

ANGKA ACUAN BATAS PEMANFAATAN STOK UDANG DAN IKAN DEMERSAL DI LAUT ARAFURA

THE LIMIT REFERENCE POINT OF THE UTILISATION OF SHRIMP AND DEMERSAL FISH STOCKS IN THE ARAFURA SEA

Purwanto

Anggota Komisi Nasional Pengkajian Sumberdaya Ikan
Teregistrasi I tanggal: 13 Mei 2013; Diterima setelah perbaikan tanggal: 06 Maret 2014;
Disetujui terbit tanggal: 07 Maret 2014

ABSTRAK

Perikanan di Laut Arafura terdiri dari sejumlah armada penangkapan dengan beragam alat tangkap (*multifleet*) yang beroperasi memanfaatkan sumberdaya ikan yang terdiri dari banyak *species* (*multispecies*). Intensitas penangkapan salah satu armada penangkapan dengan sasaran utama salah satu *species* berdampak tidak hanya terhadap kelimpahan *species* tersebut melainkan juga terhadap kelimpahan *species* lain yang ikut tertangkap dan menjadi sasaran utama armada penangkapan yang lain. Pengelolaan terhadap perikanan tersebut memerlukan angka acuan batas pemanfaatan optimum sumberdaya ikan. Untuk mengestimasi angka acuan batas perikanan Laut Arafura, telah disusun model optimisasi perikanan *multispecies-multifleet* yang memperhitungkan dampak interaksi antar armada penangkapan. Hasil analisis menggunakan model tersebut menunjukkan bahwa produksi maksimum lestari sebagai angka acuan batas pemanfaatan optimal stok udang dan ikan demersal di Laut Arafura dicapai dengan pengoperasian 432 kapal pukat udang berukuran 130 GT dan 650 kapal pukat ikan berukuran 180 GT.

Kata Kunci: Perikanan Laut Arafura, model optimisasi *multispecies-multifleet*, angka acuan batas.

ABSTRACT

The fishery in the Arafura Sea consisted of various fishing fleets (*multifleet*) 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. Management of the fishery requires a limit reference point of the optimal use of a fishery resource. To estimate the limit reference point for Arafura Sea fishery, an optimisation model of the multi-species multi-fleet fishery accommodating this interaction had been formulated. By using this model it was estimated that the optimum fishing effort to achieve the maximum sustainable yield as the limit reference point for the utilisation of the shrimp and demersal fish stocks in the Arafura Sea was achieved by operating 432 shrimp trawlers of 130 GT and 650 fish trawlers of 180 GT.

Keywords: Arafura Sea fishery, multi-species multi-fleet optimisation model, limit reference point.

PENDAHULUAN

Sumberdaya ikan (SDI) di perairan Laut Arafura terdiri dari banyak *species* (*multi-species*), yang dapat dibagi dalam kelompok jenis udang, ikan demersal, ikan pelagis dan jenis lainnya. SDI 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, pukat ikan dan pukat cincin. Agar SDI tersebut dapat menghasilkan manfaat secara optimum dan berkelanjutan serta terjamin kelestariannya, pemerintah atau otoritas lain perlu melaksanakan

pengelolaan terhadap perikanan yang memanfaatkan SDI tersebut (Pasal 6 UU nomor 31 tahun 2004).

Salah satu informasi yang dibutuhkan untuk pengambilan keputusan dalam pengelolaan perikanan adalah angka acuan (reference point) yang digunakan sebagai ukuran atau sasaran operasional, mencakup angka acuan sasaran (*target reference point*) dan angka acuan batas (*limit reference point*). Angka acuan sasaran menunjukkan sasaran atau kondisi perikanan yang diharapkan dapat dicapai dari pengelolaan perikanan, mencakup antara lain mortalitas penangkapan, biomasa, tingkat keuntungan, hasil tangkapan utama dan sampingan.

Korespondensi penulis:

Komnas Kajiskan; e-mail: purwanto.pp@gmail.com.

Gedung Balitbang KP 2, Jln. Pasir Putih II Ancol Timur Jakarta-Utara 14430

Angka acuan sasaran tersebut mencerminkan tujuan yang diinginkan masyarakat dalam pengelolaan perikanan (Sainsbury, 2008). Sementara itu, angka acuan batas mencerminkan batas dari kondisi yang perlu dihindari (FAO, 1997; Sainsbury, 2008). Pada masa lalu pengelolaan perikanan diarahkan untuk mencapai produksi maksimum lestari (*maximum sustainable yield* – MSY). Perkembangan strategi pengelolaan perikanan pada tahun-tahun terakhir ini, MSY tidak lagi digunakan sebagai angka acuan yang menjadi sasaran pengelolaan perikanan melainkan digunakan sebagai angka acuan yang menjadi batas guna memperkecil resiko kegagalan pelestarian SDI (FAO, 1997; Mace, 2001; Quinn & Collie, 2005).

Hasil tangkapan armada pukat udang dan armada pukat ikan terdiri dari udang dan ikan demersal. Hasil tangkapan armada pukat ikan selain itu juga terdiri dari ikan pelagis dan jenis lainnya dengan berat lebih dari 40% dari total berat ikan hasil tangkapan (Badrudin, kom.pribadi; Soemiono, kom. pribadi). Oleh karena itu, dalam estimasi jumlah kapal optimal sebagai basis pengendalian dan menyusun strategi pengelolaan perikanan untuk mengoptimalkan produksi salah satu jenis SDI sebagai sasaran utama seharusnya tidak hanya memperhitungkan produksi optimal SDI tersebut tetapi juga perlu mempertimbangkan pula dampaknya terhadap jenis SDI yang lainnya yang ikut tertangkap. Model perikanan *multispecies-multigear* perlu digunakan dalam mengestimasi angka acuan untuk pengelolaan perikanan.

Placenti *et al.* (1992) telah menyusun dan menggunakan model perikanan *multispecies-multigear* untuk optimisasi bio-ekonomi dengan kasus di Italia. Ulrich *et al.* (2002) menyusun model bio-ekonomi *multispecies-multifleet* 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 SDI yang dimanfaatkan. Sementara itu, Purwanto (2003) menyusun dan menggunakan model pemrograman non-linear perikanan *multispecies-multigear* guna menentukan secara simultan tingkat optimal pemanfaatan sumberdaya ikan demersal dan pelagis kecil di Laut Jawa. Tulisan Placenti *et al.* (1992), Ulrich *et al.* (2002) dan Purwanto (2003) ditujukan untuk mengestimasi tingkat pemanfaatan SDI yang menghasilkan manfaat ekonomi optimum yang merupakan tujuan yang diinginkan masyarakat dalam pengelolaan perikanan, sehingga kajiannya menghasilkan angka acuan sasaran.

Model optimisasi perikanan *multispecies-multifleet* dengan tujuan mengoptimalkan produksi lestari, dengan sasaran MSY, disusun dan digunakan oleh Purwanto & Nugroho (2010) untuk pemanfaatan stok udang, ikan demersal dan pelagis kecil di Laut Arafura. Oleh karena itu, hasil kajian Purwanto & Nugroho (2010) dapat digunakan sebagai angka acuan dari batas pemanfaatan optimum stok udang dan ikan demersal di Laut Arafura. Namun, tulisan Purwanto & Nugroho (2010) didasarkan salah satunya pada kajian potensi produksi dari pemanfaatan stok udang pada tahun 2008 yang dilakukan Purwanto (2008). Pada saat ini telah dilakukan kajian ulang potensi produksi perikanan udang dari Laut Arafura serta telah tersedia data terkini indeks daya tangkap kapal pukat udang dan kapal pukat ikan (Purwanto, 2013), sehingga estimasi-ulang perlu dilakukan untuk menentukan angka acuan batas pemanfaatan optimum stok udang dan ikan demersal di Laut Arafura.

Pada tulisan ini disajikan model *multispecies-multifleet* dari perikanan demersal Laut Arafura yang merupakan modifikasi dari model yang disusun Purwanto & Nugroho (2010). Model tersebut kemudian digunakan untuk mengestimasi angka acuan batas pemanfaatan stok udang dan ikan demersal di Laut Arafura.

BAHAN DAN METODE

Model optimisasi perikanan *multispecies-multifleet* disusun dan digunakan untuk mengestimasi angka acuan batas optimal pemanfaatan stok udang dan ikan demersal yang mencakup MSY dan upaya penangkapan saat dicapai MSY. Model tersebut merupakan model pemrograman non-linear (*non-linear programming*) yang disusun berdasarkan model produksi perikanan Schaefer (1954, 1957). Optimisasi ditujukan untuk memaksimalkan produksi lestari yang dapat dipanen dari sumberdaya udang, ikan demersal dan ikan pelagis kecil di Laut Arafura. Model ini terdiri dari fungsi tujuan dan fungsi kendala sebagai berikut:

I. Fungsi tujuan:
Maksimumkan $Y_A = y_1 + y_2$ (1)

II. Fungsi kendala:
Produksi udang
 $y_1 = a_1 \cdot E_1 - a_2 \cdot E_1^2$ (2)
 $y_1 \leq Y_1^*$ (3)

Produksi maksimum lestari (MSY) udang
 $Y_1^* = a_1^2 / (4 \cdot a_2)$ (4)

Produksi ikan demersal
 $y_2 = b_1 \cdot E_2 - b_2 \cdot E_2^2$ (5)
 $y_2 \leq Y_2^*$ (6)

MSY demersal
 $Y_2^* = b_1^2 / (4 \cdot b_2)$ (7)

Upaya penangkapan udang
 $E_1 = K_1 + d_2 \cdot K_2$ (8)
 $E_1 \leq E_1^*$ (9)

Upaya penangkapan udang saat dicapai MSY
 $E_1^* = a_1 / (2 \cdot a_2)$ (10)

Upaya penangkapan ikan demersal
 $E_2 = d_1 \cdot K_1 + K_2$ (11)
 $E_2 \leq E_2^*$ (12)

Upaya penangkapan ikan demersal saat dicapai MSY
 $E_2^* = b_1 / (2 \cdot b_2)$ (13)

- y_1 = volume produksi udang;
- y_2 = volume produksi ikan demersal;
- E_1 = upaya penangkapan armada perikanan udang;
- E_2 = upaya penangkapan armada perikanan demersal;
- K_1 = jumlah kapal pukat udang;
- K_2 = jumlah kapal pukat ikan;
- a_1, a_2 = koefisien fungsi produksi perikanan udang;
- b_1, b_2 = koefisien fungsi produksi perikanan pukat ikan;
- d_1 = indeks daya tangkap (IDT) kapal pukat udang dibandingkan pukat ikan dalam menangkap ikan;
- d_2 = IDT kapal pukat ikan dibandingkan pukat udang dalam menangkap udang.

Analisis dengan model optimisasi perikanan *multispecies-multifleet* tersebut menggunakan piranti lunak GAMS (*general algebraic modelling system*) (Anonymous, 2011). Nilai masing-masing parameter/koefisien dari model tersebut disajikan pada Tabel 1. Sementara itu program GAMS untuk optimisasi tersebut disajikan pada Lampiran 1.

Keterangan:

Y_A = volume produksi keseluruhan yang dihasilkan dari pemanfaatan stok udang dan ikan demersal;

Tabel 1. Nilai koefisien/parameter dari model optimisasi perikanan
 Table 1. The value of coefficients/parameters of the fishery optimization model

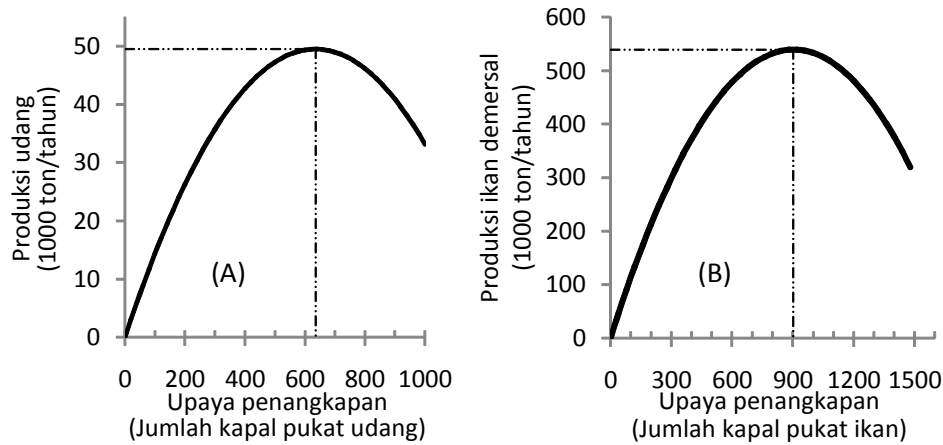
Koefisien atau parameter/ coefficients or parameters	Nilai/ Values	Sumber/Sources
a_1	155.8619	Purwanto (2013a)
a_2	0.1227	
b_1	1193.6298	Purwanto (2013b)
b_2	0.6607	
d_1	0.65	Badrudin (pers. comm.)
d_2	0.31	Purwanto (2013a)

HASIL DAN BAHASAN

HASIL

Produksi maksimum yang dapat dipanen secara lestari (*maximum sustainable yield* = MSY) dari stok udang di Laut Arafura adalah sekitar 49500 ton/tahun dari pengoperasian kapal penangkap setara kapal pukat udang 130 GT sebanyak 635 unit (E_{MSY}) (Gambar 1A). Sementara itu, produksi pada tingkat MSY ikan demersal adalah 539 ribu ton/tahun. Tingkat optimum upaya penangkapan (E_{MSY}), yang diukur dengan jumlah kapal pukat ikan 180 GT, untuk

menghasilkan produksi optimum tersebut adalah sekitar 903 unit (Gambar 1B). Namun demikian, pengoperasian 635 kapal pukat udang 130 GT dan 903 kapal pukat ikan pada kurun waktu yang sama akan menghasilkan upaya penangkapan udang sekitar 918 unit dan upaya penangkapan ikan demersal sekitar 1316 unit. Kedua tingkat upaya penangkapan udang dan ikan demersal tersebut melebihi tingkat upaya penangkapan optimumnya. Konsekuensi dari hal tersebut adalah tingkat produksi udang dan ikan demersal yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan MSY (Tabel 2).



Gambar 1. Hubungan antara (A) produksi udang dan (B) produksi ikan demersal dengan upaya penangkapan (Sumber: Purwanto 2013a; 2013b).

Figure 1. The relationships between (A) shrimp production and (B) demersal finfish production and fishing effort (Source: Purwanto 2013a; 2013b).

Hasil analisis simultan, dengan memperhitungkan interaksi teknologis dari armada penangkap udang dan armada penangkap ikan demersal dalam memanfaatkan stok udang dan stok ikan demersal, menunjukkan bahwa produksi maksimum lestari sebagai angka acuan batas pertama dalam pemanfaatan optimal stok udang dan stok ikan demersal di Laut Arafura adalah masing-masing adalah sekitar 49,5 ribu ton/tahun dan 539,1 ribu ton/tahun (Tabel 3). Upaya penangkapan untuk mencapai MSY, sebagai angka acuan batas kedua, dalam pemanfaatan stok udang dan stok ikan demersal tersebut masing-masing adalah 635 unit dan 903 unit.

Upaya penangkapan tersebut dihasilkan dengan pengoperasian kapal dengan kombinasi 443 unit kapal pukat udang dengan ukuran rata-rata 130 GT dan 615 unit kapal pukat ikan dengan ukuran rata-rata 180 GT. Berdasarkan angka acuan batas pertama dan kedua, hasil tangkapan per satuan upaya penangkapan saat dicapai MSY (U_{MSY}) dari pemanfaatan stok udang dan stok ikan demersal masing-masing adalah 77,9 ton/kapal pukat udang/tahun dan 597,1 ton/kapal pukat ikan/tahun. U_{MSY} dapat digunakan sebagai angka acuan batas yang ketiga.

Tabel 2. Dampak pengoperasian kapal dalam jumlah lebih tinggi dibandingkan tingkat optimum terhadap volume produksi udang dan ikan demersal.

Table 2. The impact of the number of operated fishing vessels greater than the optimum level on the volume of shrimp and demersal finfish production.

Armada penangkap/fishing fleets	Rata-rata tonase kapal/ Average vessel tonnage (GT)	Jumlah kapal beroperasi/ number of operated vessels (units)	Perikanan udang/ Shrimp fishery Upaya penangkapan/ Fishing effort	Perikanan demersal/ Demersal finfish fishery Upaya penangkapan/ Fishing effort	Produksi udang (1000 ton/th) Shrimp production (1000 tons/yr)	Produksi ikan demersal (1000 ton/th) Finfish production (1000 tons/yr)
Kapal pukat udang/ shrimp trawlers	130	635	635	413	27.5	133.9
Kapal pukat ikan/ fish trawlers	180	903	283	903	12.2	292.9
		Jumlah/Total	918	1316	39.7	426.8

Tabel 3. Estimasi jumlah kapal pukat udang dan kapal pukat ikan yang menjadi angka acuan batas pemanfaatan optimum stok udang dan ikan demersal dan estimasi volume produksinya.

Table 3. The number of shrimp trawlers and fish trawlers to be used as limit reference points in the utilisation of shrimp and demersal finfish stocks and estimated volume of their production.

Armada penangkap/ <i>fishing fleets</i>	Rata-rata tonase kapal/ <i>Average vessel tonnage (GT)</i>	Jumlah kapal beroperasi/ <i>number of operated vessels (units)</i>	Perikanan udang/ <i>Shrimp fishery</i>		Perikanan demersal/ <i>Demersal finfish fishery</i>	
			Upaya penangkapan/ <i>Fishing effort^{1),2)}</i>	Produksi udang (1000 ton/th)/ <i>Shrimp production (1000 tons/yr)</i>	Upaya penangkapan/ <i>Fishing effort^{1),3)}</i>	Produksi ikan demersal (1000 ton/th)/ <i>Finfish production (1000 tons/yr)</i>
Kapal pukat udang/ <i>shrimp trawlers</i>	130	443	443	34.5	288	171.9
Kapal pukat ikan/ <i>fish trawlers</i>	180	615	192	15.0	615	367.2
		Jumlah/Total	635	49.5	903	539.1

Keterangan:

- 1) Upaya penangkapan dalam jumlah kapal penangkap standar;
- 2) dibakukan dengan daya tangkap kapal pukat udang 130 GT;
- 3) dibakukan dengan daya tangkap kapal pukat ikan 180 GT.

BAHASAN

Salah satu karakteristik perikanan demersal di Laut Arafura adalah *multispecies*, yaitu terdiri dari banyak *species*. Sementara itu, perikanan di Laut Arafura yang memanfaatkan sumberdaya tersebut terdiri dari sejumlah armada penangkapan (*multifleet*). Terdapat interaksi antar armada penangkapan tersebut yang berdampak terhadap volume hasil tangkapan dan kelimpahan sumberdaya ikan yang menjadi sasaran operasi. Intensitas penangkapan salah satu armada penangkapan dengan sasaran utama salah satu *species* berdampak tidak hanya terhadap volume hasil tangkapan dan kelimpahan *species* yang menjadi sasaran utamanya melainkan juga terhadap volume hasil tangkapan dan kelimpahan *species* lain yang ikut tertangkap dan menjadi sasaran utama dari armada penangkapan yang lain.

Udang dan ikan demersal adalah kelompok sumberdaya ikan yang paling diminati oleh pelaku usaha di Laut Arafura. Alat tangkap utama yang dioperasikan untuk menangkap sumberdaya 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 dari ikan demersal juga udang. Konsekuensinya, intensitas penangkapan kapal pukat

ikan selain berpengaruh terhadap kelimpahan stok ikan demersal juga berpengaruh terhadap kelimpahan stok udang.

Hasil analisis secara partial menunjukkan bahwa upaya penangkapan untuk menghasilkan produksi lestari maksimum (E_{MSY}) dari stok udang dan stok ikan demersal di Laut Arafura, masing-masing adalah setara dengan 635 unit kapal pukat udang dan 903 unit kapal pukat ikan. Pengoperasian seluruh kapal tersebut secara bersamaan akan menghasilkan upaya penangkapan yang melebihi upaya penangkapan yang dibutuhkan untuk mencapai MSY. Hal tersebut menyebabkan pemanfaatan berlebih terhadap sumberdaya udang dan sumberdaya ikan demersal, sehingga produksi udang dan ikan demersal lebih rendah daripada MSY (Tabel 2). Oleh karena itu, estimasi angka acuan batas pemanfaatan optimal untuk masing-masing kelompok sumberdaya ikan tersebut, yang mencakup angka MSY dan E_{MSY} , harus dilakukan secara simultan. Estimasi secara simultan tersebut dapat dilakukan dengan model optimisasi perikanan *multispecies-multifleet* yang disusun dan disajikan pada tulisan ini. Pada Tabel 3 ditunjukkan bahwa MSY dari stok udang dan stok ikan demersal dicapai dengan upaya penangkapan yang lebih rendah dibandingkan dengan upaya penangkapan hasil estimasi secara parsial.

Berdasarkan Tabel 3, kombinasi optimal armada perikanan demersal yang menghasilkan angka acuan batas pemanfaatan optimum stok udang dan ikan

demersal adalah setara dengan 58 ribu GT kapal pukat udang dan 111 ribu GT kapal pukat ikan. Angka tersebut sangat dekat dengan sasaran pengendalian upaya penangkapan yang disarankan oleh Widodo *et al.* (2001), yaitu 54 ribu GT pukat udang dan 108 ribu GT pukat ikan, guna memulihkan stok udang dan ikan demersal di Laut Arafura dari pemanfaatan berlebih (*overfished*) sehingga dapat menghasilkan produksi lestari optimum.

KESIMPULAN

1. Estimasi angka acuan batas optimum pemanfaatan stok udang dan stok ikan demersal di Laut Arafura dengan karakteristik *multispecies* dan *multifleet* harus dilakukan secara simultan dengan memperhitungkan dampak interaksi antar armada perikanan yang memperoleh hasil tangkapan dengan *species* yang sama;
2. Angka acuan batas (*limit reference points*) pemanfaatan optimal pemanfaatan stok udang dan stok ikan demersal di Laut Arafura adalah sebagai berikut:
 - a. MSY dari pemanfaatan stok udang dan stok ikan demersal masing-masing adalah 49,5 ribu ton/tahun dan 539,1 ribu ton/tahun;
 - b. upaya penangkapan untuk mencapai MSY udang dan MSY ikan demersal masing-masing adalah 635 unit dan 903 unit, yang dihasilkan dengan pengoperasian kapal dengan kombinasi 443 unit kapal pukat udang ukuran 130 GT dan 615 unit kapal pukat ikan ukuran 180 GT;
 - c. Hasil tangkapan per satuan upaya penangkapan saat dicapai MSY udang dan MSY ikan demersal masing-masing adalah 77,9 ton/kapal pukat udang/tahun dan 597,1 ton/kapal pukat ikan/tahun.

SARAN

Angka acuan batas tersebut pada butir (2) disarankan untuk digunakan dalam menyusun strategi pengelolaan perikanan demersal, mencakup pemanfaatan stok udang dan ikan demersal, di Laut Arafura.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2011. *GAMS: A User's Guide*. GAMS Development Corporation, Washington, DC. 269p.
- FAO. 1997. Fisheries management. *FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries*. No. 4. Rome, FAO. 1997. 82p.

Mace, P.M. 2001. A new role for MSY in single-species and ecosystem approaches to fisheries stock assessment and management. *Fish and Fisheries*, 2: 2-32.

Placenti, V., G. Rizzo, & M. Spagnolo, 1992. A bio-economic 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, p. 793 - 832. In G. Silvestre, L. Garces, I. Stobutzki, M. Ahmed, R.A. Valmonte-Santos, C. Luna, L. Lachica-Aliño, P. Munro, V. Christensen and D. Pauly (eds.) Assessment, Management and Future Directions for Coastal Fisheries in Asian Countries. *World Fish Center Conference Proceeding 67*, 1120 p.

Purwanto. 2008. Resource rent generated in the Arafura shrimp fishery. *Final draft*. Prepared for the World Bank PROFISH Program, Washington, DC. 29p.

Purwanto, 2013a. Produktivitas armada penangkapan dan potensi produksi perikanan udang di Laut Arafura. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 19 (3): 147-155.

Purwanto, 2013b. Biomasa, produktivitas kapal penangkap dan potensi produksi ikan demersal di Laut Arafura. (Manuskrip untuk publikasi pada *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*). 14p.

Purwanto & D. Nugroho, 2010. Tingkat optimal pemanfaatan stok udang, ikan demersal, dan pelagis kecil di laut Arafura. *J. Lit. Perikan. Ind.* 16 (4): 311-321.

Quinn II, T.J. & J.S. Collie. 2005. *Sustainability in single-species population models*. Phil. Trans. R. Soc. B, 360: 147-162.

Sainsbury, K. 2008. *Best Practice Reference Points for Australian Fisheries*. AFMA, Canberra.

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, pp. 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.

Undang Undang (UU) nomor 31 tahun 2004 tentang Perikanan.

Widodo, J., Purwanto & S. Nurhakim. 2001. Evaluasi Penangkapan Ikan di Perairan ZEEI Arafura: Pengkajian sumberdaya ikan demersal. Direktorat Jenderal Perikanan, Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta. 50p.

Lampiran 1: PROGRAM GAMS UNTUK ESTIMASI ANGKAACUAN BATAS PEMANFAATAN OPTIMUMSTOKUDANG DAN IKANDEMERSAL ARAFURA

\$Title ESTIMATION OF THE LIMIT REFERENCE POINT OF ARAFURA DEMERSAL FISHERIES

SCALARS

SHALFA0 A0 coeff of Schaefer model for shrimp fishery / 155.8619 /
SHALFA1 A1 coeff of Schaefer model for shrimp fishery / 0.12271 /
FTBETA0 B0 coeff of Schaefer model for demersal fishery /1193.6298 /
FTBETA1 B1 coeff of Schaefer model for demersal fishery / 0.66066 /
FTFPI Fishing power index of fish trawler in shrimpery / 0.31 /
SHFPI Fishing power index of shrimp trawler in fishery / 0.65 /;

VARIABLES

TCATCH Total annual production in 1000 tonnes

POSITIVE VARIABLES

SHMSY MSY of shrimp stock
SHEFFMSY Fishing effort producing MSY of shrimps
SHCATCH Total shrimp catches in 1000 tonnes
SHEFFORT Fishing effort standardised in the number of shrimp trawlers

FTMSY MSY of demersal fish stock
FTEFFMSY Fishing effort producing MSY of fishes
FTCATCH Total demersal fish catches in 1000 tonnes
FTEFFORT Fishing effort standardised in the number of fish trawlers

SHVESSEL Number of shrimp trawlers
FTVESSEL Number of fish trawlers;

EQUATIONS

FISHERYPRODUCTION

SHPRODUCTION
SHCATCHALLOWED
SHEFFALLOWED
SHEFFORTMSY
SHMAXSYIELD

FTPROMDUCTION
FTCATCHALLOWED
FTEFFALLOWED
FTEFFORTMSY
FTMAXSYIELD

SHEFFORTCOMP
FTEFFORTCOMP;

FISHERYPRODUCTION.. TCATCH =E= SHCATCH + FTCATCH;

SHPRODUCTION.. SHCATCH =E= SHEFFORT*(SHALFA0 - SHALFA1*SHEFFORT)/1000;
SHCATCHALLOWED.. SHCATCH =L= SHMSY;
SHEFFALLOWED.. SHEFFORT =L= SHEFFMSY;
SHEFFORTMSY.. SHEFFMSY =E= SHALFA0/(2*SHALFA1);
SHMAXSYIELD.. SHMSY =E= SHALFA0**2/(4*SHALFA1)/1000;

FTPRODUCTION.. $FTCATCH = E = FTEFFORT * (FTBETA0 - FTBETA1 * FTEFFORT) / 1000;$
FTCATCHALLOWED.. $FTCATCH = L = FTMSY;$
FTEFFALLOWED.. $FTEFFORT = L = FTEFFMSY;$
FTEFFORTMSY.. $FTEFFMSY = E = FTBETA0 / (2 * FTBETA1);$
FTMAXSYIELD.. $FTMSY = E = FTBETA0 ** 2 / (4 * FTBETA1) / 1000;$

SHEFFORTCOMP.. $SHEFFORT = E = SHVESSEL + FTFPI * FTVESSEL;$
FTEFFORTCOMP.. $FTEFFORT = E = SHFPI * SHVESSEL + FTVESSEL;$

MODEL POLICY /ALL/;
SOLVE POLICY MAXIMISING TCATCH USING NLP;