

Aquatic Pollution Study Based on Analysis of Mollusk Diversity as a Bioindicator

(Kajian Pencemaran Perairan Berdasarkan Analisis Keanekaragaman Moluska Sebagai Bioindikator)

Anneke V. Lohoo, Gaspar D. Manu, Rose O.S.E. Mantiri, Alex D. Kambey*

Faculty of Fisheries and Marine Sciences, Sam Ratulangi University Jl. Unsrat Bahu Campus, Manado 95115 North Sulawesi, Indonesia

*Corresponding author: duharmanu@unsrat.ac.id

Manuscript received: 18 Oct 2023. Revision accepted: 10 Nov. 2023.

Abstract

This research aims to determine the condition of coastal water quality at Sam Ratulangi University's Marine Field Station by looking at the diversity of mollusks and the physical and chemical parameters of the waters as supporting parameters. The method used to determine the research location was the Quadratic Transect method, while to determine the sampling point the random sampling method was used, namely selecting sampling locations randomly based on areas with dominant activities. The mollusks taken are mollusks that are still alive and can be seen attached, both on the surface of the substrate and inside the substrate. Observations of the place and substrate where the individual attached/immersed themselves were carried out by measuring the water quality, where the temperature was 30°C, salinity 28‰, and pH 8). The identification results obtained were 29 types. In the final step after the sample has been identified, all data obtained will be analyzed to obtain results from the research carried out. This research is expected to provide information about the condition of water pollution at Sam Ratulangi University's Marine Field Station in determining management policies and preserving the aquatic ecosystem.

Keywords: Bioindicators, Molluscs, Diversity, Pollution.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi kualitas perairan pesisir Marine Field Station Universitas Sam Ratulangi dengan melihat keanekaragaman moluska serta parameter fisika kimia perairan sebagai parameter pendukung. Metode yang digunakan dalam menentukan lokasi penelitian adalah metode Transek Kuadrat, sedangkan untuk menentukan titik pengambilan sampel digunakan metode random sampling, yaitu pemilihan lokasi pengambilan sampel secara acak berdasarkan kawasan dengan kegiatan yang dominan. Moluska yang diambil adalah Moluska dalam keadaan masih hidup yang terlihat menempel, baik di permukaan substrat maupun di dalam substrat. Pengamatan tentang tempat maupun substrat dimana individu tersebut menempel/membenamkan diri dilakukan pengukuran kualitas air, di mana suhu 30°C, salinitas 28‰ dan pH 8). Hasil indentifikasi diperoleh sebanyak 29 jenis. Langkah terakhir setelah sampel diidentifikasi, semua data yang diperoleh akan dianalisis untuk memperoleh hasil dari penelitian yang dilakukan. Penelitian ini diharapkan sebagai informasi tentang kondisi pencemaran perairan Marine Field Station Universitas Sam Ratulangi dalam penentuan kebijakan pengelolaan serta menjaga kelestarian ekosistem perairan.

Kata kunci: Bioindikator, Moluska, Keanekaragaman, Pencemaran.

PENDAHULUAN

Kegiatan pembangunan di wilayah pesisir Likupang yang berhubungan dengan kegiatan pemanfaatan wilayah pesisir sebagaimana yang sedang

dilaksanakan dalam rangka pengembangan kawasan pariwisata dengan berbagai fasilitas pendukungnya dapat mengganggu atau merusak ekosistem mangrove, lamun, dan terumbu karang secara langsung ataupun tidak langsung.

Aktivitas tersebut secara tidak langsung akan berdampak negatif terhadap perubahan kualitas perairan dan juga dapat berpengaruh terhadap kehidupan biota yang hidup di wilayah perairan tersebut. Salah satu biota yang terkena dampak langsung akibat adanya perubahan kualitas perairan adalah moluska (Septiana, 2017). Pengembangan kawasan tersebut diharapkan dapat berperan dalam mencegah terjadinya pencemaran dan hilangnya sumberdaya ikan sebagai sumber protein hewani yang ada di dalamnya.

Berbagai kegiatan penelitian di perairan Marine Field Station Universitas Sam Ratulangi Likupang telah dilakukan, untuk memberikan informasi tentang peranan ekosistem yang ada untuk mempertahankan berbagai akibat pemanfaatan sumberdaya yang tidak ramah lingkungan. Kegiatan penelitian ini diarahkan untuk mengetahui kondisi berbagai ekosistem dalam rangka keberlanjutan pengelolaan sumber daya perairan. Sehubungan dengan hal tersebut, maka keanekaragaman moluska di perairan pesisir Marine Field Station Universitas Sam Ratulangi Likupang dapat dijadikan bioindikator untuk mengetahui kondisi perairan tersebut. Sesuai dengan Rencana Induk Penelitian Universitas Sam Ratulangi Bidang Unggulan Kemaritiman yaitu Pemanfaatan Sumber Daya Alam (SDA): non hayati dan Hayati berbasis potensi megadiversitas secara berkelanjutan.

Moluska merupakan hewan yang bertubuh lunak, nama tersebut berasal dari bahasa latin molis artinya lunak dan digunakan pertama kali oleh Zoologist Prancis Cuvier tahun 1798, saat mendeskripsikan sotong dan cumi. Sebagian besar jenis moluska hidup di lingkungan laut, sekitar 25 % hidup di perairan tawar dan daratan (Isdrajad et al., 2010). Moluska dapat dijumpai mulai dari daerah pesisir dekat pantai hingga laut dalam, menempati daerah terumbu karang, sebagian membenamkan diri dalam substrat atau sedimen, beberapa dapat dijumpai menempel pada tumbuhan laut (Triwiyanto et al., 2015). Berdasarkan

tempat hidupnya, moluska dibagi atas dua kelompok, yaitu epifauna merupakan organisme benthik yang hidup dan berasosiasi dengan permukaan substrat dan infauna merupakan organisme benthik yang hidup di dalam sedimen (Substrat) dengan cara menggali lubang (Nybakken, 1992).

Filum Moluska dibedakan menjadi 7 kelas berdasarkan perbedaan anatomi secara umum, seperti posisi dan kombinasi serta susunan organ tubuh (kepala, mantel dan cangkang). Ketujuh kelas tersebut adalah Cephalopoda (hewan berkaki di depan), Monoplacopora (hewan yang mempunyai satu lempeng Cangkang), Polyplacopora (hewan —yang mempunyai banyak cangkang), Aplacopora (hewan yang tidak mempunyai lempeng cangkang), Scaphopoda (hewan yang mempunyai cangkang seperti gading), Gastropoda (hewan yang mempunyai cangkang tunggal) dan Bivalvia (hewan berkaki kapak) (Budiman, 1985).

Dua kelas terbesar dari filum Moluska adalah kelas Gastropoda dan kelas Bivalvia. Kelas Gastropoda disebut juga hewan berkaki perut yang hidupnya kebanyakan di laut dan merupakan anggota terbanyak yaitu kira-kira hampir setengahnya dari anggota Moluska. Sedangkan untuk kelas Bivalvia atau yang biasa dikenal dengan nama kerang mempunyai cangkang ganda. Kerang ini sebagian ada yang hidup di laut dan sebagian hidup di air tawar dengan jumlahnya kira-kira sepertiga dari anggota Moluska (Dharma, 1995).

Moluska merupakan organisme yang hidupnya di permukaan substrat dan di dalam substrat perairan (Nybakken, 1992). Moluska merupakan salah satu filum dari kingdom Animalia yang didalamnya terdapat kelas terbesar yaitu Bivalvia dan Gastropoda. Moluska merupakan biota yang hidupnya cenderung menetap, pergerakannya lambat dan juga peka terhadap perubahan kualitas perairan (Sari, 2017). Perubahan kualitas perairan sangat mempengaruhi komposisi jenis dan keanekaragaman moluska. Keanekaragaman moluska sangat berpotensi untuk menggambarkan

keadaan atau kondisi di dalam suatu perairan (Prasetya, 2017). Sehubungan dengan hal tersebut, maka keanekaragaman moluska di perairan pesisir Marine Field Station Universitas Sam Ratulangi Likupang dapat dijadikan bioindikator untuk mengetahui kondisi perairan tersebut. Wardani (2018) melaporkan Moluska sub kelas Prosobranchia merupakan organisme yang hidup di Perairan dan sangat peka terhadap perubahan kualitas air tempat hidupnya.

Pengkajian kualitas perairan dapat dilakukan dengan menggunakan analisis fisika dan kimia serta analisis biologi. Analisis biologi hewan bentos salah satunya gastropoda dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai kondisi perairan habitat hidupnya (Pradnyani, 2018). Perubahan struktur komunitas gastropoda dapat meliputi keanekaragaman dan kelimpahan. Keanekaragaman dan kelimpahan gastropoda di alam dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, ketersediaan makanan, pemangsa, dan kompetisi (Susiana 2011). Di dalam ekosistem, gastropoda berperan dalam siklus rantai makanan dan beberapa jenis gastropoda dapat dimanfaatkan sebagai sumber protein hewani (Cappenberg, 2006).

Bioindikator adalah kelompok atau komunitas organisme yang saling berhubungan keberadaannya atau perilakunya sangat erat yang berhubungan dengan kondisi lingkungan tertentu sehingga dapat digunakan sebagai petunjuk atau uji kuantitatif (Rahmawati, 2011). Dibandingkan dengan menggunakan parameter fisika-kimia, indikator biologi dapat memantau secara kontinyu. Hal ini dikarenakan komunitas biota perairan (flora/fauna) menghabiskan seluruh hidupnya di lingkungan tersebut, sehingga bila terjadi pencemaran akan bersifat akumulasi (Tresna, 2009).

Butler (1978) menyatakan bahwa dalam lingkungan yang dinamis, analisis biologi khususnya analisis struktur komunitas hewan moluska, dapat memberikan gambaran yang jelas terkait kualitas perairan. Lebih lanjut, organisme

yang hidup di perairan dapat dijadikan pendeteksi kualitas perairan, yang dikenal dengan nama Bioindikator atau Biological Indicator. Moluska umumnya sangat peka terhadap perubahan lingkungan perairan yang ditempatinya, karena itulah moluska ini sering dijadikan sebagai bioindikator suatu perairan dikarenakan cara hidup, ukuran tubuh, dan perbedaan kisaran toleransi di antara spesies didalam lingkungan perairan (Prasetya, 2017).

METODOLGI PENELITIAN

Tempat dan tehnik Pengambilan sampel.

Penelitian ini dilakukan di Perairan Marine Field Station Universitas Sam Ratulangi Likupang pada bulan Maret 2023 sampai September 2023. Stasiun pengambilan sampel dibagi menjadi tiga stasiun. Pada masing-masing stasiun, sampel diambil sebanyak 3 kali. Moluska yang ditemukan akan diidentifikasi di Laboratorium Fakultas Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi. Pengambilan sampel gastropoda dilakukan pada saat air laut surut dengan menggunakan teknik transek garis. Pada masing-masing stasiun, transek garis direntangkan sepanjang 50 m sejajar garis pantai. Jarak antara masing-masing titik pada setiap stasiun adalah 25 meter. Ukuran kuadrat yang digunakan adalah 1 x 1 m dengan jarak antar kuadrat adalah 1 m.

Analisis Data

Indeks Keanekaragaman

Rumus indeks keanekaragaman Shannon Wiener (Krebs, 1978), yaitu:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$$

dimana P_i adalah n_i dibagi N ; n_i adalah jumlah spesies ke- i ; dan N adalah jumlah total seluruh spesies.

Kriteria untuk Indeks Keanekaragaman:

- $H' \leq 1$ = Keanekaragaman Rendah
- $1 \leq H' \leq 3$ = Keanekaragaman Sedang
- $H' \geq 3$ = Keanekaragaman Tinggi

Untuk mengetahui indikator kualitas perairan berdasarkan indeks keanekaragaman gastropoda dapat mengikuti kriteria Shannon-Wiener (Fachrul, 2007), sebagai berikut:

- H' < 1 = Tercemar Berat
- H' 1,0 – 2,0 = Tercemar Sedang
- H' 2,0 – 3,0 = Tercemar Ringan
- H' 3,0 – 4,0 = Tercemar Sangat Ringan
- H' > 4 = Tidak Tercemar

Indeks Keseragaman

Rumus indeks keseragaman menurut Krebs (1978) adalah:

$$E = H'/LnS \quad (3)$$

Dimana:

E adalah indeks keseragaman;
H' adalah indeks keanekaragaman Shannon-Wiener; dan *S* adalah jumlah spesies.

Kriteria Indeks Keseragaman:

- E < 0,4 = Keseragaman Rendah
- 0,4 < E < 0,6 = Keseragaman Sedang
- E > 0,6 = Keseragaman Tinggi

Indeks Dominansi

Rumus indeks dominansi menurut Odum (1993) adalah:

$$C = \sum \left(\frac{Ni}{N} \right)^2$$

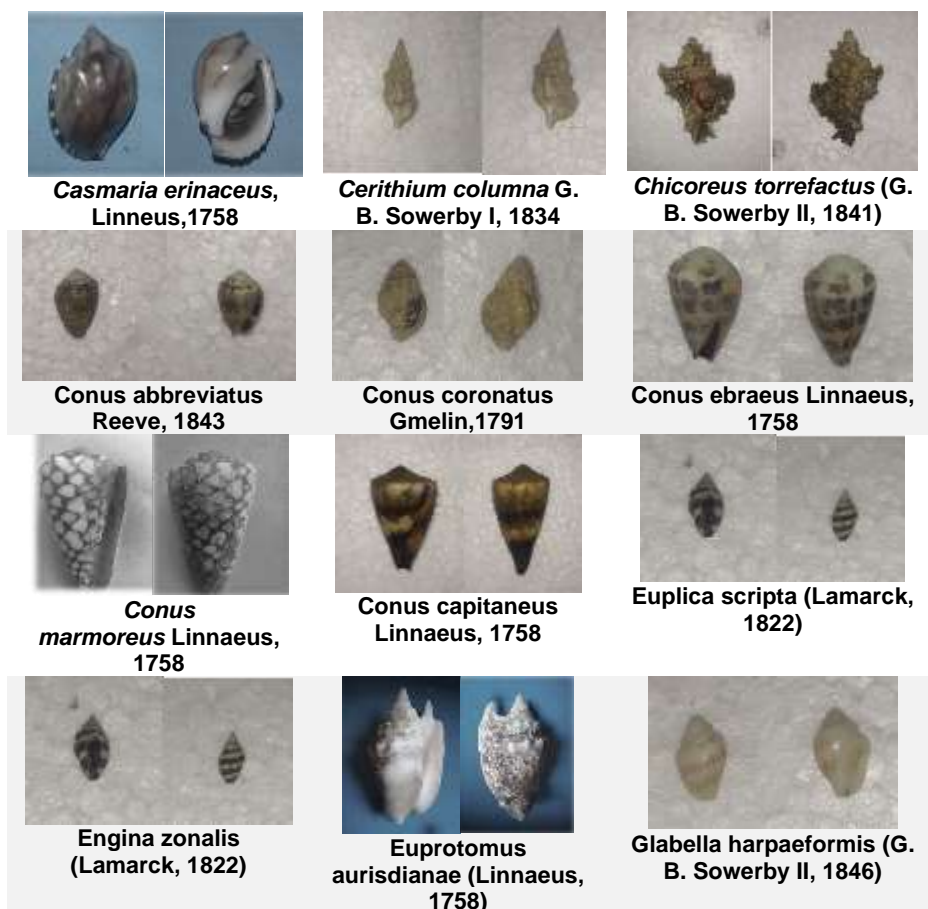
dimana *C* adalah indeks dominansi; *Pi* adalah *ni* dibagi *N*; *ni* adalah jumlah spesies ke-*i*; dan *N* adalah jumlah total seluruh spesies.

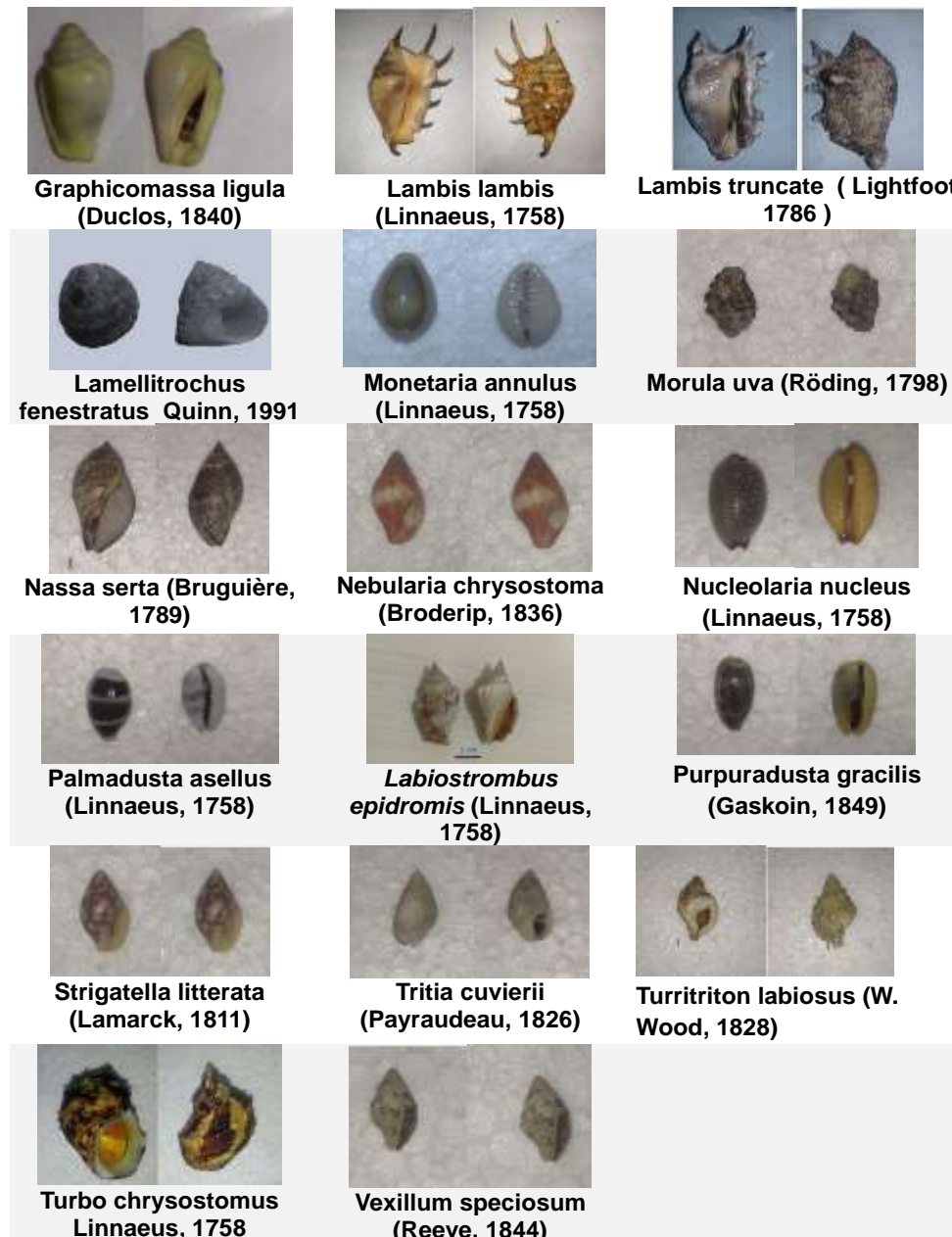
Kriteria Indeks Dominansi:

- 0 < C < 0,3 = Dominansi Rendah
- 0,3 ≤ C ≤ 0,6 = Dominansi Sedang
- 0,6 < C ≤ 1,0 = Dominansi Tinggi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis-jenis gastropoda yang ditemukan di perairan Kampung Ambong Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara yang diidentifikasi berdasarkan buku petunjuk (Abbot, 1990), diperoleh 29 spesies, di koleksi menggunakan gambar masing-masing spesies, dapat dilihat pada Gambar 1. Dengan kondisi perairan seperti parameter fisika dan kimia Seperti pada table 1.





Gambar 1. Nama-nama Gastropoda yang ditemukan

Tabel 1. Parameter Fisika dan Kimia di Lokasi Penelitian

Parameter	Satuan	Kisaran		
A. Fisika				
Suhu	°C	T1	T2	T3
Salinitas	‰	30	29	31
B. Kimia				
pH		27	29	27
		7,6	8	7,8

Kepadatan spesies dan Kepadatan relative.

Kepadatan individu setiap jenis gastropoda yang ditemukan di perairan

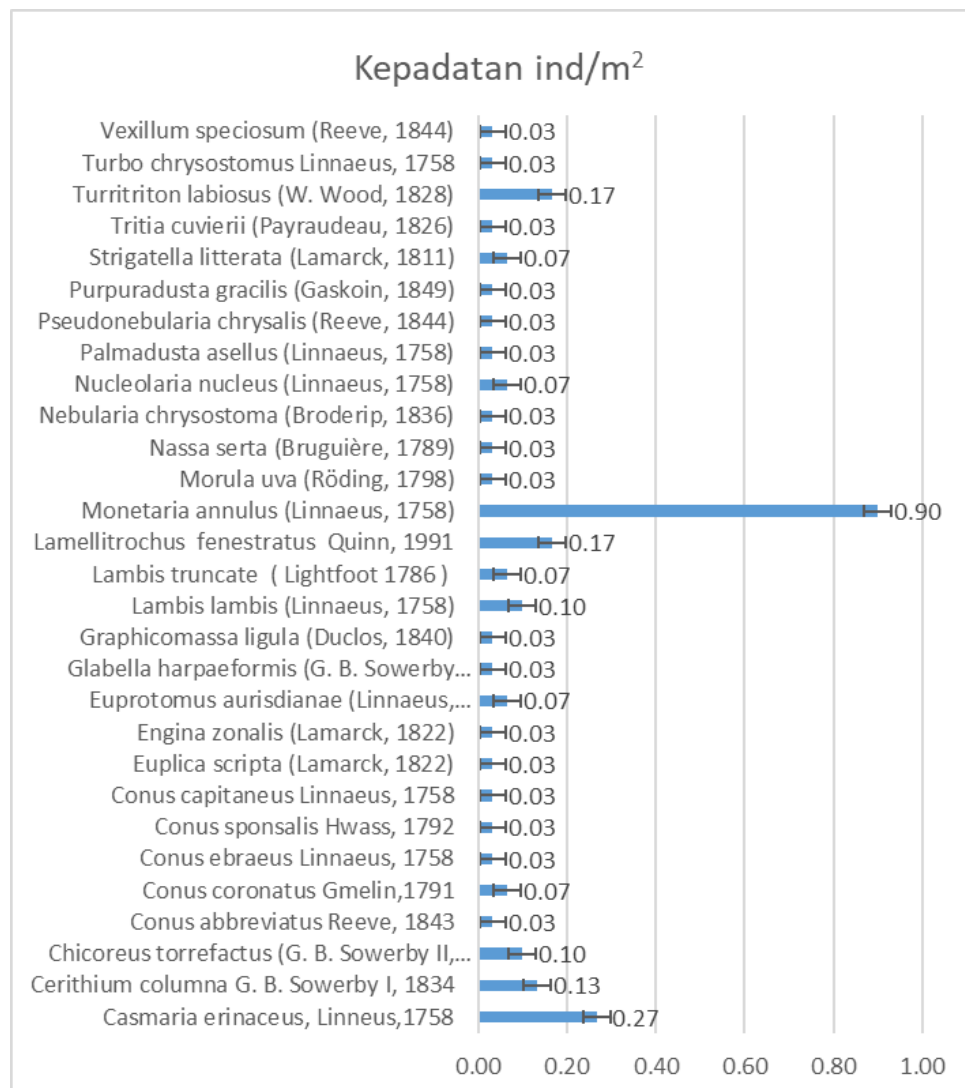
kampung Ambong Likupang diperoleh tertinggi adalah spesies *Monetaria annulus* (Linnaeus, 1758) 10,9 ind/m², diikuti oleh spesies *Turritriton labiosus* (W. Wood,

1828) dengan 10,27 ind/m², sedangkan *Lamellitrochus fenestratus* Quinn, 1991, dan *Casmaria erinaceus*, Linneus,1758 dengan nilai 10,13 ind/m² lihat Gambar 2. Demikian juga untuk nilai kepadatan relative diperoleh tertinggi adalah spesies *Monetaria annulus* (Linnaeus, 1758) 32,93 %, diikuti oleh spesies *Turritriton labiosus* (W. Wood, 1828) dengan 9,76 %, sedangkan *Lamellitrochus fenestratus* Quinn, 1991, dan *Casmaria erinaceus*, Linneus,1758 masing-masing dengan nilai 6,10 % (Gambar 3).

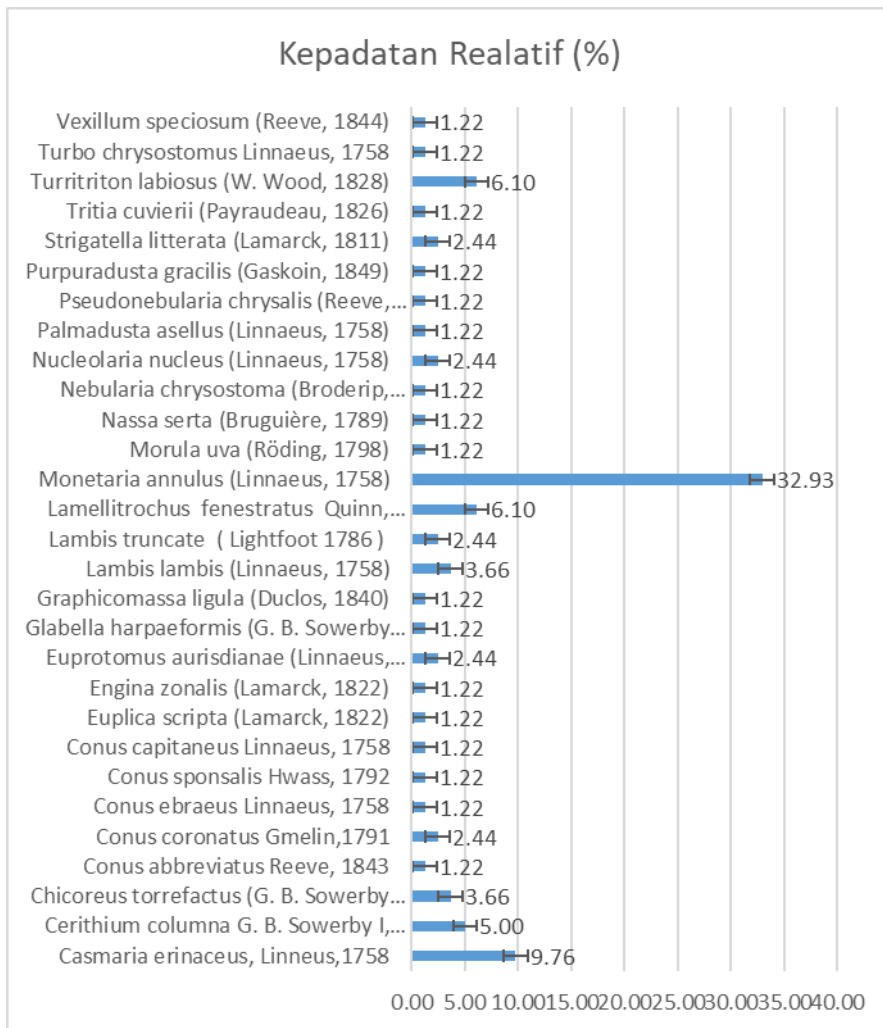
Indek Ekologi

Analisis yang dilakukan terhadap indeks ekologi diperoleh nilai indeks

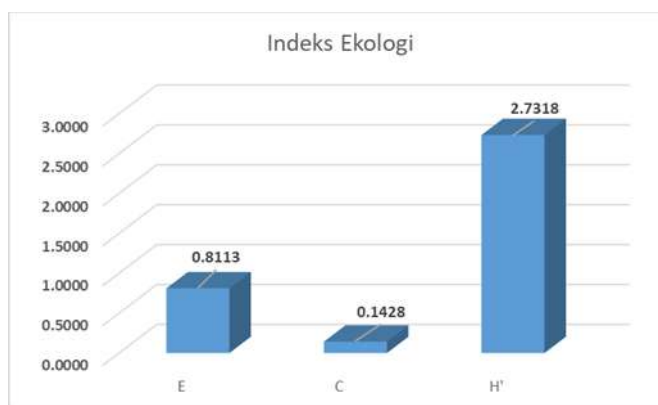
keanekaragaman $H' = 2,7318$ yang berarti kehadiran gastropoda di perairan Kampung Ambong cukup beragam, hal ini juga didukung oleh nilai indeks dominansi sebesar $C = 0,1428$, dimana rendahnya nilai ini menunjukkan bahwa tidak terdapat spesies yang mendominasi perairan tersebut, sehingga dapat dikatakan tidak terjadi persaingan tempat hidup ataupun unsur-unsur yang mendukung kehidupan gastropoda pada suatu perairan seperti oksigen, salinitas, dan sumber makanan. indeks kesamaan spesies $E = 0,8113$ di mana semakin tinggi nilai kesamaan spesies, semakin seragam kehadiran gastropoda (lihat Gambar 4).



Gambar 2. Grafik Kepadatan spesies



Gambar 3. Grafik Kepadatan relatif



Gambar 3. Grafik indeks ekologi

Gastropoda sebagai Bioindikator.

Gastropoda adalah sebuah kelas dalam filum Mollusca yang mencakup kelompok hewan yang umumnya dikenal sebagai siput. Gastropoda memiliki

keragaman yang luas, dengan sekitar 60.000 spesies yang telah diidentifikasi. Mereka ditemukan di berbagai habitat, baik di darat maupun di air, dan memiliki peranan penting dalam ekosistem.

Bioindikator adalah organisme yang digunakan untuk mengindikasikan kondisi lingkungan yang berubah. Dalam konteks ini, gastropoda dapat berfungsi sebagai bioindikator karena mereka sangat peka terhadap perubahan lingkungan (Prasetia, 2017), dan mampu menunjukkan dampak dari faktor-faktor stres tertentu. Beberapa alasan mengapa gastropoda sering digunakan sebagai bioindikator adalah sebagai berikut:

1. Sensitivitas terhadap perubahan lingkungan: Gastropoda merespons perubahan kondisi lingkungan dengan cepat dan dapat menunjukkan tanda-tanda ketidakseimbangan ekosistem. Mereka memiliki toleransi yang terbatas terhadap pencemaran air dan perubahan kualitas air. Kehadiran atau ketiadaan spesies gastropoda tertentu dapat mengindikasikan tingkat polusi atau kondisi ekosistem yang baik.
2. Keberadaan yang luas: Gastropoda dapat ditemukan di berbagai habitat, termasuk perairan tawar, perairan payau, dan laut. Hal ini membuat mereka menjadi pilihan yang baik untuk memantau berbagai ekosistem, baik di lingkungan alami maupun terganggu.
3. Interaksi dengan lingkungan: Gastropoda adalah hewan yang relatif lambat dan memiliki kontak yang erat dengan substrat atau media tempat mereka tinggal. Mereka dapat mengumpulkan dan mengakumulasi polutan dari lingkungan sekitarnya, dan melalui penelitian terhadap gastropoda, kita dapat memahami tingkat dan jenis polutan yang ada dalam suatu habitat.
4. Posisi dalam rantai makanan: Gastropoda umumnya berada di tingkat trofik yang rendah dalam rantai makanan, sehingga mereka cenderung menunjukkan efek lingkungan sebelum organisme lainnya dalam rantai makanan. Jika populasi gastropoda terganggu, ini dapat menjadi indikasi awal dari perubahan yang lebih besar dalam ekosistem.

Dengan memantau populasi gastropoda dan melihat respons mereka terhadap perubahan lingkungan, kita dapat

mendapatkan informasi berharga tentang kondisi lingkungan, termasuk tingkat polusi, kualitas air, dan keberlanjutan ekosistem. Informasi ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi masalah lingkungan dan mengambil tindakan yang tepat untuk menjaga dan memulihkan ekosistem yang terkena dampak.

Peran keanekaragaman dan dominansi sebagai bioindikator

Keanekaragaman dan dominansi dari Gastropoda dapat memiliki dampak yang signifikan pada peran mereka sebagai bioindikator. Berikut adalah beberapa dampak yang mungkin terjadi:

1. Keanekaragaman: Tingkat keanekaragaman gastropoda dalam suatu ekosistem dapat memberikan gambaran tentang stabilitas ekosistem tersebut. Semakin tinggi keanekaragaman spesies gastropoda, semakin stabil dan seimbang ekosistem tersebut. Keanekaragaman yang tinggi mencerminkan kondisi lingkungan yang baik dengan ketersediaan sumber daya yang beragam. Sebaliknya, jika keanekaragaman gastropoda rendah, ini dapat menunjukkan adanya tekanan lingkungan, seperti pencemaran atau perubahan habitat yang merugikan spesies gastropoda tertentu.
2. Dominansi: Dominansi mengacu pada keberadaan satu atau beberapa spesies gastropoda yang mendominasi populasi dan melampaui spesies lain secara signifikan. Jika spesies gastropoda tertentu sangat dominan, hal ini dapat menunjukkan adanya perubahan yang merugikan dalam ekosistem. Misalnya, jika spesies invasif dominan, dapat menekan atau mengurangi keberadaan spesies gastropoda asli, yang mungkin memiliki peran penting dalam ekosistem tersebut. Oleh karena itu, peningkatan dominansi satu spesies gastropoda dapat mengindikasikan gangguan pada ekosistem.
3. Respons terhadap perubahan: Tingkat respons gastropoda terhadap perubahan lingkungan juga dapat

dipengaruhi oleh keanekaragaman dan dominansi. Keanekaragaman yang tinggi dapat memberikan berbagai respons yang lebih luas terhadap perubahan lingkungan, karena spesies yang berbeda dapat memiliki toleransi yang berbeda terhadap faktor-faktor stres. Dalam hal dominansi, spesies yang dominan mungkin kurang responsif terhadap perubahan lingkungan karena mereka mampu beradaptasi dengan baik. Namun, hal ini juga dapat mengurangi keberagaman respons yang dapat diamati dalam populasi gastropoda.

Dalam penggunaan gastropoda sebagai bioindikator, penting untuk mempertimbangkan keanekaragaman dan dominansi sebagai faktor yang mempengaruhi interpretasi data. Peningkatan keanekaragaman dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang kondisi lingkungan, sementara dominansi yang berlebihan dapat menyebabkan kehilangan keberagaman dan mengurangi sensitivitas gastropoda terhadap perubahan lingkungan. Oleh karena itu, pemantauan yang holistik yang mencakup analisis keanekaragaman dan dominansi dapat memberikan informasi yang lebih akurat tentang status lingkungan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Perairan Pantai Marine Field Station Universitas Sam Ratulangi LKupang Kecamatan Likupang Timur Minahasa Utara merupakan bagian dari wilayah yang ditetapkan sebagai Kawasan wisata tentunya akan dipengaruhi oleh berbagai aktifitas di daerah perairan Pantai. Kajian tentang moluska sebagai bioindikator memberikan gambaran bahwa daerah tersebut berada pada kondisi tercemar ringan berdasarkan analisis keanekaragaman spesies, dominansi, dan indeks ekologi.

Saran

Sebagai daerah wisata maka penting memperhatikan dan mempertimbangkan

aktifitas pengunjung local, wisatawan luar, maupun masyarakat nelayan untuk menghindari aktifitas yang dapat menjadi pemicu pencemaran dan pengrusakan lingkungan perairan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada pimpinan Universitas Sam Ratulangi, telah memberikan fasilitas berupa dana penelitian lewat Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) yang berasal dari Dana PNBP BLU Universitas Sam Ratulangi Tahun 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbot, R. T. dan S. P. Dance. 1990. *Compendium of seashells*. American Malacologists, Inc. Melbourne. 411 Hal.
- Ainuddin, W. (2017). Studi Pencemaran Logam Berat Merkuri (Hg) Di Perairan Sungai Tabobo Kecamatan Malifut Kabupaten Halmahera Utara. Fakultas Ilmu Kelautan Universitas Naku Tidore Maluku Utara.
- Butler, G. C. (1978). *Principles of Ecotoxicology Scope 12*. New York: John Willey & Sons.
- Cappenberg, H. A. W. (2006). Pengamatan komunitas moluska di Perairan Kepulauan Derawan, Kalimantan Timur. *Jurnal Oseonologi dan Limnologi di Indonesia*, **39**, 75-87.
- Cesar, H. 1998. Indonesia coral reefs: A precious but threatened resource. In Hatzilos, M.E., Hooten, A.J. and M. Fodor (Eds.), *Coral Reefs: Challenges and opportunities for sustainable management*. Proceedings of an associated event of the fifth annual World Bank Conference on Environmentally and Socially Sustainable Development. The World Bank. Washington DC. p. 163 – 171.
- Fachrul, M. F. (2007). *Metode Sampling Bioekologi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Isdrajad Setyobudiandi, e. a. (2010). *Seri Biota Laut Gastropoda Dan Bivalvia : Biota Laut Indonesia*. Bogor: STP Hatta-Sjahrir Banda Naira..

- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup (Kepmen LH) No.51 Tahun 2004. (2004). Baku Mutu Air Laut Untuk Biota. Jakarta.
- Krebs, C. J. (1978). *Ecology, The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. New York, USA: Harper and Row Distribution.
- Krebs, (2014). *Ecological Methodology (Fourth Edition)*. Ecology at the University of Canberra and the Biodiversity Center at the University of British Columbia. Canberra.
- Nybakken, J. W. (1992). *Marine Biology: An Ecological Approach* (3rd edition). Dalam Eidman, M., Koesoebiono, K., Bengen, D. G., Hutomo, M., & Subarjo, S. (Terj.), *Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis*. Jakarta, Indonesia: Gramedia Pustaka Utama.
- Odum, E. P. (1993). *Dasar-dasar Ekologi*. Jakarta: PT. Gramedia. (Terjemahan).
- Pradnyani, G. A. M. (2018). Kelimpahan dan similaritas gastropoda di Perairan Pantai Melasti dan Segara Samuh, Badung, Bali. *Aquatic Science*, 1(1), 32-39.
- Prasetya, R. R. (2017). Keanekaragaman Makrozoobentos Sebagai Bioindikator Kualitas Perairan Kampung Baru Kecamatan Tanjungpinang Barat Kota Tanjungpinang. Skripsi.
- Rachmawati. (2011). Indeks keanekaragaman makrozoobentos sebagai bioindikator tingkat pencemaran di muara Sungai Jenebereng. *Jurnal Bionature*, 12(2), 103-109
- Seaman, W. Jr. and A.C. Jensen. 2000. Purposes and practices of artificial reef evaluation (1 – 19). In Seaman, W.Jr. Artificial reef evaluation, with application to natural marine habitats. CRC Press New York.
- Susiana. (2011). Diversitas dan Kerapatan Mangrove, Gastropoda dan Bivalvia di Estuaria Perancak Bali. Skripsi. Makasar, Indonesia: Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanudin.
- Supriharyono. 2000. Pengelolaan terumbu karang. Djambatan. 118 hal.
- Tresna, S. (2009). Pencemaran Lingkungan. Jakarta: Rineka Cipta
- White, A.T., L.Z. Hale, Y. Renard and L. Cortesi. (Eds.). 1994. The need for community-based coral reef management. Collaborative and community-based management of coral reefs. Lessons from experience. Kumarian Press. 1 – 18 p.
- Bengen, D.G., 2000. Teknik Pengambilan Contoh dan Analisis Data Biofisik Sumberdaya Pesisir. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. 88 hlm.
- Wardani, B. A. K. (2018). Studi Keanekaragaman Moluska Sebagai Bioindikator Perairan di Pantai Sialang Buah Kabupaten Serdang Bedagai Provinsi Sumatera Utara.