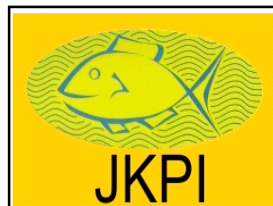


*Keberlanjutan Perikanan Rajungan Indonesia : Pendekatan Model Bioekonomi (Muawanah, U., et al)*



Tersedia online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jkpi>

e-mail: [jkpi.puslitbangkan@gmail.com](mailto:jkpi.puslitbangkan@gmail.com)

**JURNAL KEBIJAKAN PERIKANAN INDONESIA**

Volume 9 Nomor 2 November 2017

e-ISSN: 2502-6550

Nomor Akreditasi: 626/AU2/P2MI-LIPI/03/2015



## **KEBERLANJUTAN PERIKANAN RAJUNGAN INDONESIA: PENDEKATAN MODEL BIOEKONOMI**

### **SUSTAINABILITY OF INDONESIAN BLUE SWIMMING CRABS: THE BIOECONOMIC MODEL APPROACH**

**Umi Muawanah\*<sup>1</sup>, Hakim Miftakhul Huda<sup>1</sup>, Sonny Koeshendrajana<sup>1</sup>,  
Duto Nugroho<sup>2</sup>, Zuzy Anna<sup>3</sup>, Mira<sup>1</sup> dan Abdul Ghofar<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Balai Besar Riset Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan, Gedung BRSDM KP I, Lt 4, Jalan Pasir Putih I, Jakarta Utara-14430, Indonesia

<sup>2</sup>Pusat Riset Perikanan, Gedung BRSDM KP II, Lt 2, Jalan Pasir Putih I, Jakarta Utara-14430, Indonesia

<sup>3</sup>FPIK Universitas Padjadjaran, Jalan Raya Bandung Sumedang KM 21, Jatinangor, Jawa Barat-40600, Indonesia

<sup>4</sup>FPIUK Universitas Diponegoro, Jalan Prof. H. Soedarto, S.H, Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah-50275, Indonesia

Teregistrasi I tanggal: 16 Juni 2017; Diterima setelah perbaikan tanggal: 23 September 2017;

Disetujui terbit tanggal: 10 Nopember 2017

#### **ABSTRAK**

Perikanan Rajungan (*Portunus pelagicus*) di Indonesia memberikan devisa sebesar US\$ 246,14 juta dari ekspor pada tahun 2015 dan menghidupi 65.000 nelayan dan 130.000 pengupas rajungan di Indonesia. Berdasar nilai strategisnya ini, pemanfaatan perikanan rajungan perlu memperhatikan asas keberlanjutan sumber daya. Penelitian ini bertujuan menganalisa keberlanjutan pemanfaatan sumberdaya rajungan di Indonesia menggunakan model bioekonomi dari data hasil tangkapan rajungan di Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) RI tahun 1977-2014. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan sumberdaya rajungan di Indonesia memberikan rente ekonomi yang tinggi pada kondisi *Maksimum Sustainable Yield (MSY)* dan *Maksimum Economic Yield (MEY)* sedangkan pada rezim *open access (OA)* tidak memberikan rente ekonomi. Mengacu pada hasil penelitian maka pengaturan pemanfaatan sumberdaya rajungan dengan upaya dan produksi yang mendekati batas MEY diharapkan dapat menjamin keberlanjutan usaha rajungan baik secara biologi maupun ekonomi. Adapun pemanfaatan secara *open access (OA)* hendaknya dibatasi atau dihindari karena kondisi ini tidak dapat menjamin berkelanjutan perikanan rajungan baik secara biologi maupun ekonomi.

**Kata Kunci:** Rajungan; bioekonomi; hasil ekonomi maksimum; maximum sustainable yield; open access

#### **ABSTRACT**

The Blue Swimming Crab (BSC, *Portunus pelagicus*) fishery in Indonesia provides revenue of US\$ 246.14 million from exports in 2015 and supports 65,000 fishermen and 130,000 pickers in Indonesia. Based on this value, the harvest of BSC fishery should consider the principle of resource sustainability. This study aims to analyze the sustainability of utilization of crab resources in Indonesia using bioeconomic model applied to the BSC catch data from all Fisheries Management Areas (FMA) in Indonesia from year 1977 until 2014. The results show that BSC harvest in Indonesia gives high economic rents under the conditions of Maximum Sustainable Yield (MSY) and Maximum Economic Yield (MEY) while the open access regime does not provide any economic rents. Referring to the results of the study, the arrangement of utilization of crab resources with efforts and production close to the limit of MEY is to be expected to ensure the continuity of the crab business both biologically and economically. The direction toward open access should be limited or avoided because this condition will lead to the unsustainable practices of the BSC fishery both biologically or economically.

**Keywords:** Blue Swimming Crabs; Bioeconomic; Maximum Economic Yield; Maximum Sustainable Yield; Open Access

Korespondensi penulis:

e-mail: [umi.muawanah@gmail.com](mailto:umi.muawanah@gmail.com)

Telp. +6281382436332

## PENDAHULUAN

Perikanan Rajungan (*Portunus pelagicus*) di Indonesia merupakan industri yang berkembang pesat dan bernilai ekonomi tinggi. Total ekspor daging rajungan meningkat dari 10,9 ribu ton pada tahun 2014 menjadi 15,8 dan 19,4 ribu ton pada tahun 2015 dan 2016 (laporan APRI, 2016). Rajungan atau biasanya disebut Blue Swimming Crab (BSC) yang mayoritas diekspor ke Amerika telah memberikan devisa sebesar US \$246,14 juta dollar dari ekspor pada tahun 2015 (APRI, 2016). Perikanan BSC telah mendukung 65.000 nelayan dan 130.000 pengolah rajungan yang secara langsung tergantung pada perikanan rajungan ini ini (KKP, 2014 dan APRI, 2014). Alat tangkap utama yang digunakan untuk menangkap rajungan adalah jaring insang dan bubu, dan beberapa kapal pukat penangkap kepiting rajungan walaupun sebagai hasil tangkap sampingan (SFP, 2014). Rajungan terdapat di seluruh Indonesia namun tidak ditangkap di seluruh Indonesia, namun sebagian besar usaha penangkapan rajungan terkonsentrasi di Pantai Utara Jawa, Lampung, dan Sulawesi (Permen KP nomor 47 tahun 2016).

Perikanan rajungan bersifat unik karena produksinya sangat ditentukan oleh permintaan rajungan dari Amerika Serikat. Hampir 80% produksi BSC Indonesia diekspor ke Amerika Serikat dan sangat sedikit yang dikonsumsi di pasar domestik (APRI, 2014). Pada tahun 2016, Amerika Serikat (A.S.) memberlakukan *task force* kepresidenan dalam memerangi penangkapan ikan ilegal, tidak dilaporkan, dan tidak diatur yang dikategorikan sebagai produk dari *Illegal Unreported Unregulated Fishing* (IUUF). *Task Force* ini mewajibkan bahwa semua produk makanan laut dipasarkan ke A.S. harus bebas dari praktik IUUF dan memenuhi semua tindakan pengelolaan berkelanjutan dari negara asalnya. Peraturan ini memberikan konsekuensi bagi industri mengekspor rajungan untuk mematuhi atau menerapkan langkah-langkah penelusuran/ketertelusuran seperti skema dokumentasi tangkapan (*catch documentation scheme / CDS*). CDS merupakan salah instrument untuk mencegah produk-produk seafood yang terlibat dengan IUU fishing masuk ke sebuah negara pengimpor ikan (Roheim, 2008).

Selain itu, sejak 2009, kelompok industri (perusahaan pengepor rajungan) dan pengelola sumber daya perikanan (KKP) melakukan *pre-assesment* perikanan rajungan untuk mendapatkan sertifikasi keberlanjutan *Marine Stewardship Council* (MSC) untuk rajungan. Namun upaya ini belum berhasil. Sebagian besar karena kurangnya informasi

mengenai status stok dan kurang adanya aturan pengelolaan sumber daya rajungan ataupun langkah-langkah yang efektif menuju keberlanjutan sumber daya rajungan. Mengingat pentingnya sumber daya rajungan ini untuk ekonomi Indonesia, maka praktek-praktek pengelolaan perikanan rajungan yang berkelanjutan dan usaha-usaha peningkatan ketertelusuran produk sangat penting untuk masa depan perikanan rajungan di Indonesia.

Meski permintaan pasar dan produksi BSC di Indonesia terus berkembang, tanda-tanda *overfishing* bisa dilihat. Bukti kasat mata menunjukkan bahwa pada akhir 1990-an nelayan di pantai utara Jawa Barat dapat menangkap 100-200 kg setiap hari, sedangkan pada tahun 2006 mereka hanya menangkap 5 sampai 10 ekor per hari rata-rata meskipun menggunakan jaring gillnet yang lebih efisien (Anonim<sup>a</sup>, 2006). Kondisi serupa dihadapi nelayan di Takalar, Sulawesi Selatan. Pada tahun 2000 mereka bisa mendapatkan kepiting ukuran yang lebih besar (4-5 kepiting per kg), namun pada tahun 2004, 7 - 10 kepiting per kg lebih umum diperoleh (Anonim<sup>b</sup>, 2006).

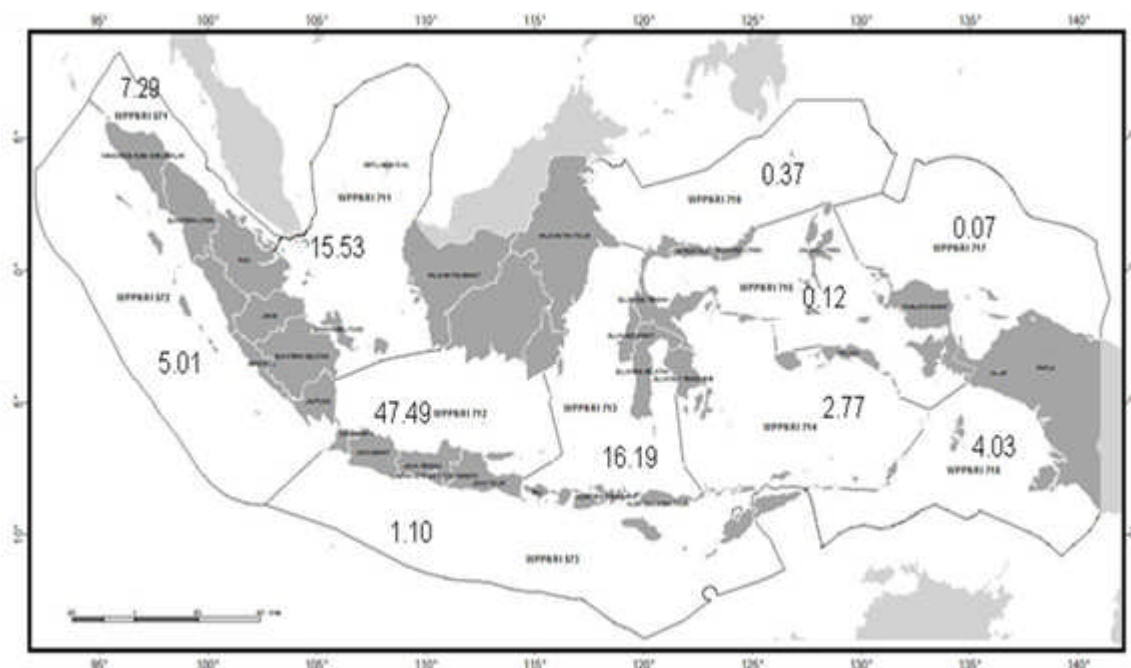
Di Jawa Utara ada bukti pertumbuhan penangkapan berlebih, dan hanya rajungan kecil yang tertangkap dan yang melimpah. Sementara itu, stok rajungan di Sumatera dan daerah lainnya relatif lebih sehat dan ukuran rajungannya yang lebih besar merupakan bagian tangkapan yang lebih tinggi (Bahtiar *et al.*, 2016). Meningkatnya permintaan daging rajungan untuk ekspor telah mendorong eksploitasi rajungan di Pulau Jawa sejak pertengahan tahun 1990an ke pulau lain seperti Lampung, Sulawesi dan Kalimantan sejak tahun 2000an. Namun, tanpa pengelolaan yang tepat, perikanan BSC Indonesia akan menghadapi ancaman keruntuhan karena nelayan diberi insentif untuk menangkap lebih banyak. Pada akhirnya, hal tersebut dapat menimbulkan *series of depletion* atau kepunahan rajungan dari tempat ke tempat di Indonesia.

Penilaian nasional terbaru oleh Komisi Nasional Pengkajian Sumber Daya Ikan (Komnaskajiskan) yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan menunjukkan bahwa stok rajungan dalam kondisi masih bagus di 11 BSC, kurang berhasil di satu dari 11 wilayah pengelolaan perikanan (WPP), dimanfaatkan penuh (*fully fished*) di 3 WPP dan telah melampaui batas pemanfaatan (*overfished*) di 7 WPP. Penilaian ini juga memperkirakan jumlah yang boleh ditangkap (JTB) untuk rajungan, yaitu 48.673 ton per tahun (Keputusan Menteri No 47, 2016). Tujuan paper ini adalah untuk mengestimasi jumlah tangkap yang diperbolehkan dengan menggunakan metoda bio-ekonomi. Pemodelan bio-ekonomi adalah metode

penentuan jumlah tangkapan perikanan yang berkelanjutan berdasarkan usaha untuk memaksimalkan keuntungan (profit) dari perikanan tersebut dengan pembatas adalah faktor pertumbuhan biologi perikanan tersebut. Pemodelan bioekonomi menggunakan data jumlah tangkapan menurut deret waktu perikanan rajungan Indonesia mulai tahun 1977 sampai dengan 2014.

Perikanan Rajungan Indonesia tersebar di seluruh perairan Indonesia. Produksi terbesar rajungan

diperoleh dari WPP 712 yang meliputi perairan utara Jawa dan perairan timur menyumbang produksi rajungan sekitar 47.49 % dari total produksi rajungan nasional. Sentra produksi rajungan terbesar selanjutnya yaitu WPP 713 dan WPP 711. Detail data sebaran produksi rajungan di seluruh WPPNRI dapat dilihat pada Gambar 1. Di beberapa wilayah WPPNRI lainnya, produksi masih kecil persentasenya karena jarak yang jauh dari perusahaan pengolah rajungan yang mayoritas berada di Pulau Jawa.



Gambar 1. Data produksi rajungan di tiap WPPNRI (sumber: KKP, 2013).

Figure 1. Blue Swimming Crab production data in each WPPNRI (source: KKP, 2013).

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengumpulan data sekunder. Data jumlah tangkapan komoditas rajungan dari DJPT tiap tahun secara nasional dari tahun 1977 sampai dengan 2014. Data yang dikumpulkan adalah data produksi rajungan (ton/tahun), upaya penangkapan (jumlah gillnet dan bubu per tahun), dan jumlah unit alat tangkap dari periode tahun 1977 sampai 2014. Data produksi dan upaya penangkapan rajungan diekstrak dari buku statistik perikanan Indonesia yang diterbitkan setiap tahunnya sampai dengan tahun 2014.

Pengumpulan data teknis unit alat tangkap dilakukan dengan mencatat jumlah alat tangkap rajungan yaitu bubu dan gillnet dari buku statistik perikanan di DJPT pada tiap tahunnya. Perhitungan *Catch per Unit Effort* (CPUE) distandarkan menjadi upaya dalam satuan bubu.

## MODEL BIOEKONOMI

Model bioekonomi adalah pemodelan kinerja sebuah perikanan dengan membandingkan beberapa rejim pengelolaan perikanan (seperti *open access*, *sustainable yield*) dengan menerapkan performansi ekonomi dan biologi pada saat yang sama dimana dinamika stok ikan akan berubah setiap saat sesuai dengan jumlah tangkapan atau *harvest* perikanan yang diterapkan.

Teknik perhitungan stok sudah dikembangkan dengan baik dimana memungkinkan untuk memperkirakan potensi lestari dalam perikanan, dengan catatan tersedia data yang mencukupi untuk memperkirakan parameter yang dibutuhkan oleh model. Model ini dapat digunakan untuk memperkirakan baik target kapasitas output dan tingkat upaya dengan tujuan untuk keberlanjutan

biologi, seperti *recruitment* dan pertumbuhan yang cukup untuk stok perikanan. Namun, bio-ekonomi juga merupakan alat untuk memperkirakan kapasitas target ketika pendapatan dan lapangan kerja menjadi faktor yang penting di samping kelestarian stok. Optimalisasi dari model bio-ekonomi dapat digunakan untuk memperkirakan hasil optimum dan ukuran kapal yang berkelanjutan dan mampu meningkatkan pendapatan nelayan. Model multi-objektif (multi-tujuan) dapat dikembangkan yang memungkinkan istilah "optimal" untuk didefinisikan dalam beberapa kriteria, misalnya lapangan kerja atau profitabilitas usaha (FAO, 2004).

Biaya dan penghasilan, dan interaksi teknis yang mungkin ada diantara spesies tertentu sesuai dengan alat tangkap yang digunakan, pengaruh perilaku nelayan, dan distribusi kegiatan penangkapan ikan dalam responnya terhadap perubahan manajemen telah dianalisis lebih dari setengah abad oleh Schaefer (1957<sup>a</sup>), Clark (1979) dan Clark & Munro (1975). Pendekatan ini merupakan analisis yang terpadu dari aspek biologis dan ekologis dari sumber daya dengan property ekonomi dari perilaku nelayan, mempertimbangkan ruang, waktu, dan dimensi ketidakpastian (Anderson & Seijo, 2010), dan mempertimbangkan dinamika alami dari kegiatan eksploitasi terhadap sumber daya terbarukan terkait (Clark, 1979; Fauzi & Anna, 2005).

Dengan demikian, model bio-ekonomi adalah alat yang kuat untuk memahami dampak dari faktor eksogen, alami maupun ekonomi, pada dinamika perikanan dan untuk membantu pengambilan keputusan dalam pengelolaan perikanan (Chaboud, 1998). Model tersebut juga dapat digunakan sebagai alat analisis perikanan dan kebijakan serta untuk menggambarkan efek perubahan dalam kondisi perikanan yang ada terhadap sumber daya hayati dan kinerja ekonomi dari armada (Mardle & Pascoe, 2000).

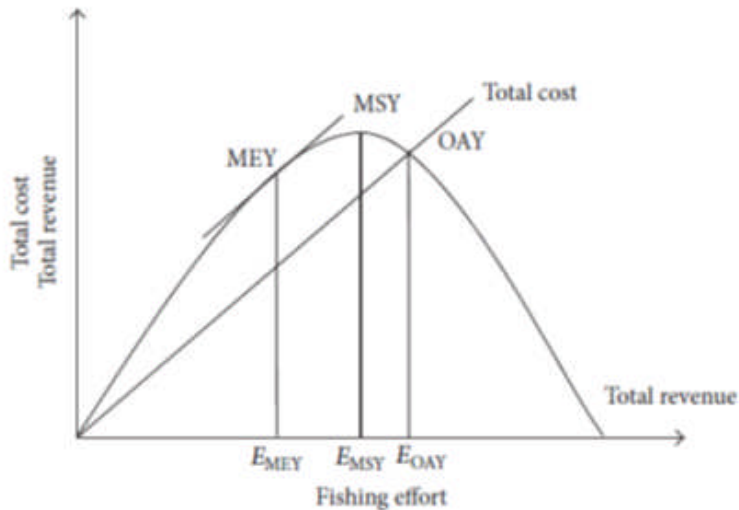
Model bio-ekonomi dapat digunakan untuk membandingkan solusi *open-access* statis untuk hasil maksimum lestari (MSY) dan hasil ekonomi maksimum (MEY), serta pemanfaatan dinamis optimal. Sementara model awal merupakan model sederhana satu-kapal (satu-armada) yang tidak mencakup spesies yang bermigrasi melintasi batas internasional. Pengembangan terakhir telah

memperhatikan fakta bahwa stok mungkin dieksploitasi oleh beberapa armada dan negara penangkapan ikan (Anderson & Seijo, 2010).

Model Surplus Produksi mengaitkan efisiensi teknis dengan orientasi output (*output-oriented*) dan pemanfaatan sumberdaya secara berkelanjutan. Hal tersebut diilustrasikan oleh model Gordon- Schaefer yang populer (Gordon, 1954; Schaefer, 1957<sup>a</sup>; Schaefer, 1957<sup>b</sup>, Schaefer, 1959) pada Gambar 2. *TR* menandakan total penghasilan berkelanjutan (contoh: penghasilan sesuai dengan kondisi keseimbangan tetap dari sumber daya stok) – biaya/harga output adalah tetap dan ditetapkan secara eksogen – *TC* menandakan total biaya mandiri, and  $TC = cE$ , dimana  $c$  adalah biaya per unit upaya penangkapan ikan  $E$ . Pada saat  $TR=TC$ , nilai ekonomi sumberdaya terdissipasi oleh upaya penangkapan ikan yang berlebih.  $TR_{OA}$  menandakan total penghasilan pada kondisi tetap (*steady-state*) dengan full efisiensi teknis, memberikan inefisien-Pareto ekuilibrium-Nash dalam *open-access* dengan effort  $E_{OA}$ . Karena  $E_{OA} > E_{MSY}$  dalam contoh ini, stok sumber daya jatuh ke bawah tingkat hasil maksimum lestari (MSY), dimana stok sumber daya MSY merupakan target ukuran stok berkelanjutan.

Kurva total penghasilan lestari diambil dari Kurva *yield-effort* Schaefer/*Schaefer yield-effort curve* Schaefer (1957<sup>a</sup>; 1957<sup>b</sup>). Kurva *yield-effort* Schaefer, didapatkan tanpa asumsi eksplisit tentang efisiensi teknis, tetapi kurva tersebut secara implisit mengasumsikan efisiensi teknis *output-oriented* penuh (Squires & Vestergaard, 2001). Ketika tangkapan tidak dipanen dengan efisiensi teknis *output-oriented* penuh, tetapi hasil lestari, maka total penghasilan lestari lebih rendah pada semua level upaya.

Kurva *TR* pada Gambar 2 tersebut menggambarkan total penghasilan lestari. Titik MEY (*Maksimum Economic Yield*) adalah *pareto efficient* pada saat manager sumber daya atau penguasa sumber daya memaksimalkan keuntungan, yaitu perbedaan antara kurva *TR* dan garis Total Cost (*TC*). Titik MEY tersebut diperoleh sedikit di sebelah kiri dari MSY sehingga total upaya untuk MEY lebih kecil dibanding MSY. Hal ini memberikan implikasi bahwa kondisi stock ikan yang ditinggal di perairan lebih baik dibanding pada saat upaya pada titik  $E_{MSY}$ .



Gambar 2. Hubungan antara Total Revenue/Total Cost dengan efforts.  
 Figure 2. Correlation between Total Revenue/Total Cost with respect to efforts.

Oleh karena itu, model surplus produksi GS dipilih untuk penelitian ini. Model ini memiliki keuntungan besar yaitu hanya membutuhkan data yang terbatas dan bisa menghasilkan arahan kasar pada ukuran armada dalam kasus perikanan spesies tunggal serta multispecies. Perikanan berbasis sumber daya yang sangat produktif biologi dengan  $r$  yang besar (tingkat pertumbuhan intrinsik) dan  $K$  (daya dukung) dapat mempertahankan usaha penangkapan yang besar di bawah OA. Dalam semua populasi, pertumbuhan surplus alami bernilai besar untuk ukuran stok atau biomass yang kecil dan  $r$  bernilai kecil pada ukuran stok yang tinggi. Secara umum, model GS didasarkan pada persamaan pertumbuhan logistik:

$$F(X) = rX(1 - \frac{X}{K}) \dots\dots\dots (1)$$

dimana ( $X$ ) merupakan surplus pertumbuhan biomassa per satuan waktu;  $X$  adalah stok biomassa. Persamaan tersebut menggambarkan kurva parabola sebagai fungsi  $X$ . Tingkat panen ( $H$ ) diasumsikan oleh hubungan sederhana fungsi penangkapan Schaefer:

$$H(E, X) = qEX \dots\dots\dots (2)$$

dimana  $E$  adalah usaha penangkapan ikan dan  $q$  adalah koefisien *catchability* konstan. Hasil berkelanjutan terjadi ketika panen sama dengan surplus pertumbuhan; yaitu, ketika tingkat perubahan biomassa:

$$dx/dt = F(X) - H(E, X) = 0 \dots\dots\dots (3)$$

Hal ini berarti  $qEX = r(1 - x/K)$  berdasarkan persamaan (1) dan (2). Oleh karena itu, biomass pada ekuilibrium,  $X$ , diselesaikan menjadi:

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

Memasukkan persamaan (4) ke dalam persamaan (2) menghasilkan persamaan penangkapan jangka panjang (*long-term catch*):

$$H(E) = qKE \left( 1 - \frac{qE}{r} \right) = qKE - \frac{q^2 KE^2}{r} \dots\dots (5)$$

Pembagian kedua sisi dari persamaan (5) dengan upaya  $E$  menghasilkan hubungan linier antara catch per unit of effort (CPUE) and upaya penangkapan (effort):

$$CPUE = \frac{H}{E} = qK - \frac{q^2 KE}{r} \dots\dots\dots (6)$$

Mengasumsikan harga yang konstan, persamaan (5) dapat digunakan untuk menentukan total revenue ( $TR$ ) dalam ekuilibrium sebagai fungsi/persamaan upaya standar:

$$TR(E) = p \cdot H(E) \dots\dots\dots (7)$$

Dimana  $p$  menandakan harga konstan per unit panen. Total biaya dari upaya penangkapan diberikan oleh:

$$TC(E) = c \cdot E \dots\dots\dots (8)$$

dimana  $c$  menandakan biaya per unit dari upaya penangkapan termasuk biaya peluang tenaga kerja dan modal. Dari persamaan (7) dan (8), nilai sumber daya ekuilibrium ( $\Pi$ ) dapat diambil dari persamaan upaya penangkapan ikan:

$$\Pi(E) = TR(E) - TC(E) \dots\dots\dots (9)$$

Dengan menggunakan biaya per unit panen dan sewa sumber daya per unit panen, dapat ditemukan tingkat ekuilibrium *open-access* dari stok ikan. Biaya per unit panen diikuti oleh persamaan (2) dan (8).

$$H(X) = TC(E) \dots\dots\dots (10)$$

$$H = cE$$

$$qEX = cqX \dots\dots\dots (11)$$

Hal ini mendemonstrasikan bahwa biaya per unit panen menurun dengan peningkatan pada ukuran stok.

Dengan harga ikan konstan, sewa sumber daya per unit panen adalah:

$$b(X) = p - cqX \dots\dots\dots (12)$$

Pada ekuilibrium *open-access*, tingkat stok  $X_\infty$  mengikuti dari  $b(X_\infty = 0)$ , dan stok biomassa *open-access*:

$$X_\infty = cpq \dots\dots\dots (13)$$

Persamaan panen jangka panjang dapat dinyatakan dengan:

$$CPUE = \frac{H}{E} = qK - \frac{q^2 KE}{r} \dots\dots\dots (14)$$

Jadi, CPUE dapat dinyatakan dengan:

$$CPUE = a + bE \dots\dots\dots (15)$$

dimana:

$$CPUE = \frac{H}{E}, a = qK, \text{ and } b = \left(-\frac{aq}{r}\right)$$

Karena data tentang hasil tangkapan dan upaya penangkapan tersedia untuk rajungan di Indonesia, maka memungkinkan kita untuk memperkirakan parameter a dan b dengan regresi linier dari CPUE dengan upaya penangkapan.

Upaya pada MSY bisa didapatkan dari persamaan (12) dengan derivasi parsial dari  $H$  dengan pertimbangan terhadap  $E$  dan mengaturnya sebagai sama dengan nol:

$$\begin{aligned} \frac{dH(E)}{dE} &= \frac{d\left(qKE \left(1 - \frac{qE}{r}\right)\right)}{dE} \\ &= \frac{d\left(qKE - \frac{q^2 KE^2}{r}\right)}{dE} \dots\dots\dots (16) \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$E_{MSY} = \left(\frac{-\alpha}{2\beta}\right) \dots\dots\dots (17)$$

maka, output MSY adalah:

$$Y_{MSY} = \left(\frac{-\alpha^2}{4\beta}\right) \dots\dots\dots (18)$$

Keuntungan ekonomi maksimum diwujudkan pada total upaya penangkapan yang lebih rendah untuk keuntungan ekonomi positif yang hanya didapatkan pada upaya yang lebih rendah dari  $E_{OA}$ . Maximum economic yield (MEY) didapatkan pada tingkat maksimalisasi keuntungan dari upaya menggunakan persamaan (9):

$$\frac{dTR(E) - TC(E)}{dE} = 0 \dots\dots\dots (19)$$

Dengan demikian, upaya pada MEY adalah:

$$E_{MSY} = \left(\frac{\frac{c}{p} - \alpha^2}{4\beta}\right) \dots\dots\dots (20)$$

*Surplus Production Model* yang dijelaskan diatas adalah *equilibrium state model* yang mengacu pada model yang digunakan oleh model. Varian dari model ini adalah model Fox (1970) dan Model CYP berdasarkan Clark, Yosimoto and Pooley. Pada ketiga model tersebut dapat diperoleh nilai estimasi kondisi maksimum berimbang lestari, yaitu: produksi maksimum ( $Y_e$ ), dan alat tangkap optimum ( $E_e$ ). Pada *equilibrium state model* ini status perikanan dan tingkat eksploitasi diestimasi dengan membandingkan nilai alat tangkap optimum ( $E_e$ ) dan produksi maksimum berimbang lestari ( $Y_e$ ) dengan data tekanan penangkapan dan produksi ikan issue tahun terakhir. Perbedaan ketiga model tersebut didasarkan persamaan hubungan antara jumlah tangkapan dan upaya yang diusahakan dan dapat dilihat di Tabel 1 di bawah ini.

**PEMANFAATAN RAJUNGAN**

Data produksi dan upaya untuk perikanan rajungan Indonesia dapat ditemukan di Tabel 2 mulai dari 1977 sampai dengan 2014. Produksi rajungan di Indonesia meningkat terus sejak pertengahan 1990 an dan lebih tajam peningkatannya pada awal tahun 2000an. Pada tahun 2000, produksi rajungan mulai merambah wilayah-wilayah sentra rajungan di luar Pulau Jawa seperti di Pulau Kalimantan dan Lampung Selatan. Statistik Perikanan Rajungan (DJPT, 1977-2014) memberikan gambaran bahwa telah terjadi pergeseran pola penggunaan alat tangkap dominan maupun daerah penangkapannya.

Tabel 1. Perbandingan Model Schaefer, Fox, dan CYP  
 Table 1. Comparison of Schaefer, Fox, and CYP Models

Schaefer (logistic Function)	Fox (Gompertt Function)	CYP(Clark, Yoshimoto, and Pooley)
$Y_t = aE_t - bE_t^2$	$Y_t = E e^{(a+bE_t)}$	$Y_t = \ln(U_{t+1}) = \frac{2r}{(2+r)} \ln(qK) + \frac{(2-r)}{2+r} \ln(U_t) - \frac{q}{(2+r)} (E_t + E_{t+1})$
$CPUE_t = a - bE_t$	$\ln(CPUE_t) = a + bE_t$	$\ln(CPUE_{t+1}) = a + b \cdot \ln(CPUE_t) + c \cdot (E_t + E_{t+1})$

Sumber: Koeshendrajana et al. (2008) dan Zulbainarni (2015)

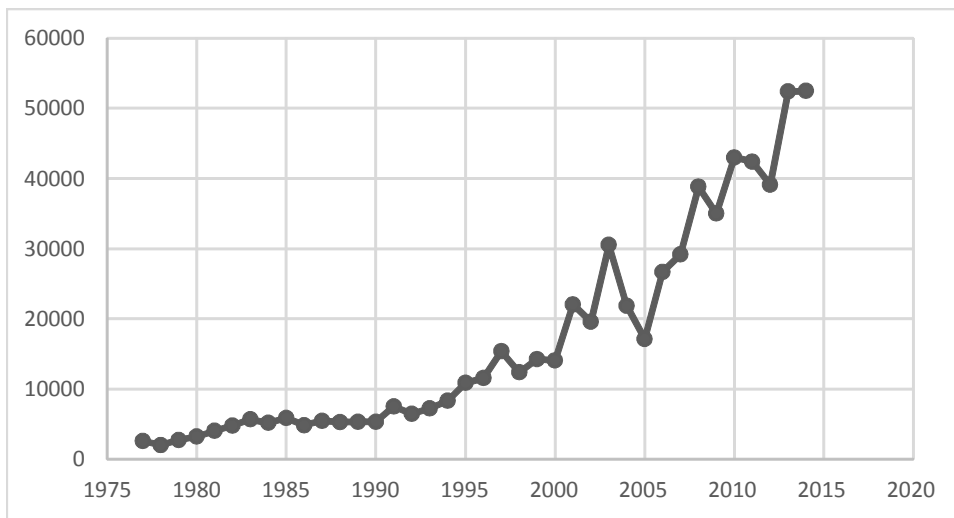
Tabel 2. Perkembangan Upaya, Produksi dan CPUE Rajungan di Indonesia, tahun 1977-2014  
 Table 2. Development of Effort, Production and CPUE of Rajungan in Indonesia, 1977-2014

Tahun	Produksi (Ton)	Upaya (Bubu)	CPUE (ton/bubu)
1977	2583	10819	0.238747
1978	2028	9564	0.212045
1979	2741	7405	0.370155
1980	3218	8947	0.359674
1981	4046	7935	0.509893
1982	4802	6610	0.726475
1983	5686	6936	0.819781
1984	5181	5731	0.904031
1985	5865	9875	0.593924
1986	4840	7062	0.685358
1987	5468	6689	0.817462
1988	5305	11227	0.472522
1989	5349	5756	0.929291
1990	5350	5795	0.923210
1991	7521	7843	0.958944
1992	6466	8987	0.719484
1993	7238	8778	0.824561
1994	8329	13895	0.599424
1995	10884	29599	0.367715
1996	11558	34415	0.335842
1997	15388	30248	0.508728
1998	12370	29862	0.414239
1999	14276	29813	0.478852
2000	14053	23454	0.599173
2001	22040	34089	0.646543
2002	19586	38350	0.510717
2003	30530	53722	0.568296
2004	21854	69094	0.316294
2005	17107	84467	0.202529
2006	26686	85443	0.312325
2007	29174	85978	0.339319
2008	38838	76528	0.507501
2009	35000	63643	0.549943
2010	43002	38885	1.105876
2011	42411	49486	0.857030
2012	39126	47437	0.824799
2013	52396	65084	0.805052
2014	52488	80456	0.652381

Sumber: DJPT (1977-2014)

Produksi rajungan nasional tiap tahun naik sekitar 4.000 ton tiap tahun. Sejak tahun 1977, hasil tangkapan rajungan telah meningkat tajam mencapai

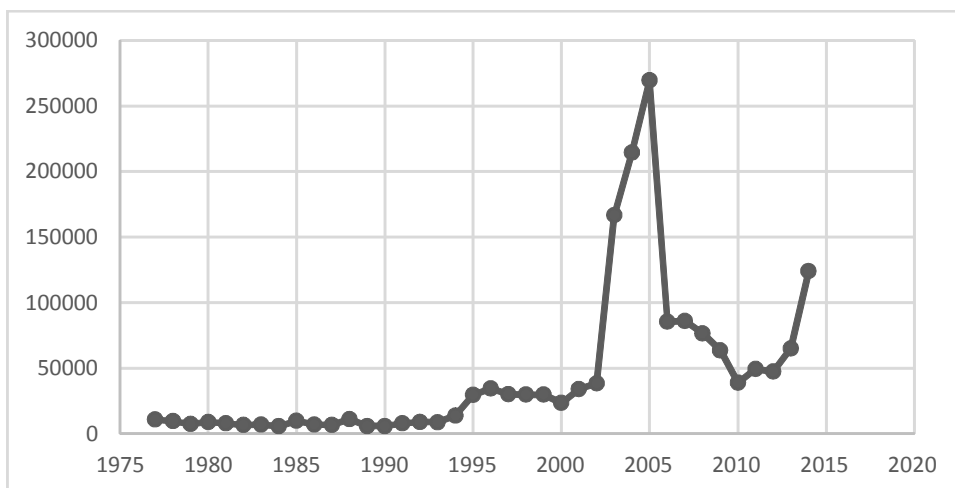
52.000 ton per tahun pada tahun 2014. Produksi tahunan mempunyai fluktuasi dari tahun ke tahun sesuai dengan Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Trend Produksi Rajungan di Indonesia Tahun 1977-2014 (ton/tahun).  
 Figure 3. Blue Swimming Crabs Production Trends in Indonesia, year 1977-2014 (MT/year).

Alat tangkap utama untuk menangkap rajungan adalah bubu dan jaring insang dengan prosentase sekitar 70% dan 20% dari total upaya perikanan rajungan. Ada sedikit upaya dari jaring arad atau mini trawl dalam penangkapan rajungan dan hanya sekitar

10%. Gambar 4 menunjukkan jumlah upaya bubu dari tahun 1977-2014 yang berkisar 5,731 unit pada tahun 1984 ke 269,447 unit pada tahun 2005 dengan jumlah rata-rata 44,382 unit.

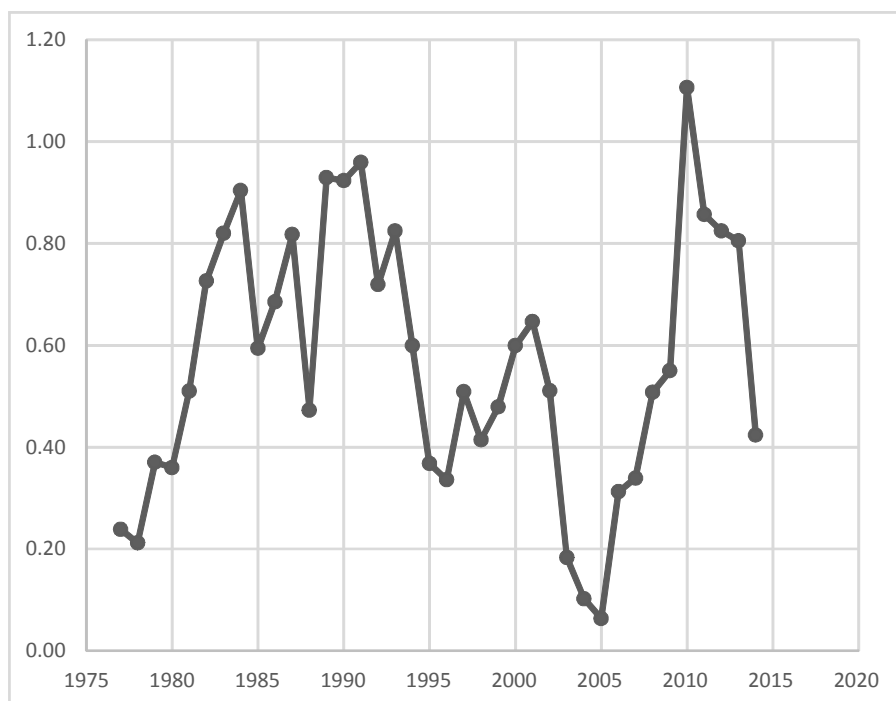


Gambar 4. Trend Jumlah Upaya Penangkapan Rajungan (Bubu) Tahun 1977-2014.  
 Figure 4. Trend of Blue Swimming Crabs Effort (Traps), Year 1977-2014.

Gambar 5 menunjukkan fluktuasi jumlah tangkapan dari tahun 1977-2014 dengan kisaran 0.06 ton/bubu/tahun di tahun 2005 sampai dengan 1.11 ton/bubu/tahun pada tahun 2010 dengan rata-rata sekitar 0.57 ton/bubu/tahun. Akan tetapi, tanda-tanda overfishing tampak di beberapa daerah rajungan di

Indonesia seperti ukuran rajungan yang ditangkap yang semakin kecil yaitu 100 rajungan per kilogram apabila ditangkap dengan alat "garok" (semacam mini trawl) yang tidak ramah lingkungan dan bayi-bayi rajungan yang tertangkap (hasil wawancara dengan Bambang Sumiono, July 2016).





Gambar 5. Jumlah Tangkapan Rajungan per Unit Bubu di Indonesia Tahun 1977-2014 (ton/bubu/tahun).

Figure 5. Catch Per Unit Trap Effort of Blue Swimming Crab in Indonesia, Year 1977-2014 (MT/trap/year).

### BIOEKONOMI PERIKANAN RAJUNGAN

Pengelolaan perikanan bertujuan memberikan keberlanjutan manfaat biologis, sosial, dan ekonomi dari sumber daya perairan terbarukan (*renewable resources*). Untuk keberlanjutan jangka panjang dan untuk meningkatkan penghasilan dari perikanan, perilaku statis dan dinamis dari sistem harus diinvestigasi dengan mencapai titik target yang ditentukan. *Maximum economic yield*/hasil ekonomi maksimum (MEY) and *maximum sustainable yield*/hasil maksimum lestari (MSY) merepresentasikan tujuan perikanan berbeda yang merupakan dasar dari penentuan aksi pengelolaan yang cocok. Pada MSY

hanya memperhitungkan parameter biologi sedangkan pada MEY berusaha mengoptimalkan keuntungan usaha perikanan dalam pengelolaan perikanan (Grafton, 2007; Guillen *et al.*, 2013)

#### Parameter Biologi

Hasil pendugaan model surplus produksi menghasilkan parameter  $r$ ,  $q$ , dan  $K$ . Hasil estimasi model Fox dan Schnute memberikan hasil estimasi parameter  $r$ ,  $q$ , dan  $K$  yang hampir sama, sedangkan model CYP memberikan hasil yang cukup berbeda. Hasil estimasi parameter biologi dari model Fox, Schnute dan CYP dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Estimasi Parameter Biologi Rajungan dengan Model Fox, Schnute, dan CYP

Table 3. Estimation Results of Blue Swimming Crabs Biological Parameters with Fox, Schnute and CYP Models

Parameter	Hasil Estimasi		
	Model Fox	Model Schnute	Model CYP
$r$	0.08836247028	0.11606640999	0.42659756965
$q$	0.00000033918	0.00000051881	0.00000237984
$K$	1,992,460	1,839,577	292,722

Nilai parameter ( $r$ ) menunjukkan laju pertumbuhan alami berkisar dari 0,08836247028-0,42659756965 ton per tahun. Besarnya koefisien ( $q$ ) menunjukkan koefisien kemampuan alat tangkap yang berarti bahwa tiap peningkatan satuan upaya tangkap

memberikan pengaruh 0,00000033918-0,00000237984 ton per trip. Nilai ( $K$ ) menunjukkan kemampuan ekosistem perairan dalam mendukung produksi sumberdaya BSC berkisar antara 292.722-1.992.460 ton per tahun.

**Parameter Ekonomi**

Parameter ekonomi dalam analisis bioekonomi menggunakan variabel harga BSC dan biaya penangkapan. Variabel harga dan biaya penangkapan mengacu pada hasil penelitian Istikasari *et al.*, (2016). Variabel harga BSC dihasilkan dari rata-rata harga rajungan berdasarkan variasi musim produksi dengan

nilai Rp.58.875.000 per ton. Variabel biaya penangkapan per trip diperoleh dari total biaya yang diperlukan untuk melakukan satu trip penangkapan dengan memperhitungkan biaya variabel dan biaya tetap. Total biaya penangkapan BSC mencapai Rp.165.139 per trip. Struktur biaya penangkapan BSC menggunakan bubu untuk setiap trip penangkapan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Struktur Biaya Penangkapan Rajungan di Indonesia (Rp/bubu/trip)  
 Table 4. Cost Structure of Blue Swimming Crab Capture in Indonesia (IDR/trap/ trip)

Jenis Biaya/Type of Cost	Nilai (value) (IDR/Trap/Trip)
Biaya operasional/ operational cost	152.731
Biaya depresiasi/ cost of depreciation	8.899
Biaya pemeliharaan/ maintenance cost	3.338
Biaya perijinan/ licensing fee	121
Biaya total/ total cost	165.139

Sumber: Istikasari (2015).

Dari beberapa pendekatan model surplus produksi dapat diketahui status pemanfaatan sumberdaya perikanan rajungan di Indonesia masih dibawah batas optimal pada rezim MSY dan MEY. Pada rezim MSY

dan MEY, status rata-rata pemanfaatan BSC masih berada pada kisaran 29-49% dari batas MSY dan MEY. Rata-rata produksi rajungan adalah 16.683 ton per tahun dari tahun 1977-2014.

Tabel 5. Hasil Pendugaan Pemanfaatan Rajungan Pada Kondisi MSY, MEY, dan Open Access Menggunakan Model Schaefer, Fox, Schnute, dan CYP  
 Table 5. Output Estimation of BSC Utilization In MSY, MEY, and Open Access Conditions Using Schaefer, Fox, Schnute and CYP Models

Model	Keterangan	Kondisi/Rezim		
		MSY	MEY	OA
<b>Schaefer</b>	Biomass (X) (ton)			
	Harvest (Y) (ton)	44,015	44,014	726
	Effort (E) (trip)	130,257	129,718	259,435
	Rente ( $\pi$ ) (Rp juta)	2,575,355	2,575,400	-
	Status pemanfaatan menurut rezim	35%	35%	2119%
<b>Fox</b>	Biomass (X) (ton)	996,230	1,000,365	8,270
	Harvest (Y) (ton)	44,015	44,014	728
	Effort (E) (trip)	130,257	129,716	259,433
	Rente ( $\pi$ ) (Rp juta)	2,569,854	2,569,898	(0)
	Status pemanfaatan menurut rezim	35%	35%	2115%
<b>Schnute</b>	Biomass (X) (ton)	919,789	922,492	5,406
	Harvest (Y) (ton)	53,378	53,378	626
	Effort (E) (trip)	111,858	111,529	223,058
	Rente ( $\pi$ ) (Rp juta)	3,124,175	3,124,202	-
	Status pemanfaatan menurut rezim	29%	29%	2459%
<b>CYP</b>	Biomass (X) (ton)	146,361	146,950	1,179
	Harvest (Y) (ton)	31,219	31,218	501
	Effort (E) (trip)	89,627	89,267	178,533
	Rente ( $\pi$ ) (Rp juta)	1,823,194	1,823,223	-
	Status pemanfaatan menurut rezim	49%	49%	3073%

Pada model Schnute, rezim MSY pemanfaatan sumberdaya BSC dapat dicapai pada upaya penangkapan sebanyak 111.858 trip setara bubu untuk menghasilkan produksi BSC sebanyak 53.378 ton. Jika dibandingkan dengan kondisi aktual, produksi yang dihasilkan masih berada pada tingkat 29% dari kondisi MSY. Kondisi ini berimplikasi bahwa upaya penangkapan masih dapat ditingkatkan mendekati kondisi MSY. Pada rezim MEY, dimana kondisi saat tingkat keuntungan optimal pemanfaatan BSC dapat dicapai pada upaya penangkapan sebanyak 111.529 trip dengan produksi sebanyak 53.378 ton. Pada rezim *open acces*, dengan jumlah upaya penangkapan yang tinggi karena tidak dibatasinya pemanfaatan rajungan hanya menghasilkan produksi yang kecil. Pemanfaatan sumberdaya BSC pada rezim MSY dan MEY memberikan rente yang positif, sedangkan pada rezim OA bernilai nol. Nilai rente yang bernilai nol pada rezim open access menunjukkan bahwa pemanfaatan sumberdaya BSC yang dibiarkan secara terbuka memberikan dampak pada sulitnya nelayan untuk mendapatkan hasil tangkapan BSC yang memberikan keuntungan.

Hasil yang cukup mengejutkan adalah jumlah yang boleh ditangkap berdasar keuntungan ekonomi maksimum (MEY) tidak jauh berbeda atau hampir sama dengan jumlah yang boleh ditangkap menurut maximum sustainable yield (MSY). Hal ini dimungkinkan karena biaya per unit upaya penangkapan rajungan relatif kecil terhadap *revenue* hasil jual rajungan. Hasil rajungan hampir semuanya dibeli oleh pengumpul atau mini plant yang selanjutnya dijual ke perusahaan pengeksport rajungan. Sehingga, harga rajungan ditentukan oleh harga pasar internasional. Harga daging rajungan mencapai Rp 125.000 –Rp 200.000 per kilogram dari perusahaan ekportir ke mini plant rajungan.

Jumlah tangkap lebih yang direkomendasikan oleh Komisi Nasional Pengkajian Stok Ikan (Komnaskajiskan) untuk rajungan adalah 48.673 ton per tahun (Keputusan Menteri No 44, 2016). Beberapa model bio-ekonomi memberikan angka dugaan sustainable yield berkisar antara 31.219 ton 53.378 ton per tahun untuk mempertahankan sumber daya tetap lestari. Walaupun kajian dilakukan terpisah, dugaan jumlah yang boleh ditangkap untuk perikanan rajungan dalam studi ini cukup mewakili atau dalam range yang sama dengan rekomendasi yang dikeluarkan oleh Komnaskajiskan pada tahun 2016.

Walaupun demikian, jumlah tangkapan pada tahun 2014 cukup tinggi yaitu 52.488 ton per tahun. Sedangkan jumlah yang boleh ditangkap (JTB) dari

beberapa pemodelan berkisar pada 31.219 ton sampai dengan 53.378 ton rajungan per tahun. Hal ini mengindikasikan bahwa jumlah total tangkapan rajungan sudah melewati atau hampir mencapai titik maksimum jumlah tangkapan lestari dengan model Schnute. Implikasinya adalah perlu segera langkah-langkah konkrit untuk menjaga keberlanjutan sumber daya perikanan rajungan di Indonesia.

Langkah-langkah kebijakan pengelolaan rajungan telah ada seperti telah disahkannya Rencana Pengelolaan Perikanan (RPP) Rajungan Indonesia. RPP ini disahkan dengan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan nomor 70 tahun 2016. Langkah lain yang cukup bagus yaitu dikeluarkannya peraturan menteri nomor 02 tahun 2014 dan direvisi menjadi Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan nomor 56 tahun 2016 tentang ukuran minimum rajungan yang boleh ditangkap yaitu 10 cm. Aturan pembatasan ukuran minimal ini akan menjaga stok sumber daya perikanan rajungan dengan harapan rajungan yang sudah besar dan dewasa yang diambil dan yang kecil-kecil dibiarkan tumbuh di dalam perairan.

## **KESIMPULAN DAN REKOMENDASI**

### **Kesimpulan**

Pemanfaatan rajungan pada tahun 2014 sejumlah 52.488 ton dan kemungkinan sudah atau mendekati batas maksimum jumlah tangkap lestari yang dibolehkan (MSY). Jumlah tangkapan ini masih masuk dalam kisaran jumlah tangkap lestari yang dibolehkan dari berbagai model yang dianalisa. Hal ini memberikan sinyal bahwa segala kebijakan pengelolaan perikanan rajungan perlu diterapkan dan diperkuat. Sebagai contoh, Rencana Pengelolaan Rajungan perlu diterapkan baik di tingkat pusat maupun di tingkat daerah.

### **Rekomendasi**

Pengesahan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan tentang ukuran minimum rajungan yang dibolehkan ditangkap merupakan terobosan yang cukup besar untuk menjaga kelestarian perikanan rajungan Indonesia. Saat ini, pembatasan jumlah nelayan secara mendadak dan langsung diperkirakan lebih banyak kendalanya dibandingkan langkah pengelolaan lain seperti ukuran minimal tangkapan rajungan. Penerapan dan pengawasan terhadap peraturan batas minimal ukuran rajungan di lapangan akan sangat penting untuk lestari sumber daya rajungan.

## PERSANTUNAN

Artikel ini menggunakan sebagian data kegiatan penelitian Pusat Penelitian Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan (PPSEKP) yang dibiayai APBN tahun 2016 dengan judul “*Sustainable Fisheries in Indonesia*”. Ucapan terimakasih disampaikan kepada Kepala PPSEKP, narasumber dan semua pihak yang memberikan data informasi dalam penyusunan artikel ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim<sup>a</sup>. (2006). Rajungan Cirebon Nyaris Punah Akibat Penggunaan Jaring Arad (*Cirebon Blue Swimming Crabs in the Brink of Extinction due to Shallow Bottom Trawl Net*). Antara News Agency. 13 September 2006.
- Anonim<sup>b</sup>. (2006). Populasi Kepiting Rajungan Mulai Langka (Swimming Crab Population are Increasingly Scarce). Online <http://64.203.71.11/kompas-cetak/0605/10/daerah/2644077.htm>
- Anderson, L. G., & Seijo, J.C. (2010). *Bioeconomics of Fisheries Management*. Iowa, USA: Blackwell Publishing.
- APRI [Asosiasi Pengelola Rajungan Indonesia]. (2014). Stock Assessment, Fisheries and Environment Parameters for BSC (*Portunus pelagicus*) in the Java Sea. *Research Report*. Jakarta.
- Bahtiar, R., Anggraeni, D., & Hidayat, N.K. (2016). *Economic Evaluation of Implementing Minimum Legal Size on Blue Swimming Crab Fishery in Indonesia*. In *Marine and Coastal Ecosystem Valuation, Institutions, and Policy in Southeast Asia* (pp. 341-363). Springer Singapore.
- Chaboud, C. (1998). A simulation bio-economic model applications for fishery management introduction uncertainty. In S. N. R. Jean, Sosekima: proceedings of socio-economics, innovation and management of the Java sea pelagic fisheries (pp. 365-376). Jakarta: CRIFI.
- Clark, C. W. (1979). Mathematical Models in The Economics of Renewable Resources. *Siam Reviews*, 81-99.
- Clark, C., & Munro, G. (1975). The Economics of Fishing and Modern Capital Theory: A Simplified Approach. *Journal of Environment Management*, 2, 92-106.
- FAO. (2004). Measuring and assessing capacity in fisheries: basic concepts and mangement options, by J.M. Ward, J.E. Kirkley, R. Metzner and S. Pascoe. FAO Fisheries Technical Paper No. 443/1. Rome.
- Fauzi, A., & Anna, Z. (2005). *Pemodelan Sumberdaya Perikanan dan Kelautan* (p. 343). Untuk Analisis Kebijakan. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Fox, W.W. Jr. (1970). An Exponential surplus-yield model for optimizing exploited fish populations. *Trans. A. Fish. Soc.* 99: 80-88.
- Grafton, R.Q., Kompas, T., & Hilborn, R.W. (2007). Economics of overexploitation revisited. *Journal of Science*. 318:1601.
- Gordon, H.S. (1954). The Economic Theory of a Common Property Resource: The Fishery. *Journal of Polytical Economy* 62, 124-142.
- Guillen, J., Macher, C., Merzereaud, M., Bertignac, M., Fifas, S., & Guyader, O. (2013). Estimating MSY and MEY in multi-species and multi-fleet fisheries consequences and limits: an application to the Bay of Biscay mixed fishery. *Journal of Marine Lolicy*. 40, 64-74.
- Istikasari, I, Mudzakir, A.K., & Wijayanto, D. (2016). Analisis bioekonomi rajungan (*Portunus pelagicus*) menggunakan Pendekatan Swept Area dan Gordon-Schaefer di Perairan Demak. Prosiding Seminar Nasional Tahunan ke V Hasil Penelitian Perikanan Universitas Diponegoro.
- KKP [Kementerian Kelautan dan Perikanan]. (2014). Kelautan dan Perikanan dalam Angka 2013. Jakarta
- KKP [Kementerian Kelautan dan Perikanan]. (2013). Kelautan dan Perikanan dalam Angka 2012. Jakarta
- Koeshendrajana, S., Sari, Y.D., Mira, & Zamroni, A. (2008). Riset Tingkat Pemanfaatan Pengelolaan Sumberdaya Perikanan Tangkap. Balai Besar Riset Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- Mardle, S. & Pascoe, S. (2000). Use of evolutionary methods for bioeconomic optimization models: an application to fisheries. *Agricultural Systems*, 66, 33-49.

- Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan nomor 47 tahun 2016 tentang Estimasi Potensi, Jumlah Tangkapan yang Diperbolehkan, dan Tingkat Pemanfaatan Sumber Daya Ikan di Wilayah Pengelolaan Perikanan Negara Republik Indonesia.
- Roheim, C.A., (2008). Seafood supply chain management: Methods to prevent illegally-caught product entry into the marketplace. IUCN World Conservation Union-US for the project PROFISH Law Enforcement, Corruption and Fisheries Work.
- Schaefer, M. B. (1957<sup>a</sup>). A study of the dynamics of the fishery for yellowfin tuna in Eastern Tropicac Pacific. *Bulletin of Inter-America Tropical Tuna Commision*, 247-285.
- Schaefer, M.B. (1957<sup>b</sup>). A study of the dynamics of population important to the management of commercial marine fisheries. *Buletin of the Inter American Tropical Tuna Commission 2*: 274-85.
- Schaefer, M. B. (1959). Biological and Economic Aspects of The Management of Commercial Marine Fisheries. *Trans. Am. Fish. Soc.* 88(2): 100-104.
- SFP. (2014). *Model for Blue Swimming Crab in Indonesia*. (Unpublished report).
- Squires, D., & Vestergaard, N. (2001). The paradox of private efficiency and socialinefficiency with common-pool resources. Mimeo. Southwest Fisheries Science Center, La Jolla, CA. (Revised 2003, University of Southern Denmark).
- Zulbainarni, N. (2015). Pemodelan Bioekonomi Dalam Pengelolaan Perikanan Tangkap Indonesia: dari kelebihan tangkap (*overfishing*) menuju keberlanjutan (*sustainability*). ISEI Newspaper.