

**EFISIENSI TEKNIS PERIKANAN RAWAI TUNA DI BENOA  
(STUDI KASUS: PT. PERIKANAN NUSANTARA)  
TECHNICAL EFFICIENCY OF TUNA LONGLINE FISHERIES IN BENOA (CASE  
STUDY OF PT. PERIKANAN NUSANTARA)**

**Budi Nugraha<sup>1)</sup> dan Hufiadi<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Peneliti pada Loka Penelitian Perikanan Tuna, Benoa-Bali

<sup>2)</sup>Peneliti pada Balai Penelitian Perikanan Laut, Muara Baru-Jakarta

Teregistrasi I tanggal: 25 Juli 2012; Diterima setelah perbaikan tanggal: 13 Maret 2013;

Disetujui terbit tanggal: 15 Maret 2013

e-mail: budinug03@yahoo.com

**ABSTRAK**

Pemanfaatan sumberdaya ikan di perairan Samudera Hindia telah mendorong pada peningkatan kapasitas upaya penangkapan yang menyebabkan terjadinya intensitas penangkapan yang tinggi dan inefisiensi usaha penangkapan. Kajian pengelolaan perikanan berbasis kapasitas penangkapan merupakan alternatif pendekatan guna mengendalikan sumberdaya perikanan yang berkaitan dengan pembatasan kapasitas upaya penangkapan ikan. Penelitian efisiensi teknis *tuna longline* telah dilakukan pada tahun 2011 dengan tujuan untuk mengetahui kapasitas penangkapan pada perikanan *tuna longline*, khususnya kapal-kapal *tuna longline* PT. Perikanan Nusantara yang beroperasi di perairan Samudera Hindia. Hasil penelitian diperoleh bahwa nilai efisiensi penangkapan *tuna longline* berdasarkan perhitungan *single output* (tangkapan tuna) dan *multi output* (tuna dan tangkapan sampingan) masing-masing sekitar 0,54 dan 0,64. Nilai ini menunjukkan bahwa armada *tuna longline* PT. Perikanan Nusantara adalah tidak efisien.

**KATA KUNCI : Efisiensi teknis, kapasitas penangkapan, *tuna longline*, Benoa, PT. Perikanan Nusantara**

**ABSTRACT:**

*Fisheries resource utilization in the Indian Ocean waters has pushed up the capacity of fishing effort in high level as well as inefficiencies of fishing business. Study of fisheries management based on fishing capacity is an alternative approach to control fishery resource related to the limitation of fishing effort capacity. Technical efficiency of tuna longline research has been conducted in 2011 with the objective to estimate the tuna longline fishing capacity, especially tuna longline vessels of PT. Perikanan Nusantara operating in Indian Ocean waters. The results showed that the tuna longline fishing efficiency of PT. Perikanan Nusantara based on the calculation of single-output (catch of tuna) and multi-output (catch of tuna and by-catch) were 0.54 and 0.64, respectively. These means that the tuna longline vessel of PT. Perikanan Nusantara was not efficient.*

**KEYWORDS : Technical efficiency, fishing capacity, *tuna longline*, Benoa, PT. Perikanan Nusantara**

**PENDAHULUAN**

Perikanan rawai tuna (*tuna longline*) pertama kali diperkenalkan kepada masyarakat Indonesia sekitar tahun 1954 yang dirintis oleh Pusat Djawatan Perikanan Laut, dan untuk pertama kalinya pada tahun 1962 penangkapan ikan dengan *tuna longline* diusahakan secara komersil oleh BPU Perikanan yang kemudian berubah nama menjadi PN. Hasil Laut yang selanjutnya berganti menjadi PN. Perikani. Perikanan *tuna longline* di Indonesia khususnya di Samudera Hindia mulai berkembang sejak didirikannya perusahaan negara PT (Persero) Perikanan Samudra Besar pada tahun 1972 yang berlokasi di Benoa, Bali (Simorangkir, 2000).

Pelabuhan Benoa merupakan pelabuhan utama di Provinsi Bali dan menjadi salah satu basis pangkalan pendaratan ikan tuna di Indonesia selain Muara Baru (Jakarta), Pelabuhanratu (Jawa Barat) dan Cilacap (Jawa Tengah). Sebagai salah satu pelabuhan utama perikanan tuna, Pelabuhan Benoa menjadi basis pangkalan kapal-kapal penangkap ikan tuna berskala industri yang beroperasi di perairan Samudera Hindia. Berdasarkan data Asosiasi *Tuna Longline* Indonesia (2012), kapal rawai tuna di Benoa yang tercatat menjadi anggota asosiasi tersebut berjumlah 693 kapal. Diduga jumlah kapal rawai tuna yang beroperasi di seluruh perairan Indonesia sekitar 1.400 unit, dimana sekitar 1.200 unit beroperasi di Samudera Hindia (Pusat Riset Perikanan Tangkap, 2002).

Korespondensi penulis:

Loka Penelitian Perikanan Tuna Benoa

Komp. Pelabuhan Perikanan Tuna Benoa, Bali

Eksploitasi sumberdaya tuna di perairan Samudera Hindia dari tahun ke tahun cenderung meningkat sehingga terindikasi lebih tangkap (*over fishing*) atau mendekati titik jenuh. Selama kurun waktu lebih dari satu dasawarsa terakhir, rata-rata berat ikan tuna yang tertangkap, laju tangkap (*hook rate*) dan hasil tangkapan per satuan unit upaya (*catch per unit effort*, CPUE) cenderung menurun. Pada tahun 1995 tercatat bahwa rata-rata berat ikan tuna yang tertangkap 32 kg, laju tangkap 0,86 dan CPUE 280 kg/trip, menurun menjadi rata-rata berat ikan 29 kg, laju tangkap 0,45 dan CPUE 172 kg/trip pada tahun 2005 (PT. Perikanan Samodra Besar, 2006). Nilai hasil tangkapan per satuan upaya merupakan indeks kelimpahan stok ikan di suatu perairan. Nilai CPUE yang besar umumnya didapat dari usaha penangkapan yang dilakukan terhadap kelimpahan stok ikan yang tinggi pula, sebaliknya nilai CPUE yang kecil diperoleh dari kelimpahan stok yang rendah. Variabilitas CPUE menggambarkan indeks kelimpahan nisbi stok ikan di suatu perairan (Atmadja *et al.*, 2011b).

Perkembangan pemanfaatan sumberdaya ikan di perairan Samudera Hindia, telah mendorong peningkatan kapasitas upaya penangkapan. Saat ini, peningkatan permintaan ikan diduga telah menyebabkan terjadinya perubahan penggunaan rawai tuna dari rawai tuna permukaan (*surface tuna longline*) ke rawai tuna laut dalam (*deep tuna longline*). Pengoperasian rawai tuna untuk menangkap tuna mata besar di Samudera Hindia hingga mencapai kedalaman 250-450 meter (Nugraha *et al.*, 2010).

Dengan semakin berkembangnya upaya penangkapan dengan menggunakan rawai tuna dan diduga telah terjadi peningkatan kapasitas berlebih. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui tingkat efisiensi penangkapan rawai tuna, khususnya kapal-kapal rawai tuna PT. Perikanan Nusantara yang beroperasi di perairan Samudera Hindia. Kajian pengelolaan perikanan berbasis kapasitas penangkapan, khususnya rawai tuna di Indonesia, belum banyak dilakukan dan kajian ini merupakan alternatif pendekatan guna mengendalikan sumberdaya ikan yang berkaitan dengan pembatasan kapasitas upaya penangkapan ikan.

**BAHAN DAN METODE**

Data diperoleh melalui kegiatan penelitian di Pelabuhan Benoa dari bulan Maret sampai November 2011. Data primer berupa faktor input unit penangkapan ikan yaitu tonase kapal (GT), ukuran kapal (L, B), umur kapal, jumlah pancing, hari operasi dan jumlah *setting* dan data faktor output yaitu jumlah

hasil tangkapan ikan (kg) diperoleh dari hasil wawancara dengan pengusaha, nakhoda dan anak buah kapal serta karyawan PT. Perikanan Samodra Besar (PT. Perikanan Nusantara) sedangkan data sekunder berupa laporan pendaratan kapal-kapal rawai tuna milik PT. Perikanan Samodra Besar (PT. Perikanan Nusantara) selama tahun 1999-2010.

Penghitungan pemanfaatan kapasitas penangkapan perikanan *tuna longline* dilakukan dengan pendekatan *single output* dan *multi output*. Pendekatan *single output* yaitu tingkat efisiensi dihitung berdasarkan hasil tangkapan tuna (target tangkapan). Sementara itu, pendekatan *multi output*, tingkat efisiensi dihitung berdasarkan hasil tangkapan tuna dan hasil tangkapan sampingan (HTS). Bahan kajian kapasitas penangkapan menggunakan sampel armada *tuna longline* sebanyak 107 trip dengan pendekatan *single output* dan 99 trip dengan pendekatan *multi output*.

Analisis kapasitas penangkapan menggunakan *Data Envelopment Analysis* (DEA) dengan pendekatan model *the Banker, Charnes and Cooper* (*BCC model*) (Cooper *et al.*, 2004). Model analisis DEA yang digunakan dalam analisis efisiensi bersifat *variable return to scale* (VRS). Data yang telah terkumpul kemudian ditabulasikan, diolah dan dianalisis dengan serangkaian metode dan masing-masing disajikan dalam bentuk tabel, gambar dan grafik. DEA adalah analisis program matematik untuk mengestimasi efisiensi teknis kegiatan produksi secara simultan. Dalam analisis ini, pertama dilakukan penentuan vektor *output* sebagai *u* dan vektor *inputs* sebagai *x*. Ada *m outputs*, *n inputs* dan *j* unit penangkapan ikan atau pengamatan. *Input* dibagi menjadi *fixed input* ( $x_f$ ) dan *variable input* ( $x_v$ ). Kapasitas *output* dan nilai pemanfaatan sempurna dari *input*, selanjutnya dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Fare *et al.*, 1989):

$$TE = \text{Max}_{q,z,l} q_1 \dots\dots\dots (1)$$

dengan kendala

$$\theta_1 u_{jm} \leq \sum_{j=1}^J z_j u_{jm}, \quad (\text{output dibandingkan DMU})$$

$$\sum_{j=1}^J z_j x_{jn} \leq x_{jn}, \quad n \in x_f$$

$$\sum_{j=1}^J z_j x_{jn} = \lambda_{jn} x_{jn}, \quad n \in x_v, \quad n \in x_v$$

$$z_j \geq 0, \quad j=1,2,\dots,J,$$

$$\lambda_{jn} \geq 0, \quad n=1,2,\dots,N,$$

dengan keterangan  $z$  adalah *variable* intensitas untuk  $j^{\text{th}}$  pengamatan;  $\theta_1$  nilai efisiensi teknis atau proporsi dengan mana *output* dapat ditingkatkan pada kondisi produksi pada tingkat kapasitas penuh; dan  $\lambda_{jn}^*$  adalah rata-rata pemanfaatan variabel input (*variable input utilization rate, VIU*), yaitu rasio penggunaan input secara optimum  $x_{jn}$  terhadap pemanfaatan inputan dari pengamatan  $x_{jn}$ . DMU (*decision making unit*) adalah armada rawai tuna dengan mempertimbangkan faktor input dan output produksi penangkapan.

Kapasitas output pada efisiensi teknis (*technical efficiency capacity output, TECU*) kemudian ditentukan dengan mengandakan  $\theta_1^*$  dengan produksi sesungguhnya. Pemanfaatan kapasitas, berdasarkan pada *output* pengamatan, kemudian dihitung dengan persamaan berikut:

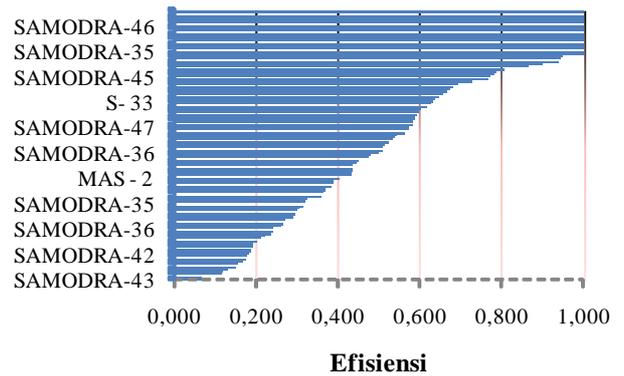
$$TECU = \frac{u}{q^* \cdot u} = \frac{1}{q^* \cdot u} \dots\dots\dots (2)$$

Nilai efisiensi teknis diperoleh melalui penghitungan dengan teknik DEA dengan bantuan *software DEAP* versi 2.1. Analisis efisiensi teknis dilakukan dengan membandingkan nilai efisiensi antar kapal yang dijadikan sebagai DMU (*armada*). Proses penghitungan yaitu dengan menentukan nilai konstanta dari *output* ( $\mu$ ), *fixed input* ( $x$ ) dan *variable input*  $\lambda$  pada masing-masing DMU (*armada*) sehingga diperoleh nilai efisiensi penangkapan berdasarkan tingkat pemanfaatan kapasitas (*CU*) penangkapan dan tingkat pemanfaatan kapasitas variabel input (*VIU*).

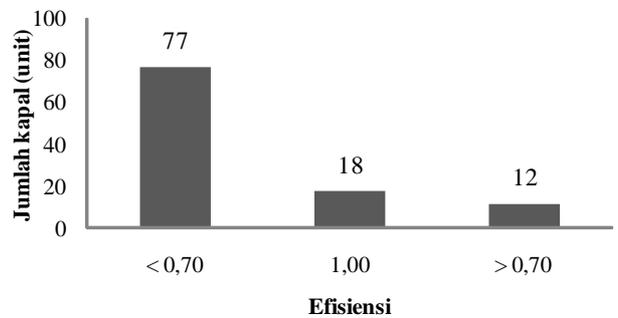
**HASIL DAN BAHASAN**

**HASIL**

Penilaian efisiensi penangkapan dihitung berdasarkan data operasional kapal rawai tuna yang beroperasi di Samudera Hindia selama tahun 2010. Angka efisiensi tiap kapal rawai tuna PT. Perikanan Nusantara berdasarkan *single output* ditunjukkan pada Gambar 1 dan distribusi angka efisiensi ditunjukkan pada Gambar 2. Grafik distribusi menunjukkan bahwa dari 107 kapal, 18 kapal (17%) diantaranya memiliki nilai efisiensi kapasitas penangkapan (*CU*) = 1,00, yang berarti kapasitas penangkapan optimal (100%), dan armada lainnya (89 kapal) tidak efisien dengan nilai efisiensi kapasitas penangkapan (*CU*)  $\neq$  1,00. Rata-rata tingkat efisiensi rawai tuna 0,54 menunjukkan rata-rata input optimal yang digunakan adalah sekitar 54% dari rata-rata input aktual selama kapal beroperasi.



Gambar 1. Efisiensi antar kapal rawai tuna PT. Perikanan Nusantara  
 Figure 1. Efficiency among tuna longline vessels of PT. Perikanan Nusantara

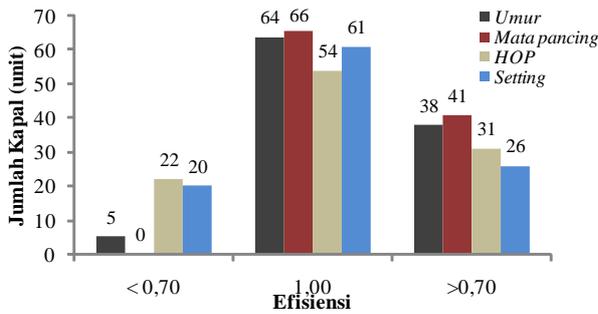


Gambar 2. Distribusi efisiensi kapal rawai tuna PT. Perikanan Nusantara  
 Figure 2. Efficiency distribution of tuna longline vessel of PT. Perikanan Nusantara

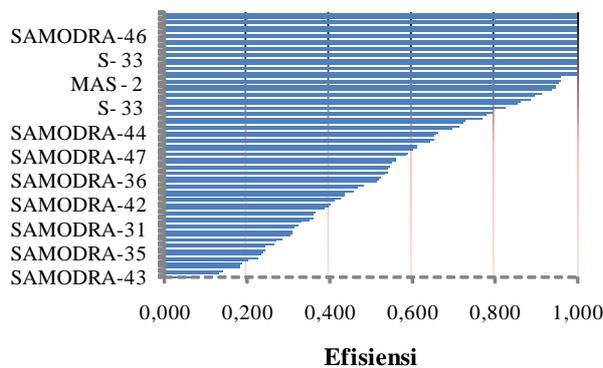
Distribusi tingkat penggunaan input variabel rawai tuna dengan perhitungan *single output* dapat dilihat pada Gambar 3. Kondisi faktual penangkapan tuna dengan rawai tuna oleh PT. Perikanan Nusantara sebagian armada telah melebihi kapasitas (*exces capacity*) dalam penggunaan input variabel (*VIU*). Rata-rata pemanfaatan input variabel *VIU* sebesar 0,89. Secara umum dalam pemanfaatan input variabel armada rawai tuna sekitar 57% berada pada tingkat yang optimal yang ditandai oleh sebagian besar jumlah armada yang mencapai nilai *VIU* = 1,00 dan armada yang lainnya 43% berada pada tingkat pemanfaatan input variabel tidak optimal ( $VIU \neq 1$ ).

Pemanfaatan kapasitas penangkapan perikanan rawai tuna PT. Perikanan Nusantara dengan *multi output* dihitung berdasarkan tangkapan ikan tuna dan tangkapan sampingan. Angka efisiensi tiap kapal rawai tuna PT. Perikanan Nusantara berdasarkan tersebut ditunjukkan pada Gambar 4. Dari perhitungan

secara *multi output* diperoleh rata-rata tingkat efisiensi rawai tuna sebesar 0,64. Pada Gambar 5 terlihat bahwa nilai efisiensi yang optimal ditunjukkan oleh beberapa armada dengan nilai efisiensi mencapai 1,00. Secara detail hasil penghitungan dugaan tingkat pemanfaatan kapasitas penangkapan atau tingkat efisiensi armada rawai tuna diperoleh nilai pemanfaatan kapasitas (CU) terendah adalah 0,63.



Gambar 3. Distribusi nilai pemanfaatan variabel input rawai tuna PT. Perikanan Nusantara  
 Figure 3. Distribution of variable input utilization value for tuna longline of PT. Perikanan Nusantara

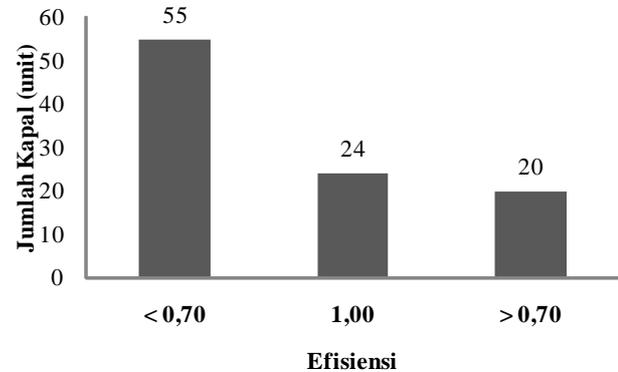


Gambar 4. Efisiensi antar kapal rawai tuna PT. Perikanan Nusantara  
 Figure 4. Efficiency among tuna longline vessels of PT. Perikanan Nusantara

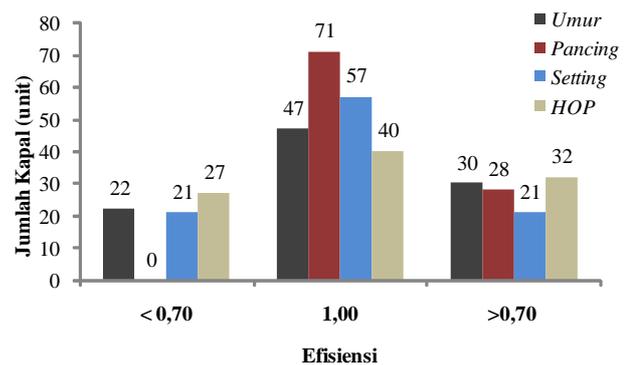
Distribusi nilai pemanfaatan kapasitas (CU) dari 99 sampel kapal terdapat 24 kapal (24%) yang mempunyai nilai CU = 1,00 (tingkat pemanfaatan optimum) dan yang lainnya 75 kapal (78%) berada pada tingkat yang tidak optimum yang ditandai dengan perolehan nilai CU  $\neq$  1,00 (Gambar 5).

Berdasarkan rasio dari penggunaan input optimal dengan input aktual diperoleh tingkat pemanfaatan variabel input rata-rata VIU > 0,91. Berdasarkan nilai VIU tersebut secara umum armada rawai tuna PT.

Perikanan Nusantara dalam pemanfaatan variabel input sebagian besar berada pada tingkat pemanfaatan yang efisien yang ditandai oleh sebagian besar pencapaian nilai VIU = 1,00 (Gambar 6).



Gambar 5. Distribusi efisiensi kapal rawai tuna PT. Perikanan Nusantara  
 Figure 5. Efficiency distribution of tuna longline vessel of PT. Perikanan Nusantara



Gambar 6. Distribusi nilai pemanfaatan variabel input (VIU) rawai tuna PT. Perikanan Nusantara  
 Figure 6. Distribution of variable input utilization (VIU) value for tuna longline of PT. Perikanan Nusantara

**BAHASAN**

Nilai efisiensi kapasitas penangkapan rawai tuna berdasarkan perhitungan *single output* dan *multi output* masing-masing 0,54 dan 0,64. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kapal rawai tuna PT. Perikanan Nusantara masih berada pada tingkat yang jauh dari efisien. Hal ini tentu sangat tergantung dari kebijakan dalam pengelolaan perikanan rawai tuna sesuai dengan sasaran yang ingin dicapai. Misalnya efisiensi antar kapal *tuna longline* PT. Perikanan Nusantara di bawah 0,5 dianggap operasi kapal tersebut tidak menguntungkan. Dalam konteks ini angka efisiensi dapat dijadikan acuan untuk menentukan kebijakan pembatasan jumlah kapal.

Analisis efisiensi antar kapal rawai tuna PT. Perikanan Nusantara yang dihitung dengan pendekatan *single output* dan *multi output* masing-masing diperoleh nilai efisiensi rata-rata 0,54 dan 0,64. Hal ini menunjukkan rata-rata input optimal yang digunakan adalah masing-masing sekitar 54% dan 64% dari rata-rata input aktual selama kapal beroperasi atau armada rawai tuna tersebut hanya mampu men-support sekitar 54% dan 64% dari sumberdayanya untuk mencapai kapasitas optimum. Dengan demikian untuk meningkatkan produksi perikanan rawai tuna agar dapat mencapai produksi yang potensial adalah dengan melakukan pengurangan kapasitas masing-masing sebesar 46% dan 36%. Hasil penelitian Atmadja *et al.*, (2011a) pada kasus pukot cincin di Laut Jawa, menjelaskan bahwa dalam merespon kelebihan kapasitas penangkapan armada *purse seine* besar di Laut Jawa mengakibatkan adanya perubahan-perubahan radikal berupa relokasi beberapa pukot cincin ke wilayah perairan Indonesia Timur, transaksi jual beli ikan di laut dan perubahan input fisik berupa sistem pendingin (*plate freezer*).

Berdasarkan tingkat pemanfaatan variabel input menunjukkan telah terjadi surplus penggunaan input sehingga perlu mengurangi input tersebut (Fare *et al.*, 1994). Upaya perbaikan agar tingkat kapasitas pemanfaatan menjadi optimal dapat dilakukan dengan penambahan pada output atau pengurangan pada input (Kirkley & Squire, 1999).

Pada kondisi armada rawai tuna yang tidak efisien memungkinkan dilakukan pendekatan pengendalian input yang berlebih dan perlu mempertimbangkan optimalisasi penggunaan variabel input. Pemanfaatan variabel input rawai tuna dapat diukur berdasarkan rasio dari penggunaan input optimal (target) dengan input aktual (observasi). Input optimal merupakan input yang digunakan pada kondisi efisien teknis. Jika rasio VIU kurang dari satu maka telah terjadi surplus penggunaan input variabel sehingga perlu mengurangi penggunaan input tersebut (Fare *et al.*, 1994).

Berdasarkan tingkat pemanfaatan variabel input rawai tuna yang beroperasi di perairan Samudera Hindia baik dengan pendekatan *single output* dan *multi output*, dalam hal ini, umur kapal, jumlah pancing, hari operasi (HOP) dan jumlah *setting* merupakan input variabel yang dapat dijadikan instrumen pengendalian kapasitas. Efisiensi rawai tuna PT. Perikanan Nusantara yang belum optimal berdasarkan *single output* dapat ditingkatkan dengan mengurangi input variabel hari operasi 24%, memperbaiki umur kapal 15%, mengurangi *setting* 22%, mengurangi bobot kapal (GT) 20%, mengurangi lebar kapal 12% dan mengurangi jumlah pancing 6%. Berdasarkan

pendekatan *multi output* efisiensi rawai tuna dapat ditingkatkan dengan cara mengurangi hari operasi sebesar 26%, mengurangi bobot kapal (GT) 21%, memperbaiki umur kapal 20%, mengurangi *setting* 18%, mengurangi lebar kapal 9% dan mengurangi jumlah pancing 3%. Mengurangi ukuran panjang atau lebar kapal secara langsung akan berimplikasi terhadap berkurangnya bobot kapal (GT). Ukuran kapal yang besar tidak serta merta mempunyai efisiensi yang tinggi. Secara teoritis menunjukkan bahwa besarnya ukuran kapal akan berimplikasi pada semakin jauhnya jangkauan daerah penangkapan dan kestabilan kapal relatif tinggi. Namun demikian, pengaturan atau pengurangan *fixed input* pada kenyataannya sangat kompleks dan sulit diterapkan. Oleh karena itu, untuk membangun atau membuat kapal rawai tuna saat ini atau dimasa yang akan datang harus memperhatikan hasil perhitungan pengaturan atau pengurangan *fixed input* yang telah dilakukan. Memperbaiki atau meningkatkan umur kapal (peremajaan kapal) juga merupakan salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi kapal rawai tuna. Secara teknis, kapal-kapal yang berusia muda atau baru secara ekonomi akan mempunyai tingkat efisien yang lebih tinggi dibanding kapal yang sudah tua. Kapal-kapal yang sudah tidak efisien atau memiliki efisiensi yang rendah dapat dipertimbangkan untuk tidak dioperasikan lagi, karena dianggap sudah tidak menguntungkan. Whitmars, (1998) dalam Muldoon, (2009) menyebutkan bahwa teknologi adalah penyebab utama terhadap perubahan *excess fishing capacity* yang berdampak pada perikanan skala tradisional maupun industri.

## KESIMPULAN

Kapasitas unit penangkapan rawai tuna telah berlebih (*excess capacity*), bahkan pada beberapa trip penangkapan, armada rawai tuna PT. Perikanan Nusantara telah berada pada tingkat yang jauh dari efisien. Untuk mencapai kapasitas penangkapan yang optimal diperlukan perbaikan terutama dengan cara mengurangi penggunaan input variabel. Berdasarkan *single output* dilakukan dengan mengurangi hari operasi (HOP) 24%, memperbaiki umur kapal 15%, jumlah *setting* 22%, dan mengurangi jumlah pancing 6%, sedangkan berdasarkan *multi output* dilakukan dengan mengurangi hari operasi sebesar 26%, meningkatkan umur kapal 20%, jumlah *setting* 18%, dan pengurangan jumlah pancing 3%.

## SARAN

Manajemen penangkapan dapat dilakukan melalui pengaturan atau pengurangan input yang berlebih. Produksi yang potensial dapat dicapai dengan

melakukan pengurangan kapasitas masing-masing sebesar 46% dan 36%.

## PERSANTUNAN

Kegiatan dari hasil Riset Perikanan Tangkap di Perairan Samudera Hindia sub kegiatan Riset Perikanan Tuna Skala Industri yang Berbasis di Perairan Samudera Hindia T.A. 2011 di Balai Penelitian Perikanan Laut.

## DAFTAR PUSTAKA

Asosiasi Tuna Longline Indonesia. 2012. *Daftar Kapal Anggota Asosiasi Tuna Longline Indonesia Berdasarkan Ukuran Kapal (GT) dan Jenis Kapal (Alat Tangkap)*. Bena-Bali. 2 p.

Atmadja, S.B., D. Nugroho & M. Natsir. 2011a. Respons Radikal Kelebihan Kapasitas Penangkapan Armada Pukat Cincin Semi Industri di Laut Jawa. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 17 (2). 115-123.

Atmadja, S.B., M. Natsir & A. Kuswoyo. 2011b. Analisis Upaya Efektif dari Data *Vessel Monitoring System* dan Produktivitas Pukat Cincin Semi Industri di Samudera Hindia. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 17 (3). 177-184.

Fare, R.S., Grosskopf S. & Kokkelenberg E. 1989. Measuring Plant Capacity Utilization and Technical Change: A Nonparametric Approach. *Int. Econ. Rev.* 30. p. 655-666.

Fare, R.S., Grosskopf S. & Lovel C.A.K. 1994. *Production Frontiers*. Cambridge University Press. United Kingdom. 296 p.

Kirkley, J.E. & Squires D.E. 1999. Measuring Capacity and Capacity Utilization in Fisheries. Managing Fishing Capacity. *FAO Fisheries Technical Paper Rome*. 386: 75-2000.

Muldoon, G.J. 2009. Innovation and Capacity in Fisheries : Value-adding and the Emergence of the Live Reef Fish Trade as Part of the Great Barrier Reef Reef-Line Fishery. *Phd thesis*. James Cook University diacu dalam <http://eprints.jcu.edu.au>. diunduh pada tanggal 10 Desember 2012.

Nugraha, B., R.I Wahyu, M.F.A. Sondita & Zulkarnain. 2010. Estimasi Kedalaman Mata Pancing Tuna Longline di Samudera Hindia: Metode Yoshihara dan *Minilog*. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 16 (3). 195-203.

PT. Perikanan Samodra Besar. 2006. *Data Hasil Tangkapan 1995-2005*. Bena-Bali. 12 p.

Pusat Riset Perikanan Tangkap. 2002. Analisis Pengelolaan Perikanan Tuna di Samudera Hindia dan Perikanan Perairan Umum di Sumatera Barat. *Laporan Teknis Tahun Anggaran 2002*. Pusat Riset Perikanan Tangkap. Badan Riset Kelautan dan Perikanan. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta.

Simorangkir, S. 2000. *Perikanan Indonesia*. Bali Post. Denpasar-Bali. 294 p.