



Kepadatan dan Distribusi Spasial Zooplankton di Selat Bali

Density and Spatial Distribution of Zooplankton in the Bali Strait

Jacobus Latumeten^a, Rizky Hanintyo^b, Dian Priska^b

^a Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura Ambon, Indonesia

^b Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN), Jl. Baru, Perancak, Kec. Negara, Kabupaten Jembrana. Bali, 82251

Article Info:

Received: 01 – 11 - 2022

in revised form: 12 – 11 - 2022

Accepted: 14 – 11 - 2022

Available Online: 18 – 11 - 2022

Keywords:

Bali Strait, density, hydroacoustics system, scattering volume, zooplankton

Corresponding Author:

*Email: jacobs.latumeten@gmail.com

DOI :

<https://doi.org/10.30598/jlp.vol1iss2pp37-47>

Abstrak: Selat Bali lebih dikenal karena melimpahnya ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) yang bernilai komersial dan merupakan sumber mata pencarian nelayan dan lapangan kerja. Makanan utama ikan lemuru adalah zooplankton sehingga peranan zooplankton sangat penting dalam menunjang kehidupan ikan lemuru. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kepadatan zooplankton, dan distribusi spasialnya di Selat Bali, menggunakan *scientific hydroacoustic*, BioSonic DT-X yang didukung dengan teknologi *split-beam*. Data dasar akustik diakuisisi pada tujuh transek paralel dan enam leg. Hasil penelitian menunjukan bahwa kepadatan zooplankton yang tinggi di Selat Bali terdapat di perairan bagian selatan dengan variasi tinggi dan kepadatan zooplankton terendah terdapat di bagian barat dengan variasi yang rendah. Secara vertikal distribusi zooplankton di Selat Bali mulai dari lapisan permukaan hingga kedalaman terdalam 40 m di bagian utara dan barat dan kedalaman terdalam 45 m di bagian selatan dan timur. Kepadatan zooplankton yang tinggi umumnya terdapat pada lapisan permukaan dan terus berkurang sejalan dengan bertambah kedalaman, tapi kepadatan yang tertinggi dijumpai di bagian selatan dan bagian barat. Secara horizontal, kepadatan zooplankton yang rendah tersebar menempati ruang perairan yang luas bagian di utara sedangkan di kepadatan zooplankton yang lebih tinggi menempati ruang yang sempit, sebaliknya, di bagian selatan kepadatan zooplankton yang tinggi tersebar pada ruang yang lebih luas.

Abstract: The main food of lemuru fish (*Sardinella lemuru*) in Bali Strait is zooplankton, so that the role of zooplankton is very important in supporting the lemuru fish population. This study aims to determine the density of zooplankton, and their spatial distribution in the Bali Strait waters, using the scientific hydroacoustic system supported with split-beam technology. Acoustic raw data were acquired on seven parallel and six leg transects. The results showed that the highest zooplankton density was found in the southern waters with high variation and the lowest one was found in the western with low variation. Vertically, the distribution of zooplankton density in the Bali Strait starts from the surface layer to a deepest depth of 40 m in the northern and western and a deepest of 45 m in the southern and eastern part of the strait. The high density of zooplankton is generally found near surface and decreases with increasing depth, but the highest density is found in the southern and western part. Horizontally, the low density of zooplankton is spread over a wide waters space in the north, while the higher density zooplankton occupies a narrow space, in contrast, the high density of zooplankton is spread over a wide space in the southern.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

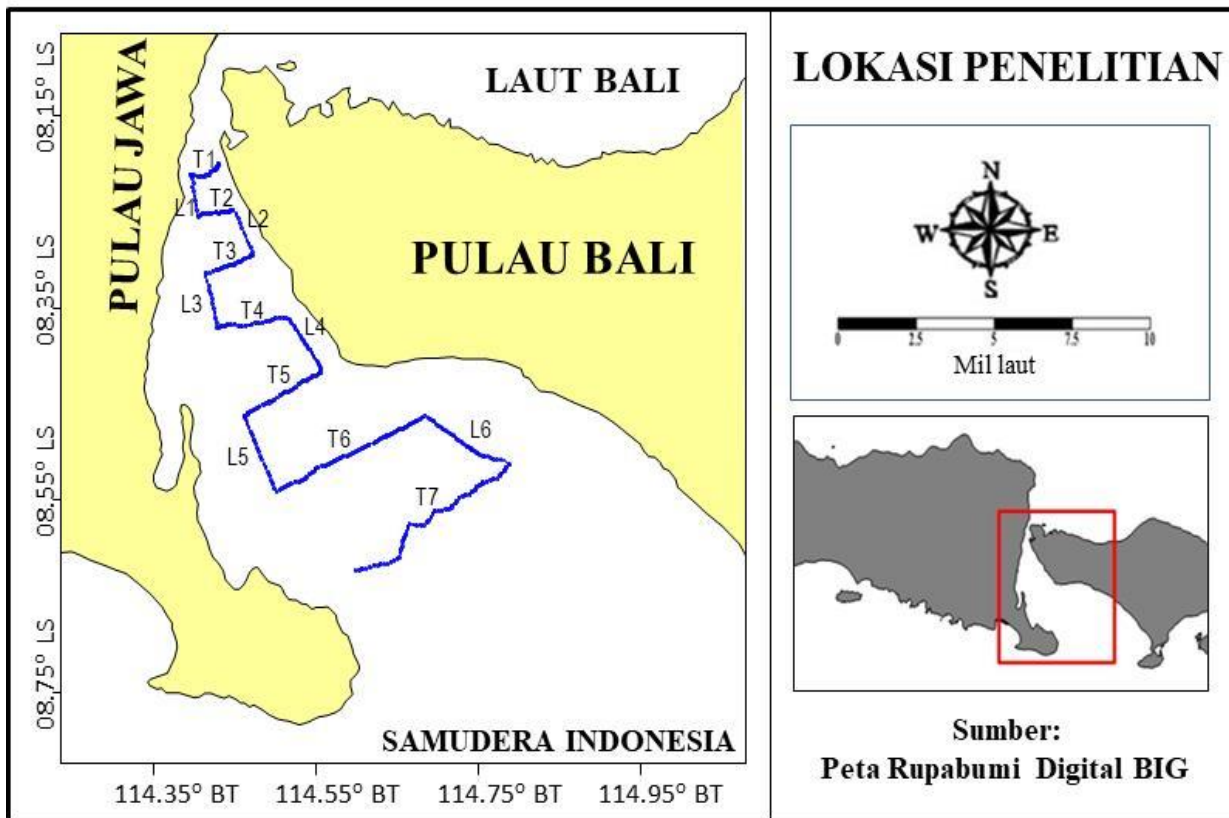
PENDAHULUAN

Perairan Selat Bali terletak antara Pulau Jawa bagian timur dan Pulau Bali bagian barat, di sebelah utara dibatasi oleh Laut Bali dan di sebelah selatan oleh Samudera Indonesia. Luas perairan ini kurang lebih 2.500 km² dimana wilayah sempit sebelah utara dengan lebar kira-kira 2,5 km dan melebar di bagian selatan kurang lebih 55 km dan merupakan suatu wilayah perairan dengan tangkapan ikan pelagis yang potensial, salah satunya adalah ikan lemuru, *Sardinella lemuru* (Setyohadi, 2009) yang memiliki peranan penting bagi masyarakat lokal sebagai sumber pendapatan dan pendukung industri lokal yang dapat memperluas lapangan pekerjaan (Purwaningsih, 2015). Dari penyelidikan isi lambung diketahui bahwa makanan utama ikan lemuru adalah 90,52 - 95,54% zooplankton dan 4,46 - 9,48% fitoplankton (Burhanuddin *et al.* 1984). Jelaslah bahwa zooplankton begitu penting sebagai makanan utama ikan lemuru maka perlu dilakukan suatu penelitian ilmiah untuk mengetahui keberadaannya sebagai pendukung kehidupan populasi ikan lemuru dan sumberdaya ikan pelagis lainnya di Selat Bali.

Dalam kenyataannya memang sulit mengestimasi kelimpahan dan distribusi biomassa zooplankton dengan metode pengambilan sampel menggunakan jaring plankton, karena ukuran sampel yang kecil, variasi yang besar, biaya yang tinggi dan bias yang besar serta merepotkan (Liao *et al.*, 1999), sukar memperoleh informasi pada skala yang besar (Xue *et al.*, 2021) juga tidak bisa memberi gambaran tentang distribusi vertikal dan horizontal zooplankton di suatu perairan. Namun dengan tersedianya teknik hidroakustik yang bisa memperoleh data secara *in situ* dengan cepat serta mudah mengestimasi kelimpahan, distribusi dan tingkah laku dari plankton, nekton serta ikan pelagis (Castillo *et al.*, 1996; Petitgas and Leveze, 1996). Dalam analisa kepadatan zooplankton dari data hidroakustik terdapat dua luaran, yakni kepadatan relatif (relative density) berupa volume hamburan balik (scattering volume, Sv) dengan satuan decibe (dB) dan kepadatan mutlak (absolute density) dengan satuan individu/m³. Sv merupakan rasio antara intensitas suara yang direfleksikan oleh target dengan intensitas suara yang mengenai target tersebut yang berada pada suatu volume air (Lurton, 2002; Xie and Jones, 2009) dan sebagai indikator kepadatan zooplankton (Simmonds and MacLennan, 2005; Xie and Jones, 2009; Winasti, 2013) dimana semakin tinggi nilai Sv diikuti dengan semakin tinggi kepadatan zooplankton. Penggunaan nilai Sv untuk menyatakan kepadatan zooplankton telah dilakukan oleh beberapa peneliti antara lain, Stanton *et al.* (1996), Iida *et al.* (1996), Lavery *et al.* (2010), Moniharapon *et al.* (2014) dan Xue *et al.* (2021), sedangkan penggunaan nilai kepadatan mutlak untuk menjelaskan distribusi zooplankton telah dilakukan antara lain oleh Forman and Warren (2010), Manik (2012), Burd and Thomson (2012), Latumeten dan Pello (2019), Latumeten *et al.* (2021^a), Latumeten *et al.* (2021^b), Febrianti *et al.* (2022), Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi tentang kepadatan zooplankton dan distribusi spasialnya di Selat Bali menggunakan nilai *scattering volume* (Sv) zooplankton hasil *echointegration* perangkat *scientific hydroacoustic*.

METODE

Penelitian ini dilakukan di perairan Selat Bali dari tanggal 18 hingga 21 Agustus tahun 2017. Peta lokasi penelitian dan transek pengambilan data akustik tertera pada Gambar 1. Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer adalah data dasar akustik (acoustic raw data) yang berupa amplitud gema yang dihamburkan oleh target dari dalam kolom air setelah mengenai gelombang suara yang dipancarkan dari transducer dari permukaan air. Data dasar akustik tersebut dikumpulkan pada 7 transek parallel dan 6 leg, sedangkan data sekunder berupa komposisi jenis zooplankton yang terdapat di perairan tersebut diperoleh melalui studi pustaka dari hasil penelitian peneliti lain.



Gambar 1. Peta Selat Bali. Garis biru di tengah selat adalah transek parallel (T1-T7) dengan 6 Leg (L1-L6) saat akuisisi data dasar akustik.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Satu unit kapal kapasitas 35 GT
2. Satu set perangkat *scientific hydroacoustic* BioSonic DT-X yang telah didukung dengan teknologi *split-beam*, dengan frekuensi operasional 206 kHz dan sudut beam 6 derajat.
3. Satu unit global positioning system (GPS) *receiver* JRC (Japan Radio Cooperation) standard marine survey.
4. Perangkat lunak Visual Acquisition untuk mengendali seluruh setting operasional dan fungsi-fungsi dari echosounder dan transducer yang merupakan bagian dari sistem hidroakustik tersebut (BioSonic Inc., 2003) dalam pengumpulan data dasar akustik.
5. Perangkat lunak Visual Analyzer untuk pemrosesan Sv zooplankton dari hasil *echo-integration* (BioSonic Inc., 2004).
6. Satu unit laptop untuk menjalankan kedua perangkat lunak tersebut, menyimpan data akustik dan luaran hasil analisa.

Dalam pengumpulan data akustik, transducer dibenamkan sedalam 0,75 meter dari permukaan air di salah satu sisi kapal dan diseret dengan kecepatan rata-rata 5 (lima) knot di sepanjang jalur transek pengambilan data tersebut. Penyesuaian posisi dan haluan kapal dengan posisi dan arah garis-garis transek yang telah didesain itu, dikontrol menggunakan GPS JRC (Japan Radio Cooperation) standard marine survey. Posisi dan waktu perolehan data di sepanjang transek direkam secara simultan dan otomatis, sehingga luaran echo integration yang dihasilkan, telah dilengkapi dengan data posisi dan waktu perolehannya, yang tersimpan secara otomatis di harddisk komputer. Parameter sistem hidroakustik diset untuk pengambilan data akustik zooplankton pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Table 1. Nilai parameter sistem hidroakustik yang diset saat pengambilan data di lapangan

| No. | Parameter Sistem | Nilai |
|-----|----------------------|------------------|
| 1. | Threshold data | -130 dB |
| 2. | Laju pemancaran ping | 5 ping per detik |
| 3. | Jarak deteksi | 1 - 200 m |
| 4. | Lebar pulsa | 0.4 milidetik |

Dalam pemrosesan data dasar akustik dengan perangkat lunak Visual Analyzer, lamanya *echointegration* ditetapkan selama tiga menit untuk tiap *elementary sampling distance unit* (ESDU). Dengan kecepatan kapal 5 knot maka ukuran (panjang) tiap ESDU kurang lebih 460 meter. Sv secara umum didefinisikan kedalam persamaan Xie dan Jones (2009) sebagai berikut:

$$Sv = 10 \text{ Log } (I_s/I_i)$$

dimana I_s adalah intensitas *scattering volume* yang diukur satu meter dari pusat gelombang suara. I_i adalah intensitas *scattering* yang dipancarkan. Karena data Sv zooplankton pada penelitian ini diperoleh menggunakan sistem perangkat hidroakustik BioSonic DT-X, maka persamaan Sv di atas berubah (BioSonic, 2004) menjadi:

$$Sv = 10 * \log [\rho_c * \left\{ \frac{\sum P}{\sum samples} \right\}]$$

dimana P adalah perolehan (gain) sampel-sampel intensitas suara yang terkoreksi dan ρ_c adalah konstanta skala system (system scaling constant). Nilai ρ_c diperoleh dengan rumus:

$$\rho_c = \frac{1}{\pi * pw * c * (10^{(SL/10)})^2 * (10^{(RS/10)})^2 * E[b^2]}$$

dimana $\pi = 3.14159...$, pw adalah lebar pulsa (detik), c adalah kecepatan suara di dalam medium air laut (m/detik), SL adalah tingkat sumber (dB μ Pa), RS adalah sensitivitas penerimaan transducer (dB), dan $E[b^2]$ faktor pola *beam* (beam pattern factor). Analisis Sv zooplankton dilakukan pada setiap ketebalan lapisan air 5 meter dari permukaan transducer hingga kedalaman 100 meter. Nilai Sv zooplankton hasil pemrosesan dalam arah vertikal diplotkan dalam bentuk grafik untuk melihat pola distribusi vertikalnya menggunakan perangkat lunak MS Excel 2010, sedangkan nilai Sv zooplankton dalam arah horizontal dianalisa menggunakan metode *gridding* dengan teknik *ordinary kriging* dua dimensi (Deutch and Journel, 1997) sebagai berikut:

$$D_i(x) = \sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} D_i(x_{\alpha})$$

$$\sum_{\beta=1}^n \lambda_{\beta} \gamma(x_{\alpha}, x_{\beta}) + \mu = \gamma(x_{\alpha}, x)$$

$$\forall \alpha = 1$$

$$\sum_{\alpha=1}^n \lambda_{\alpha} = 1$$

dimana x adalah posisi lokasi Sv yang diestimasi dalam sistem dua dimensi, x_{α} adalah posisi sampel Sv dalam sistem dua dimensi, λ adalah bobot *kriging*, n adalah jumlah sampel Sv berdekatan yang

digunakan untuk *kriging*, γ adalah variogram Sv zooplankton dan μ adalah parameter *lag* jarak. Variogram diperoleh dengan formula (MacLennan and Simmonds, 2005):

$$\gamma(h) = \{(F - F')^2 / 2\}$$

dimana : h adalah jarak antara lokasi-lokasi sampel Sv dan F, F' adalah kumpulan sampel-sampel Sv berpasangan untuk jarak tertentu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kepadatan Zooplankton

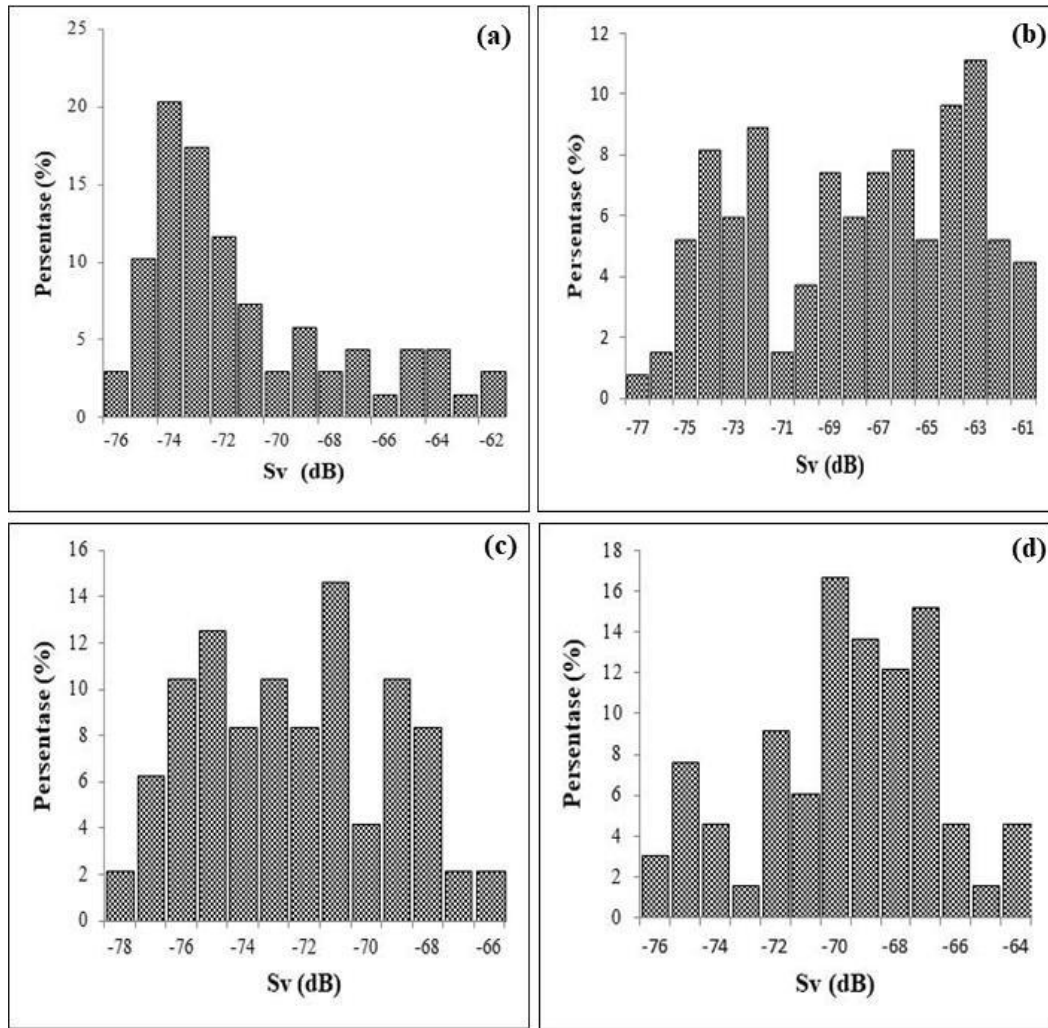
Jumlah *Elementary Sampling Distance Unit* (ESDU) di sepanjang transek dan leg serta statistik Sv zooplankton di perairan Selat Bali tertera pada Tabel 2. Dari nilai rata-rata Sv pada tabel tersebut maka dapat dijelaskan bahwa kepadatan zooplankton tertinggi dijumpai di transek bagian selatan dengan variasinya lebih tinggi dan terendah di leg bagian barat dengan variasi yang rendah pula. Demikian pula kepadatan zooplankton di transek bagian utara lebih tinggi dengan variasi yang lebih tinggi pula daripada kepadatan zooplankton di leg bagian barat dengan variasi yang lebih rendah pula.

Tabel 2. Statistik Sv zooplankton di Selat Bali.

| No. | Transek/Leg | Jumlah ESDU | Sv (dB) | | | |
|-----|------------------------|-------------|---------|----------|--------|---------|
| | | | Minimum | Maksimum | Rataan | Std.Dev |
| 1 | Transek Bagian Utara | 69 | -75,8 | -60,6 | -70,98 | 4,08 |
| 2 | Transek Bagian Selatan | 135 | -76,9 | -61,0 | -67,75 | 4,68 |
| 3 | Leg Bagian Barat | 48 | -77,5 | -67,9 | -72,91 | 2,60 |
| 4 | Leg Bagian Timur | 66 | -76,1 | -63,3 | -69,57 | 3,20 |

Dari data sekunder diketahui bahwa komposisi jenis zooplankton di perairan Selat Bali terdiri dari 4 genus yakni *Nauplius* sp., *Acartia* sp., *Cyclopid* sp., dan *Calanus* sp yang termasuk dalam sub klas kopepoda (Sihombing, 2018). juga di musim peralihan II sub klas kopepoda melimpah yakni mencapai 88,3% dari total individu zooplankton (Khasanah *et al.*, 2013).

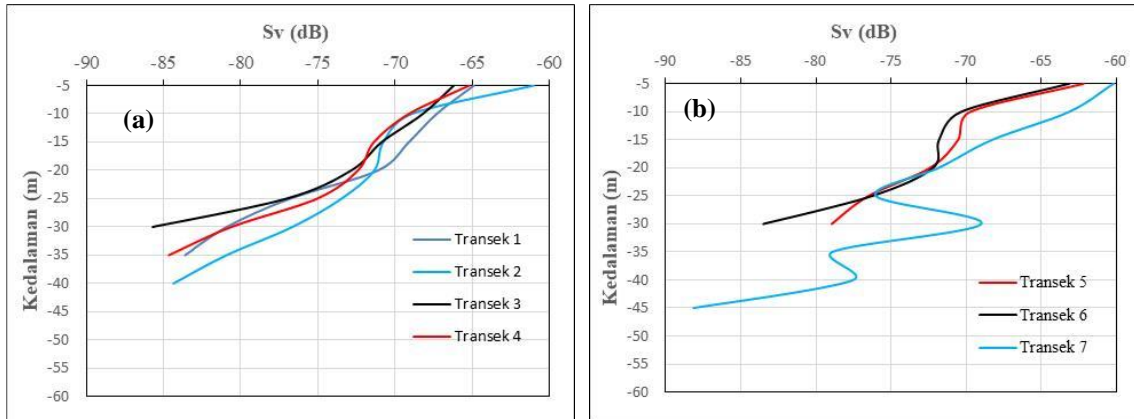
Distribusi frekuensi kehadiran nilai Sv zooplankton pada transek dan leg di Selat Bali dalam kurun waktu survey, tertera pada Gambar 2. Histogram pada Gambar 2 tersebut menunjukkan bahwa nilai Sv yang dominan di transek bagian utara selat -74 dB (20%), di transek bagian selatan selat -63 dB (11,10%), di leg bagian barat -71dB (14,58%) dan di leg bagian timur -70 dB (16,67%). Dari informasi ini menunjukkan bahwa zooplankton yang dominan dengan kepadatan tertinggi juga dijumpai pada transek bagian selatan dan timur Selat Bali.



Gambar 2. Frekuensi kehadiran nilai Sv zooplankton di Selat Bali. (a) di transek utara, (b) di transek selatan, (c) di leg barat dan (d) di leg timur

Distribusi Vertikal Zooplankton

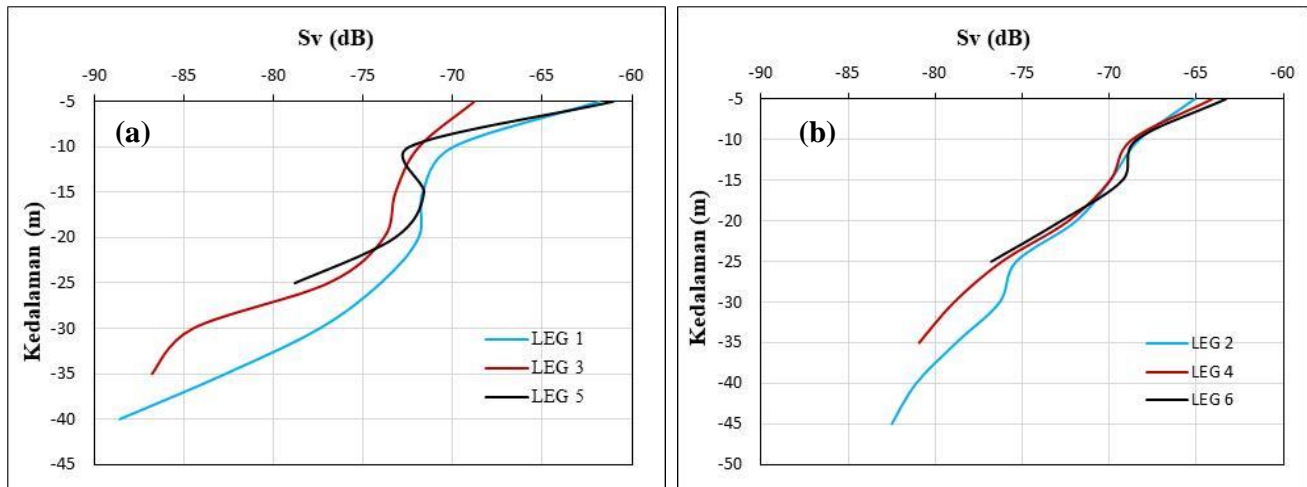
Pola distribusi vertikal kepadatan zooplankton yang didasarkan pada nilai Sv pada transek bagian utara dan transek bagian selatan Selat Bali dapat dilihat pada Gambar 3. Kedalaman distribusi zooplankton yang paling dalam pada transek bagian utara terdapat pada transek 2, yakni dari lapisan permukaan hingga 40 m, sedangkan kedalaman distribusi yang lebih dangkal dijumpai pada transek 3 yakni dari lapisan permukaan hingga kedalaman 30 m. Nilai Sv tertinggi pada keempat transek dijumpai pada lapisan permukaan (0 - 5 m) dan terus berkurang sejalan dengan bertambahnya kedalaman, tetapi kepadatan tertinggi zooplankton pada lapisan permukaan tersebut terdapat pada transek 2 (-61,03 dB) dan yang terendah terdapat pada transek 3 (-66,2 dB). Distribusi vertikal kepadatan zooplankton pada transek selatan (5, 6 dan 7) menunjukkan bahwa pada ke-3 transek ini kedalaman distribusi zooplankton yang paling dalam terdapat pada transek 7, yakni tersebar dari lapisan permukaan (0 - 5 m) hingga kedalaman 45 m dan merupakan distribusi terdalam dari semua transek di utara maupun di bagian selatan, sedangkan kedalaman kedalaman distribusi zooplankton yang lebih dangkal dijumpai pada transek 5 dan transek 6 yakni dari lapisan permukaan hingga kedalaman 30 m.



Gambar 3. Distribusi vertikal Sv zooplankton di Selat Bali. (a) transek utara selat (b) transek selatan selat.

Kepadatan zooplankton tertinggi pada ketiga transek ini di jumpai pada lapisan permukaan (0 - 5 m) dan terus berkurang sejalan dengan bertambahnya kedalaman, tetapi kepadatan tertinggi pada lapisan permukaan tersebut terdapat pada transek 7 (-60,18 dB) yang juga tertinggi dari semua transek bagian utara maupun pada transek bagian selatan selat, sementara kepadatan zooplankton yang terendah dari semua transek terdapat pada transek 6 (-63,14 dB).

Distribusi kepadatan zooplankton secara vertikal pada leg dibagi menjadi dua yaitu leg barat dan leg timur (Gambar 4). Pada leg barat yang berada di dekat Pulau Jawa diwakili oleh leg 1, leg 3 dan leg 5 sedangkan pada leg timur di dekat Pulau Bali diwakili oleh leg 2, 4 dan 6.

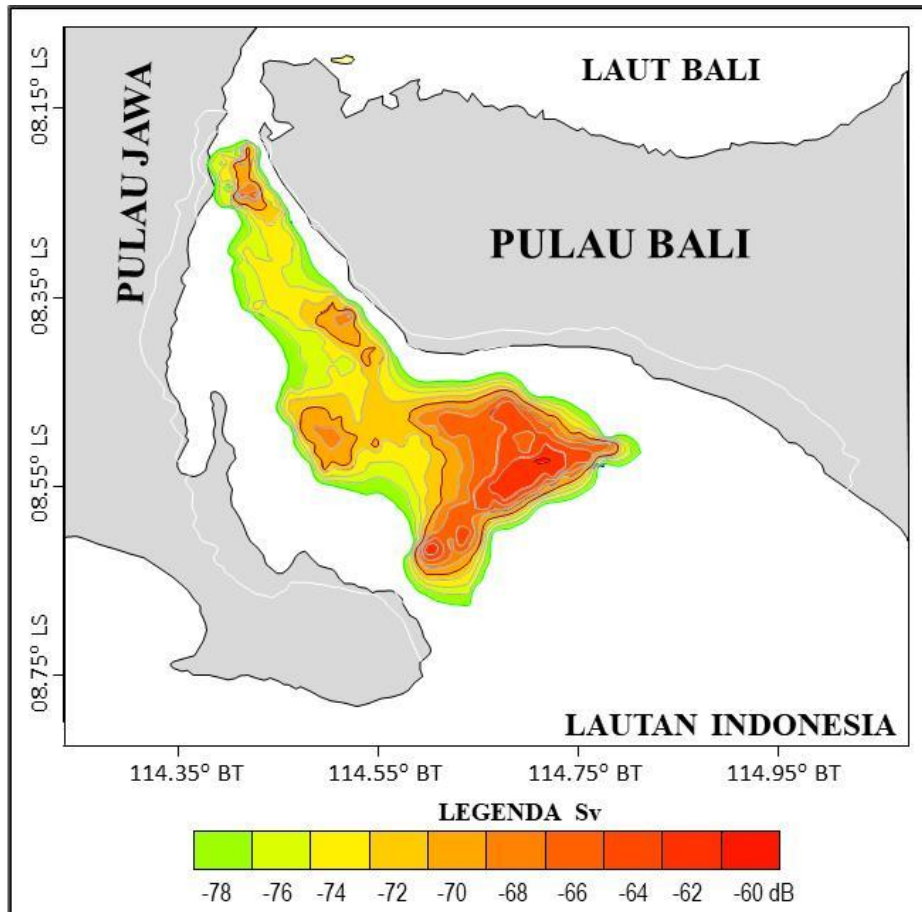


Gambar 4. Distribusi vertikal Sv zooplankton di Selat Bali. (a) leg barat selat; (b) leg timur selat.

Kedalaman distribusi zooplankton yang paling dalam dari ke-5 leg ini dijumpai pada leg 2 di bagian timur dan yang paling dangkal (25 m) adalah pada leg 5 di bagian barat dan leg 6 di bagian timur. Nilai Sv tertinggi pada ketiga leg ini dijumpai pada lapisan permukaan (0 – 5 m) dan terus berkurang sejalan dengan bertambahnya kedalaman, tetapi kepadatan tertinggi pada lapisan permukaan tersebut terdapat pada leg 5 (-61,06 dB) di bagian barat dan yang terendah terdapat pada leg 3 (-68,8 dB) di bagian barat juga.

Distribusi Horisontal

Distribusi horizontal zooplankton di Selat Bali pada Gambar 5. Dari nilai Sv yang diperoleh menunjukkan bahwa kepadatan zooplankton yang rendah (Sv -78 - -72 dB) tersebar menempati ruang perairan yang luas yang tersebar dari utara sampai di selatan selat, sedangkan kepadatan zooplankton yang lebih tinggi (Sv -68 sampai -60 dB) menempati ruang yang lebih sempit di bagian utara selat, sebaliknya, di perairan selatan selat kepadatan zooplankton yang tinggi itu tersebar pada ruang perairan yang luas.



Gambar 5. Distribusi horizontal Sv zooplankton di Selat Bali pada bulan Agustus 2017.

Penelitian ini dilakukan di bulan Agustus yang termasuk dalam Musim Timur (Juni – Agustus). Lebih tingginya kepadatan zooplankton di bagian selatan daripada di bagian utara Selat Bali disebabkan karena pada musim ini suhu air di bagian selatan perairan selat tersebut relatif rendah karena terjadi *upwelling* yang menyebabkan konsentrasi klorofil-a meningkat sehingga menghasilkan produktivitas yang tinggi (Hendiarti *et al.*, 2004). Hasil penelitian lain mengungkap-kan bahwa dari bulan Juni-September perairan bagian selatan Selat Bali tersebut cenderung lebih dingin dibandingkan perairan di bagian utara. Dinginnya massa air di bagian selatan selat (26,77 - 26,78 °C) mengindikasikan fenomena pengangkatan massa air dalam ke permukaan (*upwelling*) pada perairan tersebut (Rintaka *et al.*, 2015), dimana daerah *upwelling* adalah wilayah perairan yang kaya akan unsur hara yang memicu tingginya pertumbuhan fitoplankton yang selanjutnya memicu pertumbuhan zooplankton yang tinggi pula.

KESIMPULAN

Didasarkan nilai-nilai Sv zooplankton yang diperoleh dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa kepadatan zooplankton di Selat Bali yang tinggi terdapat di perairan bagian selatan (-67,75 dB) dengan variasi yang tinggi (Std. deviasi = 4,68 dB), sedangkan kepadatan zooplankton terendah (-72,91 dB) terdapat di bagian barat dengan variasi yang terendah pula (Std. deviasi = 2,60 dB). Secara vertikal, distribusi zooplankton di Selat Bali mulai dari lapisan permukaan hingga kedalaman terdalam 40 m terdapat di bagian utara dan barat sementara kedalaman distribusi terdalam 45 m terdapat di bagian selatan dan timur selat. Kepadatan zooplankton yang tinggi umumnya terdapat pada lapisan permukaan dan terus berkurang sejalan dengan bertambah kedalaman, akan tetapi kepadatan yang tertinggi (-60,18 dB) dijumpai di bagian selatan selat. Secara horizontal, kepadatan zooplankton yang rendah (-78 sampai -70 dB) tersebar menempati ruang perairan yang luas dari utara hingga di selatan selat, sedangkan di bagian utara kepadatan zooplankton yang lebih tinggi (-68 sampai -66 dB) menempati ruang yang sempit, sebaliknya, di bagian selatan selat kepadatan zooplankton yang tinggi (-64 sampai -60 dB) tersebar pada ruang yang luas. Luasnya areal distribusi kepadatan zooplankton yang tinggi di bagian selatan selat disebabkan karena tingginya unsur hara akibat *upwelling* yang memicu tingginya pertumbuhan fitoplankton yang merupakan makanan dari zooplankton.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Pengelolaan Informasi Sumberdaya Kelautan dan Perikanan atas bantuannya membiayai kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- BioSonic Inc. 2003. The BioSonics DT-X™ Echosounder and Visual Acquisition 5.0 Software. User Guide. BioSonics, Seattle, Washington. <https://www.biosonicsinc.com/downloads/user-guides>
- BioSonic Inc. 2004. Visual Analyzer 4.1 Software. User Guide. BioSonics, Seattle, Washington. <https://www.biosonicsinc.com/products/software>.
- Burd BJ, Thomson RE. 2012. Estimating Zooplankton Biomass Distribution in the Water Column Near the Endeavour Segment of Juan de Fuca Ridge Using Acoustic Backscatter and Concurrently Towed Nets. *Oceanography* 25(1):269–276, <http://dx.doi.org/10.5670/oceanog.2012.25>.
- Burhanuddin M, Hutomo S, Martosejowo, Moeljanto R. 1984. Sumber Daya Ikan Lemuru. Proyek Studi Sumber Daya Alam Indonesia. Studi Potensi Sumber Daya Hayati Ikan. Lembaga Oseanografi Nasional – LIPI. Jakarta. <https://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/88422/1>.
- Castillo J, Barbieri MA, Gonzalez A. 1996. Relationships between sea surface temperature, salinity, and pelagic fish distribution off northern Chile. *ICES Journal of Marine Science*, 53: 139–146. <https://academic.oup.com/icesjms/article/53/2/139/791578>.
- Deutsch CV, Journel AG. 1997. GSLIB: Geostatistical Software Library and User's Guide. (New York: Oxford University Press). <http://claytonvdeutsch.com/wp-content/uploads/2019/03/GSLIB-Book-Second-Edition>.
- Febrianti A, Manik AP, Wijopriono HM. 2022. Pengukuran Kelimpahan dan Sebaran Spasial Zooplankton Menggunakan *Scientific Echosounder* di Semenanjung Utara Pesisir Banyuasin, Sumatera Selatan. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 14(1): 47-68. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnalikt> e-ISSN : 2620-309X DOI: <https://doi.org/10.29244/jitkt.v14i1.36218>.

- Forman KA, Warren JD. 2010. Variability in the density and sound-speed of coastal zooplankton and nekton. ICES Journal of Marine Science, 67: 10–18. <https://academic.oup.com/icesjms/article-abstract/67/1/10/594734>.
- Hendiarti N, Herbert S, Thomas O. 2004. Investigation of Different Coastal Processes In Indonesian Waters Using Seawifs Data. Deep-Sea Research. 2(5):85–97. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0967064504000074>
- Iida K, Mukai T, Hwang D. 1996. Relationship between acoustic backscattering strength and density of zooplankton in the sound-scattering layer. ICES J. Mar. Sci. 1996, 53, 507–512. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.510.3402&rep=rep1&type=pdf>
- Khasanah RI, Sartimbul A, Herawati EY. 2018. Komposisi isi lambung ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) di perairan Selat Bali. Prosiding Seminar Nasional Ikan ke 8. <http://iktiologi-indonesia.org/wp-content/uploads/2018>
- Latumeten J, Pello FS. 2019. Komposisi, kepadatan dan distribusi spasial zooplankton pada Musim Barat (Desember-Februari) di Teluk Ambon Dalam. Prosiding Seminar Nasional Kelautan dan Perikanan 2019 Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Unpatti. Ambon, 18-19 Desember 2019. <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/semnaskpfik/article/view/2026>.
- Latumeten J, Pello FS, Latumeten VDV. 2021a. Composition, density and spatial distribution of zooplankton on wet season (June-August) in Inner Ambon Bay. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 805 (2021) 012001. doi:10.1088/1755-1315/805/1/012001.
- Latumeten J, Pello FS, Latumeten VDV. 2021b. Composition, Density and Spatial Distribution of Zooplankton in Inner Ambon Bay, Indonesia. Global Journal of Science Frontier Research: C. Biological Science. Volume 21 Issue 5 Version 1.0 Year 2021. Publisher: Global Journals. Online ISSN: 2249-4626 & Print ISSN: 0975-5896.
- Lavery AC, Chu D, Moum JN. 2010. Measurements of acoustic scattering from zooplankton and oceanic microstructure using a broadband echosounder. – ICES Journal of Marine Science, 67: 000–000.
- Liao CH, Lee KT, Lee MA, Lu HJ. 1999. Biomass distribution and zooplankton composition of the sound-scattering layer in the waters of southern East China Sea. – ICES Journal of Marine Science 56: 766–78.
- Simmonds E, MacLennan DN. 2005 Fisheries Acoustics. Theory and Practice (London: Chapman & Hall) p 325.
- Manik HM. 2015. Acoustic Observation of Zooplankton Using High Frequency Sonar. ILMU KELAUTAN. Vol 20(2):61-72. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ijms/article/view/8743>.
- Moniharapon D, Jaya I, Manik HM, Pujiyati S, Syahailatua A. 2014. Migrasi Vertikal Zooplankton di Laut Banda. Jurnal Kelautan Nasional, Vol. 9, No. 3, Desember 2014, Hal. 143-151. <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jkn/article/view/6211>.
- Purwaningsih R. 2015. Analisis Nilai Tambah Produk Perikanan Lemuru Pelabuhan Muncar Banyuwangi. Jurnal Ilmiah Teknik Industri, 14(1), 13-23. <https://journals.ums.ac.id/index.php/jiti/article/download/620/360>.
- Petitgas P, Leveze JJ. 1996. Spatial organization of pelagic fish: echogram structure, spatio-temporal condition, and biomass in Senegalese waters. ICES Journal of Marine Science 53: 147–153. <https://academic.oup.com/icesjms/article-pdf/53/2/147/2371827/53-2-147>.
- Rintaka WE, Susilo E, Hastuti AW. 2015. Pengaruh In-Direct Upwelling Terhadap Jumlah Tangkapan Lemuru Di Perairan Selat Bali. Seminar Nasional Perikanan dan Kelautan V Universitas Brawijaya (pp. 312-319). <https://www.academia.edu/15827813>.
- Setyohadi D. 2009. Studi Potensi dan Dinamika Stok Ikan Lemuru (*Sardinella Lemuru*) di Selat Bali Serta Alternatif Penangkapannya. Journal of Fisheries Sciences, 11(1), 78–86. <https://jurnal.ugm.ac.id/jfs/article/view/2987>.

- Sihombing HP, Hendrawan IG, Suteja Y. 2018. Analisis hubungan kelimpahan plankton di permukaan terhadap hasil tangkapan ikan lemuru (*Sardinella lemuru*) di Selat Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 4(1), 151-161.
- Stanton, T. K., Chu, D., and Wiebe, P. H. 1996. Acoustic scattering characteristics of several zooplankton groups.–*ICES Journal of Marine Science*, 53: 289–295. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.597.9013&rep=rep1&type=pdf>
- Susilo E, Kresnabayu IM, Swastan IGA. 2021. Peta Lokasi Penangkapan Ikan Lemuru Di Selat Bali. *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 5(2), 402-409. <https://jfmr.ub.ac.id/index.php/jfmr/article/view/563>.
- Winasti R. 2013. Hubungan Nilai *Volume Backscattering Strength* (Sv) Plankton Dengan Parameter Lingkungan di Perairan Rokan Hilir Bengkalis, Riau. *Journal Tunas Bangsa*, 2013, 185–97. <https://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/67306>.
- Xue M. 2021. Broadband Characteristics of Zooplankton Sound Scattering Layer in the Kuroshio–Oyashio Confluence Region of the Northwest Pacific Ocean in Summer of 2019. *J. Mar. Sci. Eng.* 2021, 9, 938. <https://doi.org/10.3390/jmse9090938>.