

TINGKAT OPTIMAL PEMANFAATAN STOK UDANG, IKAN DEMERSAL, DAN PELAGIS KECIL DI LAUT ARAFURA

Purwanto dan Duto Nugroho

Peneliti pada Pusat Penelitian Pengelolaan Perikanan dan Konservasi Sumber Daya Ikan, Ancol-Jakarta
Teregistrasi I tanggal: 9 Nopember 2010; Diterima setelah perbaikan tanggal: 19 Nopember 2010;
Disetujui terbit tanggal: 30 Nopember 2010

ABSTRAK

Perikanan di Laut Arafura terdiri atas sejumlah armada penangkapan dengan beragam alat tangkap (*multi fleet*) yang beroperasi memanfaatkan sumber daya ikan yang terdiri atas banyak spesies (*multi species*). Intensitas penangkapan salah satu armada penangkapan dengan sasaran utama salah satu spesies berdampak tidak hanya terhadap kelimpahan spesies tersebut melainkan juga terhadap kelimpahan spesies lain yang ikut tertangkap dan menjadi sasaran utama armada penangkapan yang lain. Model optimisasi perikanan *multi species multi fleet* yang disusun dengan memperhitungkan dampak interaksi antar armada penangkapan untuk perikanan Laut Arafura tersebut disajikan pada tulisan ini. Hasil analisis menggunakan model tersebut menunjukkan bahwa produksi maksimum lestari dari sumber daya udang, ikan demersal, dan pelagis kecil di Laut Arafura, dicapai dengan pengoperasian kapal dengan kombinasi 479 unit pukat udang, 548 unit pukat ikan, dan 180 unit pukat cincin.

KATA KUNCI: perikanan Laut Arafura, model optimisasi *multi species multi fleet*, *maximum sustainable yield*, upaya penangkapan optimum

ABSTRACT: *The optimum level of shrimps, demersal and small pelagi fish resource exploitation in Arafura Sea. By Purwanto and Duto Nugroho*

The fishery in the Arafura Sea consisted of various fishing fleets (multi fleet) targeting multispecies fishery resources. Fishing intensity of a fishing fleet would affect not only the abundance of its main target species but also the abundance of other caught species, which were the main target species of other fishing fleets. An optimisation model of the multi species multi fleet fishery accommodating this interaction had been formulated for Arafura Sea fishery and presented in this paper. By using this model it was estimated that the optimum fishing effort to achieve the maximum sustainable yield of the shrimp, demersal fish and small pelagic fish stocks in the Arafura Sea was resulted from the operation the fishing fleets consisting of 479 shrimp trawlers, 548 fish trawlers, and 180 purse seiners.

KEYWORDS: *Arafura Sea fishery, multi species multi fleet optimisation model, maximum sustainable yield, optimum fishing effort*

PENDAHULUAN

Laut Arafura merupakan salah satu daerah utama untuk penangkapan udang dan ikan di Indonesia. Kegiatan penangkapan udang secara komersial pada perairan tersebut mulai berkembang sejak tahun 1970-an setelah diketemukan stok udang yang melimpah dan diperkenalkan pukat udang untuk pemanfaatannya (Bailey *et al.*, 1987). Sementara itu, pukat ikan untuk pemanfaatan stok ikan demersal mulai dioperasikan di Arafura sekitar tahun 1980-an, sedangkan pukat cincin untuk pemanfaatan stok ikan pelagis kecil baru mulai dioperasikan pada perairan tersebut sekitar akhir tahun 1990-an.

Perkembangan pesat dan berlanjut dari kapasitas penangkapan armada perikanan pukat udang dan pukat ikan telah berdampak penurunan tajam pada kelimpahan stok ikan demersal dan udang, serta

peningkatan ancaman terhadap kelestariannya. Hasil evaluasi perkembangan perikanan demersal di Laut Arafura menunjukkan bahwa stok ikan demersal dan udang di daerah penangkapan tersebut sudah dimanfaatkan berlebih, melebihi daya dukungnya (Widodo *et al.*, 2001). Kajian ulang terhadap stok ikan demersal di Laut Arafura telah dilakukan oleh Badrudin *et al.* (2008) dengan memperhitungkan pula angka estimasi hasil tangkapan oleh kegiatan penangkapan ikan yang tidak dilaporkan. Evaluasi ulang terhadap perikanan udang di Laut Arafura dilakukan oleh Purwanto (2008) dengan memperhitungkan pula kegiatan penangkapan ikan dan udang secara ilegal. Hasil kajian ulang oleh Badrudin *et al.* (2008); Purwanto (2008) tersebut juga menunjukkan bahwa stok ikan demersal dan udang di Laut Arafura dimanfaatkan berlebih. Sementara itu, pemanfaatan stok ikan pelagis kecil pada tingkat moderat (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2009).

Sumber daya ikan di perairan Laut Arafura terdiri atas banyak spesies (*multi species*), yang terdiri atas beberapa kelompok antara lain stok udang, ikan demersal, dan pelagis kecil. Sumber daya tersebut dimanfaatkan oleh usaha perikanan yang mengoperasikan lebih dari satu kapal atau armada dengan alat tangkap beragam (*multi gear fishery* atau *multi fleet fishery*), antara lain pukat udang, ikan, dan cincin. Hasil tangkapan armada pukat udang dan pukat ikan terdiri atas udang dan ikan demersal. Hasil tangkapan armada pukat ikan selain ikan demersal juga terdiri atas ikan pelagis kecil $\pm 20\%$ dari total bobot ikan hasil tangkapan (Badrudin, Komunikasi Pribadi). Stok ikan pelagis kecil juga dimanfaatkan oleh armada pukat cincin.

Dengan demikian, dalam mengestimasi jumlah kapal optimal dengan sasaran utama salah satu jenis sumber daya ikan tidak hanya memperhitungkan produksi optimal sumber daya ikan tersebut tetapi juga perlu mempertimbangkan pula dampaknya terhadap jenis sumber daya ikan lainnya yang ikut tertangkap. Placenti *et al.* (1992) telah menyusun dan menggunakan model perikanan *multi species multi gear* untuk optimisasi bioekonomi dengan kasus di Italia. Ulrich *et al.* (2002) menyusun model bioekonomi *multi species multi fleet* perikanan skala kecil pada perairan Selat Inggris (*English channel*). Model ini digunakan untuk melakukan simulasi guna mempelajari konsekuensi jangka panjang dari berbagai alternatif pengelolaan terhadap kondisi ekonomi armada penangkapan dari Inggris dan Perancis yang beroperasi pada perairan tersebut dan dampaknya terhadap sumber daya ikan yang dimanfaatkan. Sementara itu, Purwanto (2003) menyusun dan menggunakan model pemrograman non linear perikanan *multi species multi gear* untuk menentukan secara simultan tingkat optimal pemanfaatan sumber daya ikan demersal dan pelagis kecil di Laut Jawa. Namun, sejauh ini belum terdapat model perikanan *multi species multi fleet* atau *multi species multi gear* yang disusun untuk melakukan optimisasi perikanan Laut Arafura.

Pada tulisan ini disajikan model *multi species multi fleet* dari perikanan Laut Arafura. Tulisan ini juga menyajikan penggunaan model tersebut untuk mengestimasi jumlah optimal kapal yang perlu dioperasikan untuk menghasilkan jumlah tangkapan yang diperbolehkan (*total allowable catch*) masing-masing kelompok sumber daya ikan.

BAHAN DAN METODE

Model optimisasi perikanan *multi species multi fleet* disusun dan digunakan untuk mengestimasi

jumlah kapal optimal yang sebaiknya dioperasikan di Laut Arafura dan potensi produksi ikan yang dihasilkan. Model tersebut merupakan model pemrograman non linear (*non linear programming*) yang disusun berdasarkan atas model produksi perikanan Schaefer (1954; 1957). Optimisasi ditujukan untuk memaksimalkan produksi lestari yang dapat dipanen dari sumber daya udang, ikan demersal dan pelagis kecil di Laut Arafura. Model ini terdiri atas fungsi tujuan dan kendala.

Fungsi Tujuan

$$\text{Maksimumkan: } Y_A = y_1 + y_{2,1} + y_3 \dots\dots\dots (1)$$

Fungsi Kendala:

Produksi udang:
 $y_1 = a_1 \cdot E_1 - a_2 \cdot E_1^2 \dots\dots\dots (2)$

Produksi ikan hasil tangkapan pukat ikan:
 $y_2 = b_1 \cdot E_2 - b_2 \cdot E_2^2 \dots\dots\dots (3)$

Produksi ikan demersal:
 $y_{2,1} = p \cdot y_2 \dots\dots\dots (4)$

Produksi ikan pelagis kecil hasil tangkapan pukat ikan:
 $y_{2,2} = (1-p) \cdot y_2 \dots\dots\dots (5)$

Jumlah tangkapan yang dibolehkan perikanan udang:
 $y_1 \leq m \cdot Y_1^* \dots\dots\dots (6)$

Jumlah tangkapan yang dibolehkan perikanan demersal:
 $y_{2,1} \leq m \cdot Y_2^* \dots\dots\dots (7)$

Jumlah tangkapan yang dibolehkan perikanan pelagis kecil:
 $y_3 \leq m \cdot Y_3^* \dots\dots\dots (8)$

Produksi maksimum lestari (*maximum sustainable yield*) sumber daya udang:
 $Y_1^* = a_1^2 / (4 \cdot a_2) \dots\dots\dots (9)$

Maximum sustainable yield sumber daya ikan demersal:
 $Y_2^* = p \cdot b_1^2 / (4 \cdot b_2) \dots\dots\dots (10)$

Upaya penangkapan udang:
 $E_1 = K_1 + d_2 \cdot K_2 \dots\dots\dots (11)$

Upaya penangkapan ikan demersal:
 $E_2 = d_1 \cdot K_1 + K_2 \dots\dots\dots (12)$

Upaya penangkapan ikan pelagis kecil:
 $E_3 = y_3 / d_3$ (13)
 Jumlah kapal pukat cincin optimal:
 $K_3 = (y_3 - y_{2,2}) / d_3$ (14)

- a_1, a_2 = koefisien fungsi produksi perikanan udang
- b_1 dan b_2 = koefisien fungsi produksi perikanan pukat ikan
- d_1 = indeks daya tangkap (*fishing power index*) kapal pukat udang dibandingkan pukat ikan dalam menangkap ikan
- d_2 = *fishing power index* kapal pukat ikan dibandingkan pukat udang dalam menangkap udang
- d_3 = produktivitas kapal pukat cincin dalam menangkap ikan pelagis kecil
- p = persentase ikan demersal pada hasil tangkapan pukat ikan
- m = jumlah tangkapan yang diperbolehkan dari masing-masing kelompok sumber daya ikan, yaitu proporsi terhadap *maximum sustainable yield*

di mana:

- Y_A = volume produksi ikan keseluruhan yang dihasilkan dari sumber daya udang, ikan demersal, dan pelagis kecil
- y_1 = volume produksi udang
- y_2 = volume produksi ikan hasil tangkapan pukat ikan
- $y_{2,1}$ = volume produksi ikan demersal
- $y_{2,2}$ = volume produksi ikan pelagis kecil hasil tangkapan pukat ikan
- y_3 = volume produksi ikan pelagis kecil
- Y_3^* = *maximum sustainable yield* sumber daya ikan pelagis kecil
- E_1 = upaya penangkapan terhadap sumber daya udang
- E_2 = upaya penangkapan terhadap sumber daya ikan demersal
- E_3 = upaya penangkapan terhadap sumber daya ikan pelagis kecil
- K_1 = jumlah kapal pukat udang
- K_2 = jumlah kapal pukat ikan
- K_3 = jumlah kapal pukat cincin

Analisis dengan model optimisasi perikanan *multi species multi fleet* tersebut menggunakan piranti lunak *general algebraic modelling system*. Nilai masing-masing parameter atau koefisien dari model tersebut disajikan pada Tabel 1. Sementara itu program *general algebraic modelling system* untuk optimisasi tersebut disajikan pada Lampiran 1.

Tabel 1. Nilai koefisien atau parameter dari model optimisasi perikanan *multi species multi fleet* Laut Arafura

Table 1. The coefficients or parameters of multi species multi fleets fisheries optimization in the Arafura Sea

Koefisien atau parameter/ Coefficient or parameters	Nilai/Values	Sumber/Sources
a_1	148,97	Purwanto (2008)
a_2	0,121	
b_1	2.902,8	Badrudin <i>et al.</i> (2008)
b_2	1.559	
p	20%	Badrudin (Komunikasi Pribadi) Wijopriono (2007)
B_p	316.200 ton	
m_1	80 dan 100%	
d_1	0,8	
d_2	0,25	
d_3	200 ton/kapal/tahun	

Hasil analisis dengan model optimisasi perikanan *multi species multi fleet* kemudian dibandingkan dengan dampak dari pemanfaatan sumber daya ikan oleh armada perikanan yang memiliki Surat Izin Penangkapan Ikan dari Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap yang berlaku pada tahun 2007. Kapal penangkapan ikan yang dioperasikan di Laut Arafura dengan Surat Izin Penangkapan Ikan tersebut merupakan realisasi dari sebagian alokasi

pengoperasian kapal penangkap yang tercantum dalam Surat Izin Usaha Perikanan yang diberikan oleh Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap kepada pelaku usaha. Perbandingan hasil analisis juga dilakukan terhadap dampak dari realisasi seluruh alokasi pengoperasian kapal penangkap pada Surat Izin Usaha Perikanan tersebut yang berlaku pada tahun 2007. Data alokasi pengoperasian kapal penangkap sebagaimana tercantum pada Surat Izin

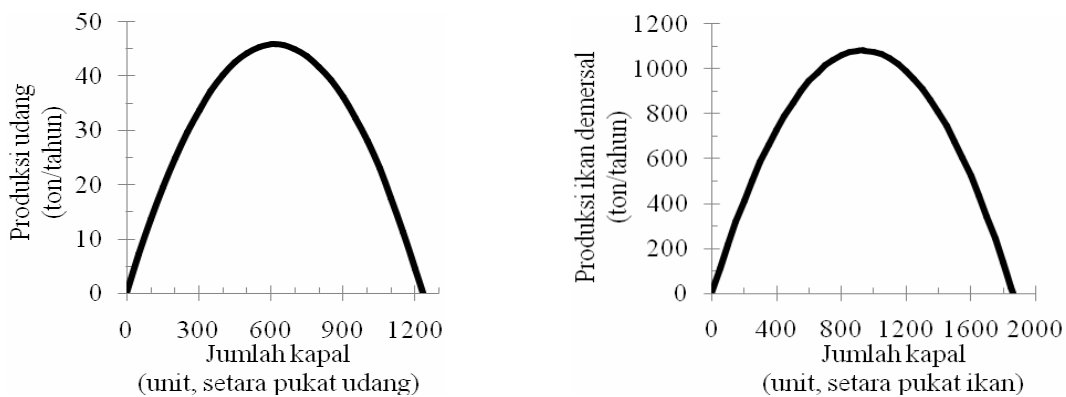
Usaha Perikanan dan jumlah kapal yang beroperasi dengan Surat Izin Penangkapan Ikan yang berlaku sampai tahun 2007 bersumber dari Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap (2007) (Lampiran 2).

HASIL DAN BAHASAN

Hasil

Hubungan antara volume produksi udang dan volume produksi ikan demersal dengan upaya penangkapan disajikan pada Gambar 1. *Maximum sustainable yield* dari stok udang di Arafura sekitar 45.850 ton per tahun, yang dihasilkan dengan upaya

penangkapan (E_{MSY}) 616 unit kapal setara kapal pukat udang berukuran 130 GT. Sementara itu, produksi lestari maksimum dari stok ikan demersal di Laut Arafura sekitar 1.081 ton per tahun, yang dihasilkan dengan upaya penangkapan 931 unit kapal setara kapal pukat ikan berukuran 180 GT. Hubungan antara volume produksi ikan pelagis kecil dengan upaya penangkapan tidak dapat digambarkan dalam tulisan ini. Namun dapat dijelaskan bahwa upaya penangkapan untuk menghasilkan produksi ikan pelagis kecil pada tingkat *maximum sustainable yield* sekitar 1.531 unit kapal setara pukat cincin berukuran 60 GT.



Gambar 1. Hubungan antara volume produksi udang dan volume produksi ikan demersal dengan upaya penangkapan.

Figure 1. Relationships between volume of shrimps demersal catches and estimated fishing efforts.

Hasil analisis, dengan memperhitungkan interaksi dari tiga armada penangkapan tersebut dalam memanfaatkan tiga kelompok sumber daya ikan, menunjukkan bahwa upaya penangkapan untuk mencapai *maximum sustainable yield* masing-masing kelompok sumber daya ikan dihasilkan dengan pengoperasian kapal dengan kombinasi 479 unit pukat udang, 548 unit pukat ikan, dan 180 unit pukat cincin (Tabel 2). Bila kebijakan dalam pengelolaan perikanan adalah pengendalian input (*input control*) untuk mencapai jumlah tangkapan yang diperbolehkan (*total allowable catch*) setara dengan 80% dari *maximum sustainable yield* masing-masing kelompok sumber daya ikan tersebut, maka upaya penangkapan yang diperbolehkan (*total allowable fishing effort*) 340 unit pada perikanan udang, 515 unit pada perikanan demersal dan 1.225 unit pada perikanan pelagis kecil. Upaya penangkapan yang diperbolehkan tersebut dicapai dengan pengoperasian kapal dengan

kombinasi 265 unit kapal pukat udang, 303 unit kapal pukat ikan, dan 144 unit kapal pukat cincin (Tabel 2).

Analisis terhadap dampak peningkatan upaya penangkapan di atas tingkat optimum dilakukan dengan menggunakan kasus perikanan udang dan perikanan demersal. Alat tangkap utama yang digunakan dalam perikanan tersebut adalah pukat udang dan pukat ikan. Bila jumlah kapal pukat udang dan kapal pukat ikan yang beroperasi meningkat masing-masing menjadi 616 dan 931 unit, maka upaya penangkapan pada perikanan udang menjadi 848 unit, sedangkan upaya penangkapan pada perikanan demersal menjadi 1.423 unit (Tabel 3). Tingkat upaya penangkapan tersebut lebih tinggi dari tingkat upaya penangkapan untuk mencapai *maximum sustainable yield*. Konsekuensi dari hal ini adalah tingkat produksi udang dan ikan demersal yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan *maximum sustainable yield*.

Tabel 2. Estimasi volume produksi ikan optimal yang dihasilkan dari tiga kelompok sumber daya ikan di Laut Arafura dan jumlah optimal kapal penangkapnya

Table 2. Estimation of optimal fish production volumes resulting from the three groups of fish resources in the Arafura Sea and the optimal number of ships captors

Jumlah tangkapan yang dibolehkan/ Estimated total available catch	Armada penangkap/ Fishing effort	Ukuran kapal/ Fleet size (GT)	Jumlah kapal beroperasi/ Number of fleet (unit)	Perikanan udang/ Shrimp fisheries			Perikanan demersal/ Demersal fisheries			Perikanan pelagis kecil Small pelagic fisheries		
				Upaya penangkapan ¹⁾ Standardized effort	Produksi udang/tahun Shrimp production/year (x 1.000 ton)	Upaya penangkapan ²⁾ Standardized effort	Produksi demersal/tahun (Demersal fish Production/year) (x 1.000 ton)	Upaya penangkapan ³⁾ Standardized effort	Produksi ikan pelagis kecil/tahun (Small pelagic production/year) (x 1.000 ton)			
Pada tingkat maximum sustainable yield	Pukat udang	130	479	479	35,6	383	444,5	1.351	270,2			
	Pukat ikan	180	548	137	10,2	548	636,4	180	36,0			
	Pukat cincin	60	180									
	Jumlah			616	45,8	931	1.080,9	1.531	306,2			
80% dari maximum sustainable yield	Pukat udang	130	265	265	28,5	212	355,6	1.081	216,2			
	Pukat ikan	180	303	76	8,2	303	509,2	144	28,8			
	Pukat cincin	60	144									
	Jumlah			340	36,7	515	864,8	1.225	245,0			

Keterangan: Upaya penangkapan dalam jumlah kapal penangkap standar, dibakukan dengan daya tangkap 1) kapal pukat udang 130 GT, 2) kapal pukat ikan 180 GT, dan 3) kapal pukat cincin 60 GT

Remarks: Fishing effort and number of fleet were standardized with fishing power 1) shrimps trawler 130 GT, 2) Fish trawler 180 GT and 3) Purse seiner 60 GT

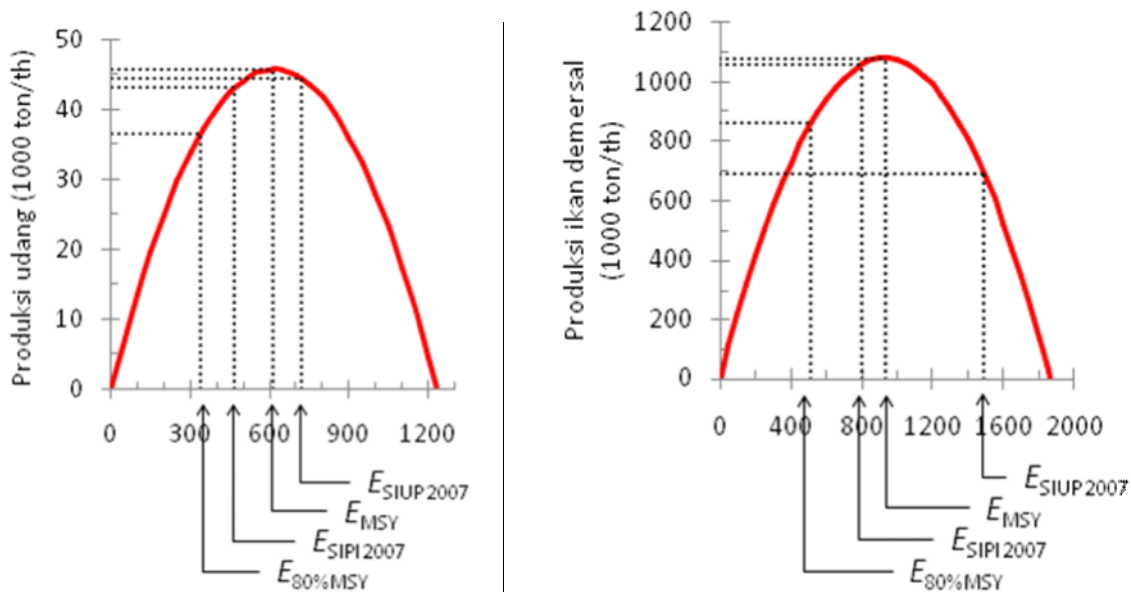
Tabel 3. Dampak pengoperasian kapal dalam jumlah lebih tinggi dibandingkan tingkat optimum terhadap volume produksi udang dan ikan demersal

Table 3. The impact of higher number active vessels regarding optimum levels to estimated of shrimps and demersal fish production

Armada penangkap standar/ Standardized fishing fleet	Rata-rata tonase kapal/ Average tonnage (GT)	Jumlah kapal beroperasi/ Number of active vessels (unit)	Perikanan udang/ Shrimp fisheries			Perikanan demersal/ Demersal fisheries		
			Upaya penangkapan/ Fishing effort	Produksi udang/tahun (Shrimp production/year) (1.000 ton)	Upaya penangkapan/ Fishing effort	Produksi ikan demersal/tahun (Demersal Fish Production/Year) (1.000 ton)		
Pukat udang	130	616	616	28,5	492	269,3		
Pukat ikan	180	931	233	10,8	931	509,2		
	Jumlah		848	39,3	1.423	778,5		
	Tingkat optimal		616	45,9	931	1.081,0		

Pada tahun 2007, armada penangkapan yang memiliki Surat Izin Penangkapan Ikan yang berlaku untuk beroperasi di Laut Arafura dengan sasaran udang dan ikan demersal terdiri atas 341 kapal pukat udang, 500 kapal pukat ikan, dan 110 kapal pancing rawai dasar (Lampiran 2). Upaya penangkapan dari armada perikanan tersebut dengan sasaran udang dan ikan demersal masing-masing 466 dan 795 unit (Lampiran 3 dan Tabel 4). Tingkat upaya penangkapan tersebut lebih rendah dibandingkan tingkat upaya untuk mencapai *maximum sustainable yield*, namun lebih tinggi dibandingkan upaya untuk menghasilkan jumlah tangkapan yang dibolehkan 80% dari *maximum sustainable yield* (Gambar 2). Oleh karena itu, bila kebijakan pengelolaan perikanan adalah untuk menghasilkan produksi perikanan pada tingkat *maximum sustainable yield*, jumlah kapal perikanan tersebut memungkinkan ditingkatkan 150 unit setara kapal pukat udang berukuran 130 GT, dan 136 unit setara kapal pukat ikan berukuran 180 GT. Sebaliknya, bila kebijakan pengelolaan perikanan menetapkan jumlah tangkapan yang dibolehkan 80% dari *maximum sustainable yield* sebagai sasaran pengelolaan maka upaya penangkapan perlu dikurangi 126 dan 280 unit.

Sementara itu, alokasi pengoperasian kapal penangkap di Laut Arafura yang diberikan kepada pelaku usaha melalui Surat Izin Usaha Perikanan sampai tahun 2007 dengan sasaran udang dan ikan demersal 440 unit dengan alat pukat udang, 1.112 unit dengan alat pukat ikan, dan 136 unit dengan alat pancing rawai dasar (Lampiran 2). Bila seluruh alokasi pengoperasian kapal penangkap di Laut Arafura yang diberikan kepada pelaku usaha tersebut direalisasikan, maka tingkat upaya penangkapannya akan melebihi tingkat optimal untuk mencapai *maximum sustainable yield* maupun untuk menghasilkan jumlah tangkapan yang dibolehkan 80% dari *maximum sustainable yield* (Lampiran 4, Tabel 4, dan Gambar 2). Dibandingkan tingkat optimal untuk mencapai *maximum sustainable yield*, kelebihan alokasi upaya penangkapan udang dan ikan demersal di Laut Arafura 102 unit setara kapal pukat udang 130 GT, dan 560 unit setara kapal pukat ikan 180 GT. Realisasi seluruh alokasi tersebut akan berakibat terjadinya pemanfaatan berlebih terhadap stok udang maupun ikan demersal, sehingga volume produksi yang dihasilkan akan lebih rendah dibandingkan *maximum sustainable yield*.



Gambar 2. Estimasi volume produksi udang (kiri) dan ikan demersal (kanan) pada tingkat *maximum sustainable yield* dan 80% dari *maximum sustainable yield* (dengan upaya penangkapan masing-masing pada tingkat E_{MSY} dan $E_{80\%MSY}$), serta estimasi volume produksi udang dan ikan demersal pada tingkat upaya penangkapan sesuai Surat Izin Penangkapan Ikan yang berlaku tahun 2007 ($E_{SIPI2007}$) dan tingkat upaya penangkapan bila seluruh alokasi pengoperasian kapal perikanan pada Surat Izin Usaha Perikanan yang berlaku tahun 2007 ($E_{SIUP2007}$) direalisasikan.

Figure 2. The estimated shrimp (left) and demersal fish (right) production at maximum sustainable yield and 80% of its level (with effort at E_{MSY} and $E_{80\%MSY}$). The estimated volume of shrimp and demersal fish at 2007 number existing license ($E_{SIPI2007}$) and if all available license were implemented ($E_{SIUP2007}$).

Tabel 4. Estimasi tingkat upaya penangkapan¹⁾ dan produksi perikanan yang dihasilkan di Laut Arafura bila jumlah kapal yang dioperasikan adalah sebanyak yang mendapatkan Surat Izin Penangkapan Ikan dan sebanyak yang dialokasikan melalui Surat Izin Usaha Perikanan sampai tahun 2007

Table 4. The estimated effort¹⁾ and production generated in the Arafura Sea with assumptions of number of active vessels fully implemented regarding SIPI and SIUP up to 2007

No.	Armada penangkap/ Fishing vessels	Jumlah kapal/ Number of vessels (unit)	Perikanan udang/ Shrimp fisheries		Perikanan demersal/ Demersal fisheries	
			Upaya penangkapan/ Fishing effort	Produksi udang/tahun (Shrimp production/ year) (x 1.000 ton)	Upaya penangkapan/ Fishing effort	Produksi ikan demersal/tahun (Demersal fish production/ year) (x 1.000 ton)
1.	Pukat udang	341	341	31,6	273	363,1
	Pukat ikan	500	125	11,6	500	665,5
	Kapal yang mendapatkan Surat Izin Penangkapan Ikan ²⁾	110			22	29,3
	Jumlah		466	43,2	795	1.057,9
2.	Pukat udang	440	440	27,3	352	162,8
	Pukat ikan	1112	278	17,3	1.112	514,2
	Alokasi pengoperasian kapal dalam Surat Izin Usaha Perikanan ²⁾	136			27	12,6
	Jumlah		718	44,6	1491	689,6

Keterangan/Remarks: 1) Penghitungannya disajikan pada Lampiran 3 dan 4; 2) Surat Izin Penangkapan Ikan dan Surat Izin Usaha Perikanan yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap dan berlaku pada tahun 2007/1) Calculation were shown in Appendix 3 and 4; 2) number of SIPI and SIUP issued by DGCF in 2007

Bahasan

Salah satu karakteristik sumber daya ikan di Laut Arafura adalah *multi species*, yaitu terdiri atas banyak spesies, antara lain kelompok sumber daya udang, ikan demersal, dan pelagis kecil. Sementara itu, perikanan di Laut Arafura yang memanfaatkan sumber daya tersebut terdiri atas sejumlah armada penangkapan (*multi fleet*), antara lain armada pukat udang, pukat ikan, dan armada pukat cincin. Terdapat interaksi antar armada penangkapan tersebut yang berdampak terhadap volume hasil tangkapan dan kelimpahan sumber daya ikan yang menjadi sasaran operasi. Intensitas penangkapan salah satu armada penangkapan dengan sasaran utama salah satu spesies berdampak tidak hanya terhadap volume hasil tangkapan dan kelimpahan spesies yang menjadi sasaran utamanya melainkan juga terhadap volume hasil tangkapan dan kelimpahan spesies lain yang ikut tertangkap dan menjadi sasaran utama dari armada penangkapan yang lain.

Udang dan ikan demersal adalah kelompok sumber daya ikan yang paling diminati oleh pelaku usaha di Laut Arafura. Alat tangkap utama yang dioperasikan untuk menangkap sumber daya tersebut adalah pukat udang dan pukat ikan. Hasil tangkapan pukat udang selain udang yang menjadi tujuan utamanya juga ikan demersal. Oleh karena itu, intensitas penangkapan kapal pukat udang selain berpengaruh terhadap kelimpahan stok udang juga berpengaruh terhadap kelimpahan stok ikan demersal. Sementara itu, komposisi hasil tangkapan pukat ikan selain terdiri atas ikan demersal juga udang dan ikan pelagis kecil. Konsekuensinya, intensitas penangkapan kapal pukat ikan selain berpengaruh terhadap kelimpahan stok ikan demersal juga berpengaruh terhadap kelimpahan stok udang dan ikan pelagis kecil. Ikan pelagis kecil juga ditangkap dengan jaring insang pantai dan pukat cincin.

Hasil analisis secara parsial menunjukkan bahwa upaya penangkapan untuk menghasilkan produksi lestari maksimum dari stok udang dan stok ikan demersal di Laut Arafura, masing-masing setara dengan 616 unit kapal pukat udang dan 931 unit kapal pukat ikan. Pengoperasian seluruh kapal tersebut akan menghasilkan upaya penangkapan yang melebihi upaya penangkapan yang dibutuhkan untuk mencapai *maximum sustainable yield*, akibatnya pemanfaatan berlebih terhadap sumber daya udang dan ikan demersal, sehingga produksi udang dan ikan demersal lebih rendah daripada *maximum sustainable yield* (Tabel 2 dan 3). Oleh karena itu, estimasi upaya penangkapan optimal untuk masing-masing kelompok

sumber daya ikan tersebut dilakukan secara simultan. Estimasi secara simultan tersebut dapat dilakukan dengan model optimisasi perikanan *multi species multi fleet* yang disusun dan disajikan pada tulisan ini. Pada Tabel 2 ditunjukkan bahwa *maximum sustainable yield* dari stok udang dan ikan demersal dicapai dengan upaya penangkapan yang lebih rendah dibandingkan dengan upaya penangkapan hasil estimasi secara parsial.

Hasil analisis juga menunjukkan bahwa pemberian alokasi pengoperasian kapal pukat udang dan ikan yang kepada pelaku usaha perikanan melalui penerbitan Surat Izin Usaha Perikanan dan berlaku pada tahun 2007 telah melebihi jumlah optimal untuk menghasilkan *maximum sustainable yield* udang dan ikan demersal. Dalam tulisan ini ditunjukkan bahwa realisasi seluruh alokasi pengoperasian kapal tersebut beresiko terjadinya pemanfaatan berlebih terhadap stok udang dan ikan demersal sehingga menyebabkan produksi udang dan ikan demersal lebih rendah daripada *maximum sustainable yield*. Untuk menghindari resiko pemanfaatan berlebih terhadap stok udang dan stok ikan demersal tersebut perlu dilakukan pengurangan alokasi jumlah kapal yang dapat direalisasikan pengoperasiannya, atau pengendalian pengoperasian armada perikanan agar upaya penangkapannya berada pada tingkat optimal.

KESIMPULAN

1. Optimisasi produksi dari perikanan di Laut Arafura dengan karakteristik *multi species multi fleet* dilakukan secara simultan dengan memperhitungkan dampak interaksi antar armada perikanan yang memperoleh hasil tangkapan dengan spesies yang sama.
2. Upaya penangkapan untuk mencapai *maximum sustainable yield* dari sumber daya udang, ikan demersal, dan pelagis kecil di Laut Arafura, dengan memperhitungkan interaksi dari tiga armada penangkapan dalam memanfaatkan tiga kelompok sumber daya tersebut, dihasilkan dengan pengoperasian kapal dengan kombinasi 479 unit kapal pukat udang, 548 unit kapal pukat ikan, dan 180 unit kapal pukat cincin.

PERSANTUNAN

Tulisan ini merupakan kontribusi dari kegiatan hasil riset kajian pemanfaatan sumber daya ikan laut, T. A. 2009, di Pusat Riset Perikanan Tangkap Ancol, Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

- Badrudin, S. Nurhakim, & B. I. Prisantoso. 2008. Estimated unrecorded catch related to the number of licensed fishing vessel in the Arafura Sea. *Indonesian Fisheries Research Journal*. 14 (1): 43-49.
- Bailey, C., A. Dwiponggo, & F. Marahudin. 1987. Indonesian marine capture fisheries. *ICLARM Studies and Reviews* 10.
- Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap. 2007. *Penyusunan Evaluasi Alokasi dan Realisasi Usaha Penangkapan Perorangan atau Perusahaan Berbendera Indonesia dan Asing*.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2009. *Buku Statistik Kelautan dan Perikanan*. Kementerian Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- Placenti, V., G. Rizzo, & M. Spagnolo. 1992. A bioeconomic model for the optimization of a multi species, multi gear fishery: The Italian case. *Marine Resource Economics*. 7: 275-295.
- Purwanto. 2003. Status and management of the Java Sea fisheries. 793-832. In G. Silvestre, L. Garces, I. Stobutzki, M. Ahmed, R. A. Valmonte-Santos, C. Luna, L. Lachica-Aliño, P. Munro, V. Christensen, & D. Pauly (eds.) *Assessment, Management, and Future Directions for Coastal Fisheries in Asian Countries*. World Fish Center Conference Proceeding. 67: 1,120 pp.
- Purwanto. 2008. Resource rent generated in the Arafura shrimp fishery. *Final Draft*. Prepared for the World Bank PROFISH Program. Washington. D. C.
- Schaefer, M. B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries. *Bulletin of the Inter American Tropical Tuna Commission*. 1: 25-56.
- Schaefer, M. B. 1957. Some considerations of population dynamics and economics in relation to the management of marine fisheries. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 14: 669-81.
- Ulrich, C., B. Le Gallic, M. R. Dunn, & D. Gascuel. 2002. A multi species multi fleet bioeconomic simulation model for the English channel artisanal fisheries. *Fisheries Research*. 58: 379-401.
- Widodo, J. 2001. Strategi Pengelolaan Perikanan Small Shoaling Pelagic Fish Stocks Artisanal. (*Prosiding Semiloka Fish Stock Assesment*). Universitas Brawijaya. Malang. Indonesia.
- Wijopriono. 2007. Distribusi dan kepadatan sumber daya ikan pelagis kecil di Laut Arafura berdasarkan observasi akustik. *Dalam Trend Pemanfaatan Sumber Daya Ikan di Laut Arafura*. Balai Riset Perikanan Laut. Jakarta.

Lampiran 1. Program *general algebraic modelling system* untuk optimisasi produksi dari kegiatan perikanan di Laut Arafura

Appendix 1. *General algebraic modelling system on production optimization of the Arafura Sea*

Title	Optimisation of the Arafura fishery production	
SCALARS		
SHALFA0	A0 coeff of Schaefer model for shrimp fishery	/148,97/
SHALFA1	A1 coeff of Schaefer model for shrimp fishery	/0,121/
FTBETA0	B0 coeff of Schaefer model for demersal fishery	/2.902,8/
FTBETA1	B1 coeff of Schaefer model for demersal fishery	/1.559/
SPFMSY	Maximum sustainable yield of small pelagic fish stock in 1,000 tonnes	/306,2/
FTFPI	Fishing power index of fish trawler in shrimpery	/0,25/
SHFPI	Fishing power index of shrimp trawler in fishery	/0,8/
SPFPROD	Productivity of a purse seiner in ton per year	/200/
DFCPROP	Proportion of demersal fishes in fish trawl catch	/0,8/
TAC	Total allowable catch	/1,0/
VARIABLES		
TCATCH	Total annual production in 1,000 tonnes	
POSITIVE VARIABLES		
SHMSY	Maximum sustainable yield of shrimp stock	
SHEFFMSY	Fishing effort producing maximum sustainable yield of shrimps	
SHCATCH	Total shrimp catches in 1,000 tonnes	
SHEFFORT	Fishing effort standardised in the number of shrimp trawlers	
FTMSY	Maximum sustainable yield of fish stock caught by trawlers	
FTEFFMSY	Fishing effort producing maximum sustainable yield of fishes caught by fish trawl	
FTCATCH	Total fish catch of trawl fishery in 1,000 tonnes	
FTEFFORT	Fishing effort standardised in the number of fish trawlers	
DFMSY	Maximum sustainable yield of demersal fish stock	
DFCATCH	Total demersal fishes catch of trawl fishery in 1,000 tonnes	
SPFTLAND	Total small pelagic fishes landed by fish trawls in 1,000 tonnes	
SPFCATCH	Total small pelagic fishes catches in 1,000 tonnes	
SPFEFFORT	Fishing effort standardised in the number of purse seiners	
SHVESSEL	Number of shrimp trawlers	
FTVESSEL	Number of fish trawlers	
SPFVESSEL	Number of small pelagic purse seiners	
EQUATIONS		
FISHERYPRODUCTION	Volume of fish production by fishery in 1,000 tonnes	
SHPRODUCTION	Volume of shrimp production by fishery in 1,000 tonnes	
SHCATCHALLOWED	Volume of allowable shrimp catches in 1,000 tonnes	
SHEFFORTMSY	Number of shrimp trawler at maximum sustainable yield	
SHMAXSYIELD	Volume of shrimps at maximum sustainable level in 1,000 tonnes	
FTPRODUCTION	Fish trawler production in 1,000 tonnes	
FTEFFORTMSY	Number of standardised fish trawler at Maximum sustainable yield	
FTMAXSYIELD	Volume of fish trawler at maximum sustainable yield in 1,000 tonnes	
FTCATCHALLOWED	Volume of fish trawler allowable catch in 1,000 tonnes	
DFMAXSYIELD	Volume of allowable demersal fish catch in 1,000 tonnes	
DFPRODUCTION	Volume of demersal fish production in 1,000 tonnes	
SPFTLANDING	Volume of small pelagic fish landing by fish trawler in 1,000 tonnes	
SPFPRODUCTION	Volume of small pelagic fish production in 1,000 tonnes	
SHEFFORTCOMP	Estimated computing number of shrimp effort	
FTEFFORTCOMP	Estimated computing number of fish trawler efforts	
SPFVESSELCONST	Small pelagic fish vessels constant	
SPFEFFORTCOMP	Estimated computing number small pelagic effort	
FISHERYPRODUCTION.	$TCATCH = E = SHCATCH + DFCATCH + SPFCATCH$	
SHPRODUCTION..	$SHCATCH = E = SHEFFORT * (SHALFA0 - SHALFA1 * SHEFFORT) / 1000$	
SHCATCHALLOWED..	$SHCATCH = L = TAC * SHMSY$	
SHEFFORTMSY..	$SHEFFMSY = E = SHALFA0 / (2 * SHALFA1)$	
SHMAXSYIELD..	$SHMSY = E = SHALFA0 ** 2 / (4 * SHALFA1) / 1000$	
FTPRODUCTION..	$FTCATCH = E = FTEFFORT * (FTBETA0 - FTBETA1 * FTEFFORT) / 1000$	
FTEFFORTMSY..	$FTEFFMSY = E = FTBETA0 / (2 * FTBETA1)$	
FTMAXSYIELD..	$FTMSY = E = FTBETA0 ** 2 / (4 * FTBETA1) / 1000$	
FTCATCHALLOWED..	$FTCATCH = L = TAC * FTMSY$	
DFMAXSYIELD..	$DFMSY = E = FTMSY * DFCPROP$	
DFPRODUCTION..	$DFCATCH = L = FTCATCH * DFCPROP$	
SPFTLANDING..	$SPFTLAND = E = FTCATCH - DFCATCH$	
SPFPRODUCTION..	$SPFCATCH = L = TAC * SPFMSY$	
SHEFFORTCOMP..	$SHEFFORT = E = SHVESSEL + FTFPI * FTVESSEL$	
FTEFFORTCOMP..	$FTEFFORT = E = SHFPI * SHVESSEL + FTVESSEL$	
SPFVESSELCONST..	$SPFVESSEL = E = (SPFCATCH - SPFTLAND) * 1000 / SPFPROD$	
SPFEFFORTCOMP..	$SPFEFFORT = E = SPFCATCH * 1000 / SPFPROD$	
MODEL POLICY/ALL/		
SOLVE POLICY MAXIMISING TCATCH USING NLP		

Lampiran 2. Alokasi pengoperasian kapal penangkap ikan dan udang kepada pelaku usaha melalui Surat Izin Usaha Perikanan dan jumlah alokasi kapal penangkap yang sudah direalisasikan pengoperasiannya dengan Surat Izin Penangkapan Ikan di Laut Arafura, tahun 2007

Appendix 2. Allocation on fishing vessels of demersal fish and shrimp trawlers by SIUP and implemented SIPI in Arafura Sea in 2007

Sumber daya yang menjadi target utama/ Main target species	Armada penangkap/ Fishing fleet	Alokasi pengoperasian kapal sesuai data pada Surat Izin Usaha Perikanan ¹⁾ / Allocated licensed vessels by SIUP (unit)	Jumlah kapal yang beroperasi dengan Surat Izin Penangkapan Ikan ¹⁾ / Actual licensed vessels by SIPI (unit)
Udang penaeid	Pukat udang ²⁾	440	341
Ikan demersal	Pukat ikan ²⁾	1.112	500
	Pancing rawai dasar	136	110

Keterangan/Remarks:

1. Data Surat Izin Usaha Perikanan dan Surat Izin Penangkapan Ikan bersumber dari Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap (tahun 2007).
2. Termasuk pula kapal yang mendapatkan izin penangkapan di Samudera Pasifik, karena hasil pantauan dengan VMS menunjukkan bahwa daerah penangkapan ikan dari kapal-kapal tersebut ternyata adalah di Laut Arafura.

Lampiran 3. Estimasi tingkat upaya penangkapan dan produksi perikanan yang dapat dihasilkan oleh seluruh kapal penangkap ikan bila jumlah kapal sebanyak yang mendapatkan Surat Izin Penangkapan Ikan yang berlaku tahun 2007¹⁾

Appendix 3. The estimate number of fishing vessel and its production based on assumption of all allocated SIPI in 2007 were implemented

Armada penangkap/ Fishing vessels	Jumlah kapal/ Number of vessels (unit)	Perikanan udang/ Shrimp fishery		Perikanan demersal/ Demersal fishery	
		FPI	Effort	FPI	Effort
Pukat udang	341	1,00	341	0,80	273
Pukat ikan	500	0,25	125	1,00	500
Pancing rawai dasar	110			0,20	22
Jumlah upaya penangkapan			466		795
Produksi lestari (1.000 ton/tahun)			43,1		1.057,8

Keterangan/: ¹⁾ data dari Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap (2007); FPI = fishing power index

Remarks: Source data: Directorate General of Capture Fisheries

Lampiran 4. Estimasi tingkat upaya penangkapan dan produksi perikanan yang dapat dihasilkan oleh seluruh kapal penangkap ikan bila jumlah kapal sebanyak yang dialokasikan melalui Surat Izin Usaha Perikanan yang berlaku tahun 2007¹⁾

Appendix 4. The estimated of number of effort and its production based on assumption of all 2007 SIUP allocated license were implemented

Armada penangkap/ Fishing vessels	Alokasi pengoperasian kapal/ Allocated vessels (unit)	Perikanan udang/ Shrimp fishery		Perikanan demersal/ Demersal fishery	
		FPI	Effort	FPI	Effort
Pukat udang	440	1,00	440	0,80	352
Pukat ikan	1.112	0,25	278	1,00	1.112
Pancing rawaidasar	136			0,20	27
Jumlah upaya penangkapan			718		1.491
Produksi lestari (1,000 ton/tahun)			44,6		689,6

Keterangan/Remarks: ¹⁾ data dari Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap (2007); FPI = fishing power index (source data Directorate General of Capture Fisheries (2007))