Oseana, Volume XLI, Nomor 2, Tahun 2016 : 41 - 50 ISSN 0216-1877

AKUSTIK PASIF UNTUK PENERAPAN DI BIDANG PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN

Oleh

Muhammad Zainuddin Lubis [1], Sri Pujiyati [2], Pratiwi Dwi Wulandari[3],

ABSTRACT

APPLICATION OF PASSIVE ACOUSTIC FILED FOR FISHERIES AND MARINE SCIENCE. *Detects the sound frequency range of fish, the intensity of the sound amplitude, sound fluctuations, and shape the sound patterns of the fish. Passive acoustic methods used to monitor marine mammals expressed. In general, the signal obtained from the ranimal record sounds is poor and difficult to determine from which directions it is produced, therefore it requires that require amplification / strengthening. Bioacoustic research is needed to identify the communication language (Acoustic communication) in mammals. Bioacoustic detectmammal-produced frequency ranges of sound, amplitude intensity of sound, voice fluctuation, and form sound patterns of mammals. Studying bioacoustic is inseparable from the science of underwater acoustics, biology of mammals, and the study of mammalian behavior. Generally bioacoustic include physiology of mamals organ that produce sound, earnings voice mechanism, sound characteristics of mammals, mammals sound-approaching mechanism, the hearing capacity of fish, and the evolution of the auditory system, and to obtain the frequency range of each sound produced by the dolphins (mammals). Environmental conditions and parameters (salinity and temperature) will greatly affect the value of the intensity and frequency generated from the target, the more extreme the environmental conditions, the lower value of the intensity and frequency generated.*

PENDAHULUAN

Akustik adalah ilmu yang membahas tentang gelombang suara dan perambatannya dalam suatu medium. Akustik kelautan merupakan suatu bidang ilmu kelautan yang berfungsi untuk mendeteksi target di kolom perairan dan dasar peairan, dengan menggunakan gelombang suara. Aplikasi ilmu akustik kelautan akan mempermudah seorang peneliti untuk mengetahui objek yang ada di kolom perairan dan dasar perairan, baik berupa plankton, ikan, kandungan substrat dan bahkan adanya kapal kandas (Simmonds & McLennan, 2008). Metode akustik yang digunakan untuk memperoleh data kelimpahan ikan, dapat menggunakan metode dasar berupa *echo counting* dan *echo integration*. *Echo counting* dapat menghitung densitas ikan pada saat volume yang disampling rendah, dimana nilai

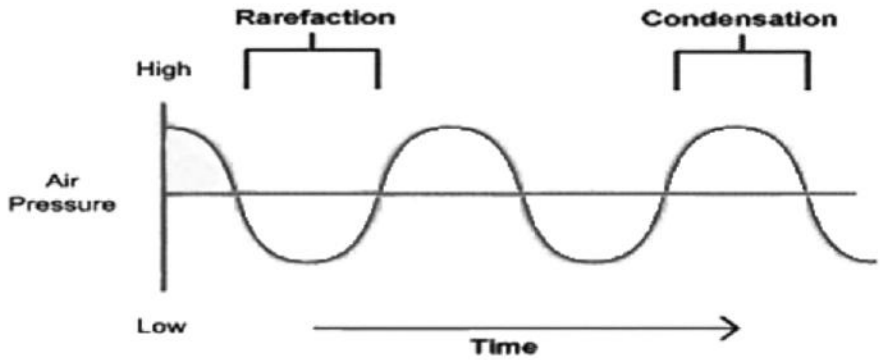
[1]Dosen Teknik Geomatika, Politeknik Negeri Batam (zainuddinlubis@polibatam.ac.id)

[2]Dosen Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan IPB

[3]Mahasiswa Sarjana Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan

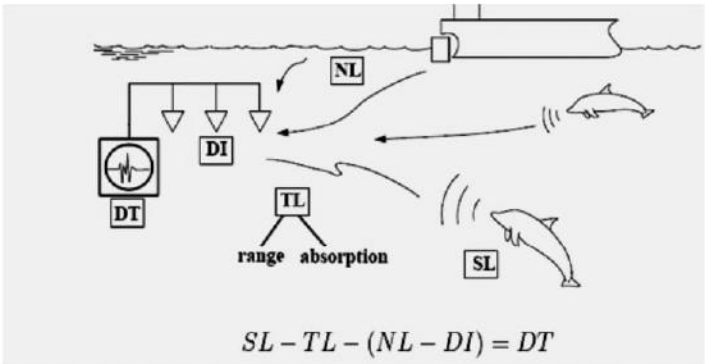
echo dari ikan tunggal dapat dengan mudah dipisahkan dan dihitung satu persatu. Metode *echo counting* jarang digunakan dalam menduga kelimpahan ikan yang bergerombol. Hal ini disebabkan karena densitas ikan tidak homogen dan pada umumnya tinggi, sehingga akan menyebabkan terjadinya *overlap* dari *echo* ikan. *Echo* dari ikan yang berada di dasar perairan, memiliki sinyal yang lebih kuat dibandingkan dengan ikan yang berada di dasar perairan (Simmonds & McLennan, 2008).

Zimmer (2011) menyatakan bahwa metode akustik pasif digunakan untuk memonitor mamalia laut. Pada umumnya, sinyal yang didapatkan dari perekaman suara hewan bernilai sangat lemah, sehingga memerlukan amplifikasi/penguatan dan sulit menentukan dari mana datangnya arah suara. Konsep dasar dari akustik pasif pada mamalia adalah dengan mendeteksi suara, ketika mamalia tersebut berada pada area pengukuran. Pengukuran tersebut dilakukan dengan mengunakan perangkat lunak, dan juga dengan mendengarkannya. Metode akustik pasif juga digunakan oleh militer dalam mengembangkan sistem keamanan dari penyerang bawah air pada daerah estuari, dengan melakukan perekaman suara yang ditimbulkan oleh penyelam bawah air laut (Borowski *et al.*, 2008). Akustik pasif tidak lepas dengan adanya suara (*Sound*). Suara adalah gelombang mekanik dari energi yang mengubah tekanan pada medium (udara atau air) pada saat gelombang tersebut bergerak. Perubahan-perubahan tekanan ini dideteksi oleh pendengaran kita, dan dipancarkan ke otak untuk diinterpretasi. Gelombang suara yang diinterpratasikan oleh *Rarefaction*, *Condensation*, *Air pressure*, *time* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1.Gelombang suara (Anonim, 2015)

Penerapan ilmu pasif akustik biasanya disebut dengan *passive sonar,* yang penerapannya biasanya disebut dengan ilmu Bioakustik (*Bioacoustic)* . Bioakustik (*Bioacoustics*) adalah suatu disiplin ilmu yang menggabungkan biologi dan akustik, yang biasanya merujuk pada penelitian mengenai produksi suara, dispersi melalui media elastis, dan penerimaan pada hewan, termasuk manusia. Hal ini melibatkan neurofisiologi dan anatomi untuk produksi dan deteksi suara, serta hubungan sinyal akustik dengan medium dispersinya. Temuan pada bidang ini memberikan bukti bagi kita tentang evolusi mekanisme akustik, dan dari sana, evolusi hewan yang menggunakannya (Simmonds & MacLennan, 2005). Sistem *passive sonar* dapat dilihat pada Gambar 2, yakni tentang mekanisme terjadinya persamaan *passive sonar*

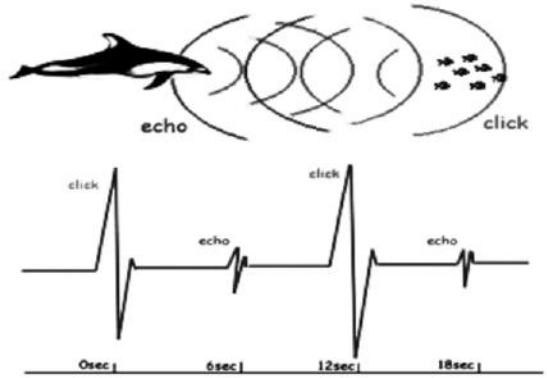


Gambar 2. *Passive Sonar Equation* (Urick, 1975)

Source level **(SL)** adalah jumlah suara yang dipancarkan oleh sebuah *transducer*. ***Transmission Loss*** **(TL)** adalah intensitas energi suara yang berkurang saat merambat pada medium. **DT *(Detection Threshold)*** adalah rasio sinyal-*noise* yang diperlukan sinyal target dan merupakan fungsi dari *receiver* (penerima). Ilmu akustik sangat berkembang pada penelitian lumba-lumba, peneliti sebelumnya telah menekankan rekaman dan analisis vokalisasi (Evans, 1966; Herman & Tavolga, 1980; Norris, 1969; Popper, 1980; Watkins & Wartzok, 1985). Penelitian bioakustik ini dibutuhkan untuk dapat mengetahui bahasa komunikasi (*acoustic communication*) pada mamalia. Bioakustik tidak lepas dari penggunaan *hydrophone* sebagai alat perekam suara, dengan tekanan akustik direkam pada hidrofon adalah sumber waktu gangguan tekanan pada laut (ÄP) yang relatif sangat sensitif terhadap tekanan latar belakang laut di kedalaman perekaman pada medium air.

Ilmu bioakustik juga mempelajari tentang *stridulatory,* yaitu suara yang dihasilkan dengan cara menggerakkan atau menggemeretakkan bagian-bagian tubuh, misalnya: sirip, gigi, dan bagian tubuh lainnya yang keras (Walker, 1997; Pitcher, 1986). Ikan bertulang keras (*teleost*) memiliki suara yang dihasilkan dari kepakan sirip, dan beberapa jenis suara *stridulatory* lainnya memiliki amplitudo besar, yang tersebar secara seragam diseluruh frekuensi. Winn (1991) menyatakan bahwa frekuensi yang dicapai dapat berkisar hingga lebih dari 6000 Hz. Lubis & Pujiyati (2015) menyatakan bahwa kondisi lingkungan dan parameter (salinitas dan suhu) sangat mempengaruhi nilai intensitas dan frekuensi yang dihasilkan dari target, semakin ekstrim suatu lingkungan, maka akan menyebabkan rendahnya nilai intensitas dan frekuensi yang dihasilkan.

Penerapan ilmu bioakustik dalam perikanan biasanya diterapkan dengan menggunakan mamalia laut, contohnya pada paus yang biasa disebut dengan ekolokasi pada paus. Eko-lokasi adalah bagaimana paus menggunakan suara untuk mengetahui lokasi obyek (misalnya mangsa), dan menentukan posisi paus di laut yang luas dalam tiga dimensi. Apabila waktu suara dipantulkan setelah membentur target, maka terjadi *echo*. Paus mengeluarkan suara pendek yang disebut *clicks,* dan dapat menentukan lokasi obyek melalui *echo* yang terbentuk. Jarak dari obyek tersebut dapat diketahui dengan memperhitungkan lamanya *echo* kembali ke paus. Skematis ekolokasi paus dapat dilihat pada Gambar 3 .



Gambar 3 Eko-lokasi paus dalam penerapan bioakustik (Branstetter *et al.*,2016).

Pada Gambar 3 menunjukkan waktu enam detik di antara bunyi *click* yang sudah keluar dengan *echo* yang kembali. Branstetter *et al.*,(2016) menyatakan bahwa diperlukan setengah waktu untuk suara *click* hingga mencapai obyek, artinya obyek ditempuh dalam waktu tiga detik. Apabila kecepatan suara di dalam air adalah 1500 m/s, maka obyek tersebut berada pada jarak 4500 meter dari paus (3 seconds times 1500 metres/second = 4500m).

Eko-lokasi ini menunjukkan bahwa paus mempunyai produksi suara yang sangat baik, termasuk sistem penerimaan suara. Sistem penerimaan suara pada *cetaceans* sudah sangat maju, karena dari arah dan waktu echo yang kembali, binatang ini dapat mengetahui bentuk obyek dan bahannya. Cetaceans dapat mengetahui derajat suara, seperti manusia, bahkan hingga sepersepuluh milliseconds, suatu nilai yang lebih tinggi dari kemampuan manusia.

SISTEM PEREKAMAN SUARA BAWAH AIR

Seluruh pengindraan akustik menggunakan mikrofon dan transduser untuk mendeteksi energi akustik, dan kemudian mengkonversinya menjadi sinyal listrik (Greene, 1997), sedangkan untuk perekaman suara bawah air menggunakan hidrofon (Gambar 4). Hidrofon adalah mikrofon bawah air yang menangkap sinyal akustik, kemudian mengubah energi tersebut menjadi energi listrik dan digunakan dalam sistem akustik pasif. Pengukuran sinyal suara yang ingin diketahui adalah dengan mengukur *Signal to Noise Ratio* (SNR), yaitu rasio antara level sinyal suara yang diterima (*received level of a sound signal*) terhadap level kebisingan latar (*background noise level*) (Greene, 1997).

Gambar 4. Hidrofon jenis SQ3 (Anonim, 2015).

Bioakustik menggunakan instrumen pasif yang biasa disebut dengan *hydrophone,* yang berfungsi untuk mendengarkan suara bawah air. Alat ini mengkonversi suara yang datang dari dalam air yang menjadi sinyal eletrik, dan kemudian dapat diamplifikasi, dianalisis, atau diperdengarkan di udara (Urick, 1983 *dalam* Pitcher, 1986). *Hydrophone* biasanya berupa suatu lempengan *piezo-electric ceramic* (Simmonds & McLennan, 2008). Dolphin EAR *Hydrophone* mampu mendeteksi frekuensi suara pada 1-2 Hz. Ambang batas terendah pendengaran manusia hanya mampu mendengarkan suara hingga frekuensi 18-20 Hz. Suara-suara di luar ambang batas pendengaran normal manusia, dapat didengar menggunakan Dolphin EAR *Hydrophone* yang dilengkapi dengan *Raven lite 1.0 software*. Gambar 5, merupakan contoh satu set alat perekaman dalam *bioacoustics* hydrophone .

Gambar 5. Set alat perekam suara, (a) Hidrofon, (b) Headphone, (c) catu daya/baterai, dan (d) laptop untuk data logging dan data processing (Lubis, 2014).

PENGOLAHAN DATA SUARA

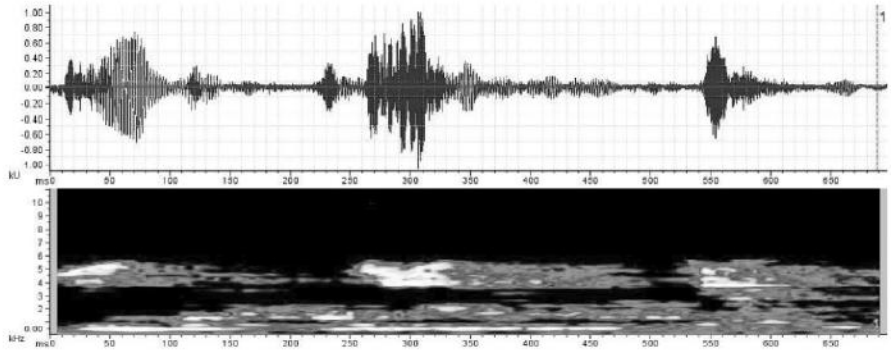
Data suara yang telah terekam oleh *digital voice recorder* dalam bentuk *file* ekstensi *.VY4, direkam ulang dengan menggunakan program *Advanced Sound Recorder* 6.0 yang akan menghasilkan data suara dalam bentuk ekstensi *.mp3. Selanjutnya data suara yang sudah dalam bentuk ekstensi *.mp3 disimpan kedalam bentuk ekstensi *.WAV dengan menggunakan program *Wavelab 6.0*. Proses analisa data dapat dilihat pada Gambar 5.

Setelah data suara berada dalam bentuk ekstensi *.WAV, suara selanjutnya dilakukan proses menghilangkan gangguan (*noise*) dengan menggunakan program *Cool Edit Pro* 2.0. Data suara yang telah dibersihkan dari gangguan (*noise*), kemudian diolah dengan menggunakan program *Wavelab* 6.0. Data dilakukan perubahan bentuk dari bentuk suara ke bentuk angka dengan menggunakan analisa data FFT pada program *Wavelab* 6.0 yang kemudian dilakukan pemindahan data dari bentuk ekstensi *.WAV menjadi *.txt. Setelah menjadi bentuk *.txt, data diolah dengan menggunakan program *Microsoft Excel* melakukan rataan terhadap angka per 1000 Hz, dan didapat data yang memiliki rentang angka antara 0 - 22000 Hz. Rataan tersebut kemudian dirubah kedalam bentuk desibel dengan menggunakan persamaan :

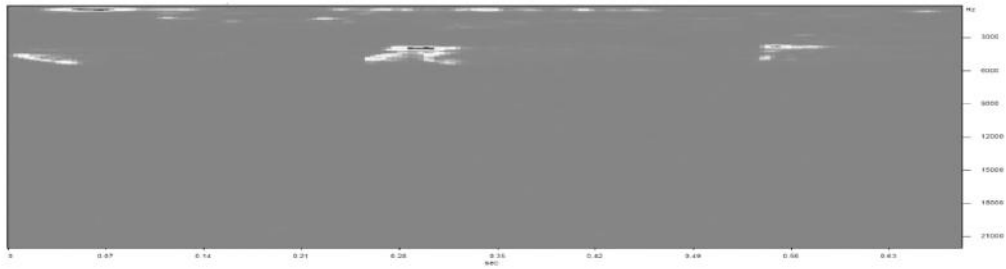
$$\text{dB} = 10 \times Log(n) \qquad (1)$$

dimana : n = jumlah rataan per 1000 Hz
(Au & Martin, 1989)

Kemudian dari data yang diperoleh dapat ditampilkan kedalam bentuk grafik yang diinginkan, yaitu grafik diagram batang dan grafik diagram *stock* untuk bagian kiri dan kanan data suara. Gambar contoh spektrum suara yang dihasilkan dari *Raven lite 1.0 software* dapat dilihat pada Gambar 6, sedangkan Gambar 7 menunjukkan spektogram hasil perekaman suara yang berasal dari spektrum lumba-lumba dan diolah dengan menggunakan *SIG View 2.7.*1



Gambar 6. Spektrum suara ikan lumba-lumba jantan hidung botol (*Tursiops aduncus*) (Lubis *et al.,* 2016a).



Gambar 7. Pseudogram spektrum ikan lumba-lumba jantan hidung botol (*Tursiops aduncus*) (Lubis *et al.,* 2016b).

Gambar 6 merupakan hasil spektrum suara lumba-lumba jantan hidung botol yang diperoleh dengan melakukan proses menggunakan perangkat lunak Raven Pro 1.0, dengan panjang waktu perekaman yaitu 700 ms, dan dengan sumbu y adalah besarnya frekuensi yang dihasilkan dari data spektrum yang diolah. Gambar 7 merupakan spektrum hasil perekaman suara yang dihasilkan dari lumba-lumba, dengan sumbu x adalah waktu dengan maksimal waktu adalah 600 ms, dan sumbu y merupakan frekuensi dengan frekuensi maksimum adalah 22.000 Hz. Proses analisa data spektrum dan karakteristik dari suatu objek atau target dalam penerapan ilmu bioakustik, biasanya tidak lepas dari aspek *fourier transformation* dan *power spectral density* yang biasa digunakan untuk melihat hubungan berikut :

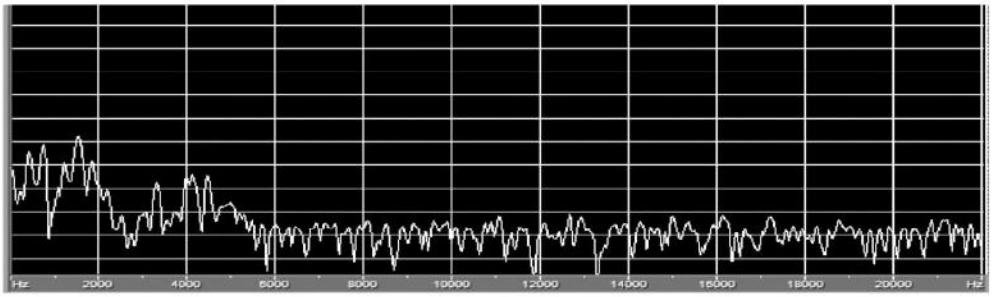
FOURIER TRANSFORMATION

Dasar dari karakteristik frekuensi pada sinyal adalah *fourier transformation* (Brook & Wynne, 1991). *Fast Fourier Transform* (FFT) merupakan suatu algoritma untuk menghitung *Discrette Fourier Transform* (DFT). Fungsi umum dari *fourier transformation* adalah mencari komponen frekuensi sinyal yang terpendam oleh suatu sinyal domain waktu yang penuh dengan *noise* (Krauss *et.al* 1995) dengan persamaan sebagai berikut :

S=fft (y) (2)

S=fft(y,n) (3)

Bentuk perintah (1) dan (2) hampir sama, yakni menghitung DFT dari vektor x, hanya pada perintah (2) ditambah dengan penggunaan parameter panjang FFT (n). Contoh hasil data yang dihasilkan oleh *Wavepad software* dengan FFT dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. *Fast Fourier Transform* suara ikan lumba-lumba jantan hidung botol (*Tursiops aduncus*) (data pribadi).

POWER SPECTRAL DENSITY

ProgramWavelab 6.0 digunakan untuk memasukan dan memproses data dari suara yang dihasilkan dari perekaman, yaitu *Power Spectral Density* (PSD) dan *Fast Fourier Transform* (FFT).*Power Spectral Density* diproses dengan memasukan data suara yang berbentuk *.WAV dan memproses data melalui perintah *Analysis* dan memasukan perintah *3D Frequency Analysis* sehingga akan tampak suatu grafik yang memperlihatkan hubungan intensitas dengan frekuensi. Pada grafik akan muncul bentuk seperti gunung, bagian yang tertinggi akan ditentukan sebagai frekuensi optimum dan dilakukan perhitungan. Frekuensi sebuah gelombang secara alami ditentukan oleh frekuensi sumber. Laju gelombang melalui sebuah medium ditentukan oleh sifat-sifat medium. Sekali frekuensi (f) dan laju suara (v), dari gelombang sudah ditentukan, maka panjang gelombang (l) dapat ditetapkan. Dengan hubungan f = 1/T (Halliday & Resnick, 1978), maka dapat diperoleh persamaan (4).

$$\lambda = \frac{v}{f} \qquad (4)$$

Oleh karena pada penelitian laju suara yang digunakan pada medium zat cair, yaitu air laut,maka laju suara di udara yang dilambangkan dengan (v), dapat dirubah dengan laju suara di

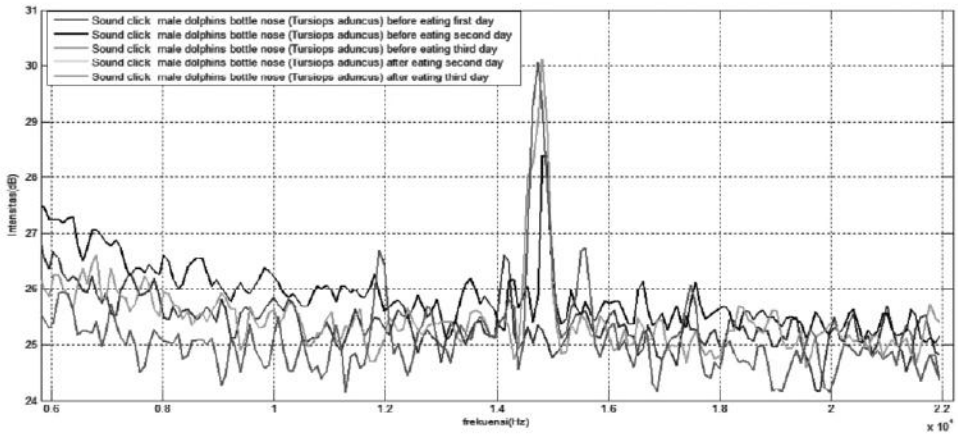
air yang dilambangkan dengan (C), sehingga diperoleh persamaan (5) (Halliday & Resnick, 1978).

$$\lambda = \frac{C}{f} \qquad (5)$$

Power Spectral Density (PSD) didefenisikan sebagai besarnya *power* per interval frekuensi, dalam bentuk matematik (Brook & Wynne, 1991) pada persamaan (6) :

$$\text{PSD} = \frac{|Xn|^2}{f} \ldots\ldots\ldots\ldots \left(\frac{(Amplitudo)^2}{Hz}\right) \qquad (6)$$

Perhitungan PSD pada Matlab menggunakan metode Welch (Krauss *et al.*,1995), yakni mencari DFT (berdasarkan perhitungan dengan algoritma FFT), kemudian mengkuadratkan nilai magnitude tersebut. Contoh hasil figure PSD dihasilkan oleh *Matlab software* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. *Power Spectral Density* (PSD) suara lumba-lumba jantan hidung botol (*Tursiops aduncus*) (Lubis *et al.*, 2016b).

PENUTUP

Tulisan ini menunjukkan bahwa studi tentang akustik pasif diterapkan dengan metode bioakustik yang sering dilakukan pada mamalia dan biota/ hewan laut lainnya, dapat sebagai acuan atau referensi yang sangat akurat, tidak berbahaya dan merusak biota/ hewan yang akan dijadikan sebagai target. Metode ini sangat berguna untuk dunia kelautan dalam menghasilkan kisaran frekuensi dan nilai intensitas suara, dari sumber suara dengan melakukan analisa spektrum menggunakan metode bioakustik, contohnya pada mamalia laut.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2015. The Physics of sound. http:// www.podcomplex.com/guide/physics. html. Diakses pada tanggal 15 Juli 2015.

Anonim. 2015. Hydrophones. www. sensortech. ca. Diakses pada tanggal 26 Juli 2015.

Au, W, W. and D.W. Martin. 1989. Insights into dolphin sonar discrimination capabilities from human listening experiments. *The Journal of the Acoustical Society of America*, *86*(5) :1662-1670.

Borowski, B., A. Sutin, H. S. Roh, and B. Bunin, (2008, April).Passive acoustic threat detection in estuarine environments. In *SPIE Defense and Security Symposium* (pp. 694513-694513). International Society for Optics and Photonics.

Branstetter, B. K., C. M. DeLong, B. Dziedzic, A. Black, & K. Bakhtiari, 2016. Recognition of Frequency Modulated Whistle-Like Sounds by a Bottlenose Dolphin *(Tursiops truncatus)* and Humans with Transformations in Amplitude, Duration and Frequency. PloS one, 11(2).

Brook,D. and R.J. Wynne. 1991. Signal Processing: Principples and Applications. Edward Arnold, a division of Hodder and Stoughton Limited, Mill Road, Dunton Green. Great Britain.

Evans, W. E. 1966 Vocalizations among marine mammals.*Marine Bioacoustics* 2 : 159–185.

Herman, L. M. and W, N. W.Tavolga, 1980 Communication systems of Cetaceans. *Cetacean Behavior: Mechanisms and Function* (ed. L. M. Herman) pp. 149–197.

Krauss,T.P. L. Shure and J.N.Little 1995. Signal Processing Toolbox: For Use with Matlab. The Mathworks, Inc.

Lubis, M. Z. 2014. Bioakustik Stridulatory Gerak Ikan Guppy (*Poecilia reticulata*) Saat Proses Aklimatisasi Kadar Garam.[Skripsi] Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

Lubis, M. Z., P. D. Wulandari, M. S. Harahap, M. Tauhid, and J. R. Moron, 2016a. Bioacoustic: Percentage Click Sound of Indo-Pacific Bottlenose Dolphins (*Tursiops Aduncus*) in Captivity, Indonesia. *J Biosens Bioelectron*, (207),2.

Lubis, M. Z., P. D.Wulandari, T. Hestirianoto, and S. Pujiyati, 2016b. Bioacoustic spectral whistle sound and behaviour of male dolphin bottle nose (*Tursiops aduncus*) at Safari Park Indonesia, Cisarua Bogor. *Journal of Marine Science: Research & Development.*

Simmonds, J., and D. N. MacLennan, 2008. *Fisheries acoustics: theory and practice*. John Wiley & Sons.

Pitcher, T. J. 1986. Functions of shoaling behaviour in teleosts.In *The behaviour of teleost fishes*. Springer US : 294-337.

Popper, A. N. 1980. Sound emission and detection by delphinids. *Cetacean behavior: Mechanisms and functions*, 1-52.

Simmonds J. and D. MacLennan 2005. *Fisheries Acoustics: Theory and Practice, second* edition. Blackwell.doi : SH344.2.S56 639.2–dc22 2005005881.

Simmonds, J., and D. N. MacLennan, 2008. *Fisheries acoustics: theory and practice*. John Wiley & Sons.

Walker, W.F,Jr. 1993. *Functional Anatomy of The Vertebrates*. CBS College Publishing. United States America....hal

Wartzok, D. and D. R. Ketten, 1999.Marine mammal sensory systems. *Biology of marine mammals*, 1:117-175.

Watkins, W, A. and D. Wartzok,.1985 Sensory biophysics of marine mammals.*Mar. Mam. Sci.* **1**(3): 219–260.

Winn, H.E. 1991. Acoustic Discrimination By The Road FishWith Comments OnSignal System. P 361 – 381. *In* Howard E. Winn. Dan Bori J. Olla. (ed)*Behavior of Marine Animals* Vol 2: Vertebrates. Plenum Press. Newyork.

Wulandari, P. D., Pujiyati, S., Hestirianoto, T., & Lubis, M. Z. 2016. Bioacoustic Characteristic Click Sound and Behaviour of Male Dolphins Bottle Nose (*Tursiops aduncus*). *Journal of Fisheries & Livestock Production*, *2016*.

Urick, R,J. 1975. *Principles of Underwater Sound*. Kingsport Press, 384 pp.

Zimmer, W. M. 2011. *Passive acoustic monitoring of cetaceans*.Cambridge University Press.