

**PERBANDINGAN ANTARA MARINE ACOUSTIC REMOTE SENSING  
DAN SWEEPED AREA TRAWL DALAM PENDUGAAN DENSITAS IKAN  
DEMERSAL DI PERAIRAN TARAKAN  
(COMPARISON BETWEEN MARINE ACOUSTIC REMOTE SENSING  
AND TRAWL SWEEPED AREA ON ESTIMATION OF DEMERSAL FISH  
DENSITY IN TARAKAN WATERS)**

**Domu Simbolon<sup>1</sup>, Asep Priatna, Totok Hestirianto, Ari Purbayanto**  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor  
<sup>1</sup>e-mail: domusimbolon@gmail.com

Diterima 1 Juli 2015; Dirivisi 23 Juli 2015; Disetujui 29 Juli 2015

**ABSTRACT**

The use of hydroacoustic surveys simultaneously with trawl swept area is expected to complement and increase of the accuracy each other in estimation of the fish stock resources, especially demersal fish. Therefore, advantages and disadvantages of each method will be disclosed. The purpose of this study was to compare the density of demersal fish from detection of hydroacoustic surveys toward catches of bottom trawl, and to determine the factors that influence differences in fish density estimated of swept area and acoustic method. The study was conducted on May, August and November 2012 around Tarakan waters, North Borneo, using echo sounder Simrad EY60-120 kHz and bottom trawl simultaneously to measure density of demersal fish. Demersal fish density estimation of these two methods showed a highly significant difference. Difference in the estimation of fish density was affected by catchability, dead zone area of trawling, and fish behavior.

*Keywords: Acoustic, Density, Demersal fish, Swept area, Trawling, Tarakan*

## ABSTRAK

Penggunaan survei hidroakustik yang simultan dengan *swept area trawl* diharapkan akan saling melengkapi dan meningkatkan akurasi dalam estimasi stok sumberdaya ikan, khususnya ikan demersal. Dengan demikian, kelebihan maupun kelemahan masing-masing metode tersebut akan dapat diungkapkan. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan densitas ikan demersal dari pendeteksian survei hidroakustik terhadap tangkapan *trawl* dasar, dan menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan estimasi densitas ikan demersal dari metode *swept area* dan akustik. Penelitian dilakukan pada bulan Mei, Agustus dan November 2012 di sekitar perairan Tarakan-Kalimantan Utara, menggunakan Echosounder Simrad EY60-120 kHz dan *trawl* dasar yang dioperasikan secara simultan untuk mengukur densitas ikan demersal. Estimasi densitas ikan demersal yang dihasilkan antar kedua metode menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan. Perbedaan hasil estimasi tersebut dipengaruhi oleh *catchability*, *area dead zone trawl*, dan tingkah laku ikan.

Kata kunci: Akustik, Densitas, Ikan demersal, Swept area, Trawl, Tarakan

### 1 PENDAHULUAN

Ketersediaan data mengenai status stok dan penyebaran sumberdaya ikan demersal yang akurat dan dapat dipercaya merupakan informasi dasar yang sangat penting dalam upaya pemanfaatan dan pengelolannya, khususnya di wilayah perairan Tarakan. Oleh karena itu, estimasi densitas ikan sebagai indeks kepadatan stok di wilayah perairan Tarakan sudah seharusnya dilakukan, mengingat daerah ini merupakan salah satu sentra perikanan *trawl* demersal. Walaupun aktivitas perikanan *trawl* demersal di lokasi penelitian termasuk skala kecil, namun diharapkan dapat menjadi *sampling site* bagi sentra perikanan *trawl* di wilayah perairan lainnya.

Pendugaan densitas ikan sangat penting karena informasi densitas ikan ini sangat penting digunakan dalam penentuan kebijakan pengelolaan perikanan. Hal ini disebabkan karena pendugaan densitas yang akurat akan bermanfaat untuk menentukan besarnya potensi lestari dan hasil tangkapan yang diperbolehkan untuk ditangkap, untuk selanjutnya dapat mencegah kondisi tangkap lebih (*overfishing*). Teknik-teknik yang banyak digunakan dalam pendugaan stok di antaranya adalah metode *swept area* dengan menggunakan *trawl*, surplus produksi, dan teknologi penginderaan jauh menggunakan hidroakustik (*marine*

*acoustic remote sensing*). McQuinn *et al.* (2005) menyatakan bahwa hidroakustik memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode *swept area trawl*, mengingat bahwa metode hidroakustik dapat mendeteksi kolom air yang lebih luas secara terus menerus dan simultan, termasuk di atas *headrope trawl*.

Penggunaan *trawl* dasar sebagai sarana penelitian untuk menghitung potensi sumberdaya ikan demersal sudah lama digunakan. Dalam metode *swept area* ini, kemampuan tangkap (*catchability*) *trawl* umumnya rendah, dan kemampuan ikan untuk meloloskan diri (*escapment factor*) dari cakupan alat tangkap *trawl* juga tinggi, sehingga dapat menimbulkan bias dalam estimasi densitas ikan.

Reaksi ikan dalam merespon atau menghindari kapal maupun *trawl* dapat menyebabkan perbedaan nilai densitas di antara metode akustik dengan *swept area trawl*. Perbedaan nilai ini dapat mengestimasi jumlah ikan yang meloloskan diri dari *trawl*. Perbandingan yang digunakan tidak lepas dari beberapa asumsi, mengingat begitu kompleksnya komponen-komponen dalam sistem integrasi kedua metode akustik-*trawl*. Pengetahuan detail tentang keterbatasan metodologi akan berguna ketika mencoba untuk mengurangi bias dalam estimasi densitas ikan.

Pengoperasian *trawl* dasar secara simultan dengan pengoperasian hidroakustik dapat mengungkapkan keuntungan-keuntungan yang dapat diperoleh dan sekaligus juga kelemahan-kelemahan yang mungkin akan muncul (Shevelev *et al.* 1998), sehingga akan saling melengkapi dan meningkatkan akurasi dan presisi dalam estimasi status stok sumberdaya ikan di suatu perairan (Bez *et al.* 2007). Namun penggunaan kedua metode akustik dan *swept area* tersebut masih jarang dilakukan secara bersamaan untuk mengestimasi stok ikan di Indonesia.

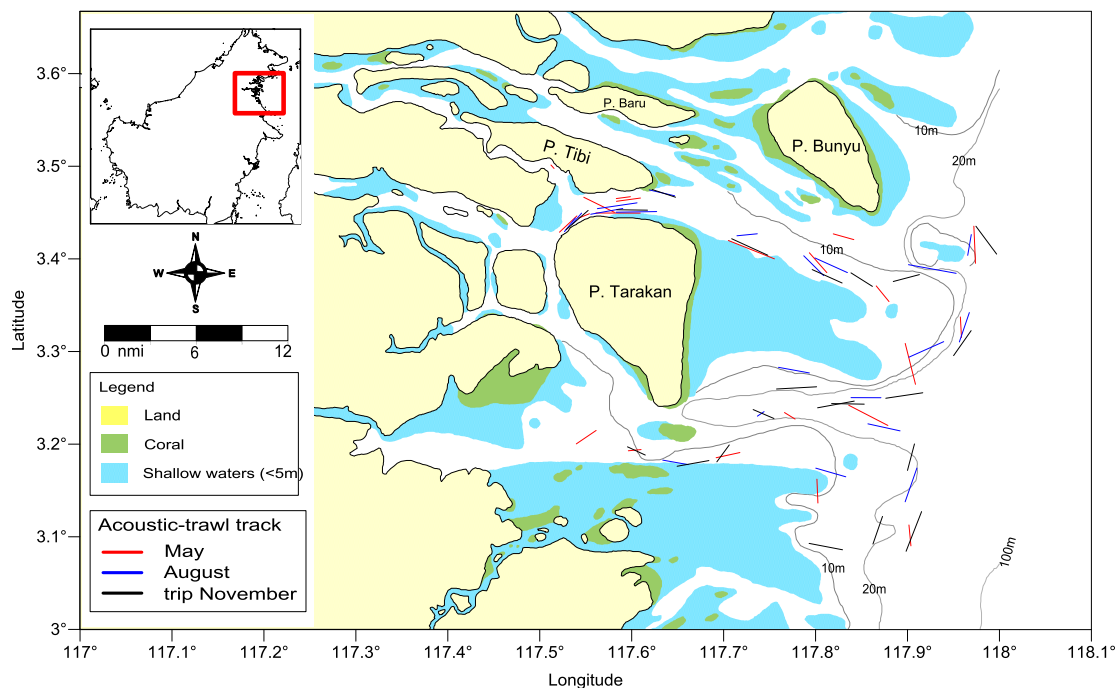
Sebagai upaya dalam meningkatkan presisi dan akurasi estimasi potensi stok ikan demersal di perairan Tarakan khususnya dan perairan Indonesia umumnya, perlu dilakukan pendekatan terpadu antara *sampling trawl* dan akustik. Namun demikian, penelitian ini lebih difokuskan pada estimasi densitas ikan demersal. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan densitas ikan demersal dari pendeteksian survei hidroakustik terhadap tangkapan *trawl* dasar, dan menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan estimasi

densitas ikan demersal dari metode *swept area* dan akustik.

## 2 METODOLOGI

### 2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Survei eksplorasi melalui pengoperasian *trawl* dasar yang simultan dengan deteksi hidroakustik dilaksanakan pada Mei, Agustus, dan November 2012 di perairan Tarakan dan sekitarnya. Jumlah transek pengoperasian *trawl* dan akustik adalah 62 yang terdiri dari 21 transek pada Mei, 20 transek pada Agustus, dan 21 transek pada November. Metode penentuan transek dilakukan dengan *stratified sampling*, dengan pertimbangan bahwa seluruh area survei terwakili, baik di perairan dangkal, sedang, dan maupun perairan yang dalam. Survei Agustus dan November dianggap sebagai ulangan terhadap survei Mei, sehingga posisi transeknnya pun dilakukan pada posisi yang relatif sama (berdekatan) untuk setiap bulan. Penyebaran spasial masing-masing transek disajikan pada Gambar 2-1.



Gambar 2-1: Lokasi penelitian dan posisi stasiun akustik-trawl

## 2.2 Pengumpulan Data

Wahana penelitian adalah kapal mini *trawl* (20 GT) dengan jaring *trawl* yang digunakan memiliki panjang tali ris atas 26 m. Rata-rata durasi *towing* 1 jam dengan kecepatan 3 knot untuk tiap stasiunnya. Jumlah stasiun pengambilan contoh 21, 20, dan 21 masing-masing secara berurutan untuk survei Mei, Agustus, dan November 2012. Perangkat akustik yang digunakan adalah *echosounder SIMRAD EY60-120 KHz* yang dioperasikan secara simultan dengan *trawl* (Gambar 2-2).

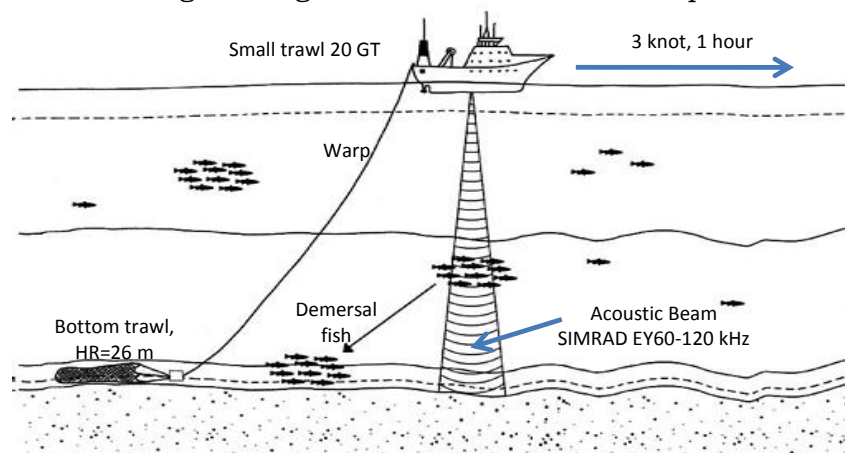
Pengukuran bukaan horizontal mulut jaring mengacu pada teknik yang diterapkan Suharto (1999), seperti pada Gambar 2-3. Panjang tali penarik (*warp*) pada setiap *towing* dihitung dengan mengukur jarak antara dua *warp* pada posisi antar dua *gallows* (A-A1), dan mengukur jarak antara dua *warp* pada posisi 1 meter dari *gallows* (A2-A4).

Perhitungan estimasi volume saringan *trawl* adalah dengan mengalikan

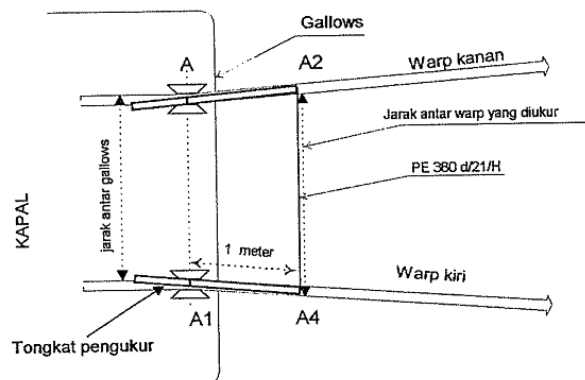
luas area yang disapu (*swept area*) dengan tinggi bukaan mulut jaring *trawl*. Perhitungan dilakukan untuk setiap stasiun *trawl*, yang kemungkinan besar akan terjadi perbedaan nilai volume pada masing-masing stasiun. Volume air yang tersaring ( $m^3$ ) digunakan untuk menentukan nilai densitas ikan tiap stasiun *trawl* (jumlah individu/ $m^3$ ).

Teknik pengukuran bukaan horizontal mulut jaring memanfaatkan persamaan trigonometri. Pembukaan mulut jaring ke samping (*horizontal opening*) dihitung dengan mengasumsikan bahwa jaring *trawl* berbentuk bangun kerucut pada saat dioperasikan (Gambar 2-4).

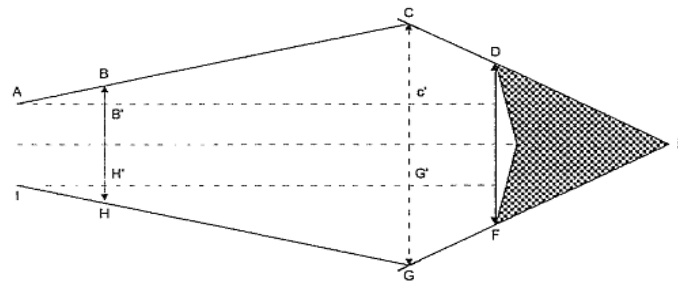
Akuisisi data akustik adalah simultan dengan pengoperasian *trawl*, sehingga lintasan perekaman data akustik akan sama dengan posisi dan jarak selama *towing*. Perekaman data menggunakan *software ER60*. Tabel 2-1 adalah pengaturan parameter-parameter sistem akustik pada waktu akuisisi data



Gambar 2-2: Ilustrasi pengoperasian *trawl* simultan dengan akustik (McQuinn *et al.* 2005)



Gambar 2-3: Skema teknik pengukuran jarak dua *warp* (Suharto 1999)



Gambar 2-4: Skema perhitungan pembukaan mulut jaring samping

Tabel 2-1: SETTING PARAMETER EY60 PADA WAKTU AKUISISI DATA AKUSTIK

Parameter	Nilai
Frekuensi	120 KHz
Pulse duration	0.512 ms
Power transmit	50 watt
Sound speed	1545 m/s
Absorption coef.	38.52 dB/km

## 2.3 Analisis Data

### 2.3.1 Densitas ikan demersal dengan metode *swept area*

Bukaan mulut jaring dihitung dengan (Tampubolon dan Monintja, 1995):

$$BB' = (HB-AI)/2$$

$$\sin \alpha = BB'/AB = CC'/AC$$

$$CG = (2 \times CC') + AI$$

$$DF/CG = DE/CE$$

$$DF = (DE/CE) \times CG$$

dimana:

AI :jarak antara dua gallows

HB :jarak antara dua *warp*, diukur 1 meter dari gallows ke arah jaring

AC :panjang *warp*

CD :panjang *net pendant* + *otter pendant*

DEF :panjang tali ris atas

CG :jarak antara dua *otterboard*

DF :bukaan horizontal mulut jaring

Luas area yang tersapu oleh *trawl* dihitung dengan (Pauly *et al.* 1996):

$$A = DF \times V \times t$$

dimana:

A :luas area yang disapu oleh *trawl* (m<sup>2</sup>)

DF :bukaan horizontal mulut jaring (m)

V :kecepatan kapal (m/detik)

t :waktu penarikan *trawl* (detik)

Jaring *trawl* yang digunakan pada penelitian ini adalah *trawl* dasar 2 panel dengan bukaan tegak rendah, sehingga

bukaan vertikal (*vertical opening*) dapat dihitung dengan persamaan (FAO 1990):

$$VO = 2 \times N \times a \times 0,05$$

Volume air yang tersaring dihitung dengan persamaan (Mustofa, 2004):

$$Va = A \times Vo$$

dimana:

Va : Volume air yang tersaring (m<sup>3</sup>)

A : luas sapuan jaring *trawl* (m<sup>2</sup>)

Vo : bukaan vertikal mulut jaring (m)

Biota hasil tangkapan tiap stasiun *trawl* disortir, ditimbang, dan ditabulasi berdasarkan jenisnya. Data hasil tangkapan *trawl* diolah dengan persamaan-persamaan pada metode *swept area* untuk mendapatkan densitas dalam jumlah individu ikan per satuan volume (n/m<sup>3</sup>) yaitu:

$$D_T = n/Va$$

dimana:

D<sub>T</sub> :Densitas ikan demersal hasil *trawl* (individu/m<sup>3</sup>)

N : estimasi jumlah individu ikan hasil tangkapan *trawl* (ekor)

### 2.3.2 Densitas ikan demersal dengan akustik

Posisi *trawl* berada jauh di belakang kapal dengan jarak yang bervariasi tergantung pada kedalaman dasar laut. Oleh karena itu, data akustik

yang dianalisis dari masing-masing stasiun *trawl* adalah *echogram* yang sesuai dengan jarak *towing* mulai dari posisi *trawl* sampai di dasar sampai dengan posisi *trawl* mulai diangkat (*houlng*). Posisi GPS dan waktu dari posisi awal dan akhir *towing* dicatat. Kedalaman perairan tiap stasiun *trawl* berdasarkan *echogram* diestimasi dari rata-rata kedalaman setiap *ping* akustik dan dikoreksi (ditambah dengan kedalaman permukaan *transducer*) 1 meter. Perbedaan jarak horizontal antara kapal dengan *trawl* diestimasi secara geometrik berdasarkan panjang *warp* dan kedalaman perairan (Wallace dan West 2006) yaitu:

$$(warp^2 - kedalaman^2)^{1/2}$$

Data akustik dianalisis (*scrutinize*) dengan menggunakan *software Echoview* versi 4.8. Nilai TS, Sv, dan NASC diintegrasikan berdasarkan jarak. ESDU (*elementary sampling distance unit*) setiap 100 meter (Mello and Rose 2009).

Ketinggian *Acoustic dead Zone* (ADZ) atau *Backstep Zone* (BSZ) dari dasar laut diestimasi menggunakan persamaan teori yang dikemukakan oleh Ona dan Mitson (1996):

$$DZ_{t,i} = \left( 2404 \times \frac{d_{ek,i} \tan^4 \theta}{\theta^2} \right) + \frac{c\tau}{4}$$

dimana:

$d_{ek,i}$ : rata-rata kedalaman perairan (m) pada ESDU ke-i

$c$  : kecepatan suara = 1545.32 m/s

$\tau$  : durasi pulsa = 0.512 ms

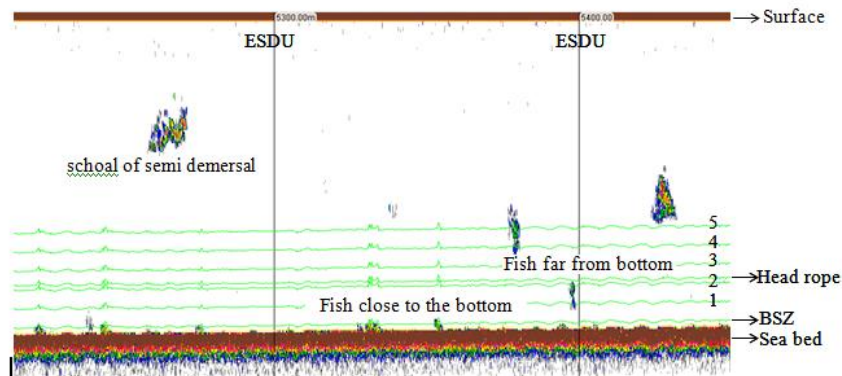
$\theta$  : 3,5°

Penetapan BSZ bertujuan untuk meminimalkan integrasi *echo* dari dasar laut. Batas BSZ (*offset*) dipastikan tidak memotong dasar laut, untuk mendapatkan nilai integrasi yang akurat karena jumlah sekecil apapun integrasi dasar laut dapat meningkatkan *backscatter echo* ikan (Von Szalay *et al.* 2007).

Berdasarkan metode yang dipakai oleh Aglen (1996), data akustik dapat digunakan untuk menduga respon atau reaksi ikan secara vertikal. Oleh karena itu, kolom perairan dalam penelitian ini dibagi menjadi 5 *layer* dengan interval 1 meter. *Layer* pertama dimulai dari kedalaman BSZ sampai 1 meter di atasnya, dan seterusnya (Gambar 2-5). Nilai densitas ikan secara akustik diperoleh dengan mengintegrasikan tiap *layer* dari masing-masing stasiun *trawl* untuk melihat distribusi sebaran ikan relatif terhadap dasar perairan (Mello and Rose 2009).

Analisis regresi digunakan untuk melihat hubungan masing-masing *layer* terhadap densitas hasil tangkapan ikan demersal. Densitas akustik masing-masing *layer* sebagai variabel bebas, sementara hasil tangkapan sebagai variabel tak bebas. Selanjutnya *layer* yang digunakan adalah kolom perairan yang memiliki korelasi signifikan terhadap hasil tangkapan ( $P\text{-value} < 0,05$ ). Korelasi yang signifikan antar kedua variabel menunjukkan bahwa kolom perairan tersebut termasuk dalam area jelajah ikan demersal. Keberadaan ikan sebagai respon gerak vertikal, diestimasi dengan membandingkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) dari masing-masing persamaan regresi tiap *layer* (Von Szalay *et al.*, 2007).

Jumlah ikan pada ADZ diestimasi dengan asumsi bahwa densitas ikan pada zona tersebut adalah sama dan tergantung pada kondisi ikan pada lapisan tipis tepat diatas ADZ-nya, yang mana pada kolom perairan ini memungkinkan untuk dilakukan estimasi densitas ikan secara akustik. Asumsi tersebut mungkin masih konservatif, mengingat densitas ikan demersal diduga dapat menyebar vertikal lebih tinggi lagi dari dasar perairan (Von Szalay *et al.* 2007).



Gambar 2-5: Pembagian kolom perairan dalam pengintegrasian *echo* akustik

Estimasi nilai *Nautical Area Scattering Coefficient* (NASC) pada ADZ masing-masing stasiun, diperoleh dengan mengekstrapolasi nilai  $S_V$  pada kolom perairan di atas ADZ terhadap ketinggian *backstep* (Kloser *et al.* 1996):

$$NASC_i = 10^{S_{vi}/10} \times BSZ_i \times 1852 \times 4\pi$$

Selanjutnya, integrasi data akustik dilakukan pada kolom perairan mulai dari batas *backstep* sampai ketinggian 2,5 meter (estimasi tinggi *headrope* berdasarkan persamaan 3) dari dasar. Ini bertujuan untuk memperoleh densitas ikan demersal yang sinkron dengan tinggi bukaan vertikal *trawl*, sehingga densitas akustik ( $D_A$ ) dan *trawl* ( $D_T$ ) dapat dibandingkan.

Nilai densitas ikan secara akustik diperoleh dengan persamaan MacLennan dan Simmonds (2005) sebagai berikut:

$$TS_i = 10 \log \sigma_{bsi}$$

$$\rho_A = NASC / \sigma_{bs}$$

$$\rho_V = \rho_A \times r$$

dimana:

$TS_i$  : target *strength* ikan ke-i

$\sigma_{bsi}$  : *backscattering crosssection* ikan ke-i

NASC : *nautical area scattering coefficient* ( $m^2/nmi^2$ )

$r$  : tinggi kolom perairan (m)

$\rho_A$  : area densitas ( $n/nmi^2$ )

$\rho_V$  : volume densitas ( $n/m^3$ )

### 2.3.3 Perbandingan Densitas Akustik dan Trawl

Densitas akustik terkoreksi ADZ adalah nilai densitas akustik ( $D_A$ ) dari dasar sampai 2,5 meter (tinggi *headrope*),

yaitu gabungan densitas akustik pada *dead zone* ( $D_{ADZ}$ ) dengan densitas akustik pada *layer* dari *backstep* sampai ketinggian 2,5 meter (Mello and Rose 2009).

Sebelum analisis perbandingan densitas akustik ( $D_A$ ) dan densitas *trawl* ( $D_T$ ), terlebih dahulu dilakukan pengujian korelasi data akustik dan *trawl*. Hubungan antara data *trawl* dan akustik diuji dengan regresi linier, yaitu nilai transformasi-log  $D_A$  dengan nilai transformasi-log  $D_T$ . Transformasi-log data bertujuan agar data terdistribusi normal dan untuk mengurangi pengaruh data pencilon (*outlier*) (Mello and Rose 2009, Von Szalay *et al.* 2007, Hjellvik *et al.* 2003, Doray *et al.* 2010).

Statistik uji-t berpasangan (*paired samples t-test*) digunakan untuk menguji perbedaan antara densitas ikan demersal hasil survei *trawl* ( $D_A$ ) dengan hasil survei akustik ( $D_T$ ) pada setiap data dari stasiun pengambilan contoh, dengan hipotesis berikut:

$H_0$  = penurunan densitas ikan demersal sebelum perlakuan ( $D_A$ ) dengan sesudah perlakuan ( $D_T$ ) tidak signifikan

$H_1$  = penurunan densitas ikan demersal sebelum perlakuan ( $D_A$ ) dengan sesudah perlakuan ( $D_T$ ) signifikan

Uji-t berpasangan digunakan karena pengukuran dua metode yaitu akustik maupun *trawl* dilakukan pada obyek yang sama yaitu ikan demersal. Pengukuran densitas ikan demersal dengan akustik dilakukan sebelum diberi perlakuan lain yaitu pengoperasian *trawl*.

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

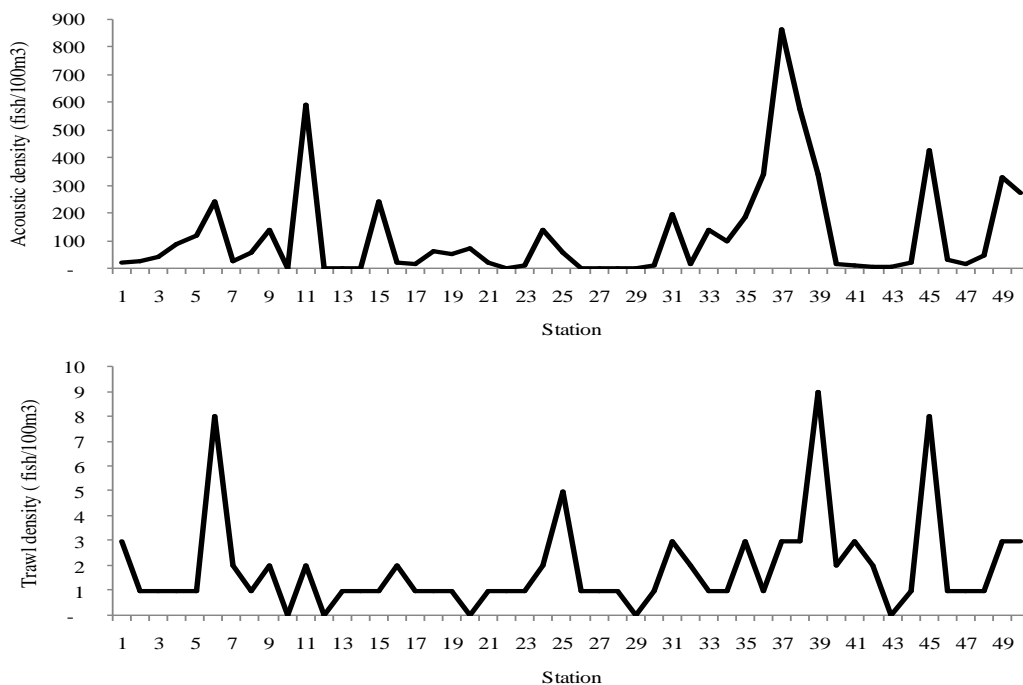
#### 3.1 Densitas Ikan Demersal Hasil Deteksi Hidroakustik dan Trawl

Estimasi densitas ikan demersal hasil deteksi akustik dan *trawl* cenderung berfluktuasi (Gambar 3-1), berkisar antara 1 – 864 ekor per 100 m<sup>3</sup> dengan rata-rata 121 ekor per 100 m<sup>3</sup>. Estimasi densitas ikan melalui hidroakustik ini diduga masih lebih kecil dibandingkan dengan densitas yang sebenarnya di perairan. Hal ini sesuai dengan pendapat Ona and Mitson (1996), yang menyatakan bahwa ikan demersal pada ADZ tidak dapat terdeteksi langsung secara akustik akibat bentuk artefak bim akustik serta pengaruh pantulan dasar laut yang lebih besar dibanding pantulan ikan itu sendiri. Namun demikian, estimasi akustik lebih besar dibandingkan dengan *trawl*.

Pada Gambar 3-1 terlihat jelas perbedaan penyebaran densitas ikan secara spasial untuk setiap transek pengamatan. Dalam hal ini, hasil deteksi *trawl* lebih rendah dibandingkan dengan

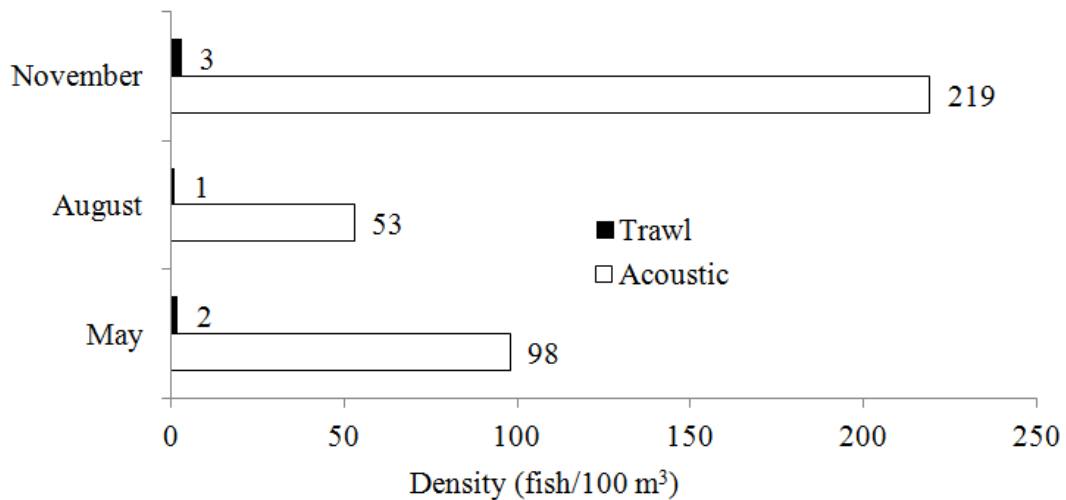
hasil deteksi akustik. Selanjutnya pada Gambar 3-2 disajikan estimasi penyebaran densitas ikan demersal secara *temporal* pada Mei, Agustus dan November. Dalam penyebaran *temporal* ini lebih jelas terlihat pola penyebaran bahwa estimasi densitas ikan hasil deteksi akustik lebih tinggi dibandingkan dengan *trawl* untuk setiap bulan. Densitas ikan terbanyak ditemukan pada November, kemudian menyusul bulan Mei dan Agustus, baik hasil deteksi akustik maupun *trawl*.

Variabilitas hasil pengukuran densitas ikan selama survei akustik akibat siklus harian ikan, sulit untuk diamati secara kuantitatif dari kumpulan data survei tunggal karena sinyal pantulan akustik terutama tergantung pada variabilitas spasial dan atau migrasi horisontal ikan (Fréon *et al.* 1993). Asumsi bahwa segala bias sebagai akibat migrasi harian ikan mungkin dapat diabaikan, sehingga memungkinkan untuk membandingkan  $D_A$  dengan  $D_T$  (Mello and Rose 2009).



Gambar 3-1: Perbandingan densitas ikan demersal secara spasial, hasil deteksi akustik (atas) dan *trawl* (bawah)





Gambar 3-2: Perbandingan rata-rata densitas ikan demersal secara *temporal* hasil deteksi akustik dan *trawl*

Tabel 3-1: PARAMETER REGRESI ANTARA DATA AKUSTIK (X) DENGAN DATA *TRAWL* (Y) UNTUK MASING-MASING *LAYER* RELATIF TERHADAP DASAR PERAIRAN

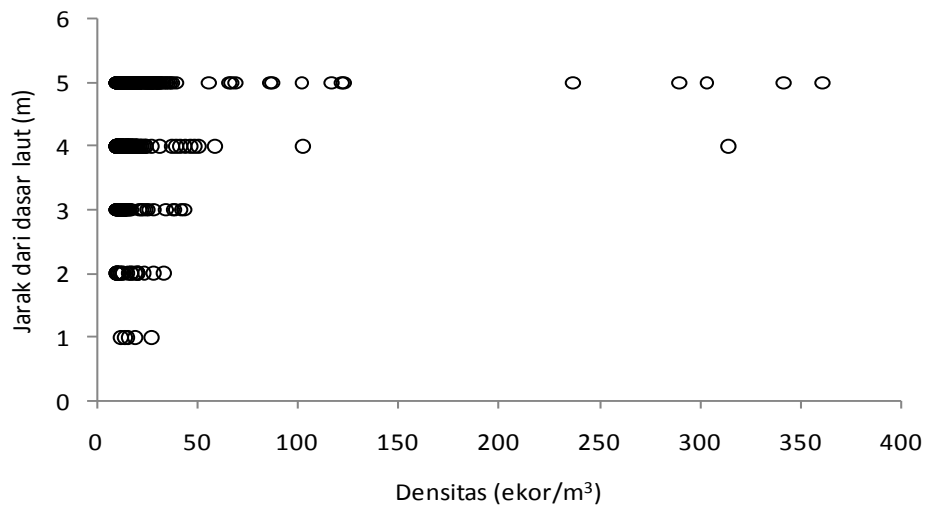
Statistic parameters	Layers (m)						
	0 - 2,5	BSZ - 2,5	BSZ - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5
A	0.30	0.28	0.28	0.28	0.26	0.25	0.23
b	-1.74	-1.65	-1.68	-1.71	-1.73	-1.76	-1.79
R <sup>2</sup>	0.41	0.38	0.33	0.39	0.40	0.40	0.38
P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Integrasi akustik untuk masing-masing *layer* (Tabel 3-1) mulai dari dasar perairan sampai ketinggian lima meter memiliki korelasi yang signifikan ( $P\text{-value} < 0,05$ ) terhadap hasil tangkapan ikan demersal oleh *trawl* dasar yang digunakan. Selain itu hubungan regresi linier dari masing-masing *layer* mulai dari dasar laut sampai ketinggian lima meter terhadap hasil tangkapan memiliki nilai koefisien regresi (a dan b) yang relatif sama. Ini berarti masing-masing *layer* memiliki korelasi yang sama terhadap hasil tangkapan. Nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) untuk masing-masing *layer* juga cenderung konstan.

Berdasarkan adanya korelasi tersebut serta hasil pengamatan akustik, sekaligus mengindikasikan bahwa ikan demersal di lokasi penelitian terdistribusi sampai kedalaman lima meter dari dasar laut (Gambar 3-3). Oleh karena itu, nilai *Nautical Area Scattering*

*Coefficient* (NASC) pada *dead zone* akustik (ADZ) diperoleh dengan mengekstrapolasi nilai *volume backscattering strength* ( $s_v$ ) pada lapisan lima meter di atas ADZ terhadap ketinggian ADZ (atau *backstep zone*, BSZ) untuk masing-masing stasiun *trawl* (Kloser et al. 1996).

Selama survei akustik-*trawl* dilakukan di perairan Tarakan, ikan demersal dapat terdistribusi secara vertikal sampai kedalaman lima meter dari dasar perairan. Oleh karena sifat distribusi tersebut, ikan demersal senantiasa berada pada kolom atau jalur sapuan *trawl* yang digunakan selama penelitian. Dengan asumsi segala bias akibat migrasi harian mungkin dapat diabaikan, sehingga dengan kondisi tersebut memungkinkan untuk membandingkan densitas ikan demersal hasil *trawl* ( $D_T$ ) dengan akustik ( $D_A$ ) (Mello and Rose 2009).



Gambar 3-3: Distribusi vertikal densitas ikan demersal ( $n/m^3$ ) terhadap dasar perairan pada waktu pengoperasian *trawl* selama penelitian

Selama survei akustik-*trawl* dilakukan di perairan Tarakan, ikan demersal dapat terdistribusi secara vertikal sampai kedalaman lima meter dari dasar perairan. Oleh karena sifat distribusi tersebut, ikan demersal senantiasa berada pada kolom atau jalur sapuan *trawl* yang digunakan selama penelitian. Dengan asumsi segala bias akibat migrasi harian mungkin dapat diabaikan, sehingga dengan kondisi tersebut memungkinkan untuk membandingkan densitas ikan demersal hasil *trawl* ( $D_T$ ) dengan akusik ( $D_A$ ) (Mello and Rose 2009).

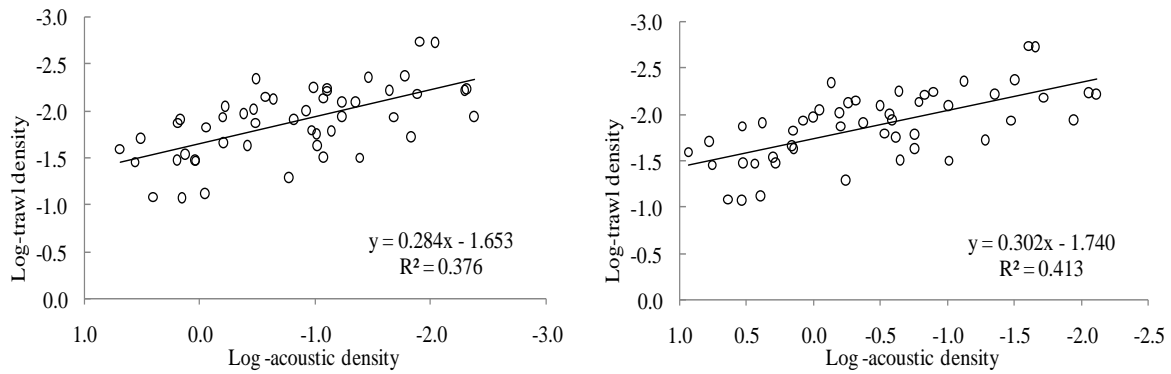
Koreksi *dead zone* data akustik dilakukan untuk menguji apakah terdapat peningkatan secara substansi korelasi data akustik terhadap data *trawl*. Hasilnya menunjukkan bahwa korelasi antara data akustik dan *trawl* secara substansi tidak mengalami peningkatan yang signifikan dengan dilakukannya koreksi terhadap ikan pada *dead zone* akustik (ADZ) yang tidak dapat terdeteksi secara akustik.

Rendahnya kontribusi densitas ikan demersal yang berada pada ADZ disebabkan karena dasar perairan pada setiap stasiun *trawl* di lokasi penelitian hampir rata, meskipun ada perubahan kontur kedalaman namun dengan gradien yang sangat kecil. Sehingga dapat meminimalkan ketebalan lapisan

ADZ (*backstep zone*, BSZ), dimana rata-rata BSZ sekitar 25 cm.

Pada lapisan ADZ yang relatif tipis tersebut tidak ada jenis biota yang perlu dipertimbangkan dalam perhitungan nilai densitas ikan pada ADZ. Berdasarkan komposisi jenis hasil tangkapan, biota pada lapisan ADZ kurang berkontribusi terhadap nilai *acousticbackscatter* karena tidak memiliki gelembung renang seperti ikan sebelah, udang, dan sebagian besar invertebrata (Von Szalay *et al.* 2007). Selain itu biota pada ADZ tersebut tidak cukup melimpah untuk setiap stasiun *trawl*.

Perbandingan densitas ikan demersal hasil akustik ( $D_A$ ) yang telah dikoreksi oleh densitas pada ADZ dengan  $D_A$  yang tidak dikoreksi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari koreksi ADZ. Gambar 3-4 menunjukkan korelasi antara densitas akustik (yang belum dikoreksi ADZ) dengan densitas *trawl*, dan korelasi antara densitas akustik (yang sudah dikoreksi ADZ) dengan densitas *trawl*. Pada kedua kurva terlihat bahwa koefisien determinasi  $R^2$  memiliki nilai yang hampir sama, dan koreksi ADZ terhadap densitas akustik hanya meningkatkan  $R^2$  sebesar 3% saja.



Gambar 3-4: Kurva regresi linier antara nilai log densitas *trawl* dengan log-densitas akustik terkoreksi *dead zone* (kiri) dan log-densitas akustik tidak terkoreksi *dead zone* (kanan)

Rendahnya korelasi antara data akustik dan *trawl* hasil penelitian ini kiranya dapat dijustifikasi oleh hasil penelitian lain yang serupa. Penelitian Von Szalay *et al.* (2007) di Laut Bering menyebutkan bahwa korelasi data akustik-*trawl* cukup baik ( $r^2=0,62$ ) untuk ikan walleyepollock, dengan korelasi tertinggi diperoleh pada ketebalan *layer* 2,4 meter dari dasar laut (tinggi *headrope*). Korelasi semakin meningkat dengan bertambahnya ketinggian di atas *headrope* meskipun kenaikannya tidak terlalu signifikan. Sementara hampir tidak ada korelasi ( $r^2=0,02$ ) data akustik-*trawl* untuk jenis ikan Pacificcod.

Penelitian Hjellvik *et al.* (2007) di Laut Barents memperoleh hasil untuk ikan *haddock* dan *cod* nilai  $r^2$  mulai dari hampir tidak ada korelasi (0,01) menjadi 0,53. Nilai tertinggi diperoleh dalam 2 tahun terakhir dari 6 tahun dilakukannya penelitian terhadap *species* yang sama. Beare *et al.* (2004) bahkan memperoleh nilai korelasi yang lebih rendah untuk ikan *haddock* dan *saithe* (*Pollachius virens*) di Laut Utara ( $r^2=0,06-0,12$ ), di Laut Barents lebih tinggi ( $r^2=0,30-0,64$ ).

Aglen (1996) memperoleh korelasi yang rendah untuk ikan *haddock*, *cod*, dan *saithe* ( $r^2=0,05-0,45$ ) pada kolom perairan dari dasar laut sampai tinggi *headrope*, namun nilai korelasi lebih tinggi untuk integrasi dari tinggi *headrope* sampai ketinggian 10-30 meter

( $r^2=0,11-0,86$ ). Nilai korelasi yang lebih tinggi juga diperoleh dari beberapa penelitian lainnya yaitu 0,40 untuk ikan *cod* dan 0,64 untuk ikan *haddock* di Laut Barents (Godø *et al.* 2004). Pada suatu komunitas di Laut Barents yang jenisnya didominasi oleh *cod* dan *haddock*, diperoleh nilai korelasi akustik-*trawl* sebesar 0,62 (Ona *et al.*, 1991), dan 0,69 untuk *rockfishes* di Teluk Alaska (Krieger *et al.* 2001).

### 3.2 Perbandingan Densitas Akustik dan Trawl

Nilai tengah densitas ikan demersal hasil deteksi akustik ( $D_A$ ) adalah 121 ekor per 100  $m^3$ , dan densitas hasil *trawl* ( $D_T$ ) hanya 2 ekor per 100  $m^3$  (Tabel 3-2). Hasil uji-t berpasangan pada selang kepercayaan 95% terhadap  $D_A$  dan  $D_T$  menunjukkan bahwa nilai  $t_{hitung}$  (4,63)  $> t_{0,05/2}$  (2,01) dan signifikansi ( $p-value < 0,05$ ), sehingga keputusan dari hipotesis  $H_0$  ditolak. Jadi penurunan densitas ikan demersal hasil *trawl* terhadap hasil akustik adalah signifikan. Perbedaan nilai rata-rata  $D_A$  dengan  $D_T$  adalah 199 ekor per 100  $m^3$ . Perbedaan yang signifikan ini menunjukkan bahwa ikan yang terdeteksi akustik hanya dapat tertangkap dengan *trawl* sekitar 2%.

Berdasarkan perbandingan secara langsung antara densitas akustik ( $D_A$ ) dan *trawl* ( $D_T$ ), uji statistik menunjukkan terdapat perbedaan yang cukup signifikan dari hasil kedua metode tersebut. Perbedaan antara  $D_A$  dan  $D_T$

tersebut tidak lepas dari beberapa asumsi, mengingat begitu kompleksnya komponen-komponen dalam suatu sistem integrasi kedua metode akustik-*trawl*. Perbedaan  $D_A$  dan  $D_T$  yang cukup signifikan pada setiap stasiun *trawl*-akustik tersebut menunjukkan bahwa pada pengoperasian *trawl* dasar, ikan demersal yang berada pada jalur sapuan tidak tertangkap semuanya oleh jaring *trawl* tersebut. Hal ini disebabkan adanya respon ikan untuk menghindari dari cakupan bukaan mulut *trawl* dan atau ikan berada pada area *dead zone trawl*.

### 3.3 Faktor yang Mempengaruhi Perbedaan Estimasi Densitas Akustik-Trawl

Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran densitas ikan demersal dari integrasi kedua metode akustik dan *trawl*. Pertama, arah arus dasar perairan yang kadang tidak sejajar dengan arah *towing*, sehingga posisi jaring *trawl* ada kalanya tidak tepat dibelakang kapal (Engas *et al.* 2000). Kedua, ketika ikan demersal berada pada ADZ atau sangat dekat dengan dasar laut, jaring *trawl* dapat menangkap ikan tetapi yang *echosounder* tidak dapat mendeteksinya karena pengaruh pantulan *echo* dasar laut yang sangat kuat dan bersatu dengan *echo* dari ikan tersebut. Hal ini tidak akan menjadi masalah jika proporsi populasi ikan di ADZ bervariasi secara spasial maupun temporal (Von Szalay *et al.* 2007). Ketiga, dimungkinkan ketidaktepatan dalam penggunaan asumsi dalam mengoreksi densitas pada ADZ, bahwa densitas ikan pada sedikit kolom

perairan tepat di atas ADZ sama dengan densitas ikan di ADZ itu sendiri. Faktanya bahwa hasil penelitian tidak menunjukkan peningkatan yang substansial terhadap korelasi antara *trawl* dan data akustik ketika mengoreksi ikan di ADZ. Keempat, adalah faktor yang paling mendasar bagi integrasi kedua metode di perairan tropis yang memiliki multispecies. Sejatinya, *echo*traces (bentuk dan warna *echo* akustik) dan *target strength* (TS) ikan tunggal dapat digunakan untuk memisahkan nilai Sv dari *species* target terhadap *species* lainnya maupun dasar laut. Namun nyatanya, sulit untuk memisahkan nilai Sv antar *species* (Hjellvik *et al.* 2007). Terlebih bagi perikanan demersal yang multi *spesies* dan tercampur dengan komposisi jenis yang sama sepanjang waktu. Dalam kasus tersebut, proporsi bobot hasil tangkapan yang dominan antar ikan demersal digunakan untuk memisahkan nilai SA. Oleh karena itu, tidak semua hasil estimasi densitas akustik dan *trawl* saling bebas satu sama lain.

Perbedaan yang cukup signifikan antara densitas akustik ( $D_A$ ) dan densitas *trawl* ( $D_T$ ) menunjukkan bahwa ikan demersal yang berada pada jalur sapuan banyak yang tidak tertangkap oleh *trawl* yang digunakan. Bahwa ada ruang atau faktor yang menyebabkan ikan tidak dapat tertangkap oleh jaring *trawl* dasar yang beroperasi di perairan Tarakan. Berdasarkan perbedaan nilai rata-rata densitas dari kedua metode, menunjukkan bahwa jumlah ikan demersal yang tidak tertangkap oleh *trawl* volumenya cukup besar.

Tabel 3-2: STATISTIK UJI-T ANTARA DENSITAS AKUSTIK DAN TRAWL

	Number of station	Mean	Sig	t-stat	dB	$t_{0.05/2}$
$D_A$	50	121				
$D_T$	50	2				
<i>Different</i>	50	199	0.00	4.68	49	2.01

Pada suatu sistem *trawl*, bekerja gaya-gaya yang sangat kompleks dan saling berhubungan antar komponen mulai dari kapal sampai *codend*. Gaya tarik kapal bergerak pada *warp*, beban kerja yang diterima kapal kadangkala menyebabkan gerak kapal yang tidak stabil, demikian pula kapal sendiri terkena oleh gaya-gaya luar (arus, angin, gelombang). Selama *towing* mulut jaring diharapkan terbuka maksimal serta bergerak horizontal pada dasar ataupun pada suatu *depth* tertentu. Gaya tarik yang berubah-ubah, *resistance* yang berubah-ubah dan lain sebagainya, menyebabkan jaring naik turun ataupun bergerak ke kanan dan ke kiri. Selain itu, *warp* terlalu pendek pada kecepatan lebih besar dari batas tertentu akan menyebabkan jaring bergerak naik ke atas (tidak mencapai dasar), *warp* terlalu panjang dengan kecepatan di bawah batas tertentu akan menyebabkan jaring mengeruk lumpur.

Berbagai reaksi ikan terhadap kapal atau *trawl* dapat mengganggu distribusi ikan dalam skala lokal. Respon ikan terhadap kedua sumber suara tersebut dimungkinkan sebagai variabel fungsi lingkungan (Michalsen *et al.* 1996). Telah lama diketahui bahwa ikan dapat menghindari kapal yang mendekat akibat suara (*noise*) yang merambat pada kolom air sebagai stimulus utama. Tingkah laku penghindaran ikan tersebut merupakan salah satu sumber bias dalam survei perikanan. Reaksi ikan terhadap kapal yang mendekati merupakan suatu variabel dan sulit untuk diprediksi (De Robertis *et al.* 2012).

Di dalam suatu sistem *trawl* dasar, proses dimana ikan memasuki dan tertahan di dalam jaring, melibatkan rangkaian yang kompleks dari tingkah laku ikan dalam merespon kapal dan berbagai komponen alat tangkap *trawl*. Proses penangkapan ikan dimulai dari atas kapal, di mana ikan awalnya mendeteksi dan merespon suara berfrekuensi rendah yang dihasilkan

oleh kapal, *warp*, *otter board*, dan jaring *trawl*. Kombinasi dari suara tersebut menghasilkan pancaran suara bawah air dengan ciri yang sangat spesifik untuk setiap kapal dan operasi *trawl* (Winger *et al.* 2010).

Ona dan Godo (1990) menyatakan bahwa awal reaksi penghindaran ikan terhadap kapal teramati pada kedalaman kurang dari 200 m. Sementara pada kedalaman lebih dari itu, reaksi tidak signifikan. Suara kapal selama *towing* dapat menyebabkan reaksi penghindaran pada ikan demersal. Selain itu kavitasi *propeller* adalah sumber utama *noise* yang menyebabkan gerakan horizontal dan vertikal ikan di depan *trawl* tersebut. Penghindaran terhadap kapal *trawl* akan mempengaruhi selektivitasnya secara substansi, terutama pada kondisi sumberdaya ikan merupakan spesies tercampur dan berbagai kelas ukuran dengan kapasitas renang dan tingkah laku yang berbeda.

#### 4 KESIMPULAN

Estimasi densitas ikan demersal dengan metode *swept area* belum proporsional terhadap kondisi sumberdaya yang terdeteksi secara langsung dengan menggunakan akustik di perairan Tarakan. Densitas ikan demersal hasil pengamatan akustik berbeda nyata dengan hasil tangkapan *trawl*.

Faktor utama yang berpengaruh terhadap perbedaan estimasi densitas ikan antara metode *swept area* dan *remote sensing* adalah kemampuan tangkap (*catchability factor*) dari *trawl*, tingkah laku ikan menghindar dari cakupan *trawl*, dan keberadaan ikan pada area *dead zone trawl*.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Balai Penelitian Perikanan Laut Jakarta (BPPL) yang telah memfasilitasi penelitian ini, khususnya kepada tim survei demersal BPPL yang telah membantu selama proses pengumpulan data di lapangan. Juga kepada evaluator

yang telah banyak memberikan saran dan masukan dalam penyempurnaan tulisan ini.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Aglen A., 1996. *Impact of Fish Distribution and Species Composition on the Relationship Between Acoustic and Swept-Area Estimates of Fish Density*, ICES J. Mar. Sci. 53:501-505.
- Beare DJ, Reid DG, Greig T, Bez N, Hjellvik V, Godø OR, Bouleau M, van der Kooij J, Neville S, Mackinson S., 2004. *Positive Relationships Between Bottom Trawl and Acoustic Data*, ICES CM. 24:1-15.
- BezN, ReidD, Neville S, Verin Y, HjellvikV, Gerritsen HD., 2007. *Acoustic Data Collected During and Between Bottom Trawl Stations: Consistency and Common Trends*, Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 64(1):166-180.
- De Robertis A, Handegard NO., 2012. *Fish Avoidance of Research Vessels and the Efficacy of Noise-Reduced Vessels: a Review*. ICES Journal of Marine Science. doi: 10.1093/icesjms/fss155.
- Doray M, Mahevas S, TrenkelVM, 2010. *Estimating Gear Efficiency in a Combined Acoustic and Trawl Survey, With Reference to the Spatial Distribution of Demersal Fish*, ICES Journal of Marine Science. 67:668-676.
- Engas A, Godø OR, Jørgensen T., 2000. *A Comparison Between Vessel and Trawl Tracks as Observed by the ITI Trawl Instrumentation*, Fish, Res. 45, 297-301.
- FAO, 1990. *Petunjuk Praktis bagi Nelayan*, Alih bahasa: Prodo, J. dan Dremiere, P.Y. Edisi ke-2, Balai Pengembangan Penangkapan Ikan, 1996, Semarang.
- Fréon P, Soria M, Mullon C, Gerlotto F., 1993. *Diurnal Variation in Fish Density Estimate During Acoustic Surveys in Relation to Spatial Distribution and Avoidance Reaction*, Aquat, Living Resour, 6:221-234.
- Godø OR, Hjellvik V, Greig T, Beare D., 2004. *Can Subjective Evaluation of Echograms Improve Correlation Between Bottom Trawl and Acoustic Densities?* ICES CM, 23:1-11.
- Hjellvik V, Michalsen K, Aglen A, Nakken O., 2003. *An Attempt at Estimating the Effective Fishing Height of the Bottom Trawl using Acoustic Survey Recordings*, ICES Journal of Marine Science, 60:967-979.
- Hjellvik V, Tjøstheim D, Godø OR., 2007. *Can the Precision of Bottom Trawl Indices be Increased by using Simultaneously Collected Acoustic Data? the Barents Sea Experience*, Canadian Journal Fish Aquatic Science, 64:1390-1402.
- Kloser RJ, Koslow JA, Williams A., 1996. *Acoustic Assessment of the Biomass of a Spawning Aggregation of Orange Roughy (Hoplostethus atlanticus, Collet) off South-eastern Australia, 1990-93*, Marine and Freshwater Research. 47:1015-24.
- Krieger K, Heifetz J, Ito D., 2001. *Rockfish Assessed Acoustically And Compared To Bottom-Trawl Catch Rates*, Alaska Fishery Research Bulletin, 8(1):71-77.
- MacLennan DN, Simmonds EJ., 2005. *Fisheries Acoustics*, London, Chapman & Hall.
- McQuinn IH, Simard Y, Stroud TWF, Beaulieu JL, Walsh SJ., 2005. *An Adaptive, Integrated "Acoustic-Trawl" Survey Design for Atlantic Cod (Gadus Morhua) with Estimation of the Acoustic and Trawl Dead Zones*, ICES Journal of Marine Science. 62:93-106.
- Mello LGS, Rose GA., 2009. *The Acoustic Dead Zone: Theoretical Vs Empirical Estimates, and its Effect on Density Measurements of Semi-Demersal Fish*, ICES Journal of Marine Science, 66:1364-1369.
- Michalsen K, Godø OR, Ferno A., 1996. *Diel Variation in the Catchability of Gadoids and its Influence on the Reliability of Abundance Estimates*, ICES J. Mar. Sci. 53:389-395.
- Mustofa MA., 2004. *Pendugaan Nilai dan Distribusi Spasial Densitas Ikan dengan Sistem Akustik Bim Terbagi (Split Beam Acoustic System) di Laut Arafura pada*

- Bulan Oktober 2003 [skripsi]*, Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Ona E, Godo OR., 1990. *Fish reaction to trawling noise: the significance for trawlsampling*, Rapp. P.v. Riun. Cons. int. Explor. Mer. 189:159-166.
- Ona E, Mitson RB., 1996. *Acoustic Sampling and Signal Processing Near the Seabed: the Dead Zone Revisited*, ICES Journal of Marine Science, 53:677-690.
- Ona E, Pennington M, Vølstad JH., 1991. *Using Acoustics to Improve the Precision of Bottom-Trawl Indices of Abundance*, ICES C.M, 13:11p.
- Pauly D, Martosubroto P, Saeger J., 1996. *The Mutiara 4 Surveys in the Java and South China Seas, November 1974 to July 1976*, Pauly D, Martosubroto P, editor, Terjemahan dari *The Fish Resources of Western Indonesia*. DGF-T2-ICLARM. 47-54.
- Shevelev MS, Mamylov VS, Ratushny SV, Gavrilov EN, 1998. *Technique of Russian Bottom Trawl and Acoustic Surveys of the Barents Sea and How to Improve Them*, NAFO Scientific Council Studies, 31:13-19.
- Tampubolon GP dan Monintja DR, 1995. *Pendugaan Stok Ikan Demersal dengan Metode Swept Area*, Cruise Sandipati Bahari, 12p.
- von Szalay PG, Somerton DA, Kotwicki S., 2007. *Correlating Trawl and Acoustic Data in the Eastern Bering Sea: A First Step Toward Improving Biomass Estimates of Walleye Pollock (Theragra chalcogramma) and Pacific cod (Gadus macrocephalus)?*. Fisheries Research, 86:77-83.
- Wallace JR, West CW, 2006. *Measurements of Distance Fished During the Trawl Retrieval Period*, Fisheries Research, 77:285-292.
- Winger PD, Eayrs S, Glass CW, 2010. *Fish Behavior near Bottom Trawls* (Chapter 4), Part Two: Fish Behavior near Fishing Gears during Capture Processes, Behavior of Marine Fishes Capture Processes and Conservation Challenges. Blackwell Publishing Ltd. 67-104pp.

