

## KEANEKARAGAMAN FITOPLANKTON SEBAGAI TOLOK UKUR INDIKATOR STATUS PERAIRAN DI PERAIRAN TELUK YOS SUDARSO JAYAPURA

Ade Kurniawan<sup>1\*</sup> dan Yudi Prayitno<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Yapis  
Papua, Jayapura, Papua.

[ade\\_granada@yahoo.co.id](mailto:ade_granada@yahoo.co.id); [grandyudi.19@gmail.com](mailto:grandyudi.19@gmail.com)

Received: 25 April 2024 - Accepted: 20 Juni 2024

### ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) pada Biodiversitas merupakan keanekaragaman spesies di dalam sebuah ekosistem dan digunakan sebagai ukuran pencemaran di suatu perairan. Permasalahannya terletak pada bertambahnya jumlah penduduk pesisir dan munculnya beberapa aktivitas atau kegiatan disekitar pantai yang dapat menyebabkan meningkatnya bahan organik. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan status pencemaran di perairan teluk yos sudarso. Pengambilan sampel fitoplankton dengan menggunakan plankton net. Yang mana, plankton net ditarik secara vertikal ke permukaan air. Setelah itu, sampel fitoplankton dipindahkan ke botol sampel untuk dilakukan identifikasi. Selain itu, untuk menganalisis sampel fitoplankton menggunakan perhitungan Shanon-Wiener untuk menentukan indeks keanekaragaman. Dari hasil yang diperoleh, terdapat perbedaan antara musim panas dan musim hujan. Pada musim panas, semua stasiun yang diteliti memiliki indeks keanekaragaman hayati yang merata yakni sebesar 1.51. Sebaliknya pada musim hujan, hasil indeks keanekaragaman hayati berbeda setiap stasiun. Indeks biodiversitas tertinggi pada musim hujan di stasiun II yakni 1.1. Perairan Yos Sudarso tergolong perairan dengan status pencemaran yakni pencemaran sedang. Hasil yang berbeda antara musim panas dan musim hujan disebabkan pada musim hujan terdapat masukan bahan organik dari luar perairan yang mengalir ke laut. Pentingnya menjaga perairan laut agar sumber daya yang terkandung di dalamnya dapat bertahan hidup. Perairan yang sehat akan berdampak pada kesejahteraan masyarakat pesisir dalam mengelola laut.*

*Kata Kunci: fitoplankton, biodiversitas, polusi, ekosistem*

\* Korespondensi:

Email : [ade\\_granada@yahoo.co.id](mailto:ade_granada@yahoo.co.id)

Alamat : Fakultas Perikanan & Ilmu Kelautan Universitas Yapis Papua  
Jl. Sam Ratulangi No. 11 Dok V Atas, Kota Jayapura-Papua

## ABSTRACT

*Biodiversity referred to the diversity of species in an ecosystem and was used as a measure of pollution in waters. The problem lay in the increasing number of coastal residents and the emergence of several activities around the coast that could cause an increase in organic matter. This research aimed to determine the status of pollution in the Yos Sudarso Bay. Phytoplankton were sampled using a plankton net, which was pulled vertically in the ocean waters. The phytoplankton samples were then transferred to sample bottles for identification. Furthermore, the analysis used the Shanon-Wiener equation to determine the diversity index. There was a difference between the summer and rainy seasons. In the summer, all stations studied had an even biodiversity index, with an average biodiversity index of 1.51. On the other hand, in the rainy season, the results of the biodiversity index differed between each station. The highest biodiversity index in the rainy season was at station II, with a biodiversity index value of 1.1. The Yos Sudarso waters were classified as having a moderate pollution status. The results were different in the summer and the rainy season, with the rainy season having an input of organic matter from outside the waters that flowed into the sea. The importance of maintaining marine waters was emphasized, so that the resources contained therein could survive. Healthy waters would have an impact on the welfare of coastal communities in managing the sea.*

*Keywords: phytoplankton, biodiversity, pollution, ecosystem*

## PENDAHULUAN

Banyak fitoplankton dianggap sebagai bioindikator dan komunitas fitoplankton digunakan didalam indikasi biologi pada ekosistem perairan (Albueajee, Hassan, & Douabul, 2020). Pengaruh fitoplankton terhadap dinamika CO<sub>2</sub> juga dapat bervariasi pada skala yang berbeda (Engel, Drakare, & Weyhenmeyer, 2019). Fitoplankton di laut memegang peranan penting dalam siklus karbon lautan dan menjadi rantai makanan dilaut (van de Waal & Litchman, 2020). Trefault *et al.*, (2021) menjelaskan bahwa bloomingnya fitoplankton di musim panas di perairan pesisir yang kaya nutrisi sangat penting untuk memberi bahan bakar bagi ekosistem laut antartika dan menjaga aliran energi

selama musim dingin yang panjang. Tantangan utama bagi plankton fotosintetik adalah bertahan hidup cukup lama untuk memperoleh energi dan nutrisi yang cukup untuk membangun biomassa baru dan berreproduksi (Lürling, 2021).

Manusia terus mencemari laut dengan laju yang semakin meningkat sehingga menyebabkan kerusakan lebih lanjut terhadap ekosistem laut (Willis *et al.*, 2022). Akumulasi mikroplastik di lingkungan laut merupakan ancaman serius bagi kesehatan organisme laut, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi kelangsungan hidup manusia (Yang, Chen, & Wang, 2021). Pengelolaan limbah plastik yang tidak memadai merupakan ancaman

yang signifikan terhadap upaya global untuk meningkatkan kehidupan dibawah air (Issifu & Sumaila, 2020). Zona pesisir Bangladesh sangat rentan terhadap polusi laut, terutama yang berasal dari aktivitas di daratan akibat pembuangan berbagai polutan melalui sungai, kanal, dan saluran air (Alam, Xiangmin, & Ahamed, 2021). Pemanasan mengakibatkan perubahan besar dalam keanekaragaman hayati komunitas fitoplankton lokal, sehingga meningkatkan kekayaan taksonomi sebesar 67% (Yvon-Durocher *et al.*, 2015).

## METODE PENELITIAN

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Teluk Yos Sudarso, Jayapura pada bulan Februari

tahun 2024. Lokasi penelitian dipilih secara purposif karena perairan tersebut merupakan perairan terluas dan berbatasan langsung dengan Samudera Pasifik.

### Pengambilan Data

Pengambilan data penelitian yaitu data fitoplankton. Hal ini dikarenakan fitoplankton merupakan bioindikator perairan. Bioindikator pada organisme hidup seperti tumbuhan, plankton, hewan dan mikroba dimanfaatkan untuk memantau kesehatan ekosistem alami di lingkungan (Parmar, Rawtani, & Agrawal, 2016). Ma'arif *et al.*, (2020) mengatakan bahwa keberadaan fitoplankton di suatu perairan dapat memberikan informasi mengenai kondisi suatu perairan. Parameter kualitas air yang akan diukur dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter kualitas air yang diukur dan alat yang digunakan selama penelitian

Parameter	Unit	Alat	Tempat Analisis
<b>Fisika</b>			
Intensitas Cahaya	Lux	Lux meter	in situ
Temperatur	°C	Termometer	in situ
Kecerahan	M	Secchi disk	in situ
<b>Kimia</b>			
Oksigen	ppm	oksigen meter	in situ
pH		pH meter	in situ
Salinitas	ppt	Refrakto meter	in situ
Nitrit	ppm	Spektrofotometer	Laboratorium
Nitrat	ppm	Spektrofotometer	Laboratorium
Ammonia	ppm	Spektrofotometer	Laboratorium
Orthophosphate	ppm	Spektrofotometer	Laboratorium
<b>Biologi</b>			
Kelimpahan Fitoplankton	Sell	Mikroscope	Laboratorium

Pengumpulan data fitoplankton dilakukan dengan menggunakan jaring plankton. Jaring plankton ditarik menggunakan speedboat dengan kecepatan 2 knot. Plankton net diturunkan hingga kedalaman 5 meter, kemudian ditarik secara horizontal. (Firdaus, Fitriya, Avianto, Prayitno, & Wahyudi, 2020). Selanjutnya, fitoplankton yang telah disaring dipindahkan ke dalam botol sampel yang telah diberikan formalin 4% untuk mengawetkan dan memisahkan fitoplankton dan zooplankton. Fitoplankton diidentifikasi di Laboratorium menggunakan mikroskop *Sedgwick Rafter Counting Chamber* (SRCC) untuk mengetahui jenis fitoplankton. Identifikasi fitoplankton taksonomi fitoplankton dilakukan dengan mengamati morfologi berdasarkan beberapa referensi (dapat dilihat di daftar referensi).

### Analisis Data

Analisis deskriptif dilakukan untuk mengetahui sumber-sumber penyebab resiko yang timbul baik pada aspek ekologi maupun aspek lainnya. Analisis dilakukan berdasarkan situasi di perairan jayapura, papua. Indeks Shannon telah menjadi indeks keanekaragaman yang populer dalam literatur ekologi (Supriatna, 2018). Analisis data indeks keanekaragaman hayati menggunakan persamaan Shannon-Wiener (Kostryukova, Mashkova, Krupnova, & Egorov, 2018).

$$H = \sum_{i=1}^N Pi \cdot \ln \cdot Pi \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

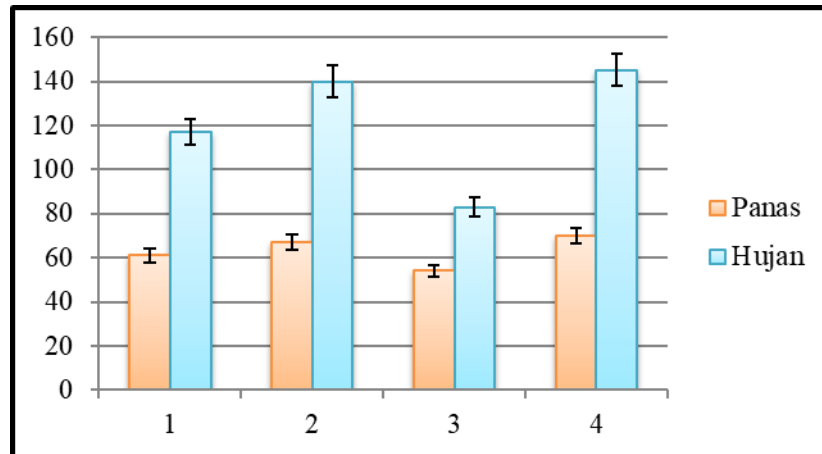
- H' : Shannon-Wiener's Biodiversity Index
- Pi : ni/N
- ni : Jumlah individu tipe I
- N : Total jumlah individu
- S : Jumlah genera

Analisis sampel fitoplankton melalui pendekatan mikroskopis tradisional. Namun hal ini merupakan tantangan karena memakan waktu dan membatasi jumlah sampel yang dapat dicapai secara realistis (Fragoso, Johnsen, Chauton, Cottier, & Ellingsen, 2021).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Komposisi Fitoplankton

Fitoplankton merupakan produsen utama di suatu perairan. Haraguchi *et al.*, (2018) mengatakan bahwa fitoplankton memainkan peranan penting sebagai produsen utama dan memediasi siklus biogeokimia di perairan. Hasil pengukuran sampling fitoplankton yang dilakukan pada musim panas dan musim hujan di perairan Teluk Yos Sudarso menunjukkan perbedaan komposisi fitoplankton. Peningkatan komposisi fitoplankton pada musim hujan disebabkan oleh adanya bahan organik yang berasal dari pemukiman yang terbawa ke dalam perairan dan proses difusi gas-gas toksik dari perairan yang kemudian terbawa kembali ke perairan melalui air hujan. Keadaan ini menunjukkan bahwa musim hujan mempunyai pengaruh terhadap peningkatan jumlah fitoplankton.

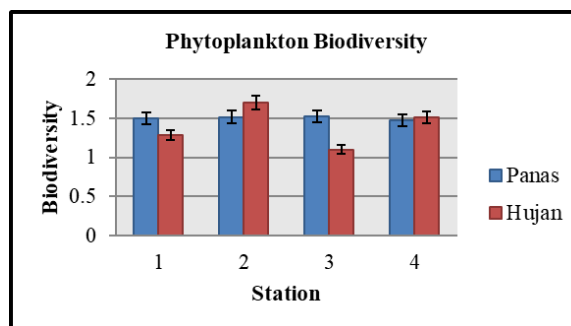


Gambar 1. Grafik Komposisi fitoplankton di Teluk Yos Sudarso

Hal ini relevan dengan pernyataan O.-I. Lekang, (2007) yang mana menjelaskan bahwa tujuan difusi di perairan yakni untuk melepaskan gas – gas seperti N, P, dan C dari perairan atau meningkatkan gas seperti oksigen di dalam perairan. Kemudian, gas N dan P yang dilepaskan ke udara diduga terbawa kembali oleh air hujan sehingga mengakibatkan tingginya jumlah komunitas fitoplankton pada musim hujan. Li *et al.*, (2021) mengatakan bahwa karakteristik komunitas fitoplankton juga dipengaruhi oleh salinitas. Dari pernyataan ini, komposisi tertinggi fitoplankton selama musim hujan di Teluk Yos Sudarso dikarenakan perubahan salinitas yang terjadi di perairan tersebut.

### Biodiversitas

Biodiversitas spesies merupakan karakteristik level komunitas berdasarkan pada tingkatan biologisnya dan dapat digunakan untuk menyatakan struktur komunitas. Biodiversitas berarti keragaman seluruh organisme hidup di dalam suatu ekosistem tertentu, indeks ini juga dapat menentukan status polusi pada perairan dan nilai normal berkisar dari 0 sampai 4 (Kumari, Gayathri, & Ramachandra, 2018). Altaf & Saltanat, (2014) menjelaskan bahwa indeks biodiversitas merupakan ukuran kuantitatif yang mencerminkan berapa banyak jenis yang berbeda (seperti spesies) yang ada di dalam kumpulan data, dan sekaligus memperhitungkan seberapa merata entitas dasar (seperti individu).



Gambar 2. Grafik biodiversitas fitoplankto

Dari gambar 2, terbagi menjadi 2 kategori yakni musim panas dan musim hujan. Terdapat perbedaan antara 2 kategori tersebut. Hasil indeks biodiversitas pada musim panas terlihat tanpa fluktuasi pada setiap stasiun. Sedangkan pada musim hujan, hasil sebaliknya yaitu terjadi fluktuasi di setiap tahun. Hasil tersebut tidak berbeda dengan pernyataan Duyen *et al.*, (2021) yang menjelaskan bahwa indeks biodiversitas berbeda secara signifikan antara musim kemarau dan musim hujan. Muscolo *et al.*, (2021) dalam risetnya menyimpulkan hasil yang sama bahwa rendahnya biodiversitas ditemukan pada musim panas. Variasi biodiversitas musiman boleh jadi dibingungkan oleh beberapa faktor seperti pengaruh komponen biodiversitas regional (Keke, Arimoro, Ayanwale, Odume, & Edegbene, 2020).

Pada musim panas, indeks biodiversitas tertinggi terjadi pada stasiun 3 dengan nilai 1.53; kemudian stasiun 2 dengan nilai 1.52; selanjutnya, stasiun 1 dengan nilai 1.50; stasiun 4 dengan nilai 1.48. Stasiun 1 sampai stasiun 4 menunjukkan nilai yang tidak terlalu berbeda, hasil tersebut menunjukkan status perairan yang sama yakni moderate pollution (tidak terpolusi). Dan selama musim hujan, stasiun 2 mempunyai indeks biodiversitas tertinggi yakni 1.70; stasiun 4 yakni 1.51; stasiun 1 yakni 1.29; dan stasiun 3 mempunyai indeks biodiversitas terendah yakni 1.10.

Perbedaan indeks biodiversitas selama musim hujan disebabkan oleh rendahnya nilai bahan organik atau limbah (N dan P) di stasiun 3, sehingga pertumbuhan fitoplankton tidak optimal. Sedangkan di stasiun 2, ketersediaan nutrisi yang cukup akibat limbah cair menyebabkan peningkatan kelimpahan dan diversitas komunitas fitoplankton. Parakkasi *et al.*, (2020) menjelaskan bahwa pertumbuhan spesies fitoplankton tidak dalam kondisi

optimal, alasan ini disebabkan faktor lingkungan seperti Phosphate (P) tidak berada pada nilai yang ditentukan untuk pertumbuhan fitoplankton yang optimal.

Pengaruh limbah cair pada kelimpahan dan diversitas komunitas fitoplankton, kelimpahan terbesar terdapat pada wilayah dekat pada area pelepasan dan diversitas terbesar pada area pembuangan (Valenzuela-Sanchez *et al.*, 2021). Dibawah pengaruh limbah cair, hal ini menyebabkan peningkatan ketersediaan nutrisi (Crossetti, Bicudo, Bicudo, & Bini, 2008).

## PENUTUP

### Kesimpulan

Indeks biodiversitas pada 4 stasiun di Perairan Teluk Yos Sudarso menunjukkan bahwa perairan tersebut diklasifikasikan sebagai moderate pollution (tidak terpolusi). Adapun daerah tertentu mempunyai nilai yang berbeda – beda. Hal ini disebabkan perbedaan nilai bahan organik atau limbah (N dan P) pada setiap tempat. Menghilangkan bahan organik dari perairan bukan solusi untuk kebersihan perairan, karena hal ini mempunyai dampak pada konsumsi ikan pelagis pada ketersediaan fitoplankton sebagai pakan alami. Fitoplankton membutuhkan bahan organik untuk pertumbuhannya. Untuk menjaga keberlangsungan kehidupan di perairan teluk Yos Sudarso, kurangi pembuangan sampah organik ke dalam perairan. Kemudian, diperlukan penelitian setiap tahunnya untuk pengendalian perairan tersebut dan riset mengenai daya dukung perairan Yos Sudarso.

### Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah menganalisis pengaruh faktor lingkungan lainnya, seperti suhu, salinitas,

dan nutrisi, terhadap keanekaragaman fitoplankton di Teluk Yos Sudarso. Selain itu, dapat juga dipertimbangkan untuk memberikan rekomendasi pengelolaan perairan yang sesuai berdasarkan hasil penelitian.

## REFERENSI

- Alam, M. W., Xiangmin, X., & Ahamed, R. (2021). Protecting the marine and coastal water from land-based sources of pollution in the northern Bay of Bengal: A legal analysis for implementing a national comprehensive act. *Environmental Challenges*, 4. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100154>
- Albueajee, A. I., Hassan, F. M., & Douabul, A. A. Z. (2020). Phytoplankton species composition and biodiversity indices in auda marsh-Southern Iraq. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 51(Special Issue). <https://doi.org/10.36103/ijas.v51special.899>
- Allen, W. E. And E. E. Cupp 1935. Plankton diatoms of Java sea. *Ann. Du juard Bot. Buitenzoorg* 44 (2): 1 – 174.
- Altaf, H. G., & Saltanat, P. (2014). Effect of physico-chemical conditions on the structure and composition of the phytoplankton community in Wular Lake at Lankrishipora, Kashmir. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 6(1). <https://doi.org/10.5897/ijbc2013.0597>
- Crossetti, L. O., Bicudo, D. C., Bicudo, C. E. M., & Bini, L. M. (2008). Phytoplankton biodiversity changes in a shallow tropical reservoir during the hypertrophication process. *Brazilian Journal of Biology*, 68(4 SUPPL.). <https://doi.org/10.1590/S1519-69842008000500013>
- Cupp, E. E. 1943. Marine plankton diatoms of the west coast of North America. *Bull Scripps Ins. Oceanorg. Univ. Calif.* (5): 1 – 138
- Duyen, H. T. N., Hue, T. T. M., Van, T. T. La, Luom, P. T., Lam, N. N., & Hai, D. N. (2021). Phytoplankton community structure changes in Thi Nai lagoon (South - Central Vietnam) from 2004 to 2020. *Academia Journal of Biology*, 43(4). <https://doi.org/10.15625/2615-9023/16351>
- Engel, F., Drakare, S., & Weyhenmeyer, G. A. (2019). Environmental conditions for phytoplankton influenced carbon dynamics in boreal lakes. *Aquatic Sciences*, 81(2). <https://doi.org/10.1007/s00027-019-0631-6>
- Firdaus, M. R., Fitriya, N., Avianto, P., Prayitno, H. B., & Wahyudi, A. J. (2020). Plankton community in the western waters of North-Sumatera during the onset monsoon of Asian winter. *Marine Research in Indonesia*, 45(1). <https://doi.org/10.14203/mri.v45i1.565>
- Fragoso, G. M., Johnsen, G., Chauton, M. S., Cottier, F., & Ellingsen, I. (2021). Phytoplankton community succession and dynamics using optical approaches. *Continental Shelf Research*, 213. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2020.104322>

- Fukuyo, Y. 1990. Red tide organism in Japan. An illustrated taxonomic guide, uchida Rokuho, Tokyo: 407 pp.
- Haraguchi, L., Jakobsen, H. H., Lundholm, N., & Carstensen, J. (2018). Phytoplankton community dynamic: A driver for ciliate trophic strategies. *Frontiers in Marine Science*, 5(AUG). <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00272>
- Issifu, I., & Sumaila, U. R. (2020). A review of the production, recycling and management of marine plastic pollution. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(11). <https://doi.org/10.3390/jmse8110945>
- Keke, U., Arimoro, F., Ayanwale, A., Odume, O., & Edegbene, A. (2020). Biodiversity patterns along seasonality and environmental factors of stream macroinvertebrate communities of north-central nigeria. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 24(4). <https://doi.org/10.21608/ejabf.2020.102102>
- Kostruykova, A. M., Mashkova, I. V., Krupnova, T. G., & Egorov, N. O. (2018). Phytoplankton biodiversity and its relationship with aquatic environmental factors in Lake Uvildy, South Urals, Russia. *Biodiversitas*, 19(4), 1422–1428. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d190431>
- Kumari, S., Gayathri, S., & Ramachandra, M. (2018). Phytoplankton Diversity in Bangalore Lakes, Importance of Climate Change and Nature's Benefits to People. *Journal of Ecology & Natural Resources*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.23880/jenr-16000118>
- Lebour, M. V. 1930. Planktonic diatoms of Northern Seas. Dulau & Co, London: 244 pp.
- Lekang, O.-I. (2007). *Aquaculture Engineering* (O. Lekang, Ed.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470995945>
- Li, Z., Gao, Y., Wang, S., Lu, Y., Sun, K., Jia, J., & Wang, Y. (2021). Phytoplankton community response to nutrients along lake salinity and altitude gradients on the Qinghai-Tibet Plateau. *Ecological Indicators*, 128. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107848>
- Lürling, M. (2021). Grazing resistance in phytoplankton. *Hydrobiologia*, 848(1). <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04370-3>
- Ma'arif, M. C., Munir, M., & Akhwady, R. (2020). Fertility Evaluation of Coral Reef Ecosystems Using Bioindicators of Phytoplankton in Watu Lawang Waters, Pasir Putih Beach, Situbondo - Indonesia. *Journal of Marine Resources and Coastal Management*, 1(1). <https://doi.org/10.29080/mrcm.v1i1.755>
- Muscolo, A., Settineri, G., Romeo, F., & Mallamaci, C. (2021). Soil biodiversity as affected by different thinning intensities in a pinus laricio stand of calabrian apennine, south Italy. *Forests*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/f12010108>
- Parakkasi, P., Rani, C., Syamsuddin, R., & Tambaru, R. (2020). The Impact of Seaweed Farming on the Phytoplankton Community Structure. *Jurnal Ilmu Kelautan Spermonde*, 6(1).



- <https://doi.org/10.20956/jiks.v6i1.9900>
- Parmar, T. K., Rawtani, D., & Agrawal, Y. K. (2016). Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. *Frontiers in Life Science*, 9(2), 110–118.  
<https://doi.org/10.1080/21553769.2016.1162753>
- Supriatna, J. (2018). Biodiversity Indexes: Value and Evaluation Purposes. *E3S Web of Conferences*, 48.  
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184801001>
- Trefault, N., De la Iglesia, R., Moreno-Pino, M., Lopes dos Santos, A., G erikas Ribeiro, C., Parada-Pozo, G., ... Vaulot, D. (2021). Annual phytoplankton dynamics in coastal waters from Fildes Bay, Western Antarctic Peninsula. *Scientific Reports*, 11(1).  
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-80568-8>
- Valenzuela-Sanchez, C. G., Pasten-Miranda, N. M. A., Enriquez-Oca a, L. F., Barraza-Guardado, R. H., Valdez Holguin, J. E., & Martinez-Cordova, L. R. (2021). Phytoplankton composition and abundance as indicators of aquaculture effluents impact in coastal environments of mid Gulf of California. *Heliyon*, 7(2).  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06203>
- van de Waal, D. B., & Litchman, E. (2020). Multiple global change stressor effects on phytoplankton nutrient acquisition in a future ocean. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, Vol. 375.  
<https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0706>
- Willis, K. A., Serra-Gon alves, C., Richardson, K., Schuyler, Q. A., Pedersen, H., Anderson, K., ... Puskic, P. S. (2022). Cleaner seas: reducing marine pollution. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 32(1).  
<https://doi.org/10.1007/s11160-021-09674-8>
- Yamaji, I. 1966. Illustrations of the marine plankton of Japan. Hoikhusa, Osaka: 369 pp.
- Yang, H., Chen, G., & Wang, J. (2021). Microplastics in the marine environment: Sources, fates, impacts and microbial degradation. *Toxics*, Vol. 9, pp. 1–19.  
<https://doi.org/10.3390/toxics9020041>
- Yvon-Durocher, G., Allen, A. P., Cellamare, M., Dossena, M., Gaston, K. J., Leitao, M., ... Trimmer, M. (2015). Five Years of Experimental Warming Increases the Biodiversity and Productivity of Phytoplankton. *PLoS Biology*, 13(12).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002324>

