

KARAKTERISTIK HAMBUR BALIK GELEMBUNG UDARA BUATAN DALAM KONDISI TERKONTROL

CHARACTERISTICS OF ARTIFICIAL AIR BUBBLE BACKSCATTER IN CONTROLLED CONDITIONS

Sri Pujiyati, Mochamad Adam Maulana, Ayi Rahmat, & M. Hasbi Sidqi Alajuri

Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

e-mail : sripu@apps.ipb.ac.id

Diterima tanggal: 23 April 2022 ; diterima setelah perbaikan: 5 Maret 2023 ; Disetujui tanggal: 6 Maret 2023

ABSTRAK

Gelembung udara dapat terbentuk secara alami maupun buatan. Gelembung udara buatan tercipta dari kegiatan antropogenik seperti pergerakan profiler kapal, penambangan, pembangunan bawah air, dan aerator (alat pembentuk gelembung udara). Dalam ilmu hidroakustik, gelembung udara merupakan faktor utama dalam propagasi suara dekat-permukaan. Oleh sebab itu dalam pengambilan data hidroakustik gelembung udara harus diminimalkan agar hasil pengukuran hidroakustik menjadi akurat, baik dalam pengambilan data di lapangan maupun dalam skala laboratorium. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui hambur balik dari gelembung udara buatan dalam kondisi terkontrol. Penelitian ini menggunakan Alat aerator jenis Roston Q3 Aquarium Air Pump yang beroperasi pada 220-240 Volt mampu menghasilkan laju gelembung udara sebesar 2,5 watt dan 3 watt. Perekaman data akustik menggunakan Echosounder EK-15 dan analisis data menggunakan *software* echoview (4) versi demo. Nilai hambur balik gelembung udara dengan daya 3 watt memiliki rentang -45,06 sampai -45,01 dB (ref:1 μ Pa) dengan rata-rata hambur balik -45,02 dB (ref:1 μ Pa). Adapun gelembung dengan daya 2,5 watt memiliki nilai hambur balik dengan rentang -45,07 sampai -45,01 dB (ref:1 μ Pa), dengan nilai hambur balik rata-rata sebesar -45,03 dB (ref:1 μ Pa).

Kata kunci: Decibel (dB (ref:1 μ Pa)), Gelembung udara, Hambur balik.

ABSTRACT

Air bubbles can be formed either naturally or artificially. Artificial air bubbles are air bubbles formed by anthropogenic activities such as the movement of ship propellers, mining, underwater construction, and aerators (air bubble-forming devices). In hydroacoustics, air bubbles are the major factor in near surface propagation of sound. Therefore, in hydroacoustic data collection, air bubbles must be minimized so that the results of hydroacoustic measurements are accurate, both in field data collection and in laboratory scale. The purpose of this study was to determine the backscattering of artificial air bubbles under controlled conditions. This study uses an aerator type of Roston Q3 Aquarium Air Pump to produce the air bubbles. This pump has an operation voltage of 220-240 Volts and electrical power of 2.5 watts and 3 watts. Acoustic data recording using Echosounder EK-15 and data analysis using echoview (4) demo version software. The backscatter value of air bubbles produced with 3 watts of electrical power has a range of -45.06 to -45.01 dB (ref:1 μ Pa) with an average backscatter of -45.02 dB (ref:1 μ Pa). While the air bubbles produced with 2.5 watts of electrical power has a backscatter value in the range of -45.07 to -45.01 dB (ref:1 μ Pa), with an average backscatter value of -45.03 dB (ref:1 μ Pa).

Keywords: Air Bubble, Backscatter, Decibel (dB (ref:1 μ Pa)).

PENDAHULUAN

Gelembung udara sudah menjadi perhatian oleh banyak peneliti. Sejak tahun 1950 an peneliti telah menemukan adanya hamburan suara dari permukaan laut; sebagian besar hamburan berasal dari bawah permukaan perairan, diduga gelembung udara yang tercipta oleh gelombang pecah sebagai sumber hamburan suara. Blanchard & Woodcock (1957) telah melakukan pengukuran pertama dari gelembung udara yang disebabkan oleh pecahnya gelombang. Pada tahun yang sama, LaFond & Dill (1957) bahwa lapisan laut terbentuk di atas permukaan zona konvergensi, atau berkorelasi dengan gelombang internal yang telah membawa partikel kecil ke permukaan.

Sebagian besar gelembung udara alami ditemukan di dekat permukaan laut yang dihasilkan oleh hujan, aerosol kontinental yang dihasilkan oleh fotosintesis tumbuhan laut, proses kehidupan hewan laut, dekomposisi bahan organik, atau dilepaskan dari hidrat gas pada atau di bawahnya dasar laut. Menurut Woolf (2001), pada dasarnya ada tiga proses alami yang menghasilkan gelembung udara di air laut yaitu [1] interkasi antara udara-laut, yaitu sumber utama gelembung di laut bagian atas dan bawah air melalui jebakan udara dalam aliran yang terkait dengan pemutusan gelombang; [2] zona benthik, yaitu wilayah ekologis pada tingkat terendah dalam badan air seperti yang keluar dari dasar laut dan gas-gas umum yang di lepaskan dari organisme seperti CH_4 dan CO_2 ; [3] Hujan alami, yaitu gelembung bawah air yang diakibatkan oleh tetesan air hujan yang jatuh dipermukaan air laut dengan ukuran gelembung tergantung pada banyaknya

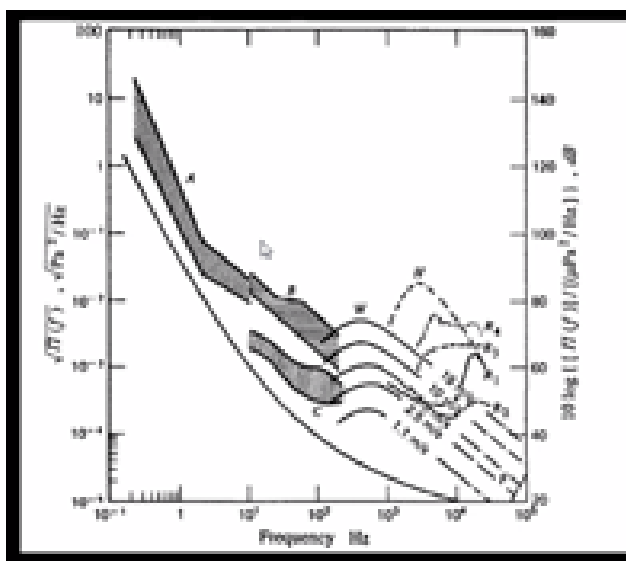
parameter seperti ukuran diameter tetesan dan dampak kecepatan dan sudut datang tetesan yang jatuh.

Frekuensi dari gelembung dengan jari-jari yang berbeda akan memiliki frekuensi akustik dari 10kHz hingga beberapa ratus kHz. Pada frekuensi akustik rendah 10 kHz, hamburan sebagian besar merupakan respons komunal daripada gelembung individu.

Pembuatan gelembung udara di air dapat dilakukan dengan menggunakan aerator atau juga menginjeksi udara dalam air. Bentuk gelembung udara akan bervariasi sesuai dengan volume gelembung udara dan sifat fluida, misalnya bola, elipsoid, dll. Oleh karena itu gelembung udara bisa berupa gelembung udara tunggal maupun gelembung udara jamak yang merupakan gabungan dari gelembung tunggal. Ukuran gelembung udara dapat dilakukan melalui foto digital stop motion (Kugou *et al.*, 2003).

Gelembung udara buatan tercipta dari kegiatan antropogenik seperti pergerakan profiler kapal, penambangan, pembangunan bawah air, dan aerator (alat pembentuk gelembung udara). Proses pembuatan gelembung udara bawah air adalah kavitasi, hujan buatan melalui selang udara kecil di bawah air. Kavitasi adalah fenomena yang dapat didefinisikan sebagai penguapan lokal, dimana tekanan air turun di bawah tekanan uap lokal yang umumnya disebabkan oleh baling-baling kapal atau pendorong pompa. Gambar 1 adalah gelembung udara yang tercipta secara alami dan buatan.

Gelembung udara ini merupakan faktor utama dalam



- A : Kebisingan seismik (gempa, angin)
- B : Kebisingan kapal
- H : Hujan Es
- W : Suara permukaan laut (pada 5 kecan angin yang berbeda)
- R1 : Gerimis dengan angin 0,6m/s
- R2 : Gerimis dengan angin 2,6m/s
- R3 : hujan lebat 915 mm/Jam
- R4 : Hujan lebat (100 mm/jam)
- T : Thermal Noise

Gambar 1. Noise alami dan buatan. Sumber : (Medwin & Clay,1997)

Figure 1. Natural and artificial noise.

propagasi suara dekat-permukaan. Pengukuran besarnya ukuran gelembung yang di laboratorium pertama kali diukur oleh Koga (1982). Medwin (1974) menyatakan bahwa ada gelembung udara dipengaruhi oleh kedalaman, musim, waktu siang/malam, kecepatan angin.

Informasi mengenai gelembung udara di suatu perairan banyak diteliti dalam berbagai bidang. Ilmu ini menyangkut ilmu meteorologi, kimia, oseanografi, dinamika fluida laut, biologi kelautan dan akustik bawah air. Meski dalam pengukuran gelembung udara kerap kali diukur dengan menggunakan instrumentasi optik serta teknik perhitungan yang cukup rumit, akan tetapi dengan menggunakan instrumen akustik yang memanfaatkan gelombang suara memiliki kelebihan tersendiri. Seperti pemrosesan data berlangsung cepat, fluktuasi data dapat dipelajari serta memiliki korelasi hasil yang dapat diteliti (Medwin, 1974).

Gangguan (*noise*) yang bersumber dari gelembung udara sering kali terekam dalam pengambilan data akustik di lapangan (Hisyam *et al*, 2021). Akustik bawah air merupakan salah satu cabang ilmu kelautan yang mampu mengirimkan dan menerima gelombang suara yang merambat melalui medium baik di air, darat dan udara untuk mendeteksi objek yang jauh dari jangkauan (Simmonds & MacLennan, 2005). Prinsip kerja dari instrumental akustik bawah air adalah memanfaatkan pancaran dari gelombang suara yang merambat di medium air dan pengambilan data dari gelombang suara yang dipantulkan oleh objek (Pujiyati *et al*, 2021).

Hamburan balik dari target didefinisikan sebagai ukuran dari proporsi energi yang dipantulkan kembali oleh target atau objek (Simmonds & MacLennan, 2005). Pengukuran hambur balik target bisa berupa

target strength yang merupakan hambur balik dari target tunggal dan *Volume backscattering strength* merupakan hamburan balik dari target jamak.

Tujuan penelitian ini untuk melihat karakteristik hambur balik gelembung udara buatan pada pengukuran terkontrol.

BAHAN DAN METODE

Kegiatan penelitian dilakukan pada 17-18 Desember 2020. Lokasi penelitian berada di kolam (*watertank*) Laboratorium Akustik, Instrumentasi dan Robotika Kelautan, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

Alat yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1. Yang terdiri atas aerator yang sudah di atur pada daya berbeda sebagai penghasil gelembung udara, echosounder SIMRAD EK-15, bola *sphere* dan tali *monofilamen*. Gambar 2. adalah peralatan akustik yang dipergunakan.

Alat akustik yang digunakan echosounder SIMRAD EK-15. Spesifikasi dari instrumen SIMRAD EK15 secara detail dapat dilihat pada Tabel 2. Setting pada alat echosounder SIMRAD EK-15 dilakukan dengan mengatur alat dengan spesifikasi seperti pada Tabel 3.

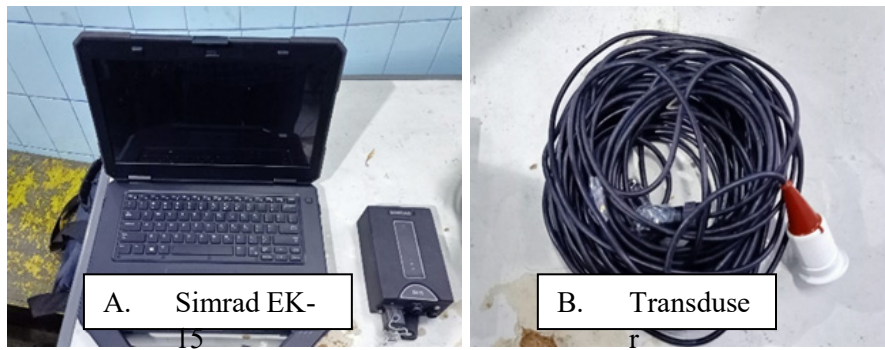
Metode Perekaman Data Akustik

Perekaman data akustik meliputi beberapa tahapan yaitu perekaman bola *sphere* sebagai kalibrasi, dilanjutkan perekaman data akustik dari objek yaitu gelembung udara (Gambar 3). Sebelum perekaman data akustik dilakukan maka perlu pengukuran data lingkungan (suhu dan salinitas) yang digunakan dalam pengaturan perekaman data akustik.

Tabel 1. Alat dan bahan.
Table 1. Tools and materials

Alat	Jenis	Fungsi
Aerator	Q3 Aquarium Air Pump	Pembentuk gelembung udara
Echosounder	SIMRAD EK 15	Perekaman data
Kamera <i>underwater</i>	Yi Camera Action 4K	Mengambil data berupa gambar
Tali monofilament		Tali pengikat objek
Laptop	ASUS	Pengolahan dan penyimpanan data
Echoview	Echoview 4 (versi demo)	Pengolahan data akustik
Termometer		Pengukuran suhu
Refraktometer		Pengukuran salinitas

Sumber : Data Pribadi



Gambar 2. Peralatan akustik yang digunakan dalam penelitian.
 Figure 2. Acoustic equipment used in research.

Aerator yang digunakan dalam penelitian ini adalah aerator jenis Roston Q3 *Aquarium Air Pump*. Aerator ini memiliki laju gelembung udara yang dihasilkan adalah 3 liter/menit serta frekuensi 50 Hz. Tegangan pengoperasian aerator 220 – 240 V, yang memiliki *switch* untuk menghasilkan gelembung udara pada daya 3 watt dan 2,5 watt.

Pengambilan data target (bola *sphere* maupun gelembung udara) maka target diletakkan di bawah zona *Near Field* (NF). Zona di bawah *near field* akan

memberikan hasil rekaman yang lebih akurat. Nilai NF yang terukur sebesar 0,38 m.

Hamburan balik dari gelembung udara dirumuskan oleh sonar-info (2021) sebagai berikut pada Persamaan 1.

$$\sigma_{bs} = \frac{a^3}{\left(\left(\frac{f_0}{f}\right)^2 - 1\right) + \delta^2} \dots\dots\dots 1)$$

Tabel 2. Spesifikasi instrumen SIMRAD EK15
 Table 2. Specifications of the SIMRAD EK15 instrument

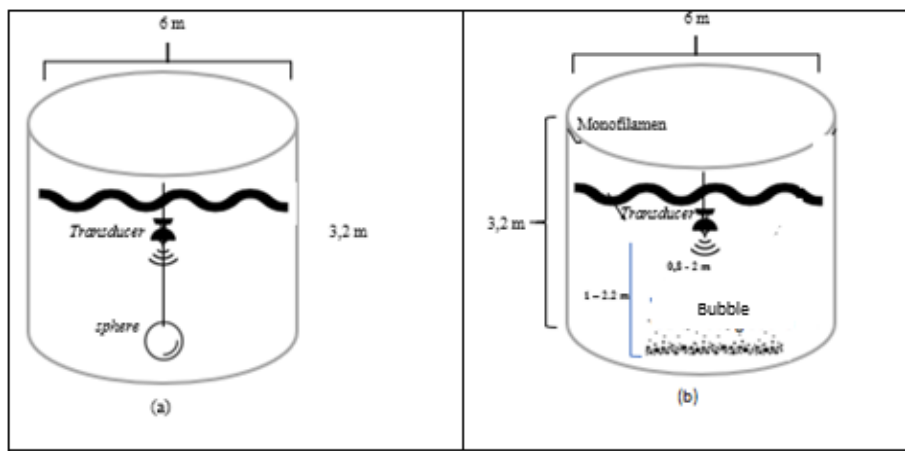
Spesifikasi SIMRAD EK 15	
<i>Transducer</i>	single beam
<i>Beamwidth</i>	26°
<i>Operational frequency</i>	200 kHz
<i>Tranceiver unit</i>	Data rate : 1.6 Mbps
<i>Transmission</i>	Ping rate Up to 40 second
<i>Max depth</i>	600m

Sumber: (SIMRAD EK15 2012)

Tabel 3. Pengaturan echosounder SIMRAD EK-15
 Table 3. Setting the SIMRAD EK 15 echosounder

Parameter	Nilai
Frequency (kHz)	200
<i>Near field</i> (m)	0,38
<i>Sound speed</i> (m/s)	1496
<i>Pulse length</i> (m)	0,080
<i>Ping rate</i> (s)	40
Temprature (°C)	25
<i>TS sphere ball</i> (dB (ref:1µPa))	-45

Sumber : Data Pengukuran



Gambar 3. Ilustrasi Pengambilan data (a) bola sphere dan (b) gelembung udara.
 Figure 3. Illustration of data collection (a) spheres and (b) air bubbles. Sumber : Hasil Pengolahan.

dimana,
 f_0 : resonant frequency
 δ : dumping term

Frekuensi resonansi dapat diaproksimasi dengan:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi a} \sqrt{\frac{3\gamma P_w}{\rho_w}} \approx \frac{3,25}{a} \sqrt{1 + 0,1z} \dots\dots\dots 2)$$

dimana,
 ρ_w : 1000 kg/m³
 P_w : Tekanan hidroakustik dalam pa
 ($\approx 10^5 (1+0.1z)$)
 z : kedalaman (m)
 γ : konstanta adiabatik untuk udara (≈ 1.4)

Pengolahan Data

Pengolahan data bola *sphere* dan gelembung udara menggunakan *software echoview 4* yang memproses hasil perekaman SIMRAD EK-15 dengan format (*.raw). Nilai treshold yang digunakan pada variable properties berkisar pada -20 dB (ref:1μPa) sampai -70 dB (ref:1μPa), dan dilakukan digitasi per pixel dari *echogram*.

Hasil pengolahan data selanjutnya ditampilkan dalam bentuk grafik dan dideskripsikan. Tahapan penelitian

yang dilaksanakan, disajikan dalam diagram alir pada Gambar 4.

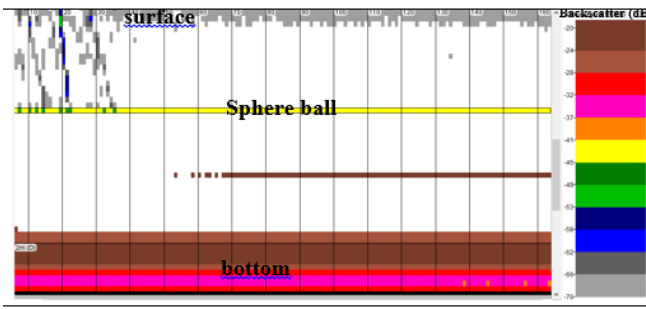
HASIL DAN PEMBAHASAN

.Kolam penelitian (*watertank*) ini terbuat dari beton dengan kedalaman 3,2 meter dan diameter kolam 6 meter. Kolam ini berisi air tawar setinggi 3 meter. Suhu kolam yang terukur 25°C, salinitas diasumsikan bernilai 0 (‰) karena menurut Del Grosso & Mader (1972) faktor yang sangat mempengaruhi kecepatan suara di air tawar adalah suhu. Kecepatan suara yang diperoleh sebesar 1.496,69 m/s. Pengukuran ini bisa dilakukan juga pada medium air laut dengan mempertimbangkan nilai dari suhu dan salinitas untuk mengkoreksi nilai kecepatan suara.

Kegiatan kalibrasi alat echosounder SIMRAD EK-15 dilakukan dengan merekam bola *sphere*. Bola *sphere* adalah target yang paling ideal dikarenakan besaran energi yang dipantulkan dari bola *sphere* dipengaruhi dari luas lingkarannya serta bola *sphere* bersifat *isotropic reflector* atau memantulkan *echo* yang besarnya sama ke semua arah. Ukuran bola *sphere* 40 mm. Perekaman bola *sphere* dilakukan pada kedalaman 1,63 meter dari *transducer*. *Echogram* hambur balik bola *sphere* dapat dilihat pada Gambar 5.



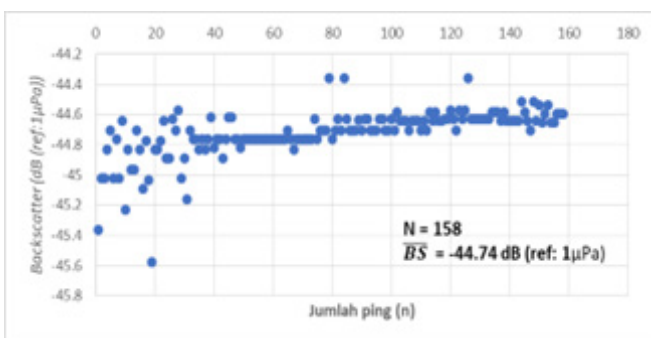
Gambar 4. Diagram alir prosedur penelitian. Sumber : Hasil Pengolahan
 Figure 4. Flowchart of research procedures.



Gambar 5. Echogram hamburan balik bola sphere.
 Figure 5. Backscattered echogram of a sphere
 Sumber : Hasil Pengolahan

Bola sphere pada echogram memiliki warna kuning dengan nilai karakteristik hamburan balik $-45,58$ dB (ref: $1\mu\text{Pa}$) sampai $-44,36$ dB (ref: $1\mu\text{Pa}$) (ref: $1\mu\text{Pa}$). Hasil hambur balik rata-rata yang didapat adalah $-44,74$ dB (ref: $1\mu\text{Pa}$). Selisish $0,26$ dB (ref: $1\mu\text{Pa}$) dengan nilai hambur balik pabrik (nilai laboratorium) $-45,00$ dB (ref: $1\mu\text{Pa}$). Karakteristik hamburan balik bola sphere dapat di lihat pada Gambar 6. Folds & Loggins (1983) telah melakukan pengukuran bola sphere yang berisi cairan. Folds & loggins menyatakan bahwa bola sphere merupakan reflektor dengan kekuatan tinggi dengan cangkang logam bulat yang diisi dengan cairan berkecepatan rendah.

Hasil pengukuran hambur balik bola sphere berkisar $-44,36$ dB (ref: $1\mu\text{Pa}$) sampai $-45,58$ dB (ref: $1\mu\text{Pa}$) dengan rata-rata $-44,74$ dB (ref: $1\mu\text{Pa}$). Foote & MacLennan (1983) melakukan perbandingan 2 bola sphere yang terbuat dari tembaga (Cu) dengan diameter $30,4$ mm dan bola sphere yang terbuat dari tungsten karbid (WC) dengan diameter $38,1$ mm. Hasil pengukurannya adalah bola tembaga memiliki hambur balik akustik yang lebih kuat daripada bola tungsten karbid yang secara dimeter lebih besar dengan nilai hambur balik



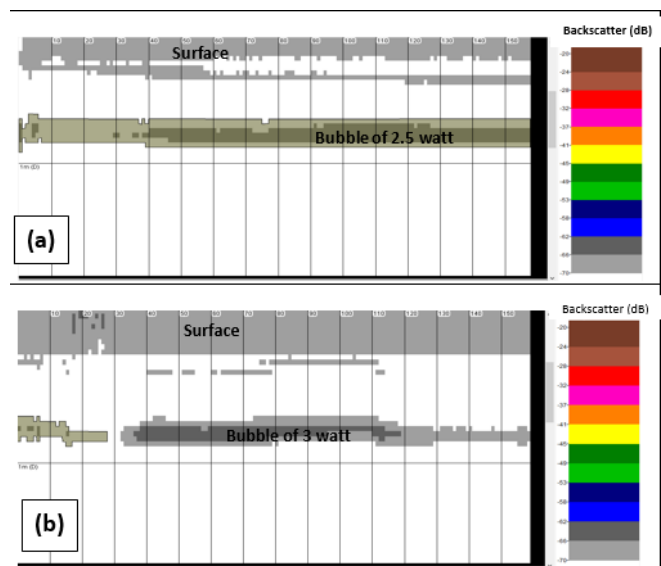
Gambar 6. Karakteristik nilai hambur balik bola sphere.
 Figure 6. Characteristics of the backscatter value of a sphere
 Sumber : Hasil Pengolahan

$-40,7$ dB (ref: $1\mu\text{Pa}$) dan $-42,4$ dB (ref: $1\mu\text{Pa}$)

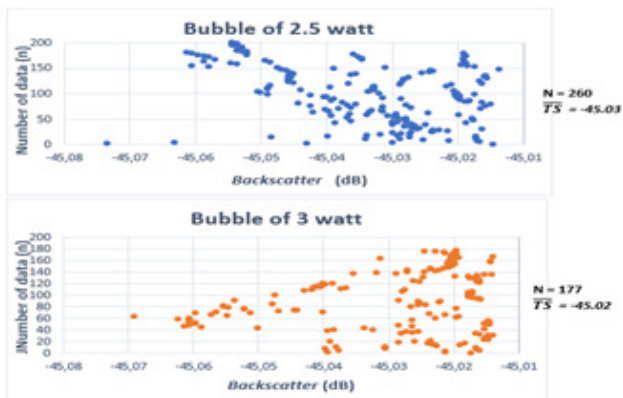
Gelembung udara dihasilkan dari aerator jenis Roston Q3 Aquarium Air Pump yang terdiri atas dua output gelembung yaitu gelembung kecil dengan daya $2,5$ watt dan gelembung besar dengan daya 3 watt. Laju gelembung udara yang dihasilkan adalah 3 liter/menit serta frekuensi 50 Hz. Gambar 7 adalah karakteristik hambur balik dari gelembung udara yang dihasilkan aerator.

Echogram yang memvisualisasikan gelembung udara ditunjukkan oleh warna abu-abu. Perbedaan visualisasi gelembung kecil dan gelembung besar terlihat pada warna yang semakin gelap yang menunjukkan hambur balik yang lebih besar. Nilai rata-rata hambur balik gelembung dengan daya $2,5$ watt adalah $-45,03$ dB (ref: $1\mu\text{Pa}$). Berbeda dengan nilai rata-rata hambur balik gelembung dengan daya 3 watt yaitu $-45,02$ dB (ref: $1\mu\text{Pa}$). Selain faktor medium yang berbeda, besar kecilnya nilai hambur balik gelembung udara sangat tergantung dengan frekuensi resonansi dan ukuran gelembung udara sesuai dengan persamaan 3 (sonar-info, 2021). Karakteristik hambur balik Gelembung Udara dapat di lihat pada Gambar 8.

Karakteristik nilai hambur balik gelembung udara $2,5$ watt memiliki rentang $-45,07$ dB (ref: $1\mu\text{Pa}$) sampai $-45,01$ dB (ref: $1\mu\text{Pa}$) dan untuk rentang nilai hambur balik gelembung udara 3 watt $-45,06$ dB (ref: $1\mu\text{Pa}$)



Gambar 7. Karakteristik hambur balik gelembung udara $2,5$ watt (a) 3 watt (b). Sumber : Hasil Pengolahan
 Figure 7. Backscatter characteristics of air bubbles $2,5$ watt (a) 3 watt (b)



Gambar 8. Karakteristik nilai hamburan balik gelembung udara. Sumber : Hasil Pengolahan

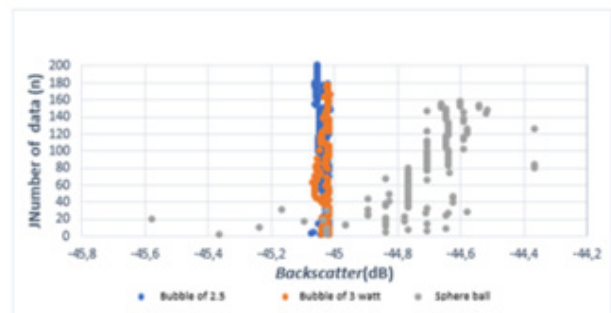
Figure 8. Characteristics of the backscatter value of air bubbles

hingga $-45,01$ dB (ref: $1\mu\text{Pa}$). Penyebaran nilai hamburan balik pada kedua gelembung udara baik berukuran kecil maupun besar terlihat tidak berbeda jauh. Akan tetapi terlihat pada nilai rata-rata keduanya gelembung dengan daya 3 watt memiliki nilai hamburan balik yang lebih besar dibandingkan dengan gelembung dengan daya 2,5 watt. Adapun nilai hamburan balik rata-rata gelembung udara 2,5 watt sebesar $-45,03$ dB (ref: $1\mu\text{Pa}$) sedangkan nilai rata-rata hamburan balik 3 watt adalah $-45,02$ dB (ref: $1\mu\text{Pa}$). Penelitian secara khusus tentang gelembung udara buatan dari aerator belum ada, namun beberapa penelitian sudah dilakukan untuk mengkaji pengaruh gelembung udara dan curah hujan, Bjerne (1994) pertama kali melakukan penelitian mengenai spektrum kebisingan bawah air yang diakibatkan oleh hujan. Bahwa selama curah hujan tinggi, tingkat spektrum tekanan suara konstan sekitar pada 77 dB (ref: $1\mu\text{Pa}$ dari 1 kHz hingga 10 kHz). Penelitian detail tentang karakteristik spektral kebisingan bawah air yang dihasilkan oleh hujan yang jatuh ke permukaan danau dilakukan oleh Scrimger *et al*, (1987). Medwin *et al*, (1992) melakukan studi tentang spektrum suara bawah air yang dihasilkan oleh hujan berada pada empat rentang atau jarak akustik yang berbeda dari diameter yang berkurang. Gelembung udara di air selain diakibatkan oleh hujan juga dapat diakibatkan oleh gerakan-gerakan hewan atau mamalia laut dalam melakukan aktivitas di perairan seperti gelembung udara yang diakibatkan oleh cetacean (paus) yang disebut dengan *Cetacean acoustic*. Hal ini terjadi ketika ingin makan plankton dengan teknik menggerakkan tubuhnya ke arah fertikal dengan posisi mulut menghadap ke atas permukaan sehingga menimbulkan gelembung-gelembung udara dan suara yang keras di permukaan dan di bawah air Leighton (2017).

Gambar 9 menunjukkan adanya perbedaan nilai sebaran hambur balik antara bola *sphere*, gelembung 2,5 watt, noise gelembung 3 watt. Terlihat nilai hambur balik bola *sphere* memiliki nilai lebih besar dibandingkan dengan objek lain dengan rentang hambur balik $-45,58$ sampai $-44,36$ dB (ref: $1\mu\text{Pa}$). Nilai hambur balik gelembung udara dengan daya 3 watt menjadi nilai hambur balik maksimum setelah bola *sphere* dengan rentang $-45,06$ sampai $-45,01$ dB (ref: $1\mu\text{Pa}$). Adapun gelembung dengan daya 2,5 watt memiliki nilai hambur balik dengan rentang $-45,07$ sampai $-45,02$ dB (ref: $1\mu\text{Pa}$). Jika diurutkan persebaran nilai karakteristik hambur balik dari yang kecil sampai terbesar terdiri atas bola *sphere*, gelembung 3 watt, gelembung 2,5 watt.

Adanya kisaran nilai hambur balik dari gelembung udara 2,5 watt dan 3 watt yang sama, hal ini dimungkinkan gelembung udara yang dihasilkan oleh aerator tidak konstan, sehingga ada yang memiliki ukuran yang sama. Hal lain bahwa gelembung udara mulai terjadi hingga pecah memiliki diameter yang berbeda. Menurut Thoenes (1994), terdapat 3 tipe aliran gelembung udara, yaitu: aliran gelembung homogen (gelembung udara kecil dengan diameter seragam tersebar merata pada cairan), aliran gelembung heterogen (gelembung besar dengan bentuk tidak teratur bergerak cepat ke atas), dan aliran *slug* (gelembung udara terbentuk dengan ukuran sebesar diameter kolom).

Howard & Holmes (1977), mengemukakan bahwa pada kecepatan superfisial udara lebih dari 3 ft/min ($1,5$ cm/s) ukuran gelembung tidak tergantung aliran gas. Ketika ukuran gelembung membesar sampai 2 mm bentuknya berubah. Pada ukuran diameter gelembung lebih dari 2 mm gelembung mulai berubah menjadi elipsoidal (Davies & Taylor, 1950). Diameter lebih dari 1 cm berubah menjadi bentuk lensa, bahkan semakin



Gambar 9. Grafik klasifikasi hambur balik dari target yang berbeda. Sumber : Hasil pengolahan

Figure 9. Backscatter classification graph of different targets

lama menjadi bentuk topi. Persamaan yang sering digunakan untuk memperkirakan diameter gelembung diberikan oleh Van Dierendonck serta Akita & Yoshida (1974). Diameter gelembung udara yang lebih besar akan memiliki hamburan balik yang lebih besar. Hal ini disebabkan oleh volume gelembung udara yang berbeda sesuai dengan ukuran diameter gelembung udara (Leighton, 2017).

Penelitian ini memberi gambaran bahwa hambur balik dari gelembung udara memiliki nilai yang hampir sama dengan nilai target dari ikan yang memiliki ukuran hamburan balik kisaran -44 dB sampai -45 dB, sehingga perlu dilakukan kehati-hatian khususnya dalam pengambilan data hidroakustik ikan untuk pendugaan stok ikan agar hasil penelitian memiliki keakuratan yang tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Alat aerator jenis Roston Q3 *Aquarium Air Pump* yang beroperasi pada 220-240 Volt mampu menghasilkan laju gelembung udara sebesar 2,5 watt dan 3 watt. Nilai hambur balik gelembung udara dengan daya 3 watt memiliki rentang nilai hamburan balik lebih tinggi dibandingkan dengan aerator 2,5 watt. Hamburan balik gelembung udara perlu menjadi perhatian saat pengambilan data akustik di lapangan sehingga tidak mengakibatkan bias data akustik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih untuk Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan FPIK-IPB, yang berkenan memberikan ijin pemakaian *watertank* dan Instrumen Akustik SIMRAD EK 15.

DAFTAR PUSTAKA

Yunvita, W. D., Wirasatriya, A., Nugroho, D., Sugianto, S., Helmi, M., Marwoto, J., & Maslukah, L. (2020). Effect of ENSO and IOD on the Variability of Sea Surface Temperature (SST) in Java Sea. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 530(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/530/1/012007>

Akita, K., & Yoshida, F. (1974). Bubble Size, Interfacial Area, and Liquid-Phase Massa Transfer Coefficient in Bubble Columns, *Ind. Eng. Chem., Process Des. Develop*, 13(1), 84-90

Bjerne, L. (1994). Underwater rain noise: sources, spectra and interpretations. *J. de Physique IV Colloque C5, supplement au Journal de Physique III*, (4). mai.

Blanchard, D. C., & Woodcock, A. H. (1957). Bubble Formation and Modification in the Sea and its Meteorological Significance. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 9(2), 145-158. DOI.org/10.1111/J.2153-3490.1957.th01867x

Davies, R. M., & Taylor, G. I. (1950). The Mechanics of Large Bubbles Rising Through Extended Liquids and Through Liquids in Tubes, *Proc. Royal Society, London, A200*, pp 375- 390.

Del Grosso, V.A., & Mader, C.W. (1972). Speed of sound in pure water. *Journal Acoustic. Soc. Am.* 52, 1442-1446.

FAO. (1983). Hydroacoustic assessment in high density fish schools. Roma.

Foote, K. G., & MacLennan, D. N. (1983). Comparison of copper and tungsten carbide calibration spheres. *J. Acoust. Soc. Am.*, 75(2), 612-616.

Folds, D. L., & Loggins, C. D. (1983). Target strength of Liquid-filled spheres. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 73,1147 (1983); <https://doi.org/10.1121/1.389285>

Howard, F. R., & Holmes, J. R. (1977). *Chemical Reactor Design for Process Plants*, Vol. 1: Principles and Techniques. New York. Wiley.

Hisyam, H., Pujiyati, S., Wijopriono, Nurdin, E., & Ma'mun, A. (2021). Sebaran Ikan Pelagis Kecil Berdasarkan Kedalaman Dan Waktu Di Perairan Teluk Cenderawasih. *J.Lit.Perikan.Ind.* 26(4), 221-232.

Koga, M. (1982). Bubble entrainment in breaking wind waves. *Tellus*, 34(5), 481-489. DOI: 10.3402/tellusa.v34i5.10833

Kugou, N., Ishida, K., & Yoshida, A. (2003). Experimental study on motion of air bubbles in seawater (terminal velocity and drag coefficient of air bubble rising in seawater). *Transactions on the Built Environment*, 68, 145-148

LaFond, E. C., & Dill, R. F. (1957). Do invisible

- bubbles exist in the sea. University of California Libraries. 58pp.
- Leighton, J. G. (2017). The acoustic bubble: Ocean, cetacean and extraterrestrial acoustics, and cold water cleaning. *J. Phys.: Conf. Ser.* 797, 012001.
- Medwin, H. (1974). Acoustic fluctuation due to microbubbles in the nearsurface ocean. *Journal of The Acoustical Society of America*, 56, 1100–1104.
- Medwin, H., & Clay, C.S. (1997). Fundamentals of acoustical oceanography. United Kingdom Edition published by ACADEMIC PRESS LIMITED 24-28 Oval Road, London NW1 7DX. 712pp
- Medwin, H., Nystuen, J.A., Jacobu, P.W., Snyder, D.E., & Ostwald, L.H. (1992). The anatomy of underwater rain noise. *J. of Acoustical society of America*, 92, 13- 23.
- Pujiyati, S., Hamuna, B., Rohilah, Hisyam, M., Srimariana, E.S., Natih, I.M.N. (2021). Distributions of environmental parameters and Plankton's volume backscattering strength at Yos Sudarso Bay, Jayapura, Indonesia. *Egyptian Journal of Aquatic Research*. 48(1), 37-44. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2021.08.001>
- Scrimger, J. A., Evans, D. J., McBean, G. A., Farmer, D. M., & Jerman, B. R. (1987). Underwater noise due to rain, hail and snow. *J. Acoust. Soc. Am*, 81, 79-86.
- Simmonds, J., & MacLennan, D. (2005). Fisheries Acoustics. New Jersey (USA) : Blackwell Publishing Company.
- SIMRAD EK 15. (2012). Multi purpose scientific echosounder. Diunduh [https://www.SIMRAD.online/ek15/sales/ek15_ds_en_a4.pdf] pada 2 Maret 2021.
- Sonar-Info. (2021). Scattered Gas Bubbles. <http://www.sonar-info.info/p278/Ts.pdf> (diunduh 8 Oktober 2021)
- Thoenes, D. (1994). Course on Two-phase Reactors, Jurusan Teknik Kimia, UGM. Yogyakarta.
- Urick, R. J. (1967). Principles of Underwater Sound. New York (USA) : McGraw-Hill Book Company.
- Woolf, D. K. (2001). Bubbles, Academic press, Southampton Oceanography Center, UK Academic press.

