



Analisis Rasio Redfield terhadap Kesesuaian Pertumbuhan Fitoplankton di Ekosistem Mangrove Lantebung Kota Makassar

Analysis of The Ratio of Redfield to the Suitability of Phytoplankton Growth in the Mangrove Ecosystem of Lantebung, Makassar

Rahmadi Tambaru¹, Amran Saru², Syafiuddin³, Khairul Amri⁴, Muh. Hatta⁵, Febrianti⁶

^{1,2,3,4,5,6} Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan KM 10 Tamalanrea Makassar, Kotak Pos 90245
*aditbr69@unhas.ac.id*

ABSTRAK - Fitoplankton merupakan tumbuh-tumbuhan yang memiliki ukuran yang sangat kecil, hidupnya melayang-layang dalam perairan. Perubahan kelimpahan jenis dan juga struktur komunitasnya dapat dijelaskan melalui analisis Rasio Redfield. Rasio Redfield dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara kandungan nutrisi jenis N dan P dalam suatu perairan. Untuk itu, tujuan penelitian ini adalah menganalisis Rasio Redfield terhadap kesesuaian kehidupan fitoplankton di ekosistem mangrove Lantebung Kota Makassar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebanyak 19 genus fitoplankton yang digolongkan ke dalam 3 kelas yaitu kelas Bacillariophyceae, Cyanophyceae, dan Dinophyceae ditemukan. Bacillariophyceae terdiri dari 14 genus, Cyanophyceae 1 genus, dan Dinophyceae 4 genus. Genus fitoplankton yang ditemukan pada semua stasiun adalah Rhizosolenia dan Chaetoceros. Kedua jenis fitoplankton ini merupakan golongan kelas Bacillariophyceae. Hasil analisis Rasio Redfield dapat dikatakan belum optimal untuk pertumbuhan fitoplankton sebab rasio yang diperoleh dibawah 16. Berdasarkan hal tersebut dapat dijelaskan bahwa rasio yang didapatkan belum terlalu sesuai dengan kehidupan fitoplankton di ekosistem mangrove Lantebung Kota Makassar. Hal dibuktikan melalui hasil analisis korelasi pearson's antara Rasio Redfield dengan kelimpahan fitoplankton adalah sebesar 50,7 %.

Kata Kunci: Rasio Redfield, kelimpahan fitoplankton, Lantebung, Kota Makassar.

ABSTRACT - *Phytoplankton are plants of very small size, their life hovering in waters. Changes in the abundance of types and also the structure of their communities, can be explained by the analysis of the Redfield Ratio. The Redfield ratio is defined as a comparison of the content of N and P types of nutrients in a body of water. For this reason, the purpose of this study is to analyze the Ratio of Redfield to the suitability of phytoplankton life in the Lantebung mangrove ecosystem in Makassar City. The results showed that as many as 19 phytoplankton genera classified into 3 classes were found, namely the Bacillariophyceae class consisting of 14 genera, Cyanophyceae 1 genus, and Dinophyceae 4 genera. The genus of phytoplankton found at all stations is Rhizosolenia and Chaetoceros. These two types of phytoplankton are the Bacillariophyceae group. The results of the Redfield Ratio analysis are not optimal for phytoplankton growth, the ratio is below 16 Based on this, the redfield ratio is not in accordance with phytoplankton life in the Lantebung mangrove ecosystem in Makassar City. The results of pearson's correlation analysis between Redfield Ratio and phytoplankton abundance were 50.7 %.*

Keywords: Redfield ratio, phytoplankton abundance, Lantebung, Makassar City.



PENDAHULUAN

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem yang ditemukan di daerah pasang surut (Xia *et al.*, 2018), pada kawasan pantai yang terlindung (Barbier, 2016), juga di laguna dan di muaramuara sungai (Nardin *et al.*, 2016). Komunitasnya sangat dipengaruhi oleh kadar garam dengan habitat dasar berlumpur atau berpasir, dan terkadang lumpur berpasir (Fagherazzi *et al.*, 2017). Ekosistem ini ditemukan di wilayah tropis dan sub tropis, merupakan ekosistem yang memiliki kekhasan tersendiri. Dalam penyebutannya, terkadang disebut ekosistem hutan payau sebab berada di daerah *estuarial*, terkadang pula disebut ekosistem hutan pasang surut sebab keberadaannya di wilayah pasang surut air laut (Habib *et al.*, 2021).

Ekosistem mangrove menjadi salah satu ekosistem laut yang paling produktif di muka bumi (Carugati *et al.*, 2018). Hal ini menyebabkan berbagai macam organisme dapat ditemukan. Di samping itu, ekosistem mangrove merupakan ekosistem penyerap karbon yang sangat efisien yang mampu menurunkan konsentrasi karbon dioksida di udara dan menyimpannya sebagai biomassa dalam jumlah yang besar dan di dalam sedimen dalam jangka waktu yang lama (Rudianto *et al.*, 2020)

Perubahan berbagai faktor lingkungan seperti nutrisi, suhu, salinitas, dan pH (Irsadi *et al.*, 2019) dapat dengan mudah dicermati di ekosistem mangrove. Hal itu disebabkan pengaruh dari dalam maupun dari luar ekosistem. Pengaruh dari dalam ekosistem seperti adanya

serasah-serasah yang dihasilkan oleh mangrove sehingga berpengaruh terhadap perubahan berbagai faktor lingkungan. Selanjutnya, dari luar perairan seperti adanya penambahan material akibat kegiatan antropogenik yang dialirkan melalui sungai dan memasuki ekosistem ini. Akibat yang ditimbulkan dari kedua sumber berpengaruh di ekosistem itu salah satunya adalah terjadinya perubahan konsentrasi nutrisi jenis Nitrat (N) dan Fosfat (P).

Nutrien jenis Nitrat (N) dan Fosfat (P) di ekosistem mangrove dan di perairan laut secara umum merupakan dua jenis nutrisi utama yang memberikan pengaruh terhadap organisme berklorofil seperti fitoplankton (Shoaib *et al.*, 2017). Dalam banyak kajian, perubahan konsentrasi kedua jenis nutrisi itu memberikan pengaruh terhadap perubahan kelimpahan mikroorganisme ini. Pada sisi yang lain, produksi primer yang dihasilkan oleh fitoplankton dapat mengalami perubahan akibat adanya perubahan konsentrasi kedua jenis nutrisi itu. Untuk itu, pencermatan terhadap kedua jenis nutrisi ini menjadi hal sangat yang diperhatikan, termasuk pencermatan terhadap rasio antara N dan P itu sendiri.

Menurut Sardans *et al.* (2012), rasio N dan P sering disebut dengan Rasio Redfield. Rasio ini berhubungan dengan tingkat pertumbuhan alami fitoplankton yang mendekati maksimal. Rasio Redfield yang optimal untuk pertumbuhan fitoplankton adalah N:P= 16:1. Berdasarkan rasio itu, dimungkinkan fitoplankton dapat bertumbuh dengan baik sehingga dapat ditemukan



fitoplankton dalam kelimpahan yang tinggi. Di sisi lain, jika terjadi perubahan nilai dari rasio tersebut maka dapat mempengaruhi perubahan komunitas fitoplankton terutama kelimpahan jenis dan struktur komunitasnya di perairan (Jennerjahn & Klöpffer, 2013).

Perubahan Rasio Redfield akan sangat nyata terlihat pada perairan yang selalu mendapatkan penambahan konsentrasi nutrisi N dan P. Salah satu wilayah perairan yang mengalami hal itu adalah ekosistem mangrove di Lantebung Kota Makassar. Diduga pada perairan ini senantiasa mendapatkan penambahan nutrisi dari degradasi serasah yang berasal dari daun dan ranting serta buah mangrove yang jatuh ke perairan. Serasah-serasah yang dihasilkan mengandung nutrisi jenis N dan P.

Adanya penambahan konsentrasi nutrisi akan berpengaruh terhadap perubahan Rasio Redfield di ekosistem mangrove di Lantebung Kota Makassar. Dampak yang ditimbulkannya adalah mempengaruhi kehidupan fitoplankton. Untuk itu, dalam menganalisis hubungan antara Rasio Redfield dengan Fitoplankton, maka telah dilaksanakan penelitian tentang Analisis Rasio Redfield terhadap Kesesuaian Pertumbuhan Fitoplankton di Ekosistem Mangrove Lantebung Kota Makassar.

METODELOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada Juni sampai dengan Agustus 2019. Pelaksanaan penelitian dilakukan di ekosistem mangrove Lantebung

Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar, dan di laboratorium Oseanografi Kimia Departemen Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin Makassar, Sulawesi Selatan.

Analisis Nutrien N (Nitrat) dan P (Fosfat)

Pengambilan sampel air untuk analisis nutrisi N dan P dilakukan pada jam 10:00-14:00 WITA (Tambaru et al., 2021) pada 3 stasiun pengamatan. Ketiga stasiun itu berada di ekosistem mangrove dan sekitarnya. Sebanyak 250 ml air diambil dengan menggunakan *Kemmerer water sample*, kemudian dimasukkan ke dalam botol sampel. Botol sampel tersebut lalu dimasukkan ke dalam cool box yang berisi es batu lalu dibawa ke laboratorium. Dalam melakukan analisis konsentrasi masing-masing nutrisi jenis N dan P digunakan metode metode *Brucine* dan metode *Stannous Chloride* masing-masing berturut-turut (Association, 2005).

Pencacahan Fitoplankton

Bersamaan dengan Pengambilan Sampel Air untuk Analisis Nutrien N dan P, dilakukan pula penyaringan sampel air untuk keperluan pencacahan fitoplankton. Sebanyak 10 liter sampel air di saring dengan plankton net ukuran 30 μ m. Hasil saringan itu kemudian dimasukkan ke dalam botol sampel bervolumen 100 ml lalu diawetkan dengan menggunakan larutan lugol 1% sebanyak 5 tetes. Sampel ini kemudian diidentifikasi di laboratorium. Di laboratorium, sebanyak 1 ml sampel air dalam botol sampel dipipet lalu dimasukkan ke dalam *Sedgewick Rafter Counting Cell* (SRCC). SRCC lalu



diletakkan di meja preparat Mikroskop, kemudian dimulai dilakukan pencacahan fitoplankton. Kelimpahan fitoplankton dihitung berdasarkan rumus yang diusulkan oleh (Association, 2005).

Analisis Statistik

Dalam menganalisis Rasio Redfield terhadap Kesesuaian Pertumbuhan Fitoplankton di Ekosistem Mangrove Lantebung Kota Makassar digunakan analisis regresi sederhana.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nutrien jenis N (Nitrat) dan P (Fosfat)

Hasil pengukuran nitrat dapat dilihat pada Tabel 3. Nitrat yang terukur selama penelitian berkisar 0,011-0,016 mg/L. Konsentrasi nitrat yang diperoleh pada perairan ini berada pada kisaran yang rendah untuk pertumbuhan optimal fitoplankton. Pertumbuhan optimal fitoplankton memerlukan nitrat berkisar antara 0,9-3,5 mg/L (Mackentum, 1969).

Nitrat merupakan parameter yang sangat diperlukan bagi pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton (Cetina-Heredia *et al.*, 2018). Di samping itu, nitrat adalah salah satu faktor yang mempengaruhi kesuburan suatu perairan (Tambaru *et al.*, 2018). Aktivitas fitoplankton seperti proses metabolisme dan pertumbuhan dapat berlangsung secara optimal jika ketersediaan parameter ini memenuhi (Henley *et al.*, 2020). Nitrat yang berada dalam perairan diserap dan dipergunakan oleh fitoplankton dalam memproduksi bahan organik melalui proses fotosintesis (Wisha *et al.*, 2018).

Tabel 3. Hasil Analisis Nutren jenis N (Nitrat) dan P (Fosfat) serta Rasio Redfield

Stasiun	Ulangan	Nitrat (mg/L)	Fosfat (mg/L)	Rasio Redfield
1	1	0,017	0,016	1,1
	2	0,016	0,013	1,2
	3	0,015	0,009	1,7
Rata-rata		0,016	0,013	1,3
2	1	0,018	0,006	3,0
	2	0,012	0,006	2,0
	3	0,005	0,004	1,3
Rata-rata		0,012	0,005	2,2
3	1	0,008	0,002	4,0
	2	0,009	0,006	1,5
	3	0,016	0,009	1,8
Rata-rata		0,011	0,006	1,9

Fosfat merupakan bentuk nutrisi jenis fosfor yang dapat dimanfaatkan langsung oleh tumbuhan. Fosfat merupakan unsur esensial untuk fitoplankton (Jin *et al.*, 2021), terutama dibutuhkan dalam pembentukan klorofil-a dan transfer energi sel (Maslukah *et al.*, 2019). Dari hasil analisis fosfat, diperoleh nilai berkisar antara 0,005-0,013 mg/L (Tabel 3). Sama dengan nitrat, konsentrasi fosfat yang terukur pada penelitian ini terdeteksi rendah. Konsentrasi fosfat yang optimum untuk pertumbuhan fitoplankton berkisar 0,09-1,80 mg/l (Mackentum, 1969).

Fosfat sering dianggap sebagai nutrisi yang membatasi pertumbuhan fitoplankton dan produksi primer di lautan (Jin *et al.*, 2021). Seiring dengan penyerapan fosfat oleh fitoplankton, konsentrasinya signifikan bertambah dalam sel-sel fitoplankton. Hal ini menunjukkan bahwa fitoplankton mengasimilasi



fosfat dari air laut dan menyimpannya di interior dan permukaan sel.

Produksi primer fitoplankton dipengaruhi oleh ketersediaan fosfat di perairan pesisir. Egorov *et al.*, (2018) menemukan bahwa fosfat menjadi faktor kunci yang membatasi proses produksi itu. Tentu hal ini berpengaruh terhadap fitoplankton dalam memperbanyak diri.

Rasio Redfield

Berdasarkan hasil penelitian, kisaran nilai Rasio Redfield adalah 1,3-2,2 (Tabel 3). Dari nilai itu dapat dijelaskan bahwa pertumbuhan optimal fitoplankton tidak terjadi sebab rasio yang diperoleh berada dibawah 16 selama penelitian. Rasio Redfield yang optimal dalam mendukung pertumbuhan fitoplankton adalah N:P = 16:1 (Hillebrand *et al.*, 2013).

Rasio Redfield adalah rasio di mana unsur-unsur kimia yang berbeda terdeteksi ada di dalam biomassa fitoplankton (Ptacnik *et al.*, 2010). Biasanya dalam menjelaskan tentang rasio itu banyak merujuk pada rasio molekul antara nutrisi jenis nitrogen dan fosfor (Thrane *et al.*, 2016). Dengan rasio seperti itu dimungkinkan jenis-jenis fitoplankton dapat bertumbuh secara cepat sehingga dalam suatu perairan dapat ditemukan kelimpahan fitoplankton yang tinggi.

Adanya peningkatan konsentrasi salah satu nutrisi jenis N atau P akan berkorelasi dengan peningkatan biomassa fitoplankton. Di satu sisi, jika terjadi peningkatan konsentrasi yang lebih tinggi, peningkatan konsentrasi N atau P tidak berkorelasi dengan peningkatan biomassa, namun, berkorelasi pada perubahan komposisi

komunitas fitoplankton (Mousing *et al.*, 2018).

Perubahan rasio Rasio Redfield dapat terjadi jika salah satu dari nutrisi itu mengalami perubahan konsentrasi. Hal itu disebabkan nutrisi yang bersangkutan diserap oleh fitoplankton, atau terjadi penambahan dari luar perairan terutama yang berasal dari hasil proses aktropogenik (Choudhury & Bhadury, 2015). Dampak yang dapat timbul adalah kelimpahan jenis fitoplankton dapat berubah dalam suatu perairan (Sharoni & Halevy, 2020).

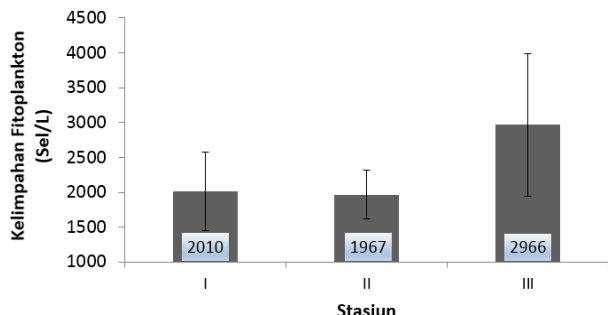
Komposisi dan Kelimpahan Fitoplankton

Sebanyak 19 genus fitoplankton teridentifikasi yang tergolong ke dalam 3 kelas yaitu 14 genus kelas Bacillariophyceae (*Asterionellopsis*, *Rhizosolenia*, *Chaetoceros*, *Skeletonema*, *Pleurosigma*, *Hemiaulus*, *Thalassionema*, *Bacteriastrum*, *Grammatophora*, *Lauderia*, *Navicula*, *Nitzhia*, *Synedra*, *Cerataulina*), 1 genus Kelas Cyanophyceae (*Oscillatoria*), dan 4 genus kelas Dinophyceae (*Ceratium*, *Pyrocystis*, *Prorocentrum*, *Protoberidinium*).

Berdasarkan perhitungan kelimpahan fitoplankton berkisar antara 1967 – 2966 sel/L (Gambar 1). Jika dibandingkan hasil dengan penelitian pada lokasi yang berdekatan seperti yang dilaksanakan oleh Tambaru (2008) di perairan pesisir Maros, kelimpahan fitoplankton pada penelitian ini lebih rendah. Dari hasil identifikasi genus fitoplankton yang berlimpah selama penelitian ditemukan dua jenis yaitu *Rhizosolenia* dengan persentase 54%, dan *Chaetoceros* 28% (Gambar 2). Kedua genus ini

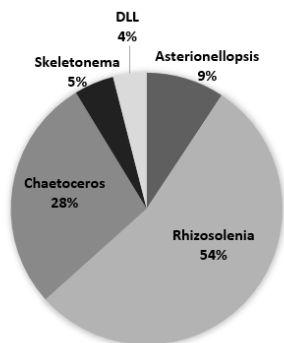


merupakan genus dalam golongan kelas Bacillariophyceae.



Gambar 1. Kelimpahan Fitoplankton Selama Penelitian

Rhizosolenia memiliki kemampuan yang tinggi dalam menyerap nutrisi jika dibandingkan dengan jenis fitoplankton lainnya. Di samping, genus ini memiliki kemampuan untuk bertahan hidup pada kondisi nutrisi yang terbatas (Richardson et al., 1996). Demikian pula dengan *Chaetoceros*, jenis fitoplankton ini juga memiliki kemampuan untuk tetap bertumbuh pada kondisi nutrisi yang sedikit. Dalam penelitian ini, hal itu terjadi, konsentrasi nitrat dan fosfat terdeteksi rendah. Khususnya nitrat, Lagus et al. (2004) menjelaskan bahwa *Chaetoceros* masih dapat memberikan respon pertumbuhan yang cepat pada konsentrasi nitrat yang rendah.



Gambar 2. Persentasi Kelimpahan Fitoplankton

Hubungan Kelimpahan Fitoplankton dengan Rasio Redfield

Hasil analisis regresi untuk menganalisis hubungan antara kelimpahan fitoplankton dengan Rasio Redfield diperoleh hasil yang signifikan ($p < 0.05$) dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,507. Berdasarkan hasil itu, perubahan kelimpahan fitoplankton dipengaruhi oleh perubahan Rasio Redfield sebesar 50,7%, selebihnya dipengaruhi oleh faktor yang lain.

Dari hasil analisis itu dapat pula dijelaskan bahwa perubahan kelimpahan fitoplankton berbanding lurus dengan perubahan Rasio Redfield. Hal ini sejalan dengan yang dijelaskan oleh Chester (1990), kebutuhan relatif nutrisi oleh fitoplankton agar dapat tumbuh dan berkembang dipengaruhi oleh Rasio Redfield.

Hal itu berarti Rasio Redfield dalam penelitian ini bersesuaian dengan pertumbuhan fitoplankton walau tidak dalam rasio yang optimal (N:P=16:1) di Ekosistem Mangrove Lantebung Kota Makassar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa kesesuaian pertumbuhan fitoplankton dengan Rasio Redfield adalah signifikan ($p < 0.05$) dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,507. Hal ini berarti perubahan kelimpahan fitoplankton dipengaruhi oleh perubahan Rasio Redfield sebesar 50,7%. Rasio Redfield mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton walau tidak dalam rasio yang optimal (N:P=16:1) di Ekosistem Mangrove Lantebung



Kota Makassar.

Saran

Penelitian lanjutan tentang kesesuaian pertumbuhan fitoplankton dengan Rasio Redfield berdasarkan perbedaan lokasi dan waktu perlu dilakukan agar dapat menjelaskan lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Association APH. 2005. APHA standard methods for the examination of water and wastewater. *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater*. Washington, DC: American Public Health Association.
- Barbier EB. 2016. The protective service of mangrove ecosystems: A review of valuation methods. *Marine Pollution Bulletin*, 109(2), 676–681.
- Carugati L, Gatto B, Rastelli E, Martire ML, Coral C, Greco S, Danovaro R. 2018. *Impact of mangrove forests degradation on biodiversity and ecosystem functioning*. *Sci Rep* 8: 1–11.
- Cetina-Heredia P, van Sebille E, Matear RJ, Roughan M. 2018. Nitrate Sources, Supply, and Phytoplankton Growth in the Great Australian Bight: An Eulerian-Lagrangian Modeling Approach. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 123(2), 759–772.
- Choudhury AK, Bhadury P. 2015. Relationship between N: P: Si ratio and phytoplankton community composition in a tropical estuarine mangrove ecosystem. *Biogeosciences Discussions*, 12(3), 2307–2355.
- Egorov VN, Popovichev VN, Gulin SB, Bobko NI, Rodionova NY, Tsarina TV, Marchenko YG. 2018. The influence of phytoplankton primary production on the cycle of biogenic elements in the coastal waters off Sevastopol, Black Sea. *Russian Journal of Marine Biology*, 44(3), 240–247.
- Fagherazzi S, Bryan KR, Nardin W. 2017. Buried alive or washed away: The challenging life of mangroves in the Mekong Delta. *Oceanography*, 30(3), 48–59.
- Habib KA, Neogi AK, Rahman M, Oh J, Lee YH, Kim CG. 2021. DNA barcoding of brackish and marine water fishes and shellfishes of Sundarbans, the world's largest mangrove ecosystem. *Plos One*, 16(8), e0255110.
- Henley SF, Porter M, Hobbs L, Braun J, Guillaume-Castel R, Venables EJ, Dumont E, Cottier F. 2020. Nitrate supply and uptake in the Atlantic Arctic sea ice zone: seasonal cycle, mechanisms and drivers. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 378(2181), 20190361.
- Hillebrand H, Steinert G, Boersma M, Malzahn A, Meunier CL, Plum C, Ptacnik R. 2013. Goldman revisited: Faster-growing phytoplankton has lower N: P and lower stoichiometric flexibility. *Limnology and Oceanography*, 58(6), 2076–2088.
- Irsadi A, Anggoro S, Soeprbowati TR. 2019. Environmental Factors Supporting Mangrove Ecosystem in Semarang-Demak Coastal Area. *E3S Web of Conferences*, 125, 1021.
- Jennerjahn TC, Klöpffer S. 2013. Does high silicate supply control phytoplankton composition and particulate organic matter formation in two eutrophic reservoirs in the Brantas River catchment, Java, Indonesia? *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 10(1), 41–53.
- Jin J, Liu S, Ren J. 2021. Phosphorus utilization by phytoplankton in the Yellow Sea during spring bloom: Cell surface adsorption and intracellular accumulation. *Marine Chemistry*, 231, 103935.
- Mackentum KM. 1969. *The Practice of Water Pollution Biology*. United States



- Departement of Interior, Federal Water Pollution Control Administration. Division of Technical Support.
- Maslukah L, Zainuri M, Wirasatriya A, Salma U. 2019. Spatial distribution of chlorophyll-a and its relationship with dissolved inorganic phosphate influenced by rivers in the North Coast of Java. *Journal of Ecological Engineering*, 20(7).
- Mousing EA, Richardson K, Ellegaard M. 2018. Global patterns in phytoplankton biomass and community size structure in relation to macronutrients in the open ocean. *Limnology and Oceanography*, 63(3), 1298–1312.
- Nardin W, Woodcock CE, Fagherazzi S. 2016. Bottom sediments affect *Sonneratia* mangrove forests in the prograding Mekong delta, Vietnam. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 177, 60–70.
- Ptacnik R, Andersen T, Tamminen T. 2010. Performance of the Redfield ratio and a family of nutrient limitation indicators as thresholds for phytoplankton N vs. P limitation. *Ecosystems*, 13(8), 1201–1214.
- Richardson TL, Ciotti ÁM, Cullen JJ, Villareal TA. 1996. Physiological And Optical Properties Of *Rhizosolenia Formosa* (Bacillariophyceae) In The Context Of Open-Ocean Vertical Migration 1. *Journal of Phycology*, 32(5), 741–757.
- Rudianto R, Bengen DG, Kurniawan F. 2020. Causes and effects of mangrove ecosystem damage on carbon stocks and absorption in East Java, Indonesia. *Sustainability*, 12(24), 10319.
- Sardans J, Rivas-Ubach A, Penuelas J. 2012. The elemental stoichiometry of aquatic and terrestrial ecosystems and its relationships with organismic lifestyle and ecosystem structure and function: a review and perspectives. *Biogeochemistry*, 111(1), 1–39.
- Sharoni S, Halevy I. 2020. Nutrient ratios in marine particulate organic matter are predicted by the population structure of well-adapted phytoplankton. *Science Advances*, 6(29), eaaw9371.
- Shoaib M, Burhan Z, Shafique S, Jabeen H, Siddique PJA. 2017. Phytoplankton composition in a mangrove ecosystem at Sandspit, Karachi, Pakistan. *Pak. J. Bot*, 49(1), 379–387.
- Tambaru R. 2008. *Dinamika komunitas fitoflankton dalam kaitannya dengan produktivitas perairan pesisir maros Sulawesi Selatan*.
- Tambaru R, Burhanuddin AI, Massinai A, Amran MA. 2021. Detection of marine microalgae (phytoplankton) quality to support seafood health: A case study on the west coast of South Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(11).
- Tambaru R, La Nafie YALN, Junaidi AW. 2018. Analysis Of Causing Factors On The Appearance Of Habs In Coastal Water Of Makassar. *Jurnal Ilmu Kelautan SPERMONDE*, 4(2).
- Thrane J, Hessen DO, Andersen T. 2016. The impact of irradiance on optimal and cellular nitrogen to phosphorus ratios in phytoplankton. *Ecology Letters*, 19(8), 880–888.
- Wisha UJ, Ondara K, Ilham I. 2018. The influence of nutrient (N and P) enrichment and ratios on phytoplankton abundance in Keunekai waters, Weh Island, Indonesia. *Makara Journal of Science*, 187–197.
- Xia Q, Qin CZ, Li H, Huang C, Su FZ. 2018. Mapping mangrove forests based on multi-tidal high-resolution satellite imagery. *Remote Sensing*, 10(9), 1343.