

STUDI AKUSTIK UNTUK PENENTUAN KIBASAN EKOR MADIDIHANG (*Thunnus albacares*)

Agus Cahyadi

Peneliti pada Pusat Riset Teknologi Kelautan, Ancol-Jakarta

Teregistrasi I tanggal: 8 Mei 2009; Diterima setelah perbaikan tanggal: 12 Agustus 2009;

Disetujui terbit tanggal: 23 Oktober 2009

ABSTRAK

Ikan madidihang (*Thunnus albacares*) merupakan salah satu jenis tuna penjelajah yang pada umur tertentu mendiami perairan di bawah *thermocline*. Penelitian laju renang ikan madidihang sudah banyak diketahui, namun teknologi akustik secara detail melalui pendekatan morfologi ikan belum banyak dilakukan. Teknologi akustik melalui modifikasi perubahan fase akustik adalah menentukan perbedaan waktu tunda (*delay*) yang terjadi pada sasaran yang bergerak secara fluktuatif baik berada pada posisinya maupun instrumen pembangkit fase yang mengitari sasaran tersebut. Perubahan fase akustik dapat menganalisis ikan madidihang dari sinyal yang dipantulkan oleh instrumen pembangkit fase dari gerakan morfologi ekor yang direpresentasikan sebagai kibasan ekor. Hasil penelitian menunjukkan satu kali kibasan menghasilkan periode 0,5 ms dengan intensitas kibasan ekor tertinggi 7,6 dB dan terendah 3 dB. Nilai pantulan dari perubahan fase akustik kibasan ekor dalam satuan intensitas merepresentasikan gaya dorong yang mempengaruhi laju renang ikan.

KATAKUNCI: akustik, madidihang, kibasan ekor

ABSTRACT: *Acoustic study on determining tail beats of yellowfin tuna. By: Agus Cahyadi*

*The yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) is a migratory fish inhabiting seawater below thermocline layer during young stages. Research on swimming speed of yellowfin tuna has been known using method of difference approach. This research is focused on acoustic phase shifted modification to determine delay difference which occurs at moving target. The target was yellowfin tuna which analyzed from its lateral aspect when it was stationary as well as surrounding the cage. So the fish was recorded by acoustic phase shifted from the tail part named tail beat. It represented from its delay time different which happened on the target moving fluctuated in its position and phase generated instrument position which moving surrounding the target. The result shows that one times of tail beat has 0.5 period and intensity value divided into high intensity of 7.6 dB and low intensity of 3 dB. Reflected value from acoustic phase shifted of tail beat within intensity represented as force that influencing to the fish swimming speed.*

KEYWORDS: *acoustic, yellowfin tuna, tail beat*

PENDAHULUAN

Mengetahui laju renang ikan madidihang merupakan hal terpenting yang mana faktor yang mempengaruhinya adalah suhu, DO, CO₂, salinitas, *preexercise*, *prehistory*, *handling*, dan *maturity*. Berdasarkan pada suhu, ikan madidihang merupakan salah satu ikan pelagis yang mempunyai kulit terluar sangat tipis sehingga relung ikan ini dipengaruhi oleh suhu lingkungan (Blaxter, 1980). Selain itu juga ikan ini rentan terhadap kematian ketika terjadi proses penanganan di atas kapal atau di dalam *sea ranching* (budi daya laut). Pada umumnya ikan ini terkonsentrasi pada suhu air antara 28,48-31,16°C sepanjang tahun di perairan Indonesia bagian timur (Waas & Indrajaya, 2004). Derajat kemasaman pH air yang disyaratkan adalah pada rentang 6-7 (netral). *Dissolved oxygen* dan salinitasnya mempunyai

rentang antara 7,02-8,0 mg/L (93%) dan 34,0-34,5‰. Fenomena *thermal front*, *divergen*, *convergen*, dan *boundary current* berperan penting dalam menentukan sirkulasi nutrisi dan oksigen di sekitar daerah penangkapan ikan.

Penelitian ini menghitung laju renang ikan madidihang melalui proses *handling* yaitu mengkondisikan ikan melalui tahapan tertentu. Berdasarkan pada hasil perlakuan ikan madidihang di dalam bak yang sudah dilakukan oleh Balai Riset Perikanan Laut-Badan Riset Kelautan dan Perikanan (Anonimus, 2002), mengindikasikan bahwa apabila dalam satu bak atau tempat yang diberi sekat terdapat 5 ekor ikan madidihang, maka arah renang ikan akan saling berlawanan sehingga mengakibatkan saling bertubrukan dan akhirnya mati. Untuk itu jumlah ikan dalam satu grup kecil harus berjumlah tiga ekor

sehingga arah renang akan searah. Salah satu penyebabnya adalah membedakan terang maupun gelap suatu obyek yang berada di depannya. Menurut Nakamura (1968), ketajaman penglihatan ikan berbanding lurus dengan nilai iluminasinya. Semakin terang iluminasinya maka ketajaman penglihatan ikan semakin tajam. Nilai ketajaman maksimum ikan madidihang 0,274 dan sudut pandang penglihatan minimum (a) ikan ini 3,65 radian. Ikan madidihang yang mempunyai panjang tubuh rata-rata 60 cm dan bobot rata-rata 3,5 kg digolongkan ke dalam *baby madidihang* (He, 1986). Ukuran bobot ikan tersebut merupakan kondisi ideal untuk mengetahui keberadaan ikan madidihang sebelum alat reproduksinya berfungsi (*maturity*). Kematangan alat reproduksi ikan madidihang akan berfungsi ketika bobot badannya mencapai 5,5-6,5 kg.

Perhitungan laju renang ikan ini didasarkan pada seberapa mampu ikan dapat melewati panjang tubuhnya dalam waktu satu detik. Menghitung laju renang maksimum untuk ikan ini secara tunggal 30 BL/s (He, 1986). Sedangkan laju renang ikan pada kondisi sekawanan (*schooling*) mempunyai nilai pada rentang 0,5-10 BL/s. Ketentuan dalam sekawanan ikan pun diperhatikan terkait dengan pengaruh antar sesama ikan madidihang.

Selama ini pendekatan teknologi akustik untuk menghitung laju renang ikan belum banyak diteliti oleh lembaga penelitian perikanan, baik di luar maupun dalam negeri. Akustik perubahan fase merupakan teknologi yang memodifikasi peralatan sistem komunikasi yang diintegrasikan dengan sistem akustik *dual beam* sehingga menghasilkan teknologi pendeteksi perubahan fase akustik (Diponegoro, 2006). Tujuan penelitian ini adalah menghitung pantulan akustik dari kibasan ekor dengan menggunakan teknologi akustik perubahan fase.

BAHAN DAN METODE

Lokasi, Waktu, dan Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan di perairan Bacan, Maluku Utara pada bulan Nopember-Desember tahun 2008. Analisis data dilakukan pada bulan Januari 2009. Jumlah ikan madidihang yang mampu bertahan hidup selama dua bulan di karamba apung yang dirancang khusus untuk diteliti laju renangnya ditunjukkan pada Tabel 1.

Karamba ikan madidihang dirancang khusus untuk menyimpan ikan tersebut dari hasil penangkapan di laut dengan menggunakan *pole and line* (huhate) di perairan Bacan, Maluku Utara. Rancangan percobaan ini menggunakan karamba bersekat (*cage compartment*) (Blaxter, 1969) berbentuk persegi panjang yang dipisahkan oleh bahan peredam *noise* berupa busa selebar batas pertemuan dua kolam. Instrumen pembangkit fase ditempatkan 4 m berlawanan dengan 6 ekor ikan madidihang dengan ukuran panjang badan rata-rata 46,5 cm (Gambar 1).

Metode Pengumpulan Data dan Analisis

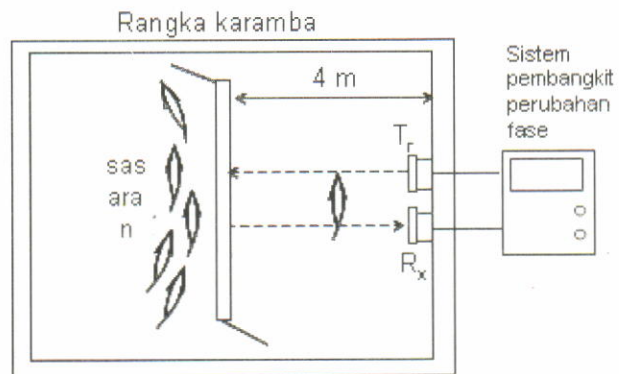
a. Akuisisi pengambilan contoh akustik

Tranduser dengan frekuensi 200 kHz dihubungkan pada instrumen sistem pembangkit modulasi fase (Diponegoro, 2006) melalui kabel penghubung yang dicelupkan ke dalam air. Proses *upload* data perekaman diintegrasikan dengan *personal computer* yang dianalisis dengan menggunakan software CoolEditPro-Syntrillium Versi 2.2 Ltd tahun 2002 (Liu et al., 2002).

Lebar sapuan (*beamwidth*) adalah 120° dan sudut pengaturan posisi tranduser terhadap ikan 90°.

Tabel 1. Jumlah ikan madidihang yang mampu bertahan selama dua bulan di dalam karamba
Table 1. Number of survived yellowfin tuna during two months in the cage

Hari ke- /Days-	Jumlah ikan/numbers of fish (ekor)	Bulan ke- /months-	Hari ke- /Days-	Jumlah ikan/numbers of fish (ekor)	Bulan ke- /months-
1	35	Nopember	35	12	Desember
5	30		40	12	
10	26		45	10	
20	19		50	8	
25	15		55	6	
30	14		60	6	



Gambar 1. a. ikan madidihang dan b. akuisisi data perubahan fase akustik ikan madidihang sirip kuning.
 Figure 1. a. yellow fin tuna and b. data acquisition of acoustic shifted phase for yellowfin tuna.

Prosedur ini merupakan metode untuk memperoleh data pengukuran akustik perubahan fase lebih detail dan akurat. Video bawah air sebagai alat perekam obyek bergerak digunakan untuk memastikan pola renang ikan madidihang dengan posisi tegak lurus terhadap bim transduser (*beam sight*) dalam format VGA (dijital) (1024x728) dan 16 byte.

b. Sasaran akustik pada kibasan ekor

Sasaran akustik adalah ikan madidihang yang pancaran bim akustiknya diarahkan ke bagian kibasan ekor. Dalam karamba, ikan madidihang secara tunggal direkam dengan instrumen pembangkit fase satu per satu dan perhitungan sinyal akustik perubahan fasenya didasarkan pada formulasi yang dikembangkan oleh Diponegoro (2006) berikut ini:

$$\varphi(t) = C_1 l(t) + C_2 \dots\dots\dots (1)$$

di mana:

- $f(t)$ = perubahan fase akustik yang dipantulkan, dengan jenis gelombangnya *continues wave*
- $l(t)$ = perubahan simpangan sasaran pantulan yang besarnya tergantung dari morfologi, di mana C adalah laju suara di dalam kolam air laut (1.450 m/s)

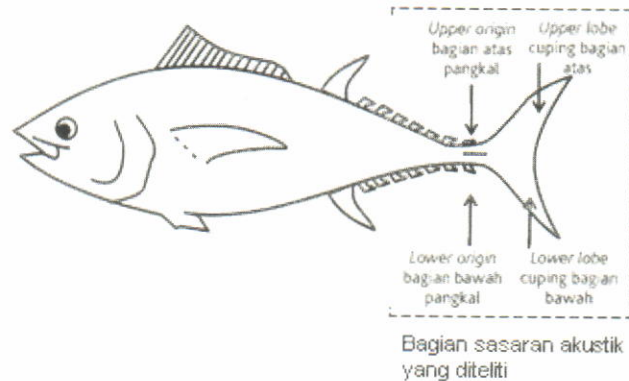
HASIL DAN BAHASAN

Ikan madidihang mengalami tahapan tertentu sebelum dimasukkan ke dalam karamba sehingga perekaman kibasan ekor untuk menentukan laju renang ikan dapat dilakukan. Hal ini untuk menghindari gejala *shock movement* atau pergerakan tiba-tiba yang dapat mengganggu instrumen

pendeteksi akustik perubahan fase yang diatur sebelumnya. Setelah mengalami proses adaptasi secara fisiologis di dalam karamba selama dua bulan, enam ekor ikan madidihang tersebut membentuk pola renang secara *schooling* dan tahapan selanjutnya adalah proses perekaman dimulai.

Meskipun pergerakan ikan madidihang tidak selamanya bergerak normal tetapi dengan pengaturan *beamwidth* dan sudut, beberapa distorsi dapat dieliminir dengan mudah. Hasil pengamatan secara visual terhadap pergerakan ikan madidihang secara alami menunjukkan bahwa ikan ini aktif mengitari karamba. Gerakan renang ikan madidihang secara normal yang diamati dalam penelitian ini didasarkan pada pertimbangan tidak memburu mangsa atau makanan, melainkan melakukan orientasi renang sebagaimana ikan ini berenang di laut bebas. Pola renang ini ditunjukkan dari tingkah laku ikan madidihang yang mengitari sekeliling dinding karamba tidak dalam keadaan ada gangguan dari luar seperti manusia atau pemberian makanan ke dalam kolam. Melalui pemantauan dengan video bawah air, aktivasi pemancaran akustik perubahan fase dilakukan dengan memonitor pada layar komputer.

Konversi data perekaman video secara otomatis dilakukan dalam format *.mpeg. (Gambar 2). Data perubahan fase akustik untuk ikan madidihang tunggal yang terekam oleh transduser memperlihatkan terbentuk pola spektrogram yang unik. Keunikan ini diperlihatkan oleh gerakan sinkronisasi antara badan dan di bagian ekor. Meskipun bagian ekor merupakan fungsi utama pengendali gerak, namun sirip bagian samping kanan dan kiri juga merupakan bagian yang tidak terpisahkan.



Gambar 2. Identifikasi kibasan ekor sebagai sasaran akustik.
Figure 2. Tail beats identification as acoustic target.



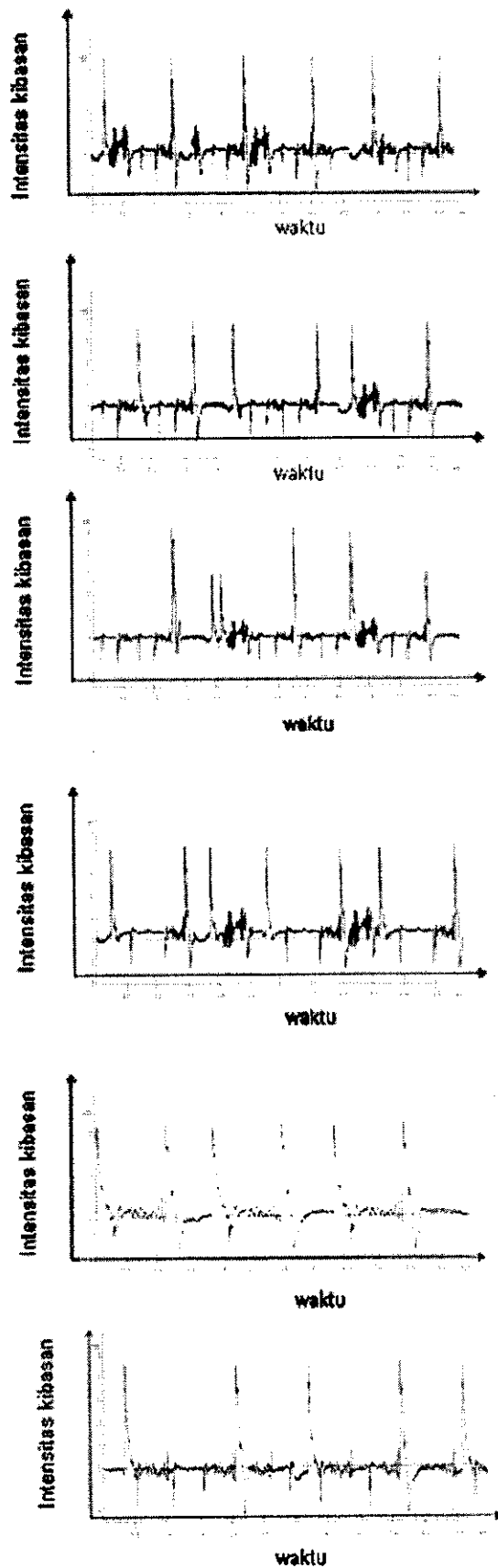
Gambar 3. Streaming gerakan ikan madidihang yang direkam oleh kamera bawah air.
Figure 3. The streaming of yellowfin tuna recorded by under water camera.

Pada saat berenang pada laju cepat, sirip samping kanan dan kiri menyentuh badan (proses menutup) dan laju renang melambat dengan membuka kedua sirip samping (proses membuka). Kedua proses tersebut diikuti dengan kibasan ekor belakang untuk mempercepat laju renang sebagai fungsi lokomotor yang tergambar pada penggalan *streaming image* (Gambar 3). Ikan madidihang berenang secara tunggal mendekati ke arah datangnya *beam transducer* mengitari sepanjang karamba yang antar ruangnya dipisahkan oleh sekat sekaligus sebagai peredam pantulan perubahan fase akustik. Pergerakan ikan madidihang di sekitar transek bim transduser tidak selalu tepat tegak lurus. Terkadang pergerakannya membentuk sudut tertentu sehingga terjadi diferensiasi

hasil pantulan perubahan fase akustik. Oleh sebab itu, pemantauan pergerakan ikan dibantu kamera bawah air untuk memastikan hasil pantulan dari ikan tersebut yang diintegrasikan dengan *personal computer* sehingga pantulan perubahan fase tidak mengalami diferensiasi. Diferensiasi terjadi apabila pergerakan ikan madidihang membentuk sudut tertentu terhadap *beam sight* sehingga hasil pantulan perubahan fase menghasilkan *noise* yang cukup signifikan.

Analisis Akustik Perubahan Fase

Grafik spektrogram adalah kumpulan data diskrit yang dibentuk oleh ordinat x sebagai fungsi waktu



Gambar 4. Kumpulan spektrogram kibasan ekor ikan madidihang ekor kuning.
Figure 4. Spectrogram series of yellowfin tuna tail bait.

dalam satuan *second* (ms) dan ordinat y dibentuk dari intensitas kibasan dalam satuan *decibel* (dB). Intensitas kibasan (dB) didefinisikan sebagai kuat lemahnya ikan madidihang untuk menggerakkan ekor sebagai fungsi lokomotor. Proses perekaman data laju renang ikan madidihang, menggunakan nilai *bit resolution* 16 bit dan kemampuan audionya adalah mono. Sedangkan proses penyeleksian dan kuantifikasi frekuensi menggunakan *sample rate* 44.1 kHz. Nilai contoh ini dapat merekam kualitas akustik pada tingkatan *noise* atau gangguan.

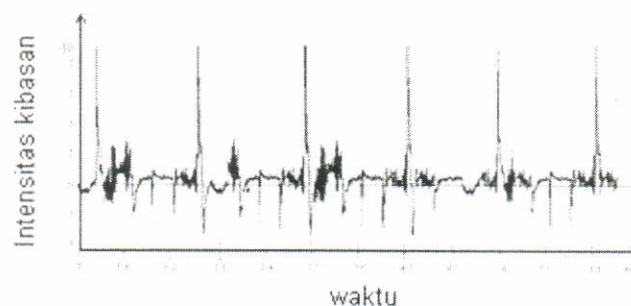
Pada proses perekaman perubahan fase akustik dari keenam ikan mempunyai pola intensitas dan periode yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh adanya gerakan ikan yang hanya terekam sebagian sehingga terbentuk intensitas dan periode tertentu. Oleh karena itu, dari keenam spektrogram ini dipilih satu spektrogram yang mempunyai pola periode yang tidak mengalami gradualisasi. Spektrogram yang dipilih adalah spektrogram nomor 1. Selanjutnya spektrogram ini dianalisis dan di-*cropping* untuk mengetahui perbedaan intensitas dan periode yang signifikan. Secara umum, sinyal akustik perubahan fase yang terekam dari laju renang ikan secara tunggal memperlihatkan pola yang seragam ketika melewati transek bim transduser. Indikasi pola ini didominasi oleh kibasan ekor sebagai fungsi lokomotor yang menghasilkan intensitas tinggi dan rendah.

Satu kali kibasan ekor (*tail beat*) berdasarkan pada asumsi perubahan fase akustik didefinisikan sebagai hentakan atau gaya dorong ekor ke arah samping (kanan dan kiri) yang direpresentasikan oleh intensitas tinggi dan rendah. Oleh karena itu, hasil perubahan fase akustik kibasan ekor terlihat perbedaan intensitas. Pola kibasan ekor yang masuk ke dalam transek bim transduser untuk kurun waktu 6 ms 9 puncak. Enam puncak berada di atas nol dan tiga

puncak di bawah nol. Nilai puncak ini merepresentasikan satu kali kibasan ekor yang secara tersinkronisasi membentuk gaya kayuh ke arah samping (kanan dan kiri). Pada Gambar 4 memperlihatkan spektrogram fase akustik hasil *cropping* diambil dari pengambilan contoh spektrogram yang terekam 6 ms. Hal ini dilakukan untuk mengetahui detil waktu dan intensitas kibasan ekor ikan madidihang.

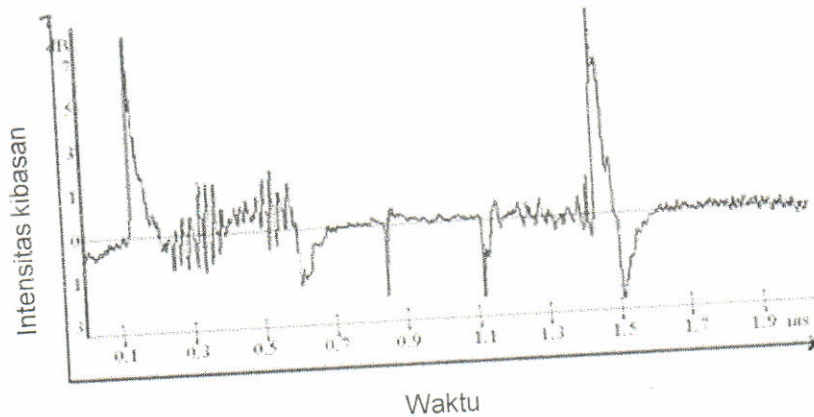
Tahapan *cropping* (Gambar 5) atau pemenggalan perubahan fase akustik bertujuan untuk mengetahui lebih rinci kibasan ekor (*tail beat*) ikan madidihang pada periode tertentu. Oleh karena itu, hasil pantulan dari kibasan ekor dengan *noise* atau gangguan dapat dianalisis. Pada spektrogram di atas, satu kali kibasan menghasilkan periode 0,5 ms dengan intensitas hentakkan ekor tertinggi 7,6 dB dan terendah 3 dB. Apabila mengacu pada laju renang ikan madidihang dalam keadaan sekawanan 0,5 L/s maka satu kali kibasan ikan madidihang dengan periode 0,5 ms bergerak setara dengan 0,5 L/s. Semakin tinggi intensitas hentakan ekor maka gaya dorong yang dihasilkan oleh ikan mempengaruhi tingginya laju renang ikan.

Unwanted signal atau gangguan pada hasil perubahan fase yang terbentuk pada satu kali kibasan ekor berada pada periode 0,3-1,3 ms (Gambar 6). Nilai ini terlihat dari intensitas yang terbentuk secara fluktuatif dan tidak memperlihatkan perbedaan intensitas yang signifikan. Perbedaan intensitas dengan nilai tertinggi 7,6 dB dan nilai intensitas terendah 3 dB terlihat pada periode 0,1 dan 1,5 ms. Oleh karena itu, nilai ini menjadi acuan untuk dikategorikan sebagai hasil pantulan perubahan fase dari kibasan ekor ikan madidihang. Periode (ms) kibasan ekor merupakan penentu untuk menentukan laju renang ikan. Semakin pendek periode dan tingginya kibasan ekor atau gaya dorong ekor (dB)



Gambar 5. Potongan spektrogram kibasan ekor ikan madidihang ekor kuning yang dianalisis berdasarkan pada perhitungan periode.

Figure 5. Spectrogram cropping of yellowfin tuna tail bait analyzed based on time counting.



Gambar 6. Potongan spektrogram yang dianalisis secara akurat
Figure 6. Spectrogram cropping accurately analyzed.

maka laju ikan semakin cepat. Sebaliknya semakin panjang periode dan rendahnya hentakan ekor (dB) maka laju renang ikan semakin lambat. Oleh karena itu, kibasan ekor berbanding terbalik dengan periode.

KESIMPULAN

1. Laju renang ikan madidihang merupakan hal terpenting untuk diketahui dalam metode penangkapan ikan dengan menggunakan alat tangkap tertentu. Selama ini menentukan laju renang ikan berdasarkan pada estimasi panjang tubuh yang dapat dilaluinya selama 1 detik.
2. Melalui pendekatan teknologi akustik perubahan fase, lokomotor ikan untuk bergerak adalah kibasan ekor. Dengan mengetahui periode atau tempo dan intensitas kibasan, maka diperoleh acuan seberapa kuat dan tempo untuk menghasilkan satu kali kibasan. Hasil penelitian menunjukkan satu kali kibasan menghasilkan periode 0,5 ms dengan intensitas kibasan ekor tertinggi 7,6 dB dan terendah 3 dB. Nilai pantulan dari perubahan fase akustik kibasan ekor dalam satuan intensitas merepresentasikan gaya dorong yang mempengaruhi laju renang ikan.

PERSANTUNAN

Tulisan ini merupakan kontribusi dari kegiatan riset berbasis teknologi kelautan yang diprakarsai oleh Yayasan Inovasi Teknologi Indonesia (INOTEK), T. A. 2008, di Jakarta. Dalam penulisan karya ilmiah ini

Saya mengucapkan kepada Dr. Arman Diponegoro yang telah meminjamkan instrumen akustik kelautan untuk penelitian kecepatan renang ikan madidihang di karamba pada hulan Desember 2008.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus. 2002. *Laporan Akhir Balai Riset Perikanan Laut Tahun 2002*. (tidak dipublikasikan untuk umum). Badan Riset Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- Blaxter, J. H. S. 1980. Vision and the feeding of fishes. *ICRAM Conference Proceeding 5*. International Center for Living Aquatic Resources Management. Manila Phillipines. 32-56.
- Blaxter, J. H. S. 1969. Swimming speeds of fish. *FAO Fishery Report*. 62: 69-97.
- Diponegoro, A. 2006. Aplikasi perubahan fase akustik dan analisis hidden markov untuk *schooling* ikan. *Disertasi*. (tidak dipublikasikan). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- He, P. 1986. Swimming performance of three species of marine fish and some aspects of swimming in fishing gear. *PhD Thesis*. The University of Aberdeen. Scotland.
- Liu, Zhongmin, Yin, Qizhang, Zhang, & Weimin. 2002. A Speaker identification and verification system. *EEL6586 Final Project*.

Nakamura, E. L. 1968. Visual acuity of two
madidihangs, *Thunnus albacares* and *Katsuwonus*
pelamis. *Copea*. 1: 41-49.

Waas, J. & Indrajaya. 2004. Studi *upwelling* untuk
ikan tuna di utara perairan Sorong, Papua Utara.
Jurnal MARTITEK Edisi 2 Bulan Nopember 2006.
Departemen Ilmu Kelautan. Institut Pertanian
Bogor.