

Analisis Target Strength Kuda Laut (*Hippocampus comes*) Terhadap Ukuran

Feren Rika Susanti¹, Dony Apdillah^{1,2}, Ita Karlina^{1*}

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji

²Program Magister Ilmu Lingkungan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji

Jl. Jalan Politeknik Senggarang Tanjungpinang, 29111 Indonesia

Email : itakarlina@umrah.ac.id

Abstract

Target Strength Analysis of Sea Horse (*Hippocampus comes*) based On Size

Seahorses are marine biota that have distinctive body characteristics that can be distinguished from other fish. Male seahorses have brood pouches. Estimation of the presence of seahorses is still very limited, an effective approach is needed to detect the presence of seahorses. The approach is carried out with an underwater acoustic approach to predict the presence of seahorses by looking at observations, namely the strength of the target. This study aims to analyze the value of Target Strength (TS) of seahorses based on size. The method used is the method of collecting experimental data. The seahorse used collected ten samples. The object placement method uses the ikat method. The TS response value was recorded using a Simrad EK-15 instrument with a frequency of 200kHz and morphometric measurements were performed. Morphometric measurements in the form of standard length measurements, seahorse head length to record acoustic signals in 3 conditions, namely females, non-pregnant males and pregnant males. Analysis of the relationship between the value of the target strength with seahorse morphometrics using statistical analysis, namely linear regression, ANOVA analysis and Tukey's follow-up test. The resulting seahorse is a species of *Hippocampus*. The distribution range of the resulting TS response values ranges from -58.38 dB to -67.75 dB. The result of this study is the influence of the measuring variable on the TS value formed

Keywords: acoustic, seahorse, morphometric, target strength

Abstrak

Kuda laut merupakan biota laut yang memiliki karakteristik tubuh unik yang dapat di bedakan dari ikan lainnya. Pendugaan keberadaan kuda laut di alam masih sangat terbatas, saat ini masih menggunakan teknik visual statistik yang bersifat sampling point. Pendekatan underwater acoustic diperlukan untuk menduga keberadaan dari kuda laut di perairan, dibutuhkan informasi nilai pantulan akustik yang dikenal dengan target strength. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis nilai Target strength (TS) dari kuda laut berdasarkan ukuran. Metode yang perekaman sinyal akustik pada lingkungan alami dari habitat kuda laut. Kuda laut yang digunakan berjumlah sepuluh sampel dengan metode pemeruman menggunakan thetred method. Perekaman nilai respon TS menggunakan alat scientific echosounder Simrad EK-15 frekuensi 200kHz. Pengukuran morfometrik berupa pengukuran panjang standar, panjang kepala. Data akustik dianalisis dengan perangkat lunak Sonar-5 Pro, selanjutnya analisis statistik regresi linear. Hasil penelitian menunjukkan hubungan nilai target strength rata-rata berkisar antara -58,38 (SD±2,93) sampai dengan -67,75 dB (SD±1,26). Hubungan TS terhadap panjang standar (PS) menunjukkan hubungan positif, semakin besar ukuran kuda laut maka semakin besar pula nilai TS. Dengan formulasi $TS = 20,62 \log_{10} (PS) - 84,32$ [dB], dengan koefisien determinasi sebesar 14,1 %. Sementara itu hubungan TS terhadap Panjang Kepala (PK) diformulasikan menjadi $TS = 11,43 \log_{10} (PK) - 67,72$ [dB] dengan koefisien determinasi 4,1 % lebih rendah dibandingkan dengan variabel panjang standar. Hasil ini telah mempertegas bahwa ukuran kuda laut dapat mempengaruhi nilai TS.

Kata kunci : akustik, kuda laut, morfometrik, target strength

PENDAHULUAN

Kuda laut merupakan biota yang memiliki karakteristik unik. Kuda laut juga berperan sebagai penyeimbang ekosistem perairan (Rabiansyah *et al.*, 2015). Perairan Bintan memiliki potensi kuda laut yang cukup tinggi, hasil identifikasi dan inventarisasi kuda laut di perairan Bintan terdapat tujuh jenis Kuda (Rabiansyah *et al.*, 2015; Fianda *et al.*, 2016; Putri *et al.*, 2018). Kuda laut digunakan sebagai bahan obat tradisional, serta sebagai ikan hias (Koning dan Hoeksema, 2021), sehingga

mengakibatkan tingginya permintaan terhadap kuda laut dan mengakibatkan adanya penurunan populasi kuda laut di alam. (Vincent *et al.*, 2011; Setyono, 2020). Ancaman terhadap kuda laut mengakibatkan kuda laut di kategorikan sebagai Appendix II dalam perdagangan internasional oleh *Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna* (CITES) berakibat adanya pembatasan dalam penangkapan dan perdagangan kuda laut (Martin *et al.*, 2005; Kuo *et al.*, 2018).

Identifikasi dan estimasi keberadaan kuda laut di perairan cukup sulit dilakukan, antara lain dikarenakan kuda laut merupakan hewan yang hidup menempel didasar perairan. Pada saat ini untuk menemukan dan memonitoring kuda laut di perairan, pada umumnya masih menggunakan teknik visual, biologi dan statistik (Morgan dan Vincent 2013; Correia *et al.*, 2014; Yip *et al.*, 2014; Foster *et al.*, 2014; Woodall *et al.*, 2018). Pendekatan bio-statistik memiliki keterbatasan antara lain membutuhkan waktu yang lama dan akurasi yang masih diragukan, diperlukan suatu pendekatan dalam bidang ilmu lain, untuk mendeteksi keberadaan dari kuda laut dalam perairan, salah satunya melalui pendekatan *underwater acoustic*.

Metode hidroakustik telah menjadi *tool* utama dalam penelitian perikanan di bawah kolom air (Axenrot *et al.*, 2004; Greenstreet *et al.*, 2010; DuFour *et al.*, 2018; Manik dan Apdillah, 2020). Implementasi teknologi akustik melalui penelitian dasar untuk menghitung energi refleksi akustik atau dikenal dengan *Target Strength* (TS) dari kuda laut perlu dilakukan. TS merupakan kekuatan pantulan suara (*echo*) dari ikan sebagai target tunggal (Ehenberg, 1984; Zare *et al.*, 2017). TS adalah faktor penting dalam pendugaan stock suatu biota dengan menggunakan metode hidroakustik (Manik *et al.*, 2006; Apdillah *et al.*, 2021). Besaran nilai TS ikan sangat dipengaruhi oleh ukuran, bentuk tubuh, tingkah laku dan faktor perkembangan reproduksi (Jaya dan Aulya, 2019; Bakhtiar *et al.*, 2020; Apdillah *et al.*, 2021).

Penelitian TS terhadap kuda laut telah laporkan oleh Apdillah *et al.* (2018) nilai pantulan akustik kuda laut pada kondisi bergerak pasif dan aktif memiliki respon yang berbeda, dimana pada kondisi bergerak pasif mampu meningkatkan hubungan TS terhadap ukuran, yang dilakukan secara *ex-situ* pada sebuah *watertank*. Penelitian pada kondisi *ex-situ* masih memiliki keterbatasan dibanding dengan pengukuran pada kondisi perairan laut atau habitat sebenarnya, faktor hidro oseanografi seperti; salinitas, kedalaman perairan, dinamika arus dan gelombang yang terjadi secara alamiah dapat berkontribusi terhadap pembentukan nilai TS. Penelitian ini penting dilakukan sebagai informasi dasar respon besaran nilai target strength kuda laut pada habitat aslinya.

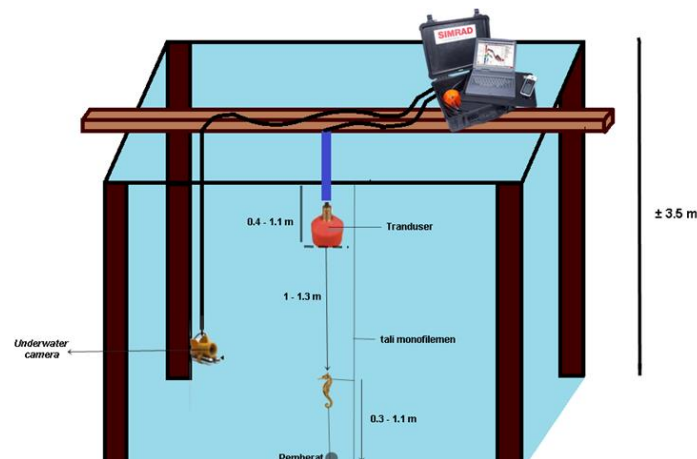
MATERI DAN METODE

Penelitian ini di laksanakan pada bulan april – juni 2021 berupa pengambilan data lapangan pada *platform* tertancap di perairan Bintan, sedangkan analisis data dilakukan di Laboratorium Oceanography, Computation dan Modelling. Peralatan yang digunakan diantaranya; Echosounder SIMRAD EK-15, *battery accu 5V*, *portable computer Panasonic* digunakan untuk visualisasi dan penyimpanan hasil akuisisi data, *underwater camera* digunakan untuk melihat arah orientasi dari objek kuda laut. *Platform* tertancap yang digunakan untuk merekam akustik kuda laut terbuat dari bahan kayu, tinggi dari dasar perairan mencapai 3,5 m (Gambar 1). Selanjutnya kuda laut yang digunakan berasal dari perairan Bintan dengan spesies *Hippocampus comes*. Perangkat lunak Sonar-5 pro digunakan untuk pemrosesan sinyal akustik.

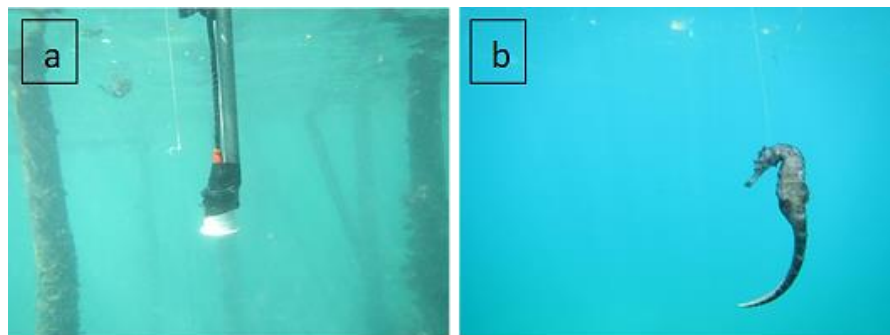
Perekaman data akustik kuda laut menggunakan *scientific echosounder* SIMRAD EK-15 dengan frekuensi 200 kHz. Transduser dari instrumen di letakan secara vertikal dengan sensor menghadap ke bawah (*downward looking*) Gambar 2). Sebelum melakukan perekaman dilakukan kalibrasi menggunakan bola sphere (bahan tungsten carbid, diameter 38 mm). Perekaman kalibrasi dan perekaman akustik kuda laut dilakukan 5 menit tiap individu kuda laut. Spesifikasi parameter dan *setting* alat *echosounder* terdapat pada Tabel 1. Pengukuran nilai TS kuda laut dilakukan dengan menggunakan metode ikat (*thetred method*). Kuda laut diikat dengan tali monofilamen dengan jarak 1–1,3 m dari transduser.

Tabel 1. Parameter dan setting alat echosounder

Jenis Tranduser	SIMRAD ES200-7C
Bentuk Tranduser	Bundar
Transmission frequency (kHz)	200
Transmitting power (W)	45
Beam width	26°
Pulse length (ms)	0,08
Ping rate (ping s ⁻¹)	40
Minimum threshold (dB)	-70



Gambar 1. Teknik Akusisi data akustik kuda laut menggunakan *flatform* tertancap



Gambar 2. Hasil setting tranduser dan posisi kuda laut saat perekaman. (a) tranduser; (b) kuda laut

Analisis data nilai *target strength* menggunakan persamaan (Buczynski dan Johnson, 1986; MacLennan *et al.*, 2002):

$$TS = 10 \log (\sigma_{bs})$$

Keterangan: σ_{bs} = backscattering cross section untuk pengukuran sinyal akustik dari satu target. Pengukuran TS linear menggunakan persamaan:

$$\text{Mean TS} = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{TS_i/10} \right)$$

Near-field dari transduser dihitung sebesar 34 cm (dengan diameter transduser 5 cm) Persamaan yang digunakan adalah:

$$D = L^2 / \lambda$$

Keterangan: L = Diameter transduser; λ = panjang dan gelombang suara yang diberikan (Medwin dan Clay, 1998).

Pengukuran morfometrik kuda laut (*Hippocampus comes*) dilakukan setelah perekaman sinyal akustik kuda laut. Pengukuran morfometrik meliputi pengukuran Panjang standar, dan panjang kepala (Lourie *et al.*, 2003). Analisis hubungan target strength terhadap variabel panjang standar dan panjang kepala kuda laut menggunakan analisis regresi linear. Analisis regresi linear sederhana menghasilkan persamaan dengan Model hubungan linear yang digunakan mengikuti persamaan Love (1969, 1971):

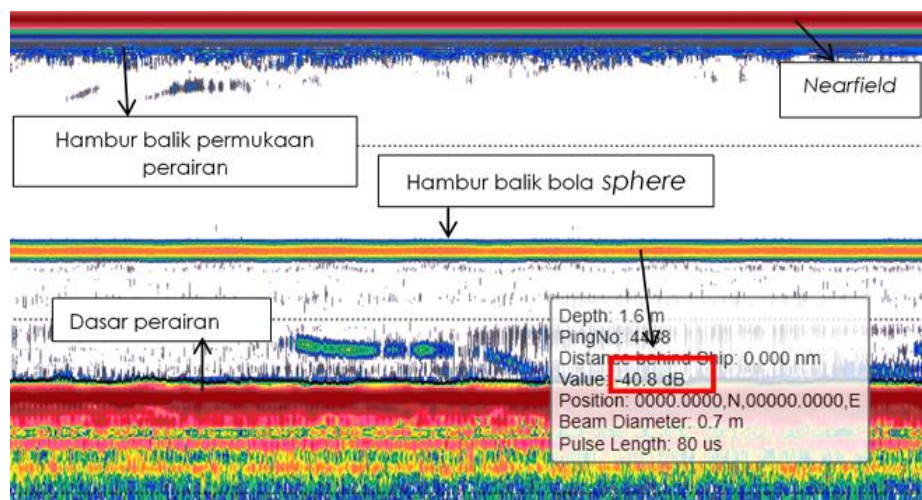
$$\sigma = aL^b, \text{ dalam bentuk logaritmik menjadi: } TS = b \log L + a \text{ [dB]}$$

Keterangan: σ = hambur balik akustik (acoustic backscattering); L = panjang standar Kuda laut; a dan b = konstanta dari persamaan regresi.

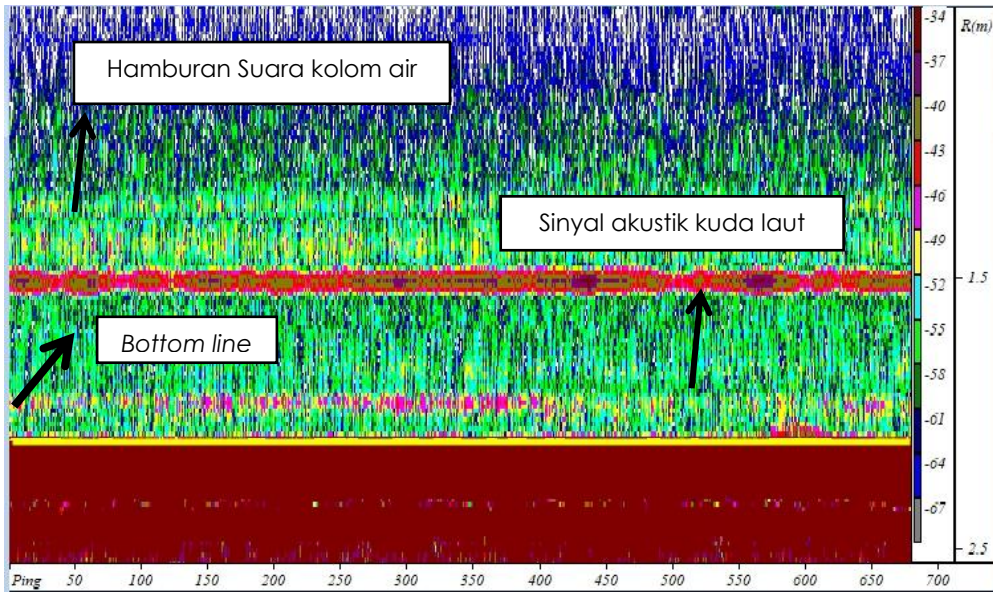
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalibrasi terhadap instrumen echosounder menggunakan bola sphere, dengan metode on-axis, (Simrad, 2006). Hasil kalibrasi menunjukkan nilai Target strength (TS) dari bola sphere sebesar 40,8 dB (Gambar 3). Nilai TS bola sphere memiliki perbedaan sebesar -0.8 dB. perbedaan yang dihasilkan dipengaruhi beberapa faktor seperti pengaruh arus dan gelombang, serta kedalaman perairan (Ma'mun *et al.*, 2013).

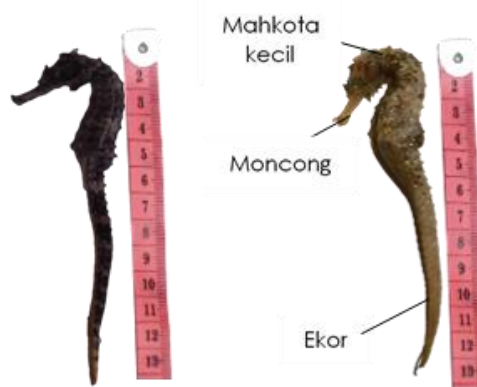
Hasil Interpretasi echogram pada perekaman sinyal akustik kuda laut menunjukkan kuda laut terdeteksi berada pada kedalaman 1,5 m dengan jarak dari dasar perairan lebih kurang 60 cm (Gambar 4). Selain objek kuda laut hamburan suara yang berasal dari kolom air juga terdeteksi di sekitar sampel kuda laut. Setelah perekaman sampel kuda laut, dilakukan pengukuran morfometrik (Gambar 5). Berdasarkan hasil pengukuran morfometrik diperoleh panjang standar sampel kuda laut berkisar antara 8,05 cm sampai dengan 11,40 cm, dan panjang kepala berkisar 1,8 cm hingga 2,5 cm. Menurut Fianda *et al.* (2016) dan Putri *et al.* (2018) pada perairan bintang di temukan spesies kuda laut *Hippocampus comes* dengan kisaran panjang standar dari *Hippocampus comes* 8,3 cm hingga 14 cm. Karakteristik morfometrik dari sampel kuda laut disajikan pada tabel 2.



Gambar 3. Echogram perekaman bola sphere



Gambar 4. Echogram sinyal akustik kuda laut



Gambar 5. Pengukuran morfometrik

Hasil perekaman sinyal akustik kuda laut menunjukkan terdapat distribusi nilai respon TS rata-rata berkisar $-58,38 \text{ dB}$ ($SD \pm 2,93$) sampai dengan $-67,75 \text{ dB}$ ($SD \pm 1,26$). Nilai TS rata-rata tertinggi diperoleh dari kuda laut dengan panjang standar 10,25 cm, dan nilai TS rata-rata terendah dihasilkan oleh sampel kuda laut dengan panjang standar 9,40 cm.

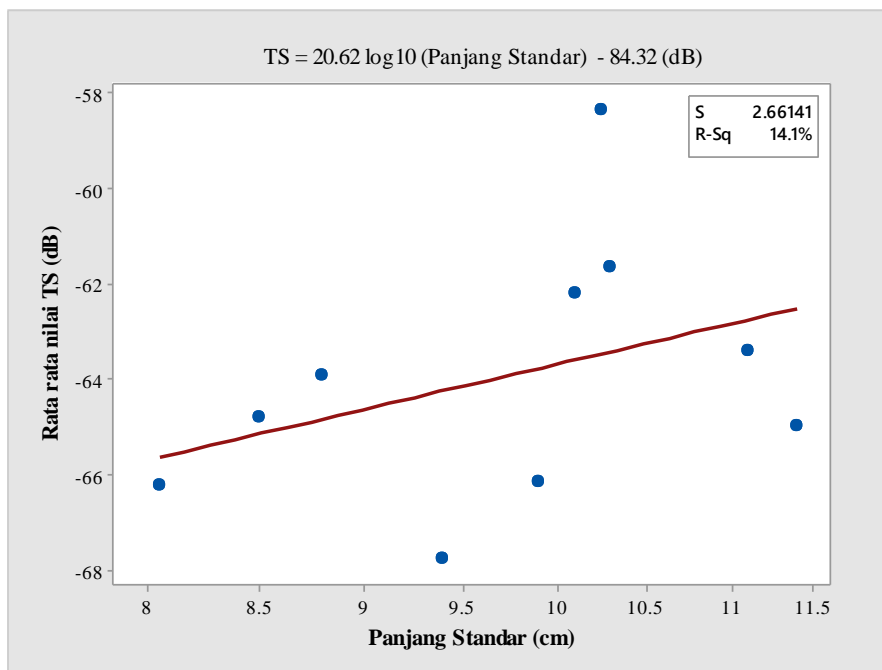
Pada penelitian yang telah dilakukan Apdillah *et al.* (2018) respon nilai TS yang dihasilkan dari sampel kuda laut dalam keadaan hidup menunjukkan adanya sebaran nilai TS rata-rata berkisar antara -54 dB hingga -60 dB . Terdapat perbedaan kisaran nilai respon TS yang dihasilkan dengan penelitian ini. Hal ini dipengaruhi oleh karakteristik ukuran sampel yang digunakan, dimana ukuran sampel kuda laut pada penelitian sebelum memiliki kisaran panjang 8,05 Cm sampai 11,40 Cm Hal lain juga dipengaruhi oleh media tempat perekaman sinyal akustik kuda laut, yang menggunakan water tank (*ex-situ*).

Menurut Lubis *et al.* (2017) selain ukuran tubuh ikan dan faktor lingkungan dapat mempengaruhi pembentukan nilai TS suatu objek, hal ini juga diperkuat oleh Apdillah *et al.* (2021) bahwa faktor ukuran tubuh kuda laut, keberadaan organ reproduksi dan orientasi posisi kuda laut terhadap transduser juga dapat mempengaruhi nilai TS.

Berdasarkan analisis regresi linear respon nilai TS terhadap Panjang Standar (PS) menunjukkan hubungan positif, ini menunjukkan bahwa semakin besar ukuran kuda laut maka semakin besar pula nilai TS. Hasil hubungan tersebut dapat diformulasikan dalam persamaan $TS = 20,62 \log_{10} (PS) - 84,32$ [dB], dengan koefisien determinasi (R-sq) sebesar 14,1 %. Hal ini mengindikasikan bahwa variabel ukuran mampu menjelaskan respon nilai TS sebesar 14,1 %, sisanya dipengaruhi oleh faktor lain, walaupun nilai koefisien determinasi cukup rendah namun hubungan persamaan TS terhadap PS sangat signifikan ($p < 0,05$) pada selang kepercayaan 95 %. Hubungan respon nilai TS yang dihasilkan pada penelitian ini berkesesuaian dengan penelitian *Apdillah et al. (2018)*, dimana respon nilai TS pada kondisi kuda laut bergerak aktif dan pasif dapat mempengaruhi nilai TS, pada kondisi kuda laut bergerak pasif (*immobile*) mampu meningkatkan korelasi TS terhadap ukuran dengan koefisien determinasi yang lebih tinggi.

Sementara itu hasil regresi linear antara TS terhadap Panjang Kepala (PK) yang diduga dapat memberikan respon TS yang diakibatkan oleh pengaruh transduser yang menghadap kebawah (*downward looking*) mentransmisikan energi suara langsung mengenai kepala dari kuda laut (*pectoral position*) dapat menjelaskan pengaruh TS terhadap panjang kepala. Hasil hubungan TS terhadap PK secara statistik menunjukkan pengaruh yang diberikan oleh variabel panjang kepala terhadap respon nilai TS juga positif, dengan koefisien determinasi sebesar 4,1 % (gambar 6), mengindikasikan bahwa respon nilai TS dapat dijelaskan oleh PK sebesar 4,1 %, lebih kecil dibandingkan dengan variabel PS, walaupun nilai koefisien determinasi yang kecil namun hubungannya sangat signifikan ($p < 0,05$). Hubungan TS terhadap PK dapat diformulasikan dalam persamaan $TS = 11,43 \log_{10} (PK) - 67,72$ [dB].

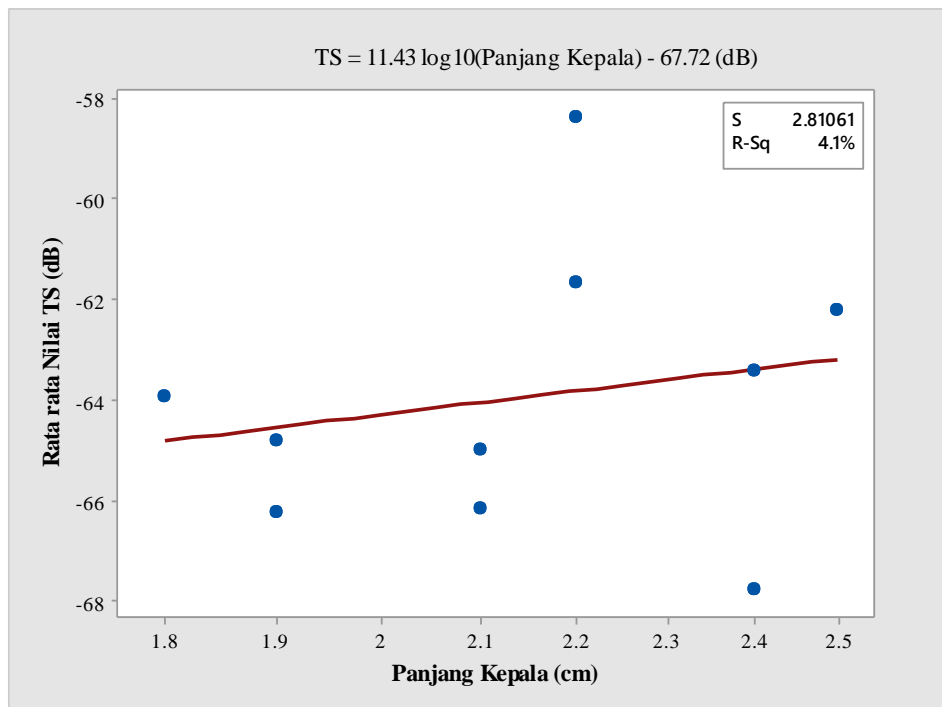
Hasil formulasi statistik dalam bentuk persamaan antara TS terhadap PS dan PK dapat digunakan dalam menduga ukuran kuda laut di perairan secara hidroakustik. Berdasarkan hasil nilai koefisien determinasi respon TS terhadap PS dan PK, maka pendugaan ukuran kuda laut lebih direkomendasikan menggunakan variabel PS. Karakteristik tingkah laku kuda laut yang cenderung menempel pada substrat seperti lamun dan pasir (*Rabiansyah et al., 2015; Putri et al., 2018*) dapat menyebabkan bias dalam pendugaan keberadaan kuda laut secara akustik di alam, sehingga pendeteksian keberadaan biota ini masih membutuhkan informasi yang kompleks terkait respon TS kuda laut yang bercampur (*mixed*) dengan lamun dan pasir. Kisaran nilai TS rata-rata yang diperoleh



Gambar 5. Regresi linear Target strength terhadap panjang standar

Tabel 2. Hasil Pengukuran nilai target strength (TS) kuda laut.

Sampel ke-	Panjang standar (cm)	Panjang kepala (cm)	TS Rata rata (dB)	St.Dev	Jumlah Ping
1	9,90	2,1	-66,15	±1,35	1000
2	8,50	1,9	-64,81	±1,91	1000
3	10,10	2,5	-62,19	±3,65	1000
4	11,10	2,4	-63,39	±2,53	1000
5	11,40	2,1	-64,98	± 1,63	1000
6	8,80	1,8	-63,93	± 3,06	1000
7	8,05	1,9	-66,22	± 1,23	1000
8	9,40	2,4	-67,75	± 1,26	830
9	10,30	2,2	-61,67	± 2,08	1000
10	10,25	2,2	-58,38	± 2,93	1000



Gambar 6. Regresi linear Target strength terhadap panjang kepala

dari hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai basis data dan informasi untuk pendugaan kehadiran kuda laut (*Hippocampus comes*) di perairan, dengan persyaratan kuda laut berada pada kolom air.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian Hubungan Target strength terhadap Panjang Standar dapat diformulasikan menjadi $TS = 20,62 \log_{10} (PS) - 84,32 \text{ (dB)}$ dengan nilai koefisien determinasi (R-sq) 14,1 %. Persamaan TS versus Panjang Kepala menghasilkan persamaan $TS = 11,43 \log_{10} (PK) - 67,72$

(dB) nilai koefisien determinasi sebesar (R-sq) 4,1 %. Formulasi yang dihasilkan bisa memprediksi nilai TS maupun nilai variabel ukur kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Apdillah, D., Jaya, I., Manik, H. M., Hestirianoto, T.T., & Febrianto, T. (2018). Seahorse Acoustic Reflection on Active and Passive Moving Condition: A preliminary Observation in Watertank. *Omni-Akuatika*, 14, 36–43. doi: 10.20884/1.oa.2018.14.1.387
- Apdillah, D., Jaya, I., Manik, H.M., Hestirianoto, T.T. & Nofrizal. (2021). Application of active acoustic technology to assess the target strength of seahorses based on the presence of a reproductive organ. *Journal of animal behaviour and biometeorology*, 9(2), p.2123. doi: 10.31893/jabb.21023
- Axenrot, T., Didrikas, T., Danielsson, C. & Hansson, S. (2004). Diel patterns in pelagic fish behaviour and distribution observed from a stationary, bottom-mounted, and upward-facing transducer. *ICES Journal of Marine Science*, 61(7), 1100–1104. doi: 10.1016/j.icesjms.2004.07.006
- Bakhtiar, D., Jaya, I., Manik, H.M., Madduppa, H.H., & Febrianto, T. (2020). Analysis of reef fish target strength through ex-situ measurement using acoustic methods. *European Food Research and Technology*, 14(5), 53-61. doi: 10.9790/2402-1405025361
- Burczynski, J.J. & Johnson, R.L. (1986). Application of dual-beam acoustic survey techniques to limnetic populations of juvenile sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 43(9), 1776–1788. doi: 10.1139/f86-221
- CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora). (2005). Trade in seahorses. Notification to the parties No 2005/014. Convention On International Trade In Endangered Species Of Wild Fauna And Flora.
- DuFour, M.R, Christine, M.M., Song, S.Q., Christopher, S.V. Richard, T.K. Patrick, M.K. & David, M.W. (2018). Inferred fish behavior its implications for hydroacoustic surveys in nearshore habitats. *Fisheries Research*. 199, 63-75. doi: 10.1016/j.fishres.2017.11.018
- Ehenberg, J.E. (1984). The biosonic dual beam target strength measurement system. *FAO Fish. Circ.* 778: 71-78.
- Fianda, C., Pratomo, A. & Idris, F. (2016). Identifikasi dan inventarisasi jenis kuda laut (*Hippocampus* sp.) yang hidup di perairan Pulau Bintan Provinsi kepulauan Riau. Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Greenstreet, S.P.R., Holland, G.J., Guirey, E.J., Armstrong, E., Fraser, H.M. & Gibb, I.M. (2010). Combining hydroacoustic seabed survey and grab sampling techniques to assess local sandeel population abundance. *ICES Journal of Marine Science*, 67, 971–984. doi: 10.1093/icesjms/fsp292
- IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources). (2020). The IUCN red list of threatened species. Version 2020-3. Available: www.iucnredlist.org. (Januari 2021).
- Jaya, I. & Aulya, R. (2019). Measurement and analysis of TS-Frequency relationship on mackerel tuna (*Euthynnus affinis*) using bandwidth frequency. *Journal of Physics: Conference Series*, 1282(1), p. 012096. doi: 10.1088/1742-6596/1282/1/012096
- Koning, S. & Hoeksema, B.W. (2021). Diversity of Seahorse Species (*Hippocampus* spp.) in the International Aquarium Trade. *Diversity*, 13(5), p.187. doi: 10.3390/d13050187
- Kuo, T.C., Laksanawimol, P., Aylesworth, L., Foster, S.J. & Vincent, A.C.J. (2018). Changes in the trade of bycatch species corresponding to CITES regulations: The case of dried seahorse trade in Thailand. *Biodiversity and conservation*, 27(13), 3447–3468. doi : 10.1093/icesjms/fsp033
- Lourie, S. (2003). Measuring seahorses. Project Seahorse Technical Report No.4, Version 1.0. Project Seahorse, Fisheries Center, University of British Columbia. 15 pp.
- Lubis, M. Z., Ganda, S., Kasih, A., & Husnul, K. (2017). Peranan Teknologi Hidroakustik di Bidang Ilmu Dan Teknologi Kelautan. *Jurnal Oseana*. 42, 34-44. doi: 10.14203/oseana.2017.Vol.42 No.2.45
- Ma'mun, A., Manik, H.M. & Hestirianoto, T. (2013). Rancang Bangun Algoritma dan Aplikasinya pada Akustik Single Beam untuk Pendeteksian Bawah Air. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*. 4(2), 173-183.

- MacLennan, D. N., Fernandes, P. G. & Dalen, J. (2002). A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. *ICES Journal of Marine Science*, 59, 365–369. doi: 10.1006/jmsc.2001.1158
- Manik, H., Furusawa, M. & Amakasu, K. (2006). Measurement of sea bottom surface backscattering strength by quantitative echo sounder. *Fisheries Science*. 72, 503–512. doi: 10.1111/j.1444-2906.2006.01178.x
- Manik, H.M., Furusawa M. & Amakasu, K. (2006). Quantifying Sea Bottom Surface Backscattering Strength and Identifying Bottom Fish Habitat by Quantitative Echo Sounder. *Japanese journal of applied physics*, 45(5B):4865–4867. doi: 10.1143/JJAP.45.4865
- Manik, H.M. (2015). Measurement and numerical model of fish target strength for quantitative echo sounder. *AAFL Bioflux*, 8(5), 699–707
- Manik, H.M. & Apdila, D. (2020). Remote Sensing of Seagrass and Seabed using Acoustic Technology in Bintan Seawater, Indonesia. *Pertanika Journal of Science & Technology*, 28(2), 421-439
- Martin. S.K.M. & Vincent, A.C. (2005). Seahorse declines in the Derwent Estuary, Tasmania in the absence of fishing pressure. *Biological Conservation*. 123(4), 533-545. doi: 10.1016/j.biocon.2005.01.003
- Pujiyati, S., Wijopriono, Mahiswara, & Pasaribu, B.P. (2017). Estimasi Hambur Balik Dasar Perairan Dan Sumber Daya Ikan Demersal Menggunakan Metode Hidroakustik. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 13(2), 145-155. doi: 10.15578/jppi.13.2.2007.145-155
- Putri, M.R.A., Suryandari, A. & Haryadi, J. (2019). Sumberdaya Kuda Laut (*Hippocampus* spp.) di Perairan Pulau Bintan Teluk Lampung dan Pulau Tanakeke. *oseanologi dan limnologi*. 4(1), 27–40. doi: 10.14203/oldi.2019.v4i1.194
- Rabiansyah, Pratomo, A. & Irawan, H. (2015). Studi Ekologi Kuda Laut (*Hippocampus*) di Perairan Desa Sebong Pereh Kecamatan Teluk Sebong Kabupaten Bintan. Repository UMRAH.
- Rifaldi, M. (2018). Pengukuran Nilai Target Strength Kuda Laut Menggunakan Instrumen Single Beam Simrad Ek- 15. [skripsi]. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor : 38 hal
- Setyono, D.E.D. (2020). Karakteristik Biologi Kuda Laut (*Hippocampus* Spp.) Sebagai Pengetahuan Dasar Budidayanya. *Oseana*, 45(1), 70–81. doi: 10.14203/oseana.2020.Vol.45No.1.57
- Simmonds, E.J. & MacLennan, D.N. (2005). *Fisheries Acoustic Theory and Practice*. Second Edition. Oxford: Blackwell Science Ltd. Oxford, UK. 437hlm
- Simrad. (2012). Installation manual. Simrad EK15 Multipurpose scientific echosounder. Kongsberg Maritime AS.
- Vecchione, A. (2013). Prospects challenges in monitoring the seahorse population of South Carolina, USA. *Journal of Marine Animal and Their Ecology*, 6(2), 6-11.
- Vincent, A.C.J., Foster, S.J. & Koldewey, H.J. (2011). Conservation and management of seahorses and other Syngnathidae. *Journal of Fish Biology*, 78, 1681-1724. doi: 10.1111/j.1095-8649.2011.03003.x.
- Woodall, L.C., Otero-Ferrer, F., Correia, M., Curtis, J.M., Garrick-Maidment, N., Shaw, P.W. & Koldewey, H.J. (2018). A synthesis of European seahorse taxonomy, population structure, and habitat use as a basis for assessment, monitoring and conservation. *Marine biology*, 165(1), 1-19. doi: 10.1007/s00227-017-3274-y
- Zare, P., Kasatkina, S.M., Shibaev, S.V. & Fazli, H. (2017). In situ acoustic Target Strength of anchovy kilka (*Clupeonella engrauliformis*) in the Caspian Sea (Iran). *Fisheries Research*, 186, 311–318. doi: 10.1016/j.fishres.2016.10.010