 Grafik perkembangan upaya tangkap (Trip) sumber daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali Tahun 1990-2009.

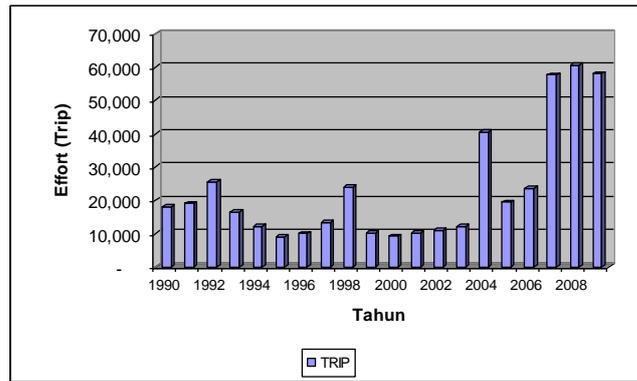


Gambar 3 Grafik perkembangan produksi sumber daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali tahun 1990-2009.

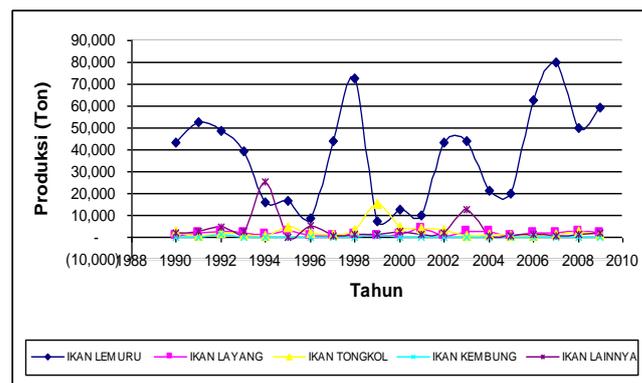
Tabel 1 adalah pemecahan persamaan (2). Nilai koefisien pada persamaan Tabel 1 dapat langsung menggambarkan nilai  $r$  dan  $q$ , serta nilai  $K$  dapat dicari dengan diketahuinya nilai  $r$  dan  $q$  tersebut dan yang digunakan adalah nilainya saja bukan bersama dengan tandanya. Nilai  $r$  identik dengan nilai koefisien *intercept* ( $\alpha$ ), nilai  $q$  identik dengan koefisien variabel kedua ( $\gamma$ ) dan nilai  $K$  diperoleh dari nilai  $r$  atau nilai koefisien *intercept* ( $\alpha$ ) dibagi dengan perkalian nilai koefisien variabel pertama ( $\beta$ ) dengan nilai  $q$  atau koefisien variabel kedua ( $\gamma$ ). Koefisien determinasi ( $R$ ) menunjukkan bagaimana parameter-parameter biologi tersebut dapat menjelaskan kondisi stok dan kegiatan penangkapan di Perairan Selat Bali. Hubungan ini diuji secara statistik dengan menggunakan selang kepercayaan 95% dengan tingkat bias atau kesalahan hanya sebesar 5%. Secara rinci nilai  $r$ ,  $q$ ,  $K$ , dan  $R$  multispesies sumber daya

perikanan pelagis dengan metode dinamis Walters dan Hilborn disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa nilai *intrinsic growth rate* atau tingkat pertumbuhan alam spesies lemuru lebih tinggi dibandingkan dengan spesies lainnya berturut-turut spesies layang, tongkol, kembung dan spesies ikan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa laju tumbuh spesies lemuru lebih cepat dibandingkan dengan spesies lainnya sehingga kemungkinan cepat tertangkapnya juga tinggi. Nilai koefisien kemampuan tangkap menggambarkan tingkat efisiensi teknis dari penangkapan, spesies layang nilainya lebih tinggi dibandingkan dengan spesies lainnya berturut-turut spesies tongkol, lemuru, kembung, dan spesies ikan lainnya. Kemudian daya dukung lingkungan spesies kembung lebih tinggi dari spesies lemuru, spesies ikan lainnya, tongkol dan spesies layang.



Gambar 2 Grafik perkembangan upaya tangkap (Trip) sumber daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali Tahun 1990-2009.



Gambar 3 Grafik perkembangan produksi sumber daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali tahun 1990-2009.

Tabel 1 Tahapan analisis parameter biologi dengan menggunakan Model Surplus Produksi Walters dan Hilborn.

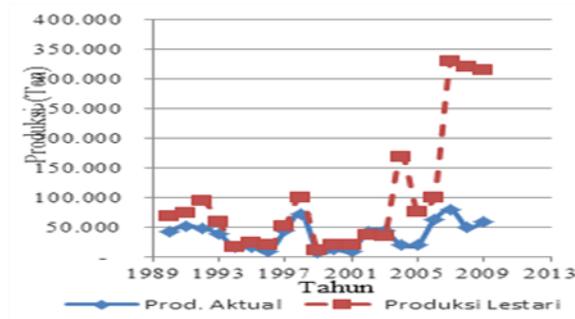
No.	Spesies	Koefisien			R <sup>2</sup>
		$\alpha$	$\beta$	$\Gamma$	
1.	Lemuru	1.8071611 (4.7444355)**	-0.5030527 (-4.6997636)**	-2.18074E-05 (-2.7413796)**	0.5812
2.	Tongkol	1.1264021 (3.0138888)**	-0.3662847 (-3.1602339)**	-4.25092E-05 (-0.4428771)	0.3920
3.	Layang	1.2498451 (2.3602590)**	-0.4014115 (-2.6829469)**	-9.10888E-05 (-0.5039428)	0.3941
4.	Kembung	1.0305162 (3.0856629)**	-0.3499517 (-3.1114314)**	1.24259E-05 (0.0157171)	0.3845
5.	Ikan lainnya	1.0180585 (1.9142154)**	-0.3538890 (-3.1664668)**	1.77634E-05 (0.2264990)	0.3865

Keterangan: (Angka didalam kurung menunjukkan nilai t-statistik)  
\*\*signifikan pada tingkat 5%

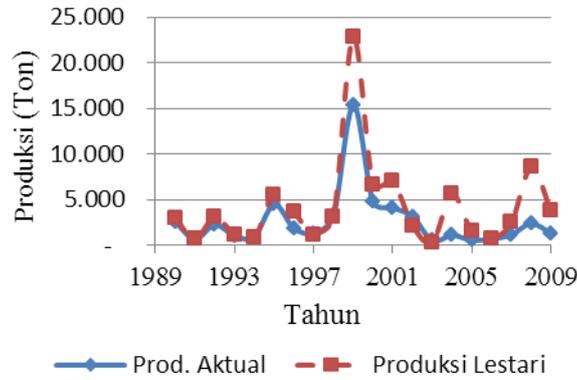
Tabel 2 Nilai parameter biologi multispesies sumber daya perikanan pelagis dengan menggunakan Model Surplus Produksi Walters dan Hilborn.

No.	Spesies	$r$	$q$	K (Ton)
1.	Lemuru	1.807161194	2.18074E-05	164 732.47
2.	Tongkol	1.126402095	4.25092E-05	72 342.17
3.	Layang	1.249845095	9.10888E-05	34 182.30
4.	Kembung	1.030516173	1.24259E-05	236 983.00
5.	Ikan lainnya	1.018058465	1.77634E-05	161 949.26

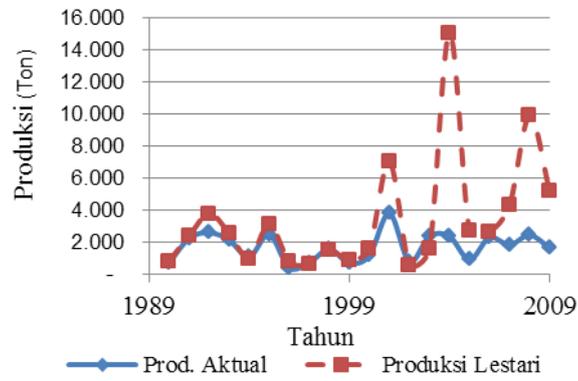
Sumber : Data olahan, 2010



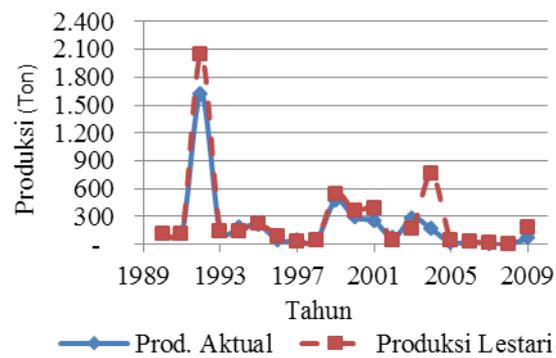
(a) Lemuru



(b) Tongkol



(c) Layang



(d) Kembung

Gambar 5 Produksi aktual dan lestari multispesies sumber daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali tahun 1990-2009.

Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa secara umum produksi aktual dan lestari semua spesies memiliki pola magnitude yang hampir sama kecuali spesies kembung. Produksi aktual semua spesies ikan berfluktuasi setiap tahunnya ada yang berada di atas atau dibawah produksi lestari. Jika kondisi produksi aktual di atas produksi lestari dapat mengindikasikan bahwa kepunahan spesies ikan dapat segera terjadi bila hal ini dibiarkan terjadi terus menerus, begitu pula sebaliknya. Potensi lestari sumber daya perikanan pelagis berfluktuasi pada tahun 1990-2009. Produksi lestari spesies lemuru paling tinggi jika dibandingkan dengan produksi lestari sumber daya perikanan pelagis lainnya. Fluktuasi kenaikan dan penurunan produksi lestari spesies lemuru cenderung sama dengan produksi lestari total karena spesies lemuru adalah ikan yang dominan ditangkap dengan menggunakan alat tangkap *purse seine*. Apabila kondisi produksi aktual lebih besar dari pada produksi lestari dibiarkan terjadi terus menerus maka perusahaan perikanan pelagis di Perairan Selat Bali akan mengalami kerugian karena sudah terkurasnya stok sumber daya perikanan pelagis dan pada suatu waktu dapat terjadinya *biological overfishing*, sehingga kelestarian sumber daya perikanan pelagis pun dapat terancam.

Dengan mengetahui parameter biologi juga bisa diestimasi biomass atau stok masing-masing spesies. Secara grafik estimasi stok atau biomass disajikan pada Gambar 6. Ukuran persediaan atau stok semua spesies berfluktuasi dari tahun ke tahun. Persediaan spesies lemuru semakin menurun dari waktu ke waktu dengan angka terendah terjadi pada tahun 2007 dan angka tertinggi terjadi pada tahun 1999. Dalam kurun waktu 8 tahun telah cenderung terjadi penurunan stok spesies lemuru sebesar lebih kurang 71 persen. Pada tahun 2009 terjadi kembali kecenderungan kenaikan stok spesies lemuru sebesar 2 persen dari tahun 2007. Pada tahun 1999 ukuran persediaan spesies lemuru meningkat sementara ukuran persediaan spesies tongkol menurun sangat pesat yaitu sebesar lebih kurang 10 persen. Spesies layang mengalami penurunan ukuran persediaan yang cukup pesat pada tahun 2004, sedangkan spesies kembung pada tahun 1992. Penurunan ukuran persediaan spesies lemuru tahun 2004 diikuti pula oleh penurunan ukuran persediaan spesies tongkol dan layang.

Terdapat kecenderungan bahwa usaha dimasa lalu mempengaruhi usaha dimasa yang akan datang. Terlihat pula kecenderungan perubahan *effort* dari tahun ke tahun menyebabkan perubahan pada ukuran persediaan spesies ikan.

## Analisis ekonomi sumber daya perikanan pelagis

### *Biaya penangkapan*

Dalam kajian bioekonomi model Gordon-Schaefer biaya penangkapan didasarkan atas asumsi bahwa hanya faktor penangkapan yang diperhitungkan dan dianggap konstan, sehingga dalam penelitian ini biaya penangkapan didefinisikan sebagai biaya variabel per trip dan dianggap konstan. Pada penelitian ini, total biaya penangkapan ini kemudian dihitung proporsional berdasarkan jumlah produksi terbesar untuk masing-masing spesies sumber daya perikanan pelagis. Biaya penangkapan meliputi solar (58.63%), bahan pengawet/es (18.24%), Olie (18.24%) dan pangan (4.89%). Secara rinci biaya penangkapan proporsional per spesies ikan di Perairan Selat Bali disajikan pada Tabel 3.

### *Analisis harga ikan hasil tangkapan*

Hasil estimasi parameter permintaan untuk sumber daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali disajikan pada Tabel 5.

## Analisis Bioekonomi

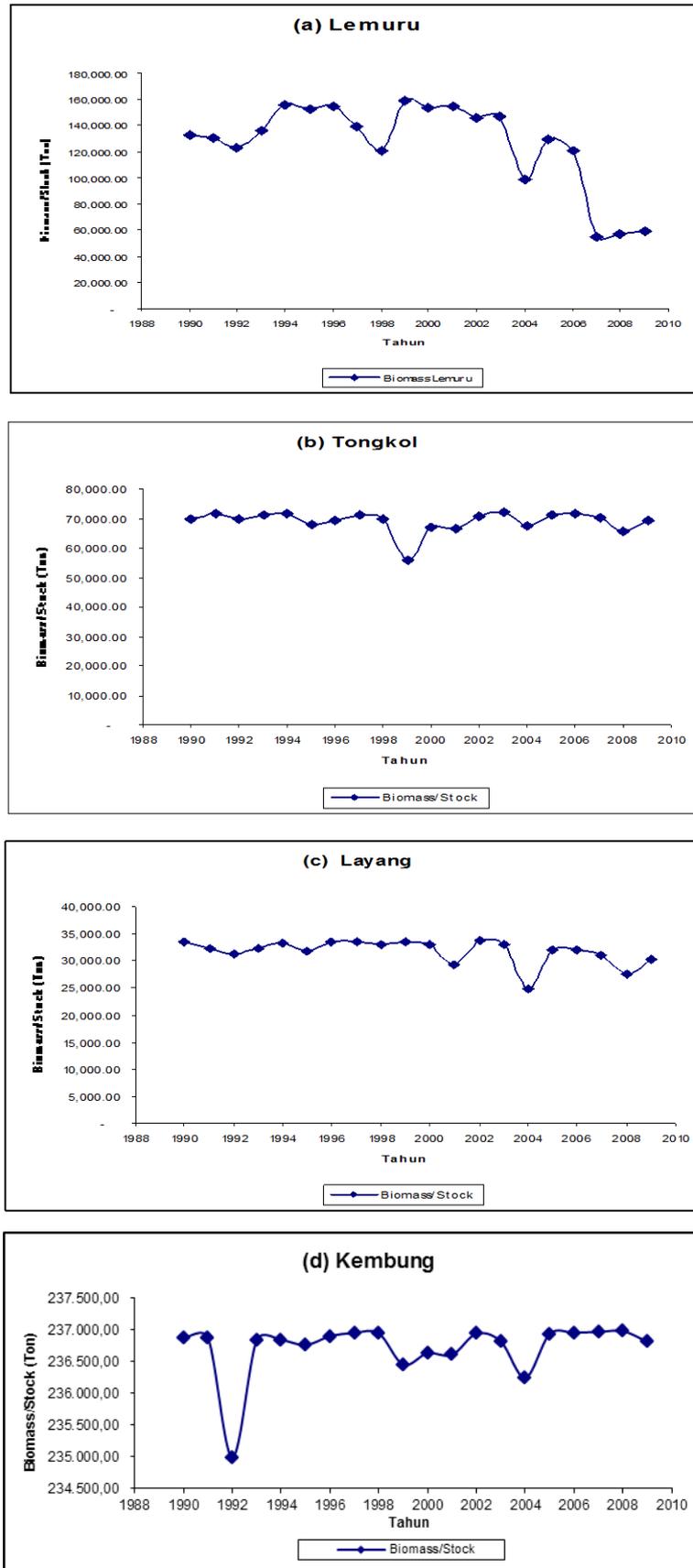
### Kondisi perusahaan

Perbandingan upaya penangkapan atau *effort* (trip) dengan menggunakan *purse seine* dan hasil tangkapan (*harvest*) multispesies sumber daya perikanan pelagis pada setiap kondisi perusahaan dari penggunaan model Walters dan Hilborn di Perairan Selat Bali disajikan pada Gambar 7.

### Rente ekonomi optimal multispesies sumber daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali

Biaya korbanan dalam mengeksploitasi sumber daya pada saat ini diperhitungkan melalui rente optimal (*optimal rent*) yang seharusnya timbul dari sumber daya perikanan jika sumber daya perikanan tersebut dikelola secara optimal. Hasil perhitungan nilai optimal multispesies sumber daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali disajikan pada Tabel 6.

Berdasarkan perhitungan rente ekonomi dan *present value* rente ekonomi pada tingkat *social discount rate* 12 persen terlihat bahwa dengan menggunakan model bioekonomi multispesies rente ekonomi yang diperoleh jauh lebih besar karena merupakan penjumlahan dari rente ekonomi spesies lemuru, tongkol, layang, kembung dan ikan lainnya. Rente ekonomi dan *present value* rente ekonomi multispesies sumber daya perikanan pelagis dengan menggunakan alat tangkap *purse seine* di Perairan Selat Bali tahun 1990-1993 dan



Gambar 6 Estimasi biomass/stok multispesies sumber daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali.

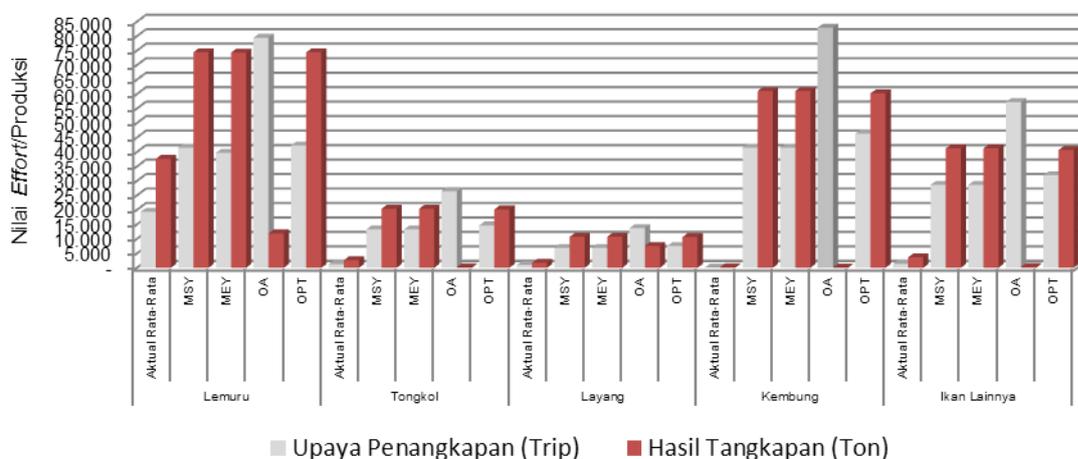
Tabel 3 Biaya penangkapan proporsional per spesies sumber daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali.

No.	Jenis Ikan	Rata-Rata Proporsi Produksi (%)	Proporsi Biaya Penangkapan (Juta Rupiah)
1	Ikan lemuru	76.78	1.1785943
2	Ikan tongkol	8.81	0.1351915
3	Ikan layang	4.67	0.0716339
4	Ikan kembung	0.55	0.0085074
5	Ikan lainnya	9.19	0.1410729
Total		100.00	1.5350000

Sumber : Data olahan, 2010

Tabel 4 Estimasi parameter permintaan sumber daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali.

Variabel	Harga Species				
	Lemuru	Tongkol	Layang	Kembung	Lainnya
Intercep	297,710.14 (0.8179)	740,906.69 (1.3111)	130138.00 (0.3122)	10238.92 (0.0167)	-85152.15 (-0.3204)
Harga Lemuru	-	-	0.8992 (4.9191)**	0.4529 (1.8535)	0.8972 (7.5952)**
Harga Tongkol	-	-	0.3052 (1.7613)**	0.8478 (8.2050)**	0.2538 (2.4892)**
Harga Layang	0.4212 (11.2212)**	0.1711 (0.7965)	-	-	-
Harga Kembung	-	0.8091 (4.0695)**	0.2813 (1.5415)	-	0.2207 (2.0436)**
Produksi Lemuru	-8.7760 (-2.3049)**	-9.7688 (-1.4745)	-	-	-
Produksi Tongkol	-	-89.2553 (-1.8981)**	-42.2178 (-1.2764)	-	-
Produksi Layang	-46.6045 (-0.4791)	-	-	-	-
Produksi Kembung	-	-	-180.6778 (-0.6246)	-93.9597 (-0.2290)	-
Produksi Lainnya	-	-	-	-	-2.3066 (-0.2067)
R <sup>2</sup>	0.8906	0.9569	0.9755	0.9495	0.9861



Sumber : Statistik Perikanan Tangkap Provinsi Jawa Timur dan Bali, 1990-2009 (diolah)

Gambar 7 Perbandingan upaya penangkapan dengan menggunakan *purse seine* dan hasil tangkapan multispesies sumber daya perikanan pelagis pada setiap kondisi perusahaan tahun 1990-2009 di Perairan Selat Bali.

Tabel 6 Nilai optimal multispesies sumber daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali.

Tahun	Effort (Trip)	Rente Ekonomi (Jt Rp)	PV Rente (i=12%)	Rente Ekonomi Opt (Jt Rp)	PV Rente Opt (i=12%)
1990	17.964	(2.137,51)	(17.812,59)	73.125,02	609.375,15
1991	19.034	(7.873,40)	(65.611,66)	83.681,40	697.345,03
1992	25.620	248.387,62	2.069.896,82	65.684,71	547.372,56
1993	16.381	(6.329,09)	(52.742,41)	122.529,98	1.021.083,13
1994	12.258	7.878,36	65.653,01	64.591,66	538.263,87
1995	9.030	13.845,91	115.382,59	113.372,97	944.774,73
1996	9.954	7.607,06	63.392,14	109.388,56	911.571,32
1997	13.443	(4.865,07)	(40.542,22)	115.722,32	964.352,69
1998	23.813	21.847,08	182.059,01	228.296,14	1.902.467,82
1999	10.055	220.665,74	1.838.881,17	563.579,45	4.696.495,44
2000	9.200	167.935,41	1.399.461,73	844.732,28	7.039.435,65
2001	10.298	157.728,50	1.314.404,13	703.326,77	5.861.056,41
2002	10.830	79.788,72	664.905,96	678.723,52	5.656.029,30
2003	12.230	135.817,47	1.131.812,24	665.027,12	5.541.892,65
2004	40.501	349.754,76	2.914.623,03	900.369,85	7.503.082,09
2005	19.392	88.219,96	735.166,35	736.093,30	6.134.110,85
2006	23.428	138.244,94	1.152.041,15	685.115,64	5.709.297,04
2007	57.665	276.570,84	2.304.757,03	674.070,78	5.617.256,53
2008	60.720	477.535,12	3.979.459,31	902.608,68	7.521.739,01
2009	58.045	478.039,16	3.983.659,67	992.432,40	8.270.269,97

tahun 1997 bernilai negatif. Hal ini disebabkan karena rente ekonomi dan *present value* rente ekonomi spesies lemuru bernilai negatif. Spesies lemuru merupakan spesies yang dominan ditangkap, akan tetapi harganya sangat rendah jika dibandingkan dengan spesies lainnya sehingga rente ekonomi yang diperoleh negatif. Nilai negatif rente ekonomi dan *present value* ini menjadi berkurang dengan ditambah nilai rente ekonomi positif spesies lainnya. Nilai rente ekonomi pengelolaan multispesies sumber daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali masih berada di bawah optimal. Dengan demikian kegiatan eksploitasi multispesies sumber daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali masih dapat ditingkatkan melalui penambahan trip (hari melaut) alat tangkap *purse seine* yang dominan menangkap spesies lemuru. Selain itu, karena pada kenyataannya sampai dengan saat ini sistem penangkapan nelayan di Perairan Selat Bali bersifat hunting atau berburu yang mengandalkan indera penglihatan dalam menentukan daerah penangkapan atau tanpa menggunakan alat bantu apapun dalam pengoperasian alat tangkapnya maka faktor harga tidak berpengaruh terhadap kegiatan penangkapan.

## KESIMPULAN

Dari hasil analisis dan pembahasan model bioekonomi eksploitasi multispesies sumber

daya perikanan di Perairan Selat Bali dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Pengelolaan multispesies sumber daya perikanan pelagis meliputi spesies lemuru, tongkol, layang, kembung dan spesies ikan lainnya pada kondisi aktual belum mengalami kelebihan tangkap atau *overfishing* baik secara biologi (dilihat dari nilai rata-rata produksi aktual semua spesies yang masih berada di bawah nilai MSY dimana total produksi aktual hanya sebesar 22,06%) maupun ekonomi (dilihat dari nilai rata-rata upaya penangkapan aktual yang masih berada di bawah nilai MEY dimana total upaya penangkapan aktual hanya sebesar 17,71%).
- 2) Pengelolaan multispesies sumber daya perikanan pelagis di Perairan Selat Bali pada kondisi aktual rata-rata masih berada di bawah nilai optimal baik produksi maupun upaya penangkapan. Oleh karena itu pengelolaan multispesies sumber daya perikanan pelagis di perairan Selat Bali masih dapat ditingkatkan.

## SARAN

- 1) Perlu penelitian lanjutan dengan pendekatan multispesies pada daerah-daerah penangkapan lainnya karena pada kenyataan sumber daya perikanan pelagis bersifat gabungan atau multispesies.
- 2) Perlu dilakukan perbaikan dalam pencatatan

atau pelaporan data perikanan agar penelitian-penelitian yang dilakukan dapat memberikan masukan yang akurat sehingga data upaya penangkapan selain trip dapat digunakan seperti jumlah kapal dan jumlah nelayan yang benar-benar menggunakan alat tangkap *purse seine*. Dengan demikian selanjutnya dapat dilakukan penelitian multi-spesies dan *multigear*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anderson K. dan Ursin E. 1977. A Multispecies Extension to the Beverton and Holt Theory of Fishing, With Account of Phosphorus Circulation and Primary Production. The Danish Institute of Fisheries and Marine Research. Danmarks. *Fiskeriog Havuldersgelsler*, N.S. No. 7: 319-435.
- Brown B., J. Brennan, M. Grosslein, E. Heyerdahl, and R. Hennemuth. 1976. The Effect of Fishing on the Marine Finfish Biomass in the Northwest Atlantic from the Gulf of Marine to Cape Hatteras. *Int. Comm. Northwest. Atl. Fish. Res. Bull.* No.12: 49-68.
- Chaudhuri K. 1986. A Bioeconomic Model of Harvesting a Multispecies Fishery. *Ecological Modelling*. No. 32: 267-279.
- Clark C. 1985. Bioeconomic Modelling and Fisheries Management. John Wiley and Son, Inc., Vancouver.
- Clark C. 1990. *Mathematical Bioeconomic: The Optimal Management of Renewable Resources*. Wiley Interscience, New York.
- Clark, C. and G.R. Munro. 1975. The Economic of Fishing and Modern Capital Theory : A Simplified Approach. *Journal of Environmental Economics and Management*. No. 2: 92-106.
- Fauzi A. 1998. The Management of Competing Multi Species Fisheries: A Case Study of a Small Pelagic Fishery on The North Coast of Central Java. A Thesis Submitted in Partial Fullfilment of The Requirement for the Degree of Doctor of Philosophy. Department of Economics. Simon Fraser University, Canada.
- Gulland J. 1974. The Management of Marine Fisheries. Univ. of Washington press., Seattle.
- Hartwick J. and Olewiler N. 1998. The Economics of Natural Resource Use. Second Edition, Addison-Wesley. USA
- Hilborn R. and Walters C. 1992. Quantitative Fisheris Stock Assessment Choice, Dynamic and Uncertainty, Chapman and Hall, New York.
- May R., J. Beddington, C. Clark, S. Holt, and R. Laws. 1979. Management of Multispecies. *Fisheries Science*. No. 205: 267-277.
- Merta I.G.S., K. Widana, Yunizal, dan R. Basuki. 1999. Status Perikanan Lemuru di Selat Bali: Perkembangan dan Prospeknya. FAO-Balitkanlut-Dirjen Perikanan, Jakarta.
- Panayotou T. 1985. Small-Scale Fisheries in asia: A Socio Economic Analysis and Policy. IDRC, Ottawa.
- Placenti V., G. Rizzo, and M. Spagnolo. 1992. A Bioeconomic Model For the Optimization of a Multispecies, Multigear Fishery: The Italian Case. *Marine Resource Economics*. No. 7: 275-295.
- Pope J.G. 1979. Stock Assessment in Multispecies Fisheries, With Special Reference to The Trawl Fishery in The Gulf of Thailand. South China Sea Fish, Develop, Coop, Programme SCS/DEV/79/19.
- Sujastani T. dan Nurhakim. 1982. Potensi Sumberdaya Perikanan Lemuru di Selat Bali. Prosiding Sem. Perikanan Lemuru. Banyuwangi 18-21 Januari 1982. Pros., No. 2:1-11.
- Tai S.Y. 1993. Management if Small Pelagic Fisheries on The Northwest Coast of Peninsular Malaysia: A Bio-Socioeconomic Simulation Analysis. PhD Thesis. Departement of Economic. Simon Fraser University.
- Walters C. and Hilborn R. 1976. Adaptive control of fishing system. *J. Fish. Res. Board*. No. 33: 145-159.
- Zulbainarni N., M. Tambunan, and A. Fauzi, 2002. Economic Analysis of Optimal Management For Lemuru Fishery (*Sardinella longiceps*) in Bali Strait, Indonesia. Paper Presented at International Socio Economics Fisheries Symposium on The 5<sup>th</sup> JSPS Seminar Bogor, Bogor.