

PENDEKATAN BIOEKONOMI MULTISPESIES UNTUK KEBERLANJUTAN PENGELOLAAN SUMBERDAYA PERIKANAN INDONESIA : EVALUASI PERIKANAN TUNA DI PPN PALABUHANRATU, SUKABUMI, JAWA BARAT

Dr. Nimmi Zulbainarni*, dan Ade Imam Purnama**.
nimmiz_reims@yahoo.com; nim@psp-ipb.org
HP : 0812 95 123 91

*Staf Pengajar Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan – Institut Pertanian Bogor (IPB)

**Alumni Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan – Institut Pertanian Bogor (IPB)

ABSTRAK

Sumberdaya perikanan Tuna Indonesia memegang peranan penting dalam perikanan Nasional dan memiliki nilai ekonomis tinggi. Indonesia memasok lebih dari 16% produksi Tuna, Cakalang dan Tongkol dunia dan sekitar 20% dari total produksi perikanan tangkap Nasional (KKP, 2014). Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Palabuhanratu Sukabumi adalah salah satu tempat pendaratan ikan Tuna yang di tangkap di wilayah *Indian Ocean Tuna Commission* (IOTC). Pertumbuhan produksi perikanan tuna di PPN Palabuhanratu pada tahun 2011 mencapai 6,03%. Jika orientasi pemanfaatan pada peningkatan produksi maka menyebabkan semakin tinggi eksploitasi terhadap sumberdaya perikanan tuna sehingga dapat mempengaruhi kondisi biologi dan ekonominya. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi referensi point (*Limit Reference Point* =LRP) dalam pengusahaan sumberdaya perikanan Tuna dan menentukan kebijakan terkait dengan pengelolaan sumberdaya perikanan Tuna yang berkelanjutan. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni-Agustus 2013. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat 3 (tiga) jenis ikan tuna yang ditangkap di wilayah penelitian ini yaitu ikan tuna *Big Eye*, *Albacore* dan *Yellow Fin*. Ketergantungan antar spesies tuna bersifat kompetisi karena perikanan tuna memiliki jenis makanan yang sama yang masuk dalam *thropic level* 5 yaitu sebagai *carnivora* dan pemakan *cephalopoda*. Pada penelitian ini LRP diasumsikan pada 3 (tiga) warna yaitu merah, kuning dan hijau yang masing-masing menjelaskan posisi pengusahaan perikanan tuna dengan rawai tuna. Pada kondisi berwarna hijau maka akan tercapai keberlanjutan pengusahaan sumberdaya perikanan tuna dengan 128 trip (*Maximum Economic Yield*=MEY), 181 trip (*Maximum Sustainable Yield*=MSY) pada warna kuning dan 256 trip (*Open Access*=OA) pada warna merah. Dalam jangka panjang, kebijakan mengurangi upaya penangkapan (trip) yang ramah lingkungan (*conservative minded*) pada pengusahaan MEY maka dapat meningkatkan produksi dan pengusahaan perikanan tuna dapat berkelanjutan.

Kata Kunci : perikanan tuna, bioekonomi, multispsesies, keberlanjutan, Palabuhanratu

Bab I. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Sumberdaya perikanan Tuna Indonesia memegang peranan penting dalam perikanan Nasional dan memiliki nilai ekonomis tinggi. Indonesia memasok lebih dari 16% produksi Tuna, Cakalang dan Tongkol dunia dan sekitar 20% dari total produksi perikanan tangkap Nasional (KKP, 2014). Sumberdaya perikanan tuna merupakan salah satu sumberdaya ikan yang memiliki nilai ekonomi tinggi di Indonesia. Ikan Tuna/Cakalang-Tuna/Skipjack merupakan komoditas kedua paling besar setelah udang dengan nilai ekspor pada tahun 2012 sebesar 481.742 juta US\$. Secara rinci target ekspor hasil perikanan berdasarkan komoditas utama tahun 2010-2014 (lihat Tabel 1). Berdasarkan Tabel 1. terlihat bahwa target nilai

ekspor Tuna terus meningkat tahun dari tahun ke tahun. Diharapkan tahun 2014 target nilai ekspor Tuna US\$ 714.256 yaitu meningkat sekitar lebih kurang 32,24 % dari tahun 2013. Meningkatkan kebutuhan akan protein ikan dan target nilai ekspor perikanan Tuna, menuntut produksi ikan sehingga tekanan terhadap sumberdaya ikan juga meningkat. Worm et.al (2006) mengungkapkan bahwa pada tahun 2048 akan terjadi kehancuran perikanan global. Laporan FAO (2012), bahwa produksi perikanan laut dunia berfluktuasi antara 77 dan 86 juta ton dengan catatan tertinggi 86,8 juta ton pada tahun 2000 dan menurun menjadi 78,9 juta ton pada tahun 2011. Peningkatan nilai ekspor yang cukup tinggi karena nilai ekonomis Ikan Tuna yang tinggi dan potensinya yang sangat besar di Perairan Indonesia. Besarnya nilai ekspori akan meningkatkan eksploitasi terhadap perikanan tuna di Indonesia sehingga dapat mengganggu keseimbangan ekosistem tuna dan tekanan terhadap sumberdaya secara biologi. Apabila hal ini terus menerus terjadi maka tentu saja akan mengganggu keberlanjutan perikanan tuna sehingga kegiatan ekonomi yang dilakukan tidak dapat berkelanjutan. Disisi ekonomi, sumberdaya perikanan Tuna adalah sumberdaya dengan nilai ekonomis penting dan merupakan primadona penghasil ekspor. Sementara itu, pada sisi lain (biologi) jika pengelolaan terhadap perikanan ini tidak diperhatikan maka dikhawatirkan pemanfaatan sumberdaya perikanan ini tidak berkelanjutan.

Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) yang terdapat di Palabuhanratu Sukabumi adalah salah satu *fishing base* atau tempat pendaratan ikan oleh nelayan termasuk ikan Tuna. Wilayah penangkapan ikan Tuna oleh nelayan yang mendaratkan hasilnya di PPN Palabuhanratu adalah wilayah *Indian Ocean Tuna Commission* (IOTC). Pertumbuhan produksi perikanan tuna di PPN Palabuhanratu pada tahun 2011 mencapai 6,03% (Statistik Palabuhanratu, 2012). Jika orientasi pemanfaatan pada peningkatan produksi maka menyebabkan semakin tinggi eksploitasi terhadap sumberdaya perikanan tuna sehingga dapat mempengaruhi kondisi biologi dan ekonominya. Terdapat tiga jenis Ikan Tuna yang didaratkan di PPN Palabuhanratu yaitu ikan Tuna Mata Besar (*Big Eye*) (*Thunnus obesus*), Albakora (*Thunnus alalunga*) dan Tuna *Yellow Fin* atau Madidihang (*Thunnus albacares*) yang ditangkap dengan alat tangkap Rawai Tuna. Keberlanjutan perikanan Tuna dengan rawai Tuna dapat terjaga dengan baik apabila dalam pengelolaannya digunakan pengukuran model bioekonomi multispecies karena pengelolaan yang berorientasi pada spesies tunggal akan mengakibatkan kepunahan spesies tunggal tersebut yang dalam jangka panjang akan terjadi kerugian secara ekonomi.

1.2. Tujuan

Penelitian ini bertujuan :

1. Mengestimasi referensi point (*Limit Reference Point* =LRP) dalam pengusahaan multispecies sumberdaya perikanan Tuna, dan
2. Menentukan kebijakan pengelolaan multispecies sumberdaya perikanan Tuna yang berkelanjutan.

Bab II. Metodologi

2.1. Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni–Agustus 2013 bertempat di Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Palabuhanratu, Kabupaten Sukabumi, Provinsi Jawa Barat. Nelayan yang mendaratkan ikan di PPN ini melakukan kegiatan penangkapan di Perairan Samudera Hindia atau wilayah IOTC (Lihat Gambar 1).

2.2. Prosedur/Tahapan Penelitian

Model bioekonomi multispecies yaitu 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 semakin meningkatnya permintaan atas sumberdaya yang dapat diperbaharui, bagaimana pun, model-model spesies tunggal menjadi semakin tidak memenuhi permintaan (Clark, 1990).

Model multispesies diarahkan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam industri perikanan. Dalam pengelolaan perikanan, segala model yang muncul baik untuk spesies tunggal maupun multispesies untuk memahami dan memberitahukan para pengambil keputusan akan konsekuensi yang mungkin terjadi dari kegiatan-kegiatan penangkapan. Dalam kerangka pendekatan bioekonomi dalam pengelolaan sumberdaya perikanan bertujuan untuk mendapatkan keuntungan maksimum dalam pengusahaan sumberdaya dengan tetap menjaga kelestarian sumberdaya perikanan tersebut. pengembangan model bioekonomi multispesies diperlukan karena pada kenyataannya Indonesia sebagai negara tropis, sumberdaya perikananannya bersifat gabungan atau multispesies. Adapun prosedur penelitian ini adalah :

1. Akuisisi data produksi dan upaya penangkapan (*effort*) nelayan yang mendaratkan hasil tangkapannya di PPN Palabuhanratu. Data produksi dan upaya penangkapan yang digunakan adalah data bulanan produksi dan upaya penangkapan tahun 2003-2012.
2. Analisis statistik terhadap data yang diperoleh
3. Penilaian biologi menggunakan model surplus produksi yang menggambarkan karakteristik wilayah penelitian
4. Penilaian ekonomi dengan memasukkan variable ekonomi yaitu harga ikan dan biaya penangkapan.
5. Batas poin referensi (*limit reference point=LRP*) menggunakan pendekatan bioekonomi multispesies dalam pengusahaan sumberdaya perikanan Tuna
6. Kebijakan pengelolaan berkelanjutan

2.3. Metode Analisis (Pendekatan Bioekonomi Multispesies)

Umumnya terdapat tiga pendekatan yang dapat digunakan dalam penelitian biologi perikanan multispesies. Pendekatan pertama, adalah menyamaratakan semua spesies. 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 diminta, 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 sumberdaya perikanan Tuna yang ditangkap di wilayah Samudera Hindia, seperti yang dilakukan oleh Zulbainarni tahun 2012.

Penilaian Stok (Biologi) dan Ekonomi Akuisisi Data Produksi dan Upaya Penangkapan

Sumberdaya perikanan Tuna merupakan sumberdaya yang dinamis dengan tingkat migrasi yang tinggi, dalam hal ini terjadi pertumbuhan dan kematian. Ikan mengalami pertumbuhan dan kematian secara alami, stok ikan tuna juga mendapat intervensi dengan adanya usaha manusia melalui kegiatan penangkapan ikan yang dapat mempengaruhi produksi atau keberlanjutan sumberdayanya. Oleh karena itu keputusan untuk melakukan investasi akan sangat tergantung pada dinamika stok yang dinamis dan faktor-faktor ekonomi. Di sisi lain masuk dan keluar dari setiap orang dari usaha perikanan yang dinamis mengikuti perubahan pada sumberdaya dan faktor-faktor eksternal lainnya.

Statistik hasil tangkapan (*catch*) dan upaya penangkapan (*effort*) merupakan persyaratan dasar untuk melakukan penilaian dari perikanan berdasarkan model surplus produksi. Akuisisi statistik perikanan pada penelitian ini bersumber dari PPN Palabuhanratu. Hal ini telah memungkinkan untuk mengestimasi potensi sumberdaya perikanan Tuna di wilayah penangkapan IOTC. Dalam penelitian ini, digunakan data hasil tangkapan dan upaya penangkapan time series bulanan tahun 2003-2012 di PPN Palabuhanratu. Data ini akan digunakan untuk mengestimasi referensi point (*Limit Reference Point =LRP*) dalam perusahaan multispecies sumberdaya perikanan Tuna. **Batas Referensi Point**- seperti lampu merah. Ketika kita mendekati itu, kita berhenti. Ini adalah ukuran stok perikanan atau tingkat penangkapan ikan yang tidak diinginkan manajer untuk mencapai atau melebihinya. Ini biasanya hanya mempertimbangkan keadaan stok secara biologis. **Pemicu Referensi Point**-seperti lampu kuning. Ketika kita mendekati itu, kita harus memperlambat atau berhati-hati. Ini merupakan ukuran stok perikanan menengah atau tingkat penangkapan bahwa manajer waspada dan dapat memulai tindakan manajemen untuk, misalnya, memperlambat tingkat penangkapan untuk menghindari melebihi batas reference point. Pada intinya, pemicu dapat memberikan "*buffer*" antara batas dan target titik referensi sasaran. Sementara itu, **Target Referensi Point**-seperti lampu hijau. Ini adalah ukuran stok perikanan atau tingkat penangkapan yang menjadi tujuan kita. Hal ini mencakup pertimbangan biologi, ekologi, sosial, dan ekonomi. Ini tidak boleh lebih rendah dari Batas Referensi point dan harus cukup tinggi untuk memastikan manajer memiliki *buffer* untuk memperhitungkan ketidakpastian. Dalam penelitian ini untuk kasus perikanan Tuna di Palabuhanratu Indonesia, perusahaan pada kondisi open access (OA) diasumsikan sebagai limit reference point, kondisi perusahaan *maximum sustainable yield* (MSY) diasumsikan sebagai *trigger* (pemicu) *reference point* dan kondisi perusahaan *maximum economic yield* (MEY) sebagai *target reference point*.

Mengestimasi stok sumberdaya perikanan Tuna dengan pendekatan statik menggunakan model surplus produksi Walter dan Hilborn (1976). Namun karena alasan analisis statistik yang digunakan untuk mengevaluasi data maka diputuskan menggunakan data deret waktu bulanan tahun 2003-2012 untuk memperkirakan nilai OA, MSY, MEY dan OPT perikanan tuna di Palabuhanratu. Dalam penelitian ini didefinisikan bahwa volume ikan yang ditangkap (ton per bulan) sementara untuk data upaya penangkapan digunakan jumlah hari melaut (trip) sebagai unit perhitungan. Dengan menggunakan variable ekonomi maka akan diperoleh rente ekonomi dalam setiap kondisi perusahaan tersebut.

Perhitungan Keseimbangan OA, MSY, MEY, dan OPT

Surplus produksi model adalah metode penilaian stok ikan yang tidak berusaha untuk membedakan antara tingkat rekrutmen dasar, pertumbuhan dan kematian alamiah tetapi hanya mempertimbangkan efek resultan sebagai fungsi tunggal ukuran stok. (Schaefer dan Beverton, 1963). Alasan ini sangat cocok untuk penilaian perikanan multispecies pada perikanan tropis dimana data biologis pada masing-masing spesies benar-benar sedikit. 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 :

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

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).

Prosedur estimasi parameter biologi dengan menggunakan Walters dan Hilborn adalah :

$$x_t = \frac{U_t}{q} \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

$$U_t = \frac{h_t}{E_t} \text{ merupakan } \textit{catch per unit effort} \text{ (CPUE)}$$

dengan mensubsitusi persamaan (2) ke dalam persamaan (1), maka dapat dituliskan persamaan :

$$\frac{U_{t+1}}{q} = \frac{U_t}{q} + \frac{rU_t}{q} \left(1 - \frac{U_t}{Kq}\right) - U_t E_t \dots\dots\dots(3)$$

dengan memindahkan U_t/q ke sebelah kiri tanda sama dengan dan mengalikan semua sisi dengan q/U_t maka dapat dihasilkan persamaan :

$$\frac{U_{t+1}}{U_t} - 1 = r - \frac{r}{Kq} U_t - qE_t \dots\dots\dots(4)$$

Persamaan (4) merupakan persamaan regresi dengan variabel terikat atau tidak bebas (*dependent*) adalah tingkat perubahan biomassa dan variabel tidak terikat atau bebas (*independent*) adalah CPUE dan upaya tangkap (*effort*) (Walters dan Hilborn, 1992). Persamaan (5) menunjukkan bahwa **model surplus produksi Walters dan Hilborn** adalah **linear, lag** dan **reciprocal**. Secara umum bentuk regresi persamaan (5) dapat ditulis :

$$Y_t = \alpha + \beta X_{1t} + \gamma X_{2t} + \varepsilon_t \dots\dots\dots(5)$$

dimana :

$$Y_t = \frac{U_{t+1}}{U_t} - 1$$

$$X_{1t} = U_t$$

$$X_{2t} = E_t$$

$$\varepsilon_t = \textit{error-term}$$

Persamaan (5) dapat digunakan untuk mengestimasi parameter biologi r, K dan q secara terpisah dari tiga koefisien persamaan regresi. Pada penelitian ini akan dihitung parameter biologi masing-masing spesies Tuna yang ditangkap dengan alat tangkap Rawai Tuna. Dengan memasukkan data harga dan biaya penangkapan, maka kemudian diperoleh tingkat *maximum economic yield* (MEY) dari perikanan (Gordon, 1954 dan Schaefer, 1954). Eksploitasi sumberdaya perikanan pada tingkat hasil yang optimal dan jarang terjadi dalam kondisi yang sebenarnya, padahal dengan melakukan eksploitasi di tingkat yang optimal, nelayan akan berkelanjutan. Memahami selisih antara hasil aktual dan tingkat optimal diperlukan dalam menentukan keputusan untuk meminimalkan biaya kesempatan dalam bentuk mempertahankan keuntungan ekonomi yang telah dilepaskan sebagai hasil dari eksploitasi saat ini (Hartwick, 1990).

Rente sumberdaya yang diperoleh dari pengusahaan sumberdaya perikanan merupakan selisih keseluruhan penerimaan (*total revenue*) dengan jumlah biaya yang dikeluarkan dalam melakukan usaha penangkapan (*total cost*). Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \pi &= TR - TC \\ &= ph - cE \dots\dots\dots (6) \end{aligned}$$

dimana :

- p : Harga rata-rata ikan lemuru (Rp per kg)
- h : Volume tangkapan (kg)
- E : Upaya Tangkap/*Effort* (trip per tahun)
- c : Total biaya tiap satuan upaya tangkap (Rp per trip)

Tingkat upaya penangkapan yang memperoleh keuntungan maksimum pada kegiatan penangkapan tercapai pada kondisi *Maximum Economic Yield* (MEY). Tingkat upaya tersebut diperoleh dari turunan pertama rente ekonomi terhadap upaya tangkap (*effort*) sama dengan nol atau dengan mengetahui parameter biologi dan memasukkan faktor ekonomi, maka pengelolaan multispesies sumberdaya perikanan pada kondisi MEY dapat diperoleh :

$$E_{nMEY} = \frac{r_n}{2q_n} \left(1 - \frac{c_n}{K_n p_n q_n} \right) \dots\dots\dots (7)$$

$$x_{nMEY} = \frac{K_n}{2} \left(1 + \frac{c_n}{K_n p_n q_n} \right) \dots\dots\dots (8)$$

$$h_{nMEY} = q_n x_{nMEY} E_{nMEY} \dots\dots\dots (9)$$

Untuk menghitung nilai optimal (OPT) digunakan tingkat suku bunga 12%. Didalam model dinamis kontinyu, masalah optimasi ekstraksi sumberdaya perikanan dituliskan sebagai :

$$\text{mak } V_t = \int_0^{\infty} \left(p - \frac{c}{qx_t} \right) h_t e^{-\delta t} dt \dots\dots\dots (5.11)$$

dengan kendala :

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

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

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

dimana :

- V_t : *Present value* rente ekonomi sumberdaya perikanan
- p : harga output per satuan unit
- c : biaya per satuan input
- δ : *social discount rate*

Berdasarkan literatur-literatur yang diperoleh dalam penelitian ini terlihat bahwa spesies perikanan tuna memiliki jenis makanan yang sama hubungan timbal balik antar spesies diduga saling berkompetisi. Jika terbukti demikian maka pada penelitian ini dilakukan pula analisis model bioekonomi kompetisi. Dalam pengelolaan sumberdaya perikanan dinamis, persamaan yang dapat menjelaskan perubahan dari setiap stok atau biomass yang saling berkompetisi (spesies x1 dan x2) dapat diperoleh dengan memodifikasi model logistik menggunakan model Lotka-Volterra's (Lotka, 1925; Volterra, 1926).

Dengan model Lotka-Volterra, untuk dua spesies yang saling berkompetisi terdapat empat kasus yang dapat terjadi tergantung kepada daya dukung (carrying capacity) dan koefisien saling ketergantungan. Hal ini dapat dijelaskan dengan menentukan steady state maka dapat diperoleh x_1 dan x_2 , yang secara matematis dapat ditulis :

$$x_1 = K_1 - \alpha_1 x_2 \dots\dots\dots 10)$$

$$x_2 = K_2 - \alpha_2 x_1 \dots\dots\dots (11)$$

Jika rasio daya dukung lingkungan (carrying capacity) setiap koefisien kompetisi (K_1/α_{12} , K_2/α_{21}) lebih kecil dari daya dukung lingkungan (K_1 dan K_2) maka salah satu spesies dapat menjadi kompetitor dominan. Secara rinci hubungan kompetisi antar spesies dengan mempertimbangkan daya dukung lingkungan dan koefisien ketergantungan tanpa kegiatan eksploitasi atau penangkapan (lihat Tabel 2).

Bab III. Hasil dan Pembahasan

Keberlanjutan sebagian besar dikenal sebagai isu penting dalam manajemen perikanan. Seperti dijelaskan dalam literatur klasik seperti Schaefer (1954), Beverton dan Holt (1957), Ricker (1975), dan Gulland (1977), keberlanjutan perikanan biasanya dilihat dari sudut pandang biologis (hasil keberlanjutan). Paradigma menurut Charles (2000) disebut paradigma konservatif dalam keberlanjutan perikanan. Tulisan ini, bagaimanapun, mengadopsi paradigma lebih lanjut, yang disebut paradigma rasional, diprakarsai oleh beberapa ekonom seperti Clark (1976), Gordon dan Munro (1982), yang memandang keberlanjutan perikanan baik dari sudut pandang biologis dan ekonomi (Charles, 2001).

Dalam hal perikanan tuna di Palabuhanratu, ditemukan bahwa tingkat upaya penangkapan rata-rata selama tahun 2003-2012 adalah 61 trip Rawai Tuna. Wilayah penangkapan nelayan rawai tuna palabuhan ratu adalah disekitar Samudera Hindia yang merupakan wilayah *Indian Ocean Tuna Commission* (IOTC). Daerah penangkapan di perairan Samudera Hindia terletak di posisi 80- 150 LS dan 90 0 – 105 0 BT. Terdapat 3 jenis tuna yang dominan tertangkap dengan rawai tuna di Perairan tersebut oleh nelayan yang mendaratkan hasil tangkapannya di PPN Palabuhanratu. Ketiga jenis tuna tersebut berturut-turut adalah Tuna mata besar (*Bigeye Tuna*), Tuna Albacore dan Tuna Sirip Kuning (*Yellow Fin Tuna*) dan ikan lainnya spt swordfish dll. Tuna big eye dan Abacore lebih banyak dibandingkan dengan Tuna Yellow Fin (Madidihang). Hal ini menunjukkan bahwa alat tangkap rawai tuna menangkap beberapa spesies ikan, dalam kajian ini hanya dianalisis 3 spesies karena ketersediaan data di lapangan (lihat Gambar 2.). Oleh karena itu hari melaut rawai tuna untuk menangkap ikan-ikan per spesies tersebut dibuat proporsional sesuai dengan proporsi produksinya yang tertangkap. Ikan Tuna albacore diduga adalah ikan yang banyak terdapat di area penangkapan rawai tuna (IOTC area)..

Estimasi parameter biologi dengan metode estimasi dinamis atau dengan metode regresi relatif atau model surplus produksi Walters dan Hilborn dapat diderivasi parameter biologinya (lihat Tabel 3). Berdasarkan Tabel 3 dapat langsung dilakukan derivasi parameter biologi multispesies sumberdaya perikanan pelagis di Wilayah Pelabuhanratu. Nilai koefisien (lihat Tabel 4) dapat langsung menggambarkan nilai r (*intrinsic growth rate*) dan q (*coefficient catchability*), serta nilai K (*carrying capacity*). Nilai r identik dengan nilai koefisien *intercept* (α), nilai q identik dengan koefisien variabel kedua (γ) dan nilai K diperoleh dari nilai r atau nilai koefisien *intercept* (α) dibagi dengan perkalian nilai koefisien variabel pertama (β) dengan nilai q atau koefisien variabel kedua (γ).

Berdasarkan Tabel 4 terlihat bahwa nilai r spesies Albacore lebih tinggi dibandingkan dengan spesies lainnya berturut-turut spesies Mata Besar, dan Sirip Kuning. Hal ini menunjukkan bahwa laju tumbuh spesies Albacore lebih cepat dibandingkan dengan spesies lainnya sehingga kemungkinan cepat tertangkapnya juga tinggi. Spesies tuna mata besar juga memiliki nilai r yang cukup tinggi dan berdasarkan nilai K terlihat bahwa spesies tuna mata besar lebih banyak ditangkap oleh nelayan yang melakukan kegiatan penangkapan di wilayah

IOTC. Nilai q menggambarkan tingkat efisiensi teknis dari penangkapan, spesies Tuna Albacore nilainya lebih tinggi dibandingkan dengan spesies lainnya berturut-turut spesies Sirip Kuning dan Tuna Mata Besar.

Dari penyelesaian perhitungan parameter biologi dengan model-model diatas, nilai t signifikan dan nilai koefisien determinasi yang kurang baik, akan tetapi karena tingkat ketidakpastian yang tinggi dari pemanfaatan sumberdaya perikanan sehingga hal ini diabaikan. Walters dan Hilborn (1976) mengatakan bahwa hal yang biasa terjadi salah tanda dalam mengestimasi parameter fungsi surplus produksi. Akan tetapi, tidak perlu menyarankan itu adalah kegagalan model. Kenyataan yang paling diakui kegagalan itu adalah kegagalan data. Data saja cukup untuk dapat menjelaskan dinamika stok sehingga dapat saja terjadi salah tanda.

Sejarah gangguan stok memegang peranan penting dalam memperoleh parameter model dinamis. Lagi pula kecilnya nilai koefisien determinasi disebabkan karena faktor-faktor alam dengan tingkat ketidakpastian yang cukup tinggi terjadi pada kegiatan penangkapan atau eksploitasi multispecies sumberdaya perikanan pelagis. Dengan mensubstitusikan nilai parameter biologi dan dengan mengetahui data series *effort* untuk setiap periode maka produksi (hasil tangkapan) lestari Tuna per spesies ikan di Pelabuhanratu pun dapat diketahui. Secara grafik produksi aktual dan produksi lestari multispecies sumberdaya perikanan Tuna di Pelabuhanratu (lihat Gambar 3). Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa umumnya produksi aktual spesies Tuna Mata Besa (TBE), Tuna Albacore (TNA), dan Tuna Sirip Kuning (TYF) masih berada dibawah produksi lestari. Dengan mengetahui parameter biologi juga bisa diestimasi biomass atau stock masing-masing spesies berdasarkan fungsi produksi linier. Gambar 4 menunjukkan bahwa biomas Tuna di Perairan Palabuhan ratu berfluktuasi dari tahun ke tahun dengan fluktuasi yang cenderung dengan keragaman yang cukup tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa spesies tuna merupakan ikan yang tingkat migrasinya tinggi. Apabila kegiatan penangkapan hanya berorientasi pada spesies tunggal maka tingkat kepunahan spesies tunggal tersebut akan terjadi lebih cepat, terjadi bila orientasi penangkapan rawai tuna hanya pada penangkapan ikan tuna mata besar. Jika hal ini dibiarkan terjadi terus menerus maka dapat terjadi kelangkaan dari spesies itu sendiri. Dengan mengetahui interaksi antar spesies maka dapat merubah bagaimana pengelolaan stok akibat adanya kegiatan penangkapan (lihat Tabel 5). Berdasarkan Tabel 5 nilai koefisien ketergantungan antar spesies, dengan nilai koefisien ketergantungan bertanda negatif yang menunjukkan bahwa antarspesies yang ditangkap dengan alat tangkap *rawai tuna* di Palabuhanratu saling berkompetisi. Hal ini dapat terjadi karena semua spesies memakan jenis makanan yang sama yaitu sebagai *carnivora* (hasil tes laboratorium, 2013)

Model bioekonomi kompetisi dihitung dengan melihat dua kondisi kompetisi yaitu kompetisi antara spesies TBE dengan TNA, dan spesies TBE dengan TYF (lihat Tabel 6 dan 7). Berdasarkan Tabel 6 dan 7 menunjukkan bahwa ketika tanpa adanya kematian ikan, spesies TBE, TNA dan TYF hidup berdampingan dengan kelimpahan yang saling heterogen dalam ekosistem.

Dalam lingkungan alami, bagaimanapun juga populasi-populasi didistribusikan diseluruh ruang dan ruang sangat tidak bersifat homogen. Sebuah populasi yang secara total berada diluar persaingan dengan populasi lain mungkin menemukan beberapa pelarian sebagai tempat untuk bertahan hidup paling tidak dalam jumlah kecil. Kegiatan penangkapan pun seharusnya dibatasi untuk menjamin keberlanjutan melalui tindakan teknis untuk pengelolaan perikanan yang efisien, konsisten, dan terpercaya. Oleh karena itu diperlukan sebuah referensi point yaitu nilai patokan yang membantu pengelola memutuskan bagaimana perikanan dapat dikelola dengan baik didasarkan pada indikator biologi dan ekonomi. (Lihat Tabel 8).

Pengusahaan sumberdaya perikanan tuna di Palabuhan ratu pada kondisi aktual masih berada dibawah *reference point*. Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan penangkapan rawai tuna masih dapat terus ditigkatkan sampai dengan pada level *conservative minded* atau *target reference point* atau MEY (lampu hijau) yaitu 128 trip pada kondisi statik dan 161 trip pada kondisi dinamis dengan tingkat suku bunga sebesar 12%. 181 trip pada lampu kuning (MSY)

dan 256 trip pada lampu merah (OA). Lagipula eksploitasi yang besar terhadap ikan dengan tingkat trofik 5 akan mengganggu keseimbangan ekosistem karena dengan berkurangnya jumlah predator akan memperbesar jumlah spesies mangsa sehingga terjadi dominansi spesies tertentu. Untuk itu perlu dilakukan pembatasan produksi dengan cara membatasi trip dalam kegiatan penangkapan. Pada kebijakan peningkatan trip sampai tingkat MEY atau OPT akan dicapai tingkat keuntungan maximum dengan tetap menjaga kelestarian sumberdaya perikanan tuna tersebut. Akan tetapi karena data ini hanya data dari hasil tangkapan di Wilayah IOTC yang didaratkan di PPN Palabuhanratu maka tidak dapat diduga dengan tepat bagaimana kondisi perairan wilayah penangkapan tersebut apakah *overfishing* atau *underfishing*.

Bab IV. Kesimpulan dan Saran

Sumberdaya perikanan tropis seperti Indonesia bersifat gabungan atau multispecies sehingga dalam pengelolannya tidak bisa hanya berorientasi pada satu aspek saja misalnya aspek biologi. Diperlukan juga orientasi pada aspek ekonomi sehingga ada penelitian ini digunakan pendekatan bioekonomi modeling dalam pengelolaan untuk keberlanjutan perikanan tuna. Besarnya nilai ekspor ini disatu sisi akan meningkatkan eksploitasi terhadap perikanan tuna di Indonesia dapat mengganggu keseimbangan ekosistem tuna dan tekanan terhadap sumberdaya secara biologi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perusahaan aktual perikanan Tuna di Palabuhan ratu masih berada dibawah produksi lestari. Ketergantungan antar spesies tuna bersifat kompetisi karena perikanan tuna memiliki jenis makanan yang sama yang masuk dalam thropik level 5 yaitu sebagai carnivora dan pemakan chepalapoda. Hasil ini diperoleh dari hasil bioekonomi modelling dan dibuktikan oleh hasil laboratorium. Eksploitasi yang besar terhadap ikan dengan tingkat trofik 5 akan mengganggu keseimbangan ekosistem karena dengan berkurangnya jumlah predator akan memperbesar jumlah spesies mangsa sehingga terjadi dominansi spesies tertentu. Kebijakan pembatasan trip penangkapan perlu dilakukan sebagai berikut umlah rawai tuna yang *conservative minded* atau *target reference point* atau MEY yaitu 128 trip pada kondisi statik dan 161 trip pada kondisi dinamis dengan tingkat suku bunga sebesar 12% , 181 trip pada lampu kuning (MSY) dan 256 trip pada lampu merah (OA). Hasil penelitian ini hanya berdasarkan data hasil tangkapan yang didaratkan di PPN Palabuhanratu, perlu penelitian lanjutan pada lokasi pendaratan lainoleh nelayan yang melakukan kegiatan penangkapan di wilayah IOTC sehingga kebijakan penambahan trip dapat dilakukan merata bagi nelayan yang melakukan kegiatan penangkapan di Wilayah tersebut. Perlu penelitian lanjutan spesies ikan lain selain Tuna agar dapat menggambarkan kondisi prey-predator dalam ekosistem perikanan Tuna.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, K., dan Ursin, E. 1977. A Multispecies Extension to the Beverton and Holt Theory of Fishing, With Account of Phosporus Circulation and Primary Production. The Danish Institute of Fisheries and Marine Research. Danmarks. Fiskeri-og Havuldgerselser, N.S., 7: 319-435.
- Beverton, R. J.H., and Holt, S. J., (1957). On Dynamic of Exploited Fish Population. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London.
- 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, 12: 49-68.
- Charles, A. 2001. Sustainable Fishery System. Blackwell Sciences
- Chaudhuri, K. 1986. A Bioeconomic Model of Harvesting a Multispecies Fishery. Ecological Modelling, 32 : 267-279.
- Clark, C. 1985. Bioeconomic Modelling and Fisheries Management. John Wiley and Son, Inc., Vancouver.

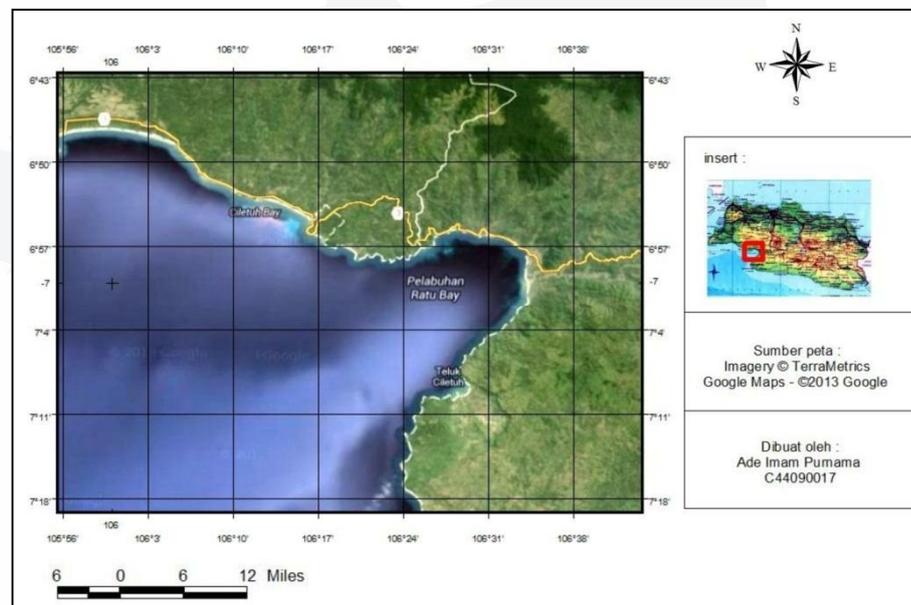
- Clark, C. 1990. *Mathematical Bioeconomic: The Optimal Management of Renewable Resources*. Wiley Interscience, New York.
- Gordon, H. S. 1954. *The Economic Theory of A Common Property Resource: The Fishery*. *J. Polit. Econ.*, 62:124-142.
- Gulland, J. 1974. *The Management of Marine Fisheries*. Univ. of Washington press., Seattle.
- FAO, 2012. *The State of World Fisheries and Aquaculture*. FAO. Rome.
- 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 Fulfillment of The Requirement for the Degree of Doctor of Philosophy. Department of Economics. Simon Fraser University, Canada.
- Hartwik, J., 1990. Natural Resources, National Accounting, and Economic Depreciation. *Journal of Public Economics*, 43:291-304.
- Hilborn, R. and C. Walters. 1992. *Quantitative Fisheries Stock Assessment Choice, Dynamic and Uncertainty*, Chapman and Hall, New York.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2014. *Rencana Aksi Nasional : Rencana Pengelolaan Perikanan Tuna, Cakalang dan Tongkol*. Jakarta.
- Lotka, A. 1925. *Elements of Physical Biology*. William and Wilkins Corp., Baltimore.
- May, R., J. Beddington, C. Clark, S. Holt, and R. Laws. 1979. Management of Multispecies Fisheries Science, 205 : 267-277.
- Panayotou, T. 1985. *Small-Scale Fisheries in asia : A Socio Economic Analysis and Policy*. IDRC, Ottawa.
- Pauly, D. 1979. Theory and Management of Tropical Multispecies Stocks : A review with emphasis on the Southeast Asia Demersal Fishery, ICLARM Stud. Review 1.
- 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*, 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
- Schaefer, M. B. 1954. *Some Aspect of Dynamics of Population Important to The Management of Commercial Marine Fisheries*. Bull. Inter. Amer. Trop. Tuna Comm., 1 : 25-56.
- Statistik Perikanan Palabuhanratu 2003-2013. Kantor Palabuhan Perikanan Nusantara, Palabuhanratu. Sukabumi. Jawa Barat.
- Tai, S., Y. 1993. Management of Small Pelagic Fisheries on The Northwest Coast of Peninsular Malaysia : A Bio-Socioeconomic Simulation Analysis. PhD Thesis. Department of Economic. Simon Fraser University.
- Worm, B., Edward, B.B., Nicola, B., J. Emmett Duffy, Carl, F., Benjamin S.H., Jeremy B. C.J., Heike, K.L., Fiorenza, M., Stephen, R.P., Enric, S.,
- Zulbainarni N. 2012. *Teori dan Praktik Pemodelan Bioekonomi dalam Pengelolaan Perikanan Tangkap*. Bogor. IPB Press. Bogor

LAMPIRAN

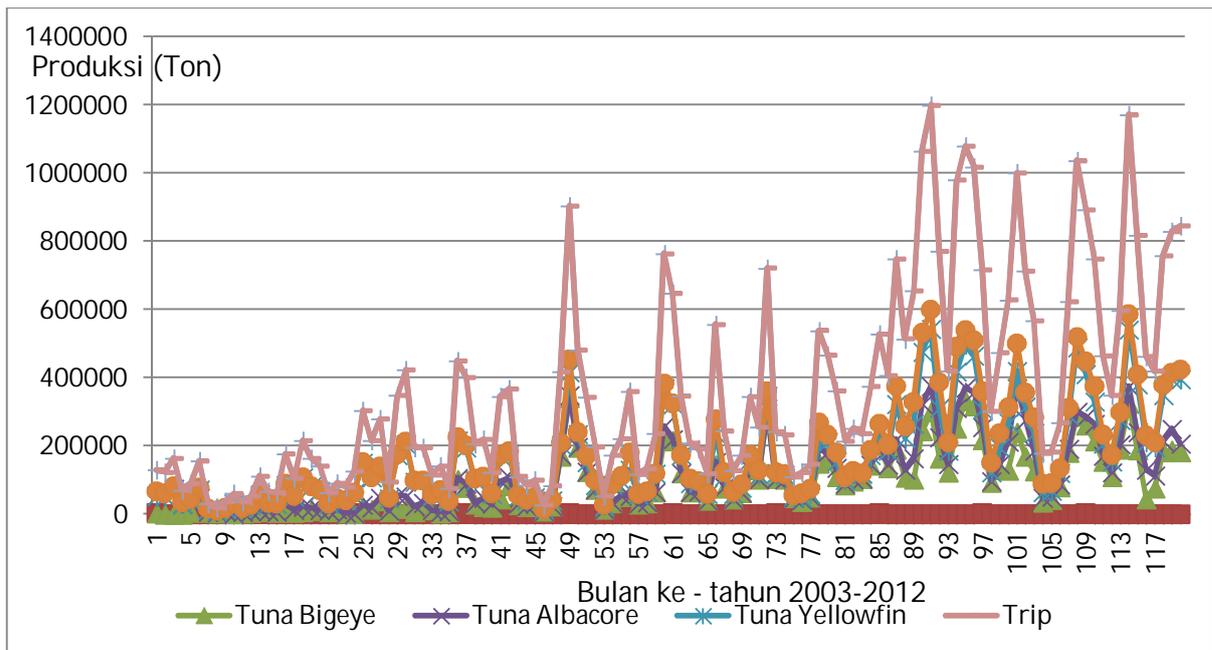
Tabel 1. Nilai Target Ekspor Hasil Perikanan Indonesia Berdasarkan Komoditas Utama Tahun 2010-2014

No	Komoditi	Nilai Ekspor (US\$ Juta)			
		2011	2012	2013	2014
1	Udang-Shrimp	1.233.373	1.327.954	1.812.891	2.042.576
2	Tuna/Cakalang-Tuna/Skipjack	454.997	481.742	540.135	714.256
3	Sarden Kaleng	34.094	44.944	46.332	62.787
4	Ikan Dasar (Kakap Merah, Putih, Layur, dll)	676.051	818.744	827.788	1.029.043
5	Kerapu	196.705	239.235	242.124	302.428
6	Kepiting	252.516	262.001	333.424	318.289
7	Tilapia	17.765	21.607	21.868	27.314
8	Bandeng	3.583	4.358	4.411	5.509
9	Rumput Laut	124.981	125.465	125.951	126.097
10	Lainnya	205.937	300.842	303.398	372.190
	TOTAL	3.200.000	3.600.000	4.200.000	5.000.000

Sumber : Statistik Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2011



Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Produksi Rawai Tuna di Palabuhanratu Tahun 2003-2012

Tabel 2. Hubungan Kompetisi Antar Spesies Dengan Mempertimbangkan Daya Dukung Lingkungan dan Koefisien Ketergantungan Tanpa Kegiatan Penangkapan

	$K_2/\alpha_{21} < K_1$	$K_2/\alpha_{21} > K_1$
$K_1/\alpha_{12} < K_2$	Skenario 1 : Salah satu spesies dapat menjadi kompetitor dominan	Skenario 2 : Spesies ke-2 selalu mengasingkan spesies ke-1
$K_1/\alpha_{12} > K_2$	Skenario 3 : Spesies ke-1 selalu mengasingkan (<i>exclude</i>) spesies ke-2	Skenario 4 : Koeksistensi stabil

Sumber : Anderson and Carlos, 2010

Tabel 3. Tahapan Analisis Parameter Biologi Dengan Menggunakan Model Surplus Produksi Walters dan Hilborn

No.	Spesies	Koefisien		
		α	β	γ
1.	Mata Besar	0,3513 (3,5334)**	-0,04407 (-2,75335)**	-0,0011579 (-0,8595)
2.	Albacore	0,4498 (3,60556)**	-0,0514796 (-2,79207)**	-0,010539 (-0,85345)
3.	Sirip Kuning	0,13969 (0,302786)	-0,2370 (-3,57728)**	-0,0089157 (-0,7941)

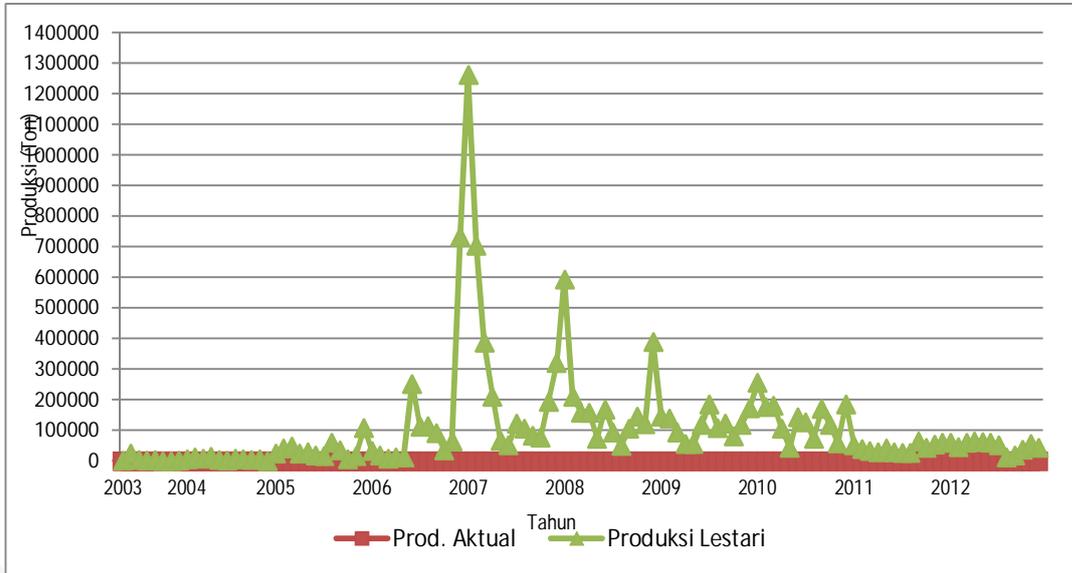
Sumber : Statistik Perikanan Tangkap Pelabuhanratu bulanan Tahun 2003-2012 (diolah).

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

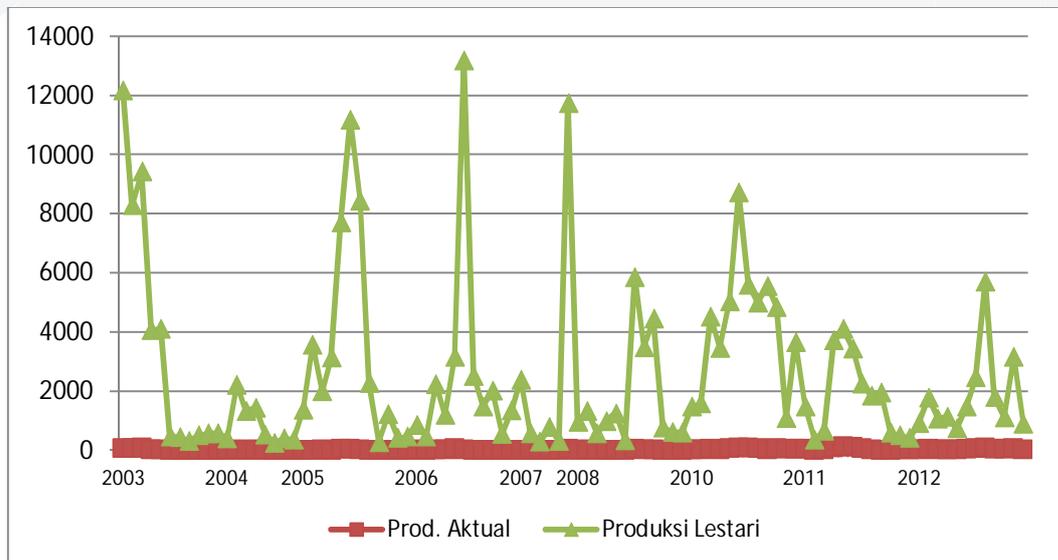
Tabel 4. Nilai Parameter Biologi Multispecies Sumberdaya Perikanan Tuna dengan Menggunakan Model Surplus Produksi Walters dan Hilborn

No.	Spesies	r	q	K (Ton)
1.	Mata Besar	0,3513	0,0012	6.884,0100
2.	Albacore	0,4498	0,0105	829,0650
3.	Sirip Kuning	0,1397	0,0089	66,1049

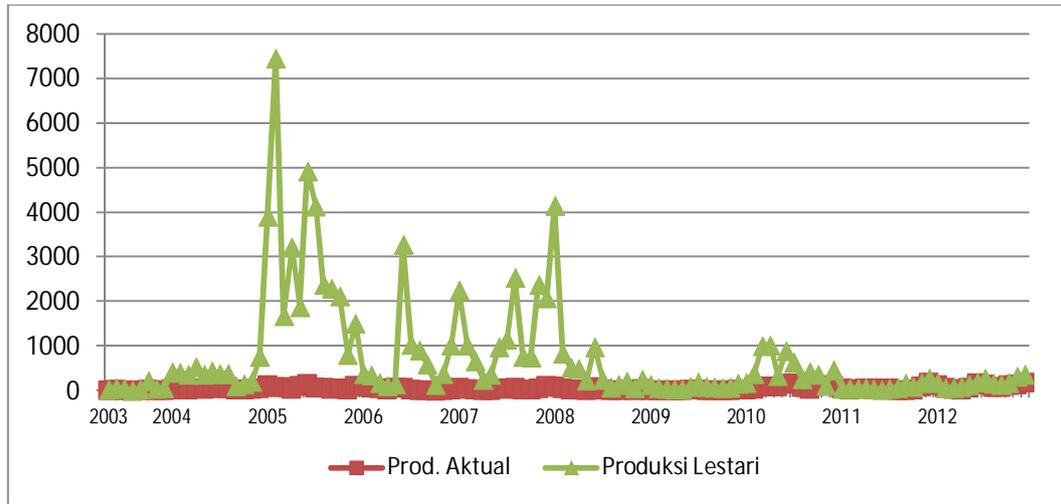
Sumber : Statistik Perikanan Tangkap Pelabuhanratu bulanan Tahun 2003-2012 (diolah).



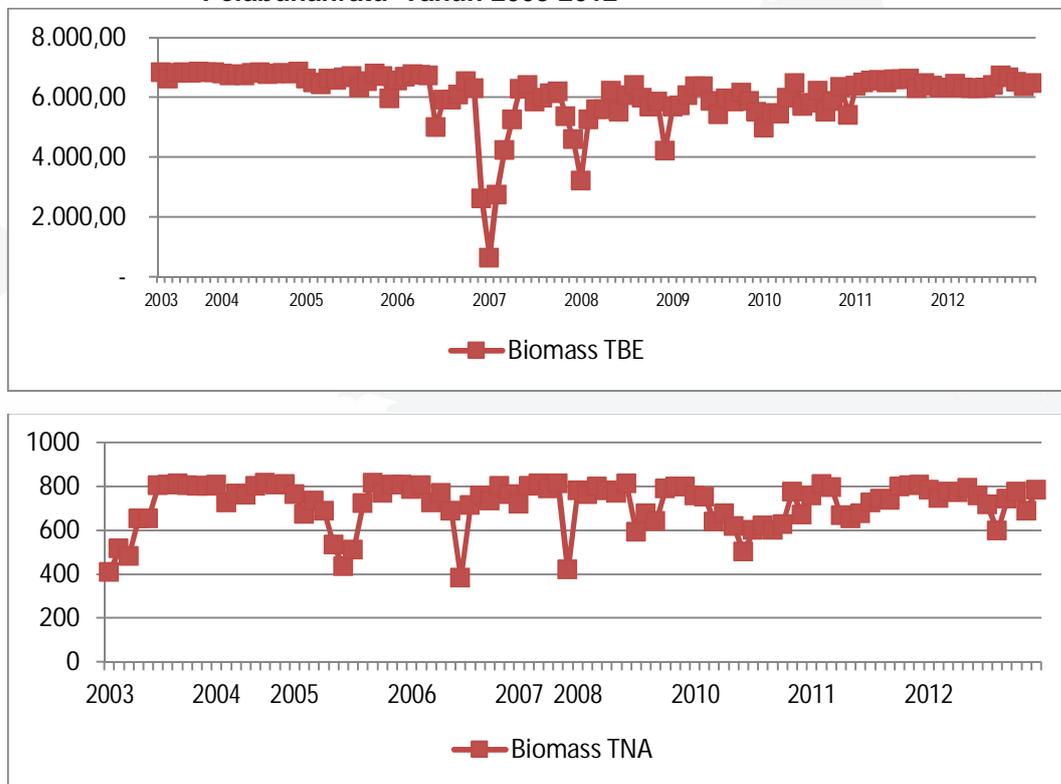
(a) Tuna Mata Besar

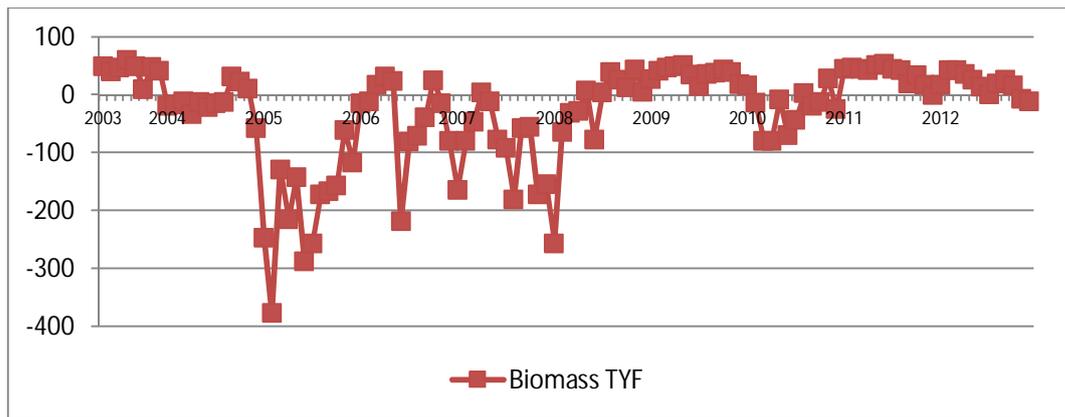


(b) Tuna Albacore



(c) Tuna Sirip Kuning

Gambar 3. Produksi Aktual dan Lestari Multispecies Sumberdaya Perikanan Tuna di Pelabuhanratu Tahun 2003-2012



Gambar 4. Estimasi Biomass/Stock Multispesies Sumberdaya Perikanan Tuna (Mata Besar (TBE), Albacore (TNA), Sirip Kuning (TYF)) di Palabuhanratu Tahun 2003-2012

Tabel 5. Koefisien Ketergantungan Antar Spesies Multispesies Sumberdaya Perikanan Tuna di Palabuhanratu

No.	Spesies	Koefisien Ketergantungan
1.	Tuna Mata Besar	-2,07E-06
2.	Albacore	-3,61575E-07
3.	Sirip Kuning	-1,89016E-08

Sumber : Data sekunder (diolah).

Tabel 4. Hubungan Kompetisi Spesies TBE dengan Spesies TNA di Perairan IOTC Palabuhanratu

Parameter	Symbol	Nilai	Satuan
Carrying Capacity - Spesies 1 (TBE)	K_1	6.884,0059	Ton
Carrying Capacity - Spesies 2 (TNA)	K_2	829,0649	Ton
Intrinsic Growth Rate - Spesies 1	r_1	0,3513	1/tahun
Intrinsic Growth Rate - Spesies 2	r_2	0,4498	1/tahun
Initial Biomass - Spesies 1 (Rata-rata Tahun 2003-2012)	$x_{1.0}$	6.099,5872	Ton
Initial Biomass - Spesies 2 (Rata-rata Tahun 2003-2012)	$x_{2.0}$	720,0425	Ton
Parameter Kompetisi Ketergantungan -Spesies 1	α_{12}	1,0894	1/Ton
Parameter Kompetisi Ketergantungan -Spesies 2	α_{21}	0,0179	1/Ton

Sumber : Data diolah, 2013

Tabel 7. Hubungan Kompetisi Spesies TBE dengan Spesies TYF di Perairan IOTC Palabuhanratu

Parameter	Symbol	Nilai	Satuan
Carrying Capacity - Spesies 1 (TBE)	K_1	6884,0059	Ton
Carrying Capacity - Spesies 3 (TYF)	K_3	66,1049	Ton
Intrinsic Growth Rate - Spesies 1	r_1	0,3513	1/tahun
Intrinsic Growth Rate - Spesies 3	r_3	0,1397	1/tahun
Initial Biomass - Spesies 1 (Rata-rata Tahun 2003-2012)	$X_{1.0}$	6099,5873	Ton
Initial Biomass - Spesies 3 (Rata-rata Tahun 2003-2012)	$X_{3.0}$	30,7071	Ton
Parameter Kompetisi Ketergantungan -Spesies 1	α_{12}	1,0894	1/Ton
Parameter Kompetisi Ketergantungan -Spesies 3	α_{31}	0,0058	1/Ton

Sumber : Data diolah, 2013

Tabel 8. Kondisi Pengusahaan Sumberdaya Perikanan Tuna dengan Alat Tangkap Rawai Tuna di Palabuhanratu Wilayah Penangkapan IOTC

Keterangan	Aktual				MSY				MEY (Statik)				OA				OPT (Dinamik ; i= 12%)			
	TBE	TNA	TYF	Total	TBE	TNA	TYF	Total	TBE	TNA	TYF	Total	TBE	TNA	TYF	Total	TBE	TNA	TYF	Total
Biomass (x) Ton					3.442,00	414,53	33,05		4.155,05	431,91	120,59		1.426,09	34,76	175,07		3.463,42	332,88	130,33	
Harvest (h) Ton	96,11	13,80	16,56		604,58	93,23	2,31		578,63	93,07	(13,88)		397,20	14,98	(40,31)		604,56	89,61	(17,69)	
Effort (E) Trip	35	4	22	61	152	21	8	181	120	20	(13)	128	241	41	(26)	256	151	26	(15)	161
Rente (π) Rp	670,27	158,94	(294,40)	534,82	6.081,83	1.116,29	(163,92)	7.034,20	6.527,48	1.118,43	103,66	7.749,56	-	-	-	-	50.901,63	8.740,68	836,15	60.478,46

Sumber : Data diolah, 2013