

VARIASI MUSIMAN FITOPLANKTON DAN KUALITAS PERAIRAN PULAU KOTOK BESAR

[*Seasonal Variation of Phytoplankton and Waters Quality of Kotok Besar Island*]

Dinda Rama Haribowo¹, Ahmad Zulfikar Wicaksono^{2,3*}, Alfianur Azmi Muhammad^{2,3}, Firdaus Ramadhan⁴, Alfan Farhan Rijaluddin⁵, Yayan Mardiansyah Assuyuti²

¹⁾ Pusat Laboratorium Terpadu (PLT) Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Syarif Hidayatullah Jl. Ir. H. Juanda No. 95 Ciputat, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia 15412

²⁾ Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Syarif Hidayatullah Jl. Ir. H. Juanda No. 95 Ciputat, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia 15412

³⁾ Marine Biology Club (MBC) Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Syarif Hidayatullah Jl. Ir. H. Juanda No. 95 Ciputat, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia 15412

⁴⁾ Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Farmasi Institut Sains dan Teknologi Nasional (ISTN) Jl. Moh Kahfi II, Bhumi Srengseng, Jagakarsa, Jakarta Selatan, DKI Jakarta 12640

⁵⁾ Laboratorium Lingkungan Hidup PT. Unilab Perdana Jl. Ciledug Raya No.10, RT.11/RW.11, Cipulir, Kec. Kby. Lama, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12230

Email : ahmad.zulfikar17@mhs.uinjkt.ac.id

ABSTRACT

Phytoplankton are affected by environmental conditions such as chemical-physical, aquatic nutrients and seasons. Purpose of research is to analyze community structure and abundance of phytoplankton in Kotok Besar Island waters under dry and rainy seasons as bioindicators of water quality. Researchers determine point sampling by *purposive sampling* based on cardinal directions then samples were taken by filtration method. Based on KepMen LH No. 51 tahun 2004 suhu and TDS of Western Kotok Besar Island in both seasons within the quality standard, except pH in dry season which is higher than quality standard. Phytoplankton composition in both seasons indicate oligotrophic waters and dominated by Bacillariophyceae. Diversity (H'), Evenness (E), and Dominance (D) indeces in dry seasons each of them were 2.37 (moderate diversity); 0.82 (high individual number evenness); and 0.3 (no dominance) while in rainy seasons each of them were 1.44 (moderate diversity); 0.63 (high individual number evenness); and 0.05 (no dominance). Saprobit index is 1 in both seasons with nutrient status β -mesosaprobic.

Key words: Bioindicator, Kotok Besar Island, seasons, phytoplankton, water quality

ABSTRAK

Fitoplankton dipengaruhi kondisi lingkungannya seperti kimia-fisik, nutrien perairan dan musim. Tujuan penelitian untuk menganalisis struktur komunitas dan kelimpahan fitoplankton di Pulau Kotok Besar pada musim kemarau dan hujan sebagai bioindikator kualitas perairan. Penentuan titik menggunakan *purposive sampling* berdasarkan arah mata angin kemudian sampel diambil dengan metode filtrasi. Berdasarkan KepMen LH No. 51 tahun 2004 suhu dan TDS Pulau Kotok Besar di kedua musim berada di dalam baku mutu, kecuali pH di musim kemarau yang lebih tinggi dari baku mutu. Komposisi fitoplankton pada kedua musim menunjukkan perairan yang oligotrofik dan didominansi oleh Bacillariophyceae. Nilai keanekaragaman (H'), kemerataan (E), dan dominansi (D) pada musim kemarau masing-masing 2,37 (keanekaragaman sedang); 0,82 (kemerataan jumlah individu tinggi) dan 0,3 (tidak ada dominasi), sedangkan pada musim hujan masing-masing 1,44 (keanekaragaman sedang); 0,63 (kemerataan tinggi) dan 0,05 (tidak ada dominasi). Indeks saprobit pada musim kemarau dan hujan yaitu 1 dengan status nutrien β -mesosaprobik.

Kata kunci: Bioindikator, fitoplankton, kualitas perairan, musim, Pulau Kotok Besar

PENDAHULUAN

Perairan Pulau Kotok Besar merupakan bagian dari perairan Laut Jawa di gugusan Kepulauan Seribu yang termasuk pada beberapa pulau paling utara dari Jakarta. Perairan ini juga memiliki jenis ikan dan biota yang memiliki nilai jual tinggi sebagai komoditas ekspor untuk Indonesia (Mujiyanto dan Syam, 2011; Danica *et al.*, 2019). Pulau Kotok Besar merupakan destinasi wisata tetapi tidak bisa dikunjungi secara umum, bukan merupakan tempat pemukiman tetapi aktivitas

pariwisata di sekitar perairan relatif tinggi. Perairan Pulau Kotok Besar ini terdampak oleh aktifitas industrial seperti tumpahan minyak ke perairan yang dapat mematikan atau mengurangi laju fotosintesis secara tidak langsung karena menutupi kolom perairan, tetapi dalam kadar tertentu minyak dapat merangsang pertumbuhan fitoplankton (Ardiansyah *et al.*, 2017).

Fitoplankton merupakan mikroalga yang hidup melayang-layang di air dengan kemampuan renang yang rendah atau tidak ada sama sekali dan

*Kontributor Utama

*Diterima: 16 Oktober 2020 - Diperbaiki: 10 Maret 2021 - Disetujui: 7 Juni 2021

merupakan produsen dalam rantai makanan pada ekosistem perairan (Reynolds, 2006; Suthers dan Rissik, 2009). Pada semua ekosistem laut di dunia dengan perkiraan 95% produksi primer di laut berasal dari fitoplankton (Nontji, 2006). Fitoplankton dijadikan sebagai bioindikator kualitas perairan (Telesh, 2004; Campbell *et al.*, 2008; Gharib *et al.*, 2011) dengan kelimpahan dan komposisi jenisnya akan berubah pada berbagai tingkatan sebagai respons terhadap perubahan kondisi lingkungan seperti sifat fisika-kimia dan nutrien perairan (Gao dan Song, 2005; Sediadi, 2010; Sun *et al.*, 2011; Rizqina *et al.*, 2017). Kelimpahan fitoplankton suatu perairan menggambarkan tingkat kesuburan perairan tersebut, sementara komposisi fitoplankton yang membentuk nilai keanekaragaman, kemerataan dan dominansi menggambarkan keadaan komunitas fitoplankton suatu perairan (Aryawati *et al.*, 2017). Menurut (Sagala, 2011), komposisi fitoplankton juga dapat menentukan tingkat pencemaran suatu perairan melalui perhitungan indeks saprobik.

Dinamika kelimpahan dan struktur komunitas fitoplankton membentuk sebuah variasi musiman yang terjadi sepanjang tahun. Variasi terlihat jelas pada daerah perairan tropika seperti perairan Indonesia dengan dua musim yang menimbulkan perubahan sifat fisika-kimia perairan. Musim hujan yang terjadi pada saat angin muson barat (Oktober - Maret) dengan curah hujan relatif tinggi dan kurangnya penyinaran matahari sedangkan musim kemarau yang terjadi pada saat angin muson timur (April - September) memiliki penyinaran matahari yang berlangsung secara intensif (Hutomo, 1975; Dida *et al.*, 2016; Najamuddin, 2018; Rahayu *et al.*, 2018).

Penelitian terkait variasi musiman kelimpahan fitoplankton masih sedikit informasinya walaupun informasinya dapat dimanfaatkan untuk sektor perikanan (Andriani *et al.*, 2017). Penelitian sebelumnya oleh (Hutomo, 1975) yang dilakukan di sekitar Pulau Ayer, Kepulauan Seribu menunjukkan kelimpahan fitoplankton tertinggi pada bulan Mei dan kelimpahan terendah pada Bulan Juli. Penelitian variasi musiman kelimpahan fitoplankton di wilayah Kepulauan Seribu dan kualitas perairan Pulau Kotok Besar belum ada informasinya, oleh karena itu dilakukan penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variasi musiman kelimpahan fitoplankton dan kualitas perairan Pulau Kotok Besar berdasarkan struktur komunitas fitoplankton.

METODE

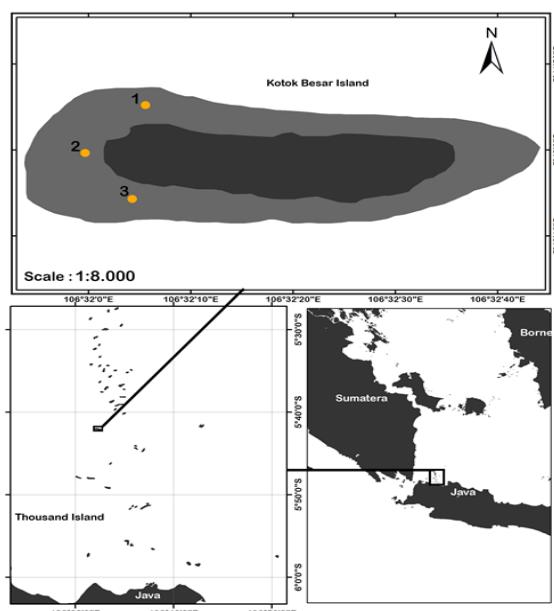
Lokasi dan waktu

Pulau Kotok Besar merupakan pulau yang termasuk kedalam zona pariwisata dari Kabupaten Kepulauan Seribu, Provinsi Daerah Khusus Ibukota

Jakarta, Indonesia berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam Departemen Kehutanan SK.05/IV-KK/2004 Tanggal 27 Januari 2004 tentang Zonasi Taman Nasional. Pulau Kotok Besar terbagi menjadi 3 bagian yaitu, timur yang merupakan daerah *Jakarta Animal Aid Network* (JAAN), bagian tengah dan barat yang merupakan zona wisata. Penelitian ini dilakukan di Pulau Kotok Besar bagian barat pada tahun 2016 dengan dua musim yang berbeda yaitu musim kemarau (Mei) dan musim hujan (Oktober).

Pengambilan sampel

Sampel fitoplankton dan air diambil secara purposive sampling pada tiga stasiun yang berbeda berdasarkan zona arah mata angin, yaitu utara, barat dan selatan (Gambar 1). Sampel fitoplankton diambil berdasarkan metode filtrasi (Bellinger dan Sigee, 2010) yaitu sebanyak 120 liter air permukaan diambil dengan wadah dan disaring melewati plankton net berukuran 50 μ m dengan ukuran bucket 15 ml. Kemudian diteteskan lugol 10% untuk pengawetan sampel. Parameter kimia-fisika perairan yang diamati berupa suhu, pH (derajat keasaman) dan juga total padatan terlarut (TDS). Hasil pengukuran suhu dan pH (derajat keasaman) dibandingkan dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut. Hasil Pengukuran total padatan terlarut (TDS) dibandingkan dengan kadar TDS normal pada perairan laut (Moran, 2018).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian (*Map of research area*)

Analisis Data

Proses identifikasi fitoplankton dilakukan di Laboratorium Ekologi, Pusat Laboratorium Terpadu (PLT) UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta. Identifikasi fitoplankton dilakukan dengan mengacu (Allen dan Cupp, 1935), (Karacaoglu et al., 2004), (Verlencar, 2004), (Vuuren et al., 2006), (Al-kandari et al., 2009), dan (Bellinger dan Sigeer, 2010). Kelimpahan fitoplankton dihitung dengan metode Lackey Drop Microtransect Counting (APHA, 2005) yang dibandingkan dengan kategori kelimpahan fitoplankton menurut (Raymont, 1963). Indeks keanekaragaman (H'), kemerataan (E), dan dominansi dihitung (Bakus, 2007) kemudian kriteria ekologi komunitas fitoplankton berdasarkan (Odum, 1998). Indeks saprobik dihitung dan dibandingkan dengan kriteria cemaran organik/anorganik suatu perairan berdasarkan (Dresscher dan Mark, 1976).

HASIL

Parameter kimia fisika perairan

Hasil pengukuran parameter kimia-fisik perairan Pulau Kotok Besar pada musim kemarau dan hujan secara umum masih berada di kisaran baku mutu (Tabel 1.). Suhu rata-rata di pada musim kemarau sebesar 32°C dan musim hujan 30,1°C. Nilai pH rata-rata musim kemarau yaitu sebesar 8.7 dan hujan yaitu sebesar 8.3. Nilai rata-rata kadar TDS musim kemarau sebesar 4556.3 ppm dan nilai rata-rata kadar TDS pada musim hujan sebesar 4471.3 ppm. Baku mutu untuk suhu dan pH perairan ditinjau dari Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004 sedangkan untuk TDS belum tercantum informasi ambang batas nilainya pada standar baku mutu Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004. Oleh karena itu, nilai TDS ditinjau melalui kadar normalnya di perairan laut berdasarkan (Moran, 2018).

Tabel 1. Kimia-fisik perairan Pulau Kotok Besar di dua musim (*Chemical-Physico of water on two seasons*).

Musim (<i>Seasons</i>)	Parameter (<i>Variable</i>)	Utara (<i>North</i>)	Stasiun (<i>Stations</i>) Barat (<i>West</i>)	Selatan (<i>South</i>)	Rata - rata (<i>Avera ge</i>)	Baku Mutu* (<i>Water Quality Standards</i>)
Musim Kemarau (<i>Dry Season</i>)	Suhu (°C)	33	32	31	32	± 2°C dari suhu alami (27–32°C)**
	pH	8.6	8.7	8.9	8.7	6.5–8.5
	TDS (ppm)	4441	4546	4682	4556.3	500-30.000***
Musim Hujan (<i>Rainy Season</i>)	Suhu (°C)	29.5	30	30.1	30.1	± 2°C dari suhu alami (27–32°C)**
	pH	8.4	8.2	8.3	8.3	6.5–8.5
	TDS (ppm)	4579	4394	4441	4471.3	500–30.000***

*Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004

** Rustam dan Prabawa, 2015

*** Moran, 2018.

Sebaran dan kelimpahan fitoplankton

Jenis fitoplankton yang teramati dalam penelitian ini ada 18 jenis dari tiga kelas fitoplankton, yaitu kelas *Bacillariophyceae* (15 jenis), kelas *Cyanophyceae* (2 jenis) dan kelas *Trebouxiophyceae* (1 jenis) (Tabel 2). Jenis fitoplankton yang teramati dalam penelitian ini baik pada musim kemarau maupun hujan ialah *Asterionella* sp., *Bacteriastrum* sp., *Chaetoceros* sp., *Coscinodiscus* sp., *Craticula* sp., *Cylindrotheca* sp., *Licmophora* sp., *Navicula* sp., *Nitzschia* sp., *Pleurosigma* sp. dan *Rhizosolenia* sp. Jenis fitoplankton yang ditemukan pada musim hujan berkurang dengan beberapa jenis fitoplankton yang sebelumnya ditemukan pada musim kemarau tidak ditemukan pada musim hujan. Jenis fitoplankton yang hanya ditemukan pada musim kemarau ialah *Asterionella* sp., *Cymbella* sp., *Entomoneis* sp., *Thalassionema* sp., *Thalassiosira* sp., *Lyngbya* sp., *Oscillatoria* sp. dan *Oocystis* sp. Jenis fitoplankton yang teramati pada kedua musim

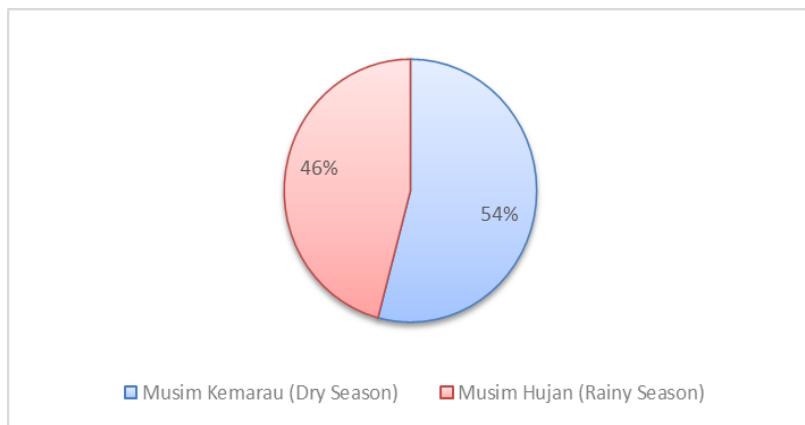
ialah *Bacteriastrum* sp., *Chaetoceros* sp., *Coscinodiscus* sp., *Craticula* sp., *Cylindrotheca* sp., *Licmophora* sp., *Navicula* sp., *Nitzschia* sp., *Pleurosigma* sp. dan *Rhizosolenia* sp. Jenis fitoplankton yang ditemukan pada musim hujan berkurang dengan beberapa jenis fitoplankton yang sebelumnya ditemukan pada musim kemarau tidak ditemukan pada musim hujan. Jenis fitoplankton yang hanya ditemukan pada musim kemarau ialah *Asterionella* sp., *Cymbella* sp., *Entomoneis* sp., *Thalassionema* sp., *Thalassiosira* sp., *Lyngbya* sp., *Oscillatoria* sp. dan *Oocystis* sp.

Tabel 2. Sebaran fitoplankton di Pulau Kotok Besar berdasarkan musim (*Spatial dispersion of phytoplankton in Kotok Besar Island based on seasons*).

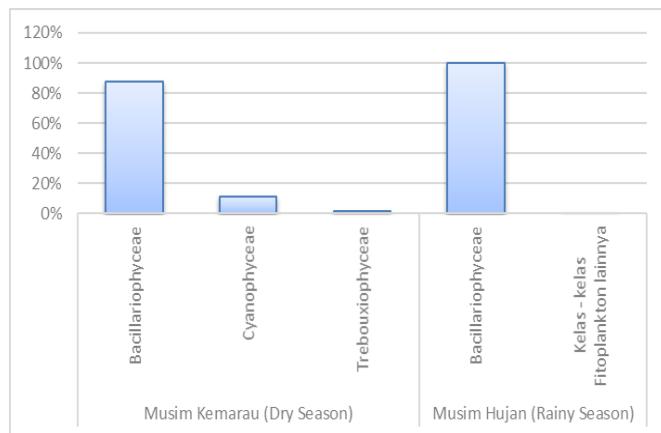
No (Number)	Jenis Fitoplankton (<i>Phytoplankton species</i>)	Kemarau (<i>Dry Season</i>)			Hujan (<i>Rainy Season</i>)		
		Utara (North)	Barat (West)	Selatan (South)	Utara (North)	Barat (West)	Selatan (South)
1	<i>Asterionella</i> spp.	-	+	-	-	-	-
2	<i>Bacteriastrum</i> spp.	+	-	+	+	+	+
3	<i>Chaetoceros</i> spp.	+	-	+	+	+	+
4	<i>Coscinodiscus</i> spp.	+	-	+	+	+	+
5	<i>Craticula</i> spp.	-	+	-	-	-	+
6	<i>Cylindrotheca</i> spp.	+	-	-	-	-	+
7	<i>Cymbella</i> sp.	-	-	+	-	-	-
8	<i>Entomoneis</i> spp.	-	+	-	-	-	-
9	<i>Licmophora</i> spp.	-	-	+	-	+	-
10	<i>Navicula</i> spp.	+	+	-	-	+	-
11	<i>Nitzschia</i> spp.	+	+	+	+	-	-
12	<i>Pleurosigma</i> spp.	-	+	+	-	-	+
13	<i>Rhizosolenia</i> spp.	+	-	-	-	+	-
14	<i>Thalassionema</i> spp.	+	-	-	-	-	-
15	<i>Thalassiosira</i> spp.	-	+	-	-	-	-
16	<i>Lyngbya</i> spp.	+	-	-	-	-	-
17	<i>Oscillatoria</i> spp.	-	+	+	-	-	-
18	<i>Oocystis</i> sp.	-	+	-	-	-	-

Kelimpahan fitoplankton dalam penelitian ini lebih tinggi pada musim kemarau dibandingkan dengan musim hujan. Kelimpahan fitoplankton pada musim kemarau (1377 ind/L) sedangkan kelimpahan fitoplankton pada musim hujan (1626 ind/L) (Gambar 2). Kelimpahan fitoplankton pada musim kemarau maupun musim hujan didominasi oleh kelimpahan kelas *Bacillariophyceae*. Presentase kelimpahan kelas *Bacillariophyceae* mencapai 89%, presentase kelimpahan kelas *Cyanophyceae* mencapai 11% dan presentase kelimpahan kelas *Trebouxiophyceae* hanya 1% pada musim kemarau. Pada musim hujan presentase kelimpahan kelas *Bacillariophyceae* mencapai 100% (Gambar 3). Presentase

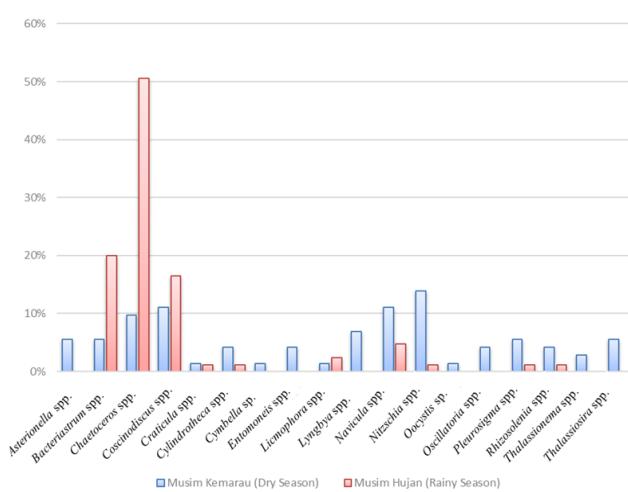
kelimpahan fitoplankton di musim kemarau didominasi oleh *Nitzschia* sp. sebesar 14 %, *Navicula* sp. 11 % sebesar dan *Coscinodiscus* sp. sebesar 11 % dengan nilai kelimpahan jenis masing-masing 191 ind/L, 153 ind/L dan 153 ind/L. Presentase kelimpahan di musim hujan didominasi oleh *Chaetoceros* sp. sebesar 51 %, *Bacteriastrum* sp. sebesar 20 % dan *Coscinodiscus* sp. sebesar 16 % dengan nilai kelimpahan jenis masing-masing 823 ind/L, 325 ind/L dan 268 ind/L (Gambar 4).



Gambar 2. Kelimpahan total fitoplankton pada musim kemarau dan hujan (*Total phytoplankton abundance on rainy season and dry season*).



Gambar 3. Presentase kelimpahan kelas fitoplankton pada musim kemarau dan hujan (*Percentage of phytoplankton class abundance on dry and rainy seasons*).

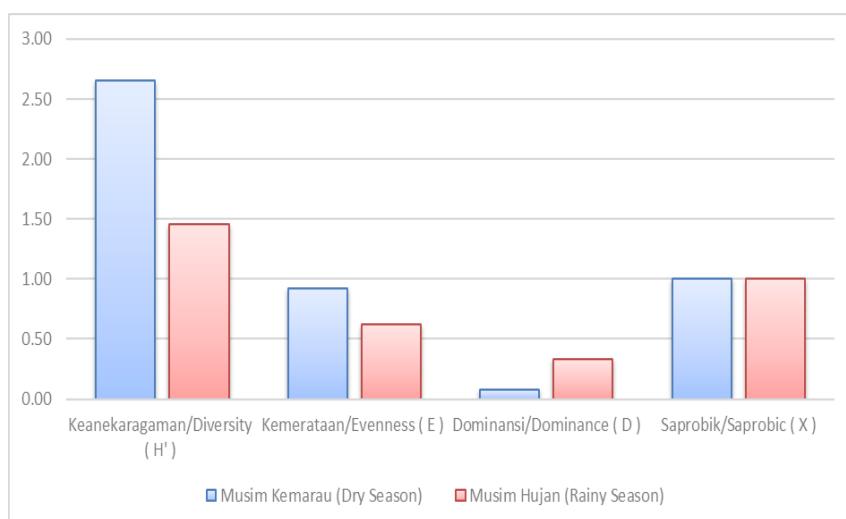


Gambar 4. Presentase Kelimpahan jenis fitoplankton pada musim kemarau dan hujan (*Percentage of phytoplankton species abundance on dry and rainy seasons*).

Struktur Komunitas dan Indeks Saprobiik Fitoplankton

Struktur komunitas fitoplankton sebagai indikator biologi perairan berdasarkan indeks keanekaragaman (H'), kemerataan (E), dominansi (D) dan Indeks Saprobiik (Gambar 5). Nilai keanekaragaman fitoplankton pada musim kemarau sebesar 2,65. Nilai keanekaragaman fitoplankton pada musim hujan lebih rendah dibandingkan dengan musim kemarau yaitu sebesar 1,46. Nilai indeks keanekaragaman fitoplankton pada kedua

musim >1 dan <3, hal ini menunjukkan keanekaragaman sedang di kedua musim. Indeks kemerataan fitoplankton di musim kemarau memiliki nilai 0,92 sedangkan musim hujan 0,63. Indeks dominansi fitoplanktonnya sebesar 0,08 di musim kemarau dan 0,33 di musim hujan. Nilai indeks kemerataan dan dominansi dalam penelitian ini memiliki nilai yang mendekati angka 0 dalam rentang 0–1.



Gambar 5. Nilai indeks biologi komunitas fitoplankton pada musim kemarau dan hujan (*Biology index value of phytoplankton community on dry and rainy seasons*).

Hasil indeks kemerataan yang mendekati angka 1 dan indeks dominansi mendekati angka 0. Kemerataan fitoplankton menunjukkan di kedua musim memiliki jumlah individu tiap spesies yang merata dan tidak ada dominasi antar spesies. Nilai indeks saprobiik di musim kemarau dan hujan memiliki nilai yang sama yaitu 1. Nilai indeks saprobiik suatu perairan dengan nilai 1 menunjukkan bahwa perairan tersebut termasuk dalam kategori β -mesosaprobiik.

PEMBAHASAN

Parameter Kimia Fisik

Suhu perairan Pulau Kotok Besar pada musim kemarau dan hujan memiliki kisaran nilai rata-rata antara 30,1–32°C, nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan suhu perairan di Pulau Harapan yang memiliki kisaran 27,5–29,3°C (Garno, 2013) dan tidak jauh berbeda dengan suhu perairan pantai Marina yang memiliki kisaran 30–32°C (Bagaskara *et al.*, 2020). Berdasarkan KepMen LH No. 51 Tahun 2004 suhu perairan

Pulau Kotok Besar masih berada dalam kisaran baku mutu. (Rustam dan Prabawa, 2015) menyatakan suhu perairan yang berada pada kisaran 27–32°C merupakan suhu normal perairan tropis. Suhu yang masih berada dalam kisaran baku mutu baik untuk fitoplankton karena suhu berperan penting dalam menjaga kelarutan gas CO₂ dan O₂ dalam air yang sangat dibutuhkan pada proses fotosintesis, kedua gas tersebut akan lebih mudah larut dalam suhu yang rendah dibandingkan dengan suhu tinggi (Takarina *et al.*, 2019). Oleh karena itu, suhu yang masih berada dalam baku mutu penting untuk meningkatkan laju fotosintesis.

Nilai rata-rata pH perairan Pulau Kotok Besar pada musim hujan masih berada dalam kisaran baku mutu perairan untuk biota laut yaitu 8,3. Menurut (Bagaskara *et al.*, 2020) dan (Garno, 2013), melaporkan nilai pH perairan Pulau Harapan dan Pantai Marina memiliki kisaran 7–8,4. Nilai rata-rata pH pada perairan Pulau Kotok Besar di musim kemarau lebih besar dari baku mutu yaitu 8,7. Nilai tersebut berdasarkan baku mutu telah

melebihi ambang batas nilai pH perairan laut untuk biota laut. Menurut (Rustam dan Prabawa, 2015), perubahan pH sedikit saja dari kisaran pH alami dapat mengganggu siklus biogeokimia terutama siklus karbonat yang berakibat pada berkangnya produktifitas primer. Menurut (Sa'adah dan Widyaningsih, 2018) bahwa CO₂ yang merupakan gas yang sangat penting untuk proses fotosintesis bagi fitoplankton apabila kadarnya dalam air menurun maka akan seiring dengan meningkatnya nilai pH. Oleh karena itu, nilai pH pada musim kemarau yang melebihi ambang batas seiring dengan berkangnya kelimpahan fitoplankton pada musim kemarau.

Total padatan terlarut (TDS) merupakan benda padat yang terlarut termasuk didalamnya semua mineral, garam, logam, serta kation-anion yang terlarut di air. Kadar TDS dalam penelitian ini menunjukkan bahwa musim kemarau lebih tinggi dibandingkan dengan musim hujan. TDS pada perairan laut tinggi karena kandungan garam yang tinggi pada perairan laut. Hubungan korelasi yang sangat kuat antara kadar TDS dengan kadar salinitas dalam suatu perairan dan dapat digunakan sebagai parameter kualitas air untuk mengetahui tingkat salinitas perairan (Pratama et al., 2020). Informasi mengenai baku mutu ambang batas TDS di perairan laut belum tercantum pada standar baku mutu, tetapi pada umumnya perairan laut memiliki kadar TDS berkisar antara 500–30.000 ppm (Moran, 2018).

Sebaran dan kelimpahan fitoplankton

Pada musim kemarau kehadiran jenis *Nitzschia* sp. teramat dalam setiap stasiun. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa *Nitzschia* sp. teramat pada setiap stasiun di perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu dan memiliki kelimpahan yang dominan dibandingkan dengan jenis fitoplankton lainnya (Rizqina et al., 2017). Selain itu, jenis yang dominan di Pulau Kotok Besar juga ditemukan di perairan lain, seperti jenis *Chaetoceros* sp. dominan ditemukan di perairan Selat Sunda Banten, *Bacteriastrum* sp. dominan di perairan Pulau Lombok, dan *Coscinodiscus* sp. di perairan Tanjung Balai, Kepulauan Riau (Amri et al., 2014; Japa dan Khairuddin, 2014; Adriana et al., 2017). Tingginya frekuensi kehadiran kelompok diatom disebabkan oleh sifatnya yang kosmopolit atau memiliki penyebaran luas dan mampu hidup pada berbagai lingkungan bahkan pada perairan tercemar (Nastiti dan Hartati, 2013; Yulianto et al., 2014; Adriana et al., 2017).

Kelimpahan fitoplankton musim kemarau lebih rendah dibandingkan dengan musim hujan di Pulau Kotok Besar. Hal ini diindikasikan terjadi karena perubahan sifat fisika-kimia perairan antar musim. Curah hujan yang tinggi pada musim hujan

menyebabkan suhu perairan yang lebih rendah pada musim hujan. Menurut (Salmin, 2005), suhu yang semakin rendah akan seiring dengan bertambahnya oksigen terlarut, oksigen terlarut berperan penting dalam proses oksidasi bahan organik dan anorganik dalam perairan sehingga nutrien dan kesuburan perairan meningkat. Selain itu, pH yang terlalu tinggi pada musim kemarau dapat mengganggu aktivitas enzimatis dan metabolisme pada fitoplankton sehingga fotosintesis pada fitoplankton tidak akan berjalan dengan maksimal (Aisyah et al., 2013). Lebih lanjut, TDS di kedua musim berbeda sehingga diduga mempengaruhi fitoplankton. Nilai TDS yang semakin tinggi maka akan diikuti oleh nilai kelimpahan fitoplankton yang semakin rendah (Novia et al., 2016). Hal ini terjadi karena nilai TDS merupakan parameter yang juga dapat digunakan untuk pengukuran salinitas perairan dan salinitas yang tinggi pada suatu perairan akan menghambat pertumbuhan fitoplankton.

Dominasi kelas *Bacillariophyceae* terjadi pada kedua musim di perairan Pulau Kotok Besar. Dominasi kelas *Bacillariophyceae* juga terjadi pada penelitian sebelumnya yaitu di perairan Tanjung Balai, Kepulauan Riau (Adriana et al., 2017), Selat Sunda (Amri et al., 2014), dan Pulau Harapan (Garno, 2013). Perubahan sifat fisika-kimia antar musim tidak merubah dominasi *Bacillariophyceae*. Kelimpahan yang dominan dari *Bacillariophyceae* di perairan Pulau Kotok Besar karena *Bacillariophyceae* mempunyai daya toleransi dan daya adaptasi yang tinggi terhadap perubahan lingkungan (Balzano et al., 2015; Nufus et al., 2017).

Kelimpahan *Cyanophyceae* dan *Trebouxiophyceae* pada musim kemarau memiliki presentase yang rendah dan tidak ditemukan pada musim hujan. Kelimpahan *Cyanophyceae* dan *Trebouxiophyceae* rendah pada perairan Pulau Kotok Besar diduga karena pengaruh TDS yang tinggi (Mutmainah dan Adnan, 2018). TDS yang relatif tinggi pada air laut menyebabkan penetrasi cahaya menjadi tidak optimal. Menurut (Wibowo dan Rachman, 2020), kadar TDS yang tinggi dapat mempengaruhi penetrasi cahaya pada kolom perairan sehingga menghambat proses fotosintesis fitoplankton maupun pertumbuhan fitoplankton. Lebih lanjut, presentase kelimpahan yang rendah untuk kelas *Cyanophyceae* dan *Trebouxiophyceae* disebabkan oleh perlunya intensitas cahaya yang optimal untuk pertumbuhan kedua kelas tersebut (Prihantini et al., 2008; Bellinger dan Sigee, 2010). Berbeda dengan kelas *Bacillariophyceae* yang dominan dan tahan terhadap kondisi perairan dalam keadaan apapun (Adriana et al., 2017).

Perairan Pulau Kotok Besar termasuk dalam perairan oligotrofik berdasarkan kelimpahan fitoplankton. Perairan dengan kelimpahan fitoplankton $< 2000 \text{ ind/L}$ merupakan perairan oligotrofik yang umumnya jernih, sedikit nutrien, tidak dijumpai melimpahnya alga dan tidak mendukung populasi ikan (Raymont, 1963; Zulfia dan Aisyah, 2013). Perairan Pulau Kotok Besar terletak jauh dari daratan dan tidak terdapat pemukiman penduduk. Oleh karena itu tidak ada aliran nutrien yang masuk. Menurut (Prarikeslan, 2016) dan (Hamuna *et al.*, 2018), masukan nutrien yang mendukung pertumbuhan fitoplankton berasal dari aliran sungai dan limbah rumah tangga dengan jumlah yang tidak berlebihan.

Kelimpahan fitoplankton dalam penelitian ini menunjukkan tidak adanya blooming, nilai kelimpahannya rendah dibandingkan nilai kelimpahan yang telah dilaporkan pada Pulau Pari yang secara geografis berdekatan sebesar 1.772–3.657 ind/L (Rizqina *et al.*, 2017). Namun, terjadi peningkatan kelimpahan fitoplankton spesies *Chaetoceros* sp. pada musim hujan dan tingginya kelimpahan fitoplankton spesies *Nitzschia* sp. pada musim kemarau. Peningkatan kelimpahan spesies *Chaetoceros* sp. dan *Nitzschia* sp. dapat membahayakan ekosistem laut sekitar Pulau Kotok Besar. Menurut (GEOHAB, 2001) dan (Al-Yamani *et al.*, 2012), *Chaetoceros* sp. dan *Nitzschia* sp. termasuk dalam jenis fitoplankton *Harmful Algae Bloom* (HAB) yang berpotensi untuk memunculkan gangguan kesehatan pada ikan dan juga mengganggu ekosistem perairan. *Harmful Algae Bloom* adalah peristiwa meningkatnya biomassa spesies fitoplankton yang beracun dan berbahaya bagi ekosistem perairan hingga menjadi blooming (ledakan jumlah fitoplankton yang tidak terkontrol) (GEOHAB, 2001; Sulastri, 2018).

Ledakan populasi (blooming) dari *Nitzschia* sp. seperti spesies *Nitzschia navisvarinica* dan *Nitzschia bizertensis* dapat menyebabkan penyakit *Amnesic Shellfish Poisoning* (ASP) dan merugikan. Lebih lanjut, kedua spesies tersebut dapat mengeluarkan toksin asam domoic yang dapat menambah konsentrasi amonia pada perairan dan terakumulasi pada ikan-ikan kemudian dapat memasuki tubuh manusia melalui perantara kerang toksik (GEOHAB, 2001; Choirun *et al.*, 2015; Lassus *et al.*, 2016). Blooming jenis *Chaetoceros* sp. merugikan karena dapat menempel pada insang ikan, menyebabkan iritasi yang merangsang pembentukan lendir pada insang ikan, mengganggu sistem pernafasan ikan sehingga menyebabkan kematian seperti di Sebelah barat-laut Pasifik Kanada dan Amerika Serikat (Weliyadi, 2013). Selain itu, kematian ikan dapat menyebabkan penurunan nilai perikanan ikan salmon akibat blooming jenis *Chaetoceros* sp. terjadi diantara

tahun 1980–1990 di daerah British Columbia, Canada dan Washington, Amerika Serikat yang menyebabkan kerugian 35 juta USD (Trainer dan Yoshida, 2014).

Kelimpahan *Chaetoceros* sp. pada musim hujan lebih rendah dibandingkan dengan kelimpahan *Chaetoceros* sp. pada musim kemarau (Nastiti *et al.*, 2020). Pada penelitian ini kelimpahan *Chaetoceros* sp. lebih tinggi pada musim hujan, hal ini diindikasikan terjadi karena kondisi pH pada musim kemarau pada penelitian ini tinggi mencapai 8,7. Pertumbuhan maksimum dari *Chaetoceros* sp. terjadi pada kondisi pH berkisar antara 7,9 – 8,5 (Indarmawan *et al.*, 2012). Menurut (Nastiti dan Hartati, 2013), bahwa kondisi pH yang optimal bagi pertumbuhan fitoplankton pada umumnya $\leq 8,5$. Kondisi pH yang tinggi ini diindikasikan menjadi penyebab kelimpahan jenis *Chaetoceros* sp., *Bacteriastrum* sp. dan *Coscinodiscus* sp. lebih sedikit pada musim kemarau dibandingkan musim hujan.

Pada musim kemarau dengan kondisi suhu dan pH yang tinggi diduga menyebabkan *Nitzschia* sp., *Navicula* sp. dan *Coscinodiscus* sp. kelimpahannya tinggi. Jenis *Nitzschia* sp. dan *Navicula* sp. merupakan jenis yang toleransi yang tinggi terhadap pencemaran dan merupakan indikator perairan tercemar (Aprisanti *et al.*, 2013; Sawestri dan Atminarso, 2015). Lebih lanjut, jenis *Nitzschia* sp., *Navicula* sp. dan *Coscinodiscus* sp. merupakan jenis fitoplankton lebih banyak dari jenis fitoplankton lain dalam suatu perairan (Suwartimah *et al.*, 2011; Sarniati *et al.*, 2017). Tingginya kelimpahan *Nitzschia* sp., dan *Navicula* sp. pada musim kemarau mengindikasikan adanya pencemaran pada perairan Pulau Kotok Besar.

Struktur komunitas dan indeks saprobik fitoplankton

Kategori keanekaragaman fitoplankton sedang di Pulau Kotok Besar pada musim kemarau dan hujan. Keanekaragaman yang sedang menunjukkan komunitas perairan yang tidak memiliki jenis fitoplankton yang dominan tetapi jumlah individu tiap jenisnya tidak seragam (Odum, 1971). Indeks kemerataan dan dominansi fitoplankton merata di musim kemarau dan hujan. Menurut Odum (1971), bahwa nilai kemerataan mendekati 1 dan dominansi mendekati 0 menunjukkan bahwa spesies di komunitas menunjukkan tidak ada yang dominan. Lebih lanjut, hal tersebut menunjukkan bahwa perairan Pulau Kotok Besar memiliki struktur komunitas fitoplankton yang stabil. Struktur komunitas fitoplankton yang stabil menunjukkan tidak adanya tekanan ekologis terhadap struktur komunitas fitoplankton (Nastiti dan Hartati, 2013).

Nilai indeks saprobik perairan Pulau Kotok Besar lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Indeks saprobik perairan pantai Marina memiliki nilai -1.19 hingga -0.89 dan tergolong tercemar sedang hingga berat dengan status nutrient α -Mesosaprobik (Bagaskara et al., 2020). Nilai indeks pada penelitian ini sama dengan penelitian sebelumnya di perairan jepara yang berkisar 0.6–1.07 dengan status nutrient β -Mesosaprobik (Sari et al., 2014). Nilai saprobik pada perairan Pulau Kotok Besar menunjukkan tingkat pencemaran pada kedua musim tergolong ringan dengan sedikit senyawa organik dan anorganik yang berlangsung pada fase β -mesosaprobik (Dresscher dan Mark, 1976). Menurut (Indrayani et al., 2014), perairan dengan nilai saprobik yang termasuk kedalam fase β -mesosaprobik merupakan perairan dengan pencemaran ringan sampai sedang tetapi cemaran senyawa organik dan anorganiknya masih bisa dimanfaatkan sebagai air baku untuk air minum dan untuk keperluan sektor perikanan.

Kesimpulan

Kimia-fisik perairan Pulau Kotok Besar kedua musim masih dalam baku mutu kecuali pH di musim kemarau yang melebihi ambang batas. Perubahan musim menyebabkan perubahan kondisi perairan (fisika-kimia perairan) dan mempengaruhi kelimpahan fitoplankton. Kelimpahan fitoplankton pada musim kemarau lebih rendah dibandingkan dengan musim hujan. Kelimpahan fitoplankton di kedua musim menunjukkan perairan yang subur dengan dominasi dari famili *Bacillariophyceae*. Nilai indeks keanekaragaman (H'), kemerataan (E) dan dominansi (D) menunjukkan bahwa komunitas fitoplankton memiliki struktur komunitas yang stabil dan tidak ada tekanan ekologis. Indeks saprobik pada kedua musim memiliki status nutrien β -mesosaprobik dengan tingkat pencemaran yang ringan dan menunjukkan perairan dengan pencemaran ringan sampai sedang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Kepala Pusat Laboratorium Terpadu (PLT) Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta atas perizinan untuk melakukan penelitian. Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP) Laboratorium Ekologi atas memfasilitasi dalam penelitian ini. Terimakasih kepada mitra bestari yang telah memberikan saran dan arahan. Teman-teman biologi angkatan 2014 dan 2015 atas partisipasi dalam kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriana, A., Siregar, S.H. dan Metode, B., 2017. Struktur komunitas fitoplankton di perairan Tanjung Balai Kota Kabupaten Karimun Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 22(2), pp. 18–26.
- Aisyah, R., Arini, W. dan Suwarno, H., 2013. Komposisi dan Kemelimpahan Fitoplanton di Laguna Glagah Kabupaten Kulonprogo Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. *Seminar Nasional X Pendidikan Biologi FKIP UNS*, pp. 1–7.
- Al-kalandari, M., Al-Yamani, F.Y. and Al-rifaie, K., 2009. *Marine Phytoplankton Atlas of Kuwait Waters*. Kuwait Institute for Scientific Research.
- Al-Yamani, F., Saburova, M. and Polikarpov, I., 2012. A preliminary assessment of harmful algal blooms in Kuwait's marine environment. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 15, pp. 64–72. <https://doi.org/10.1080/14634988.2012.679450>
- Allen, W.E. and Cupp, E.A., 1935. *Plankton diatoms of the java sea*. J Brill.
- Amri, K., Priatna, A. and Suprapto., 2014. Oceanographycal Characteristic and Phytoplankton Abundance in Sunda Strait in East Monsoon. *Bawal*, 6(1), pp. 11–20.
- Andriani, A., Damar, A., Rahardjo, M., Simanjuntak, C.P.H., Asriansyah, A. dan Aditriawan, R.M., 2017. Kelimpahan Fitoplankton Dan Perannya Sebagai Sumber Makanan Ikan Di Teluk Pabean, Jawa Barat. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 1(2), pp. 133–144.
- APHA., 2005. *Standart Method for the Examination of Water and Watewater 21th ed.* Washington DC : American Public Health.
- Aprisanti, R., Mulyadi, A. dan Siregar, S.H., 2013. Struktur Komunitas Diatom Epilitik Perairan Sungai Senapelan Dan Sungai Sail, Kota Pekanbaru. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 7(2), pp. 241–252.
- Ardiansyah, M., Suryanto, A. dan Haeruddin., 2017. Hubungan Konsentrasi Minyak Dan Fenol Dengan Kelimpahan Fitoplankton Di Sungai Asem Binatur, Kota Pekalongan. *Jurnal of Maquares*, 6(1), pp. 95–102.
- Aryawati, R., Bengen, D.G., Prartono, T. and Zulkifli, H., 2017. Abundance of Phytoplankton In The Coastal Waters of South Sumatera. *Ilmu Kelautan*, 22(1), pp. 31–39. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.22.1.31-39>
- Bagaskara, W.B., Ario, R. dan Riniatsih, I., 2020. *Kualitas Perairan di tinjau dari Distribusi*

- Fitoplankton serta Indeks Saprobi di Pantai Marina Semarang Jawa Tengah. 9(3), pp. 333–342.
- Bakus, G.J., 2007. *Quantitative Analysis of Marine Biological Communities. Field Biology and Environment*. A John Wiley & Sons, Inc.
- Balzano, S., Ellis, A.V., Le Lan, C. and Leterme, S.C., 2015. Seasonal changes in phytoplankton on the north-eastern shelf of Kangaroo Island (South Australia) in 2012 and 2013. *Oceanologia*, 57(3), pp. 251–262. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2015.04.003>
- Bellinger, E.G. and Sige, D.C., 2010. *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*. Willey-Blackwell. file:///C:/Users/youhe/Downloads/kdoc_o_00042_01.pdf
- Campbell, P.E., Manning, J.A., Webber, M.K. and Webber, D.F., 2008. Planktonic communities as indicators of water quality in mangrove lagoons; a Jamaican case study. *Transitional Waters Bulletin*, 2(3), pp. 39–63. <https://doi.org/10.1285/i1825229Xv2n3p39>
- Choirun, A., Sari, S.H.J. dan Iranawati, F., 2015. Identifikasi fitoplankton spesies Harmfull Algae Bloom (HAB) saat kondisi pasang di Perairan Pesisir Brondong, Lamongan, Jawa Timur. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), pp. 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Dida, H.P., Suparman, S. dan Widhiyanuriyawan, D., 2016. Pemetaan Potensi Energi Angin di Perairan Indonesia Berdasarkan Data Satelit QuikScat dan WindSat. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 7(2), pp. 95–101.
- Dresscher and Mark, van der., 1976. A Simplified Method For The Biological Assessment Of The Quality Of Fresh And Slightly Brackish Water. *Hydrobiologia*, 48, pp. 199–201.
- Gao, X. and Song, J., 2005. Phytoplankton distributions and their relationship with the environment in the Changjiang Estuary, China. *Marine Pollution Bulletin*, 50(3), pp. 327–335. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.11.004>
- Garno dan yudhi sutrisno., 2013. Kualitas Air Dan Dinamika Fitoplankton Di Perairan Harapan. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), pp. 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- GEOHAB., 2001. *Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms (GEOHAB)* (Vol 84). SCOR and IOC.
- Gharib, S.M., El-Sherif, Z.M., Abdel-Halim, A.M. and Radwan, A.A., 2011. Phytoplankton and environmental variables as a water quality indicator for the beaches at Matrouh, south-eastern Mediterranean Sea, Egypt: An assessment. *Oceanologia*, 53(3), pp. 819–836. <https://doi.org/10.5697/oc.53-3.819>
- Hutomo, M., 1975. Variasi Musiman Fitoplankton Di Perairan Sekitar Pulau Ayer. *Oseanologi*, 4, pp. 1–12.
- Indarmawan, T., Mubarak, A.S. and Mahasari, G., 2012. Effect Of Azolla pinnata Fertilizer Concentration On Chaetoceros sp. Population. *Journal Of Marine And Coastal Science*, 1(1), pp. 61–70.
- Indrayani, N., Anggoro, S. dan Suryanto, A., 2014. Indeks Trofik-Saprobi Sebagai Indikator Kualitas Di Bendung Kembang Kempis Wedung, Kabupaten Demak. *Journal Of Maquares*, 3(4), pp. 9–11.
- Japa, L. dan Khairuddin., 2014. Komunitas Fitoplankton Perairan Pantai Utara, Timur, Dan Selatan Pulau Lombok. *Jurnal Biologi Tropis*, 14(2). <https://doi.org/10.29303/jbt.v14i2.137>
- Karacaoğlu, D., Dere, Ş. and Dalkiran, N., 2004. A taxonomic study on the phytoplankton of Lake Uluabat (Bursa). *Turkish Journal of Botany*, 28(5), pp. 473–485.
- Lassus, P., Chomérat, N., Hess, P. and Nezan, E., 2016. *Toxic and harmful microalgae of the World Ocean*. International Society for the Study of Harmful Algae.
- Moran, S., 2018. *Clean water characterization and treatment objectives* (Chapter 6). Elsevier inc. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811309-7.00006-0>
- Mujiyanto dan Syam, A., 2011. Pencemaran perairan pada lokasi penempatan terumbu karang buatan di Pulau Kotok dan Pulau Harapan Kepulauan Seribu. *Prosiding Forum Nasional Pemacuan Sumber Daya Ikan*.
- Mutmainah, H. dan Adnan, I., 2018. Status kualitas Perairan Kawasan Terpadu Pelabuhan Perikanan Samudera Bungus menggunakan metode indeks golongan air. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(1), p. 107. <https://doi.org/10.29122/jtl.v19i1.2030>
- Najamuddin., 2018. Variasi Musiman Parameter Fisika Kimia Di Sekitar Perairan Estuari Jeneberang, Sulawesi Selatan. *Prosiding Seminar Nasional KSP2K*, 1(2), pp. 1–15.
- Nastiti, A.S. dan Hartati, S.T., 2013. Struktur komunitas plankton dan kondisi lingkungan perairan di Teluk Jakarta. *BAWAL Widya Riset Perikanan Tangkap*, 5(1), pp. 131–150.
- Nontji, A., 2006. *Tiada Kehidupan di Bumi Tanpa Keberadaan Plankton*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Pusat Penelitian Oseanografi, Jakarta.
- Novia, R., Adnan dan Ritonga, I.R., 2016. Hubungan parameter fisika-kimia perairan dengan kelimpahan plankton di Samudera

- Hindia bagian Barat Daya. *Depik*, 5(2). <https://doi.org/10.13170/depik.5.2.4912>
- Nufus, H., Karina, S. dan Agustina, S., 2017. Analisis sebaran klorofil-A dan kualitas air di Sungai Krueng Raba Lhoknga, Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan Dan Perikanan Unsyiah*, 2(1), pp. 58–65.
- Odum, E. p., 1971. *Fundamentals of Ecology*. W.B. Sounders Company, Philadelpia.
- Odum, E.p., 1998. *Dasar-dasar Ekologi*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Pratama, G.I.P., Hendrawana, I.G., Karanga, I.W. G.A. dan Chappuisb, A., 2020. Karakteristik vertikal salinitas dan TDS di Perairan Amed dan Tulamben, Karangasem, Bali. *Journal of Marine Research And Technology*, 3(1), pp. 47 –58.
- Prihantini, N.B., Wardhana, W., Hendrayanti, D., Widyan, A., Ariyani, Y. dan Rianto, R., 2008. Biodiversitas cyanobacteria dari beberapa situs/danau di Kawasan Jakarta-Depok -Bogor, Indonesia. *MAKARA of Science Series*, 12(1), pp. 44–54. <https://doi.org/10.7454/mss.v12i1.309>
- Rahayu, N.D., Sasmito, B. dan Bashit, N., 2018. Analisis pengaruh fenomena Indian Ocean dipole (Iod) terhadap curah hujan di Pulau Jawa. *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1), pp. 57–67.
- Raymont, J.E.G., 1963. *Plankton and Productivity in the ocean*. Pergamon Press Book.
- Reynolds, C.S., 2006. *Ecology of Phytoplankton*. Cambridge University Press.
- Rizqina, C., Sulardiono, B. dan Djunaedi, A., 2017. Hubungan antara kandungan Nitrat dan Fosfat dengan kelimpahan fitoplankton di Perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu. *Management of Aquatic Resources Journal*, 6, pp. 43–50.
- Rustam, A. dan Prabawa, F.Y., 2015. Kualitas perairan di Pantai Punai dan Pantai Tambak Kabupaten Belitung Timur. *Segara*, 11(1), pp. 75–84.
- Sa'adah, N. dan Widyaningsih, S., 2018. Pengaruh pemberian CO₂ terhadap pH air pada pertumbuhan *Caulerpa racemosa* var. *uvifera*. *Jurnal Kelautan Tropis*, 21(1), pp. 17–22.
- Sagala, E.P., 2011. Indeks saprobik komunitas dalam menentukan tingkat pencemaran di perairan laut antara Muara Sungai Benu dan Pulau Betet, Kabupaten Banyuasin, Provinsi Sumatra Selatan. *Journal Maspari*, 02, pp. 11–18.
- Salmin., 2005. Oksigen terlarut (DO) dan kebutuhan oksigen biologi (BOD) sebagai salah satu indikator untuk menentukan kualitas perairan. *Oseana*, 30(3), pp. 21–26.
- Sari, A. N., Hutabarat, S. dan Soedarsono, P., 2014. Struktur komunitas plankton pada ujung lamun di Pantai Pulau Panjang, Jepara. *Diponegoro Journal of Maquares*, 3, pp. 82–91.
- Sarniati, Effendy, I.J., Balubi, A. M. dan Kurnia, A., 2017. Identifikasi dan kultur jenis diatom epifit dari waring keramba budaya abalon. *Media Akuatika*, 2(2), pp. 377–389.
- Sawestri, S. dan Atminarso, D., 2015. Status Kualitas Sungai Musi Bagian Hilir Ditinjau Dari Komunitas Perifiton. *Seminar Nasional Perikanan Indonesia* (STP Jakarta), November, 19–20.
- Sediadi, A., 2010. Effek upwelling terhadap kelimpahan dan distribusi fitoplankton di Perairan Laut Banda dan sekitarnya. *MAKARA of Science Series*, 8(2), pp. 43–51. <https://doi.org/10.7454/mss.v8i2.409>
- Sulastris, 2018. *Fitoplankton Danau - Danau Di Pulau Jawa : Keanekaragaman Dan Perannya Sebagai Bioindikator Perairan*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Pusat Penelitian Oceanografi. LIPI Press.
- Sun, C.C., Wang, Y.S., Wu, M.L., Dong, J. De, Wang, Y.T., Sun, F.L. and Zhang, Y.Y., 2011. Seasonal variation of water quality and phytoplankton response patterns in Daya Bay, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(7), pp. 2951–2966. <https://doi.org/10.3390/ijerph8072951>
- Suthers, I.M. and D., R., 2009. *Plankton: A guide to their ecology and monitoring for water quality*. Collingwood VIC : CSIRO Publishing.
- Suwartimah, K., Widyaningsih, Hartati, R. dan Wulandari, S.Y., 2011. Komposisi jenis dan kelimpahan diatom bentik di Muara Sungai Comal Baru Pemalang. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 16(1), pp. 16–23. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.16.1.16–23>
- Takarina, N.D., Nurliansyah, W. and Wardhana, W., 2019. Relationship between environmental parameters and the plankton community of the Batuhideung Fishing Grounds, Pandeglang, Banten, indonesia. *Biodiversitas*, 20(1), pp. 171 –180. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200120>
- Telesh, I.V., 2004. Plankton of the Baltic estuarine ecosystems with emphasis on Neva Estuary: A review of present knowledge and research perspectives. *Marine Pollution Bulletin*, 49(3), pp. 206–219. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.02.009>
- Trainer, V.L. and Yoshida, T., 2014. *Proceedings of the Workshop on Economic Impacts of Harmful Algal Blooms on Fisheries and Aquaculture* (Issue 47). North Pacific Marine Science Organization (PICES).
- Verlencar, X.N. and Desai, S., 2004. *Phytoplankton Identification Manual*. (Dhargalkar V.K. and Ingole B.S. eds). National Institute of Oceanography, Dona Paula, Goa.

- Vuuren, S.J. Van, Taylor, J., Ginkel, C. van and Gerber, A., 2006. *A Guide for the Identification of Microscopic Algae in South African Freshwaters*. Resource Quality Services
- Weliyadi, E., 2013. Identifikasi spesies fitoplankton penyebab *Harmful Algal Bloom (HAB)* di Perairan Tarakan. *Jurnal Harpodon Borneo*, 6(1), pp. 27–35.
- Wibowo, M. dan Rachman, R.A., 2020. Kajian kualitas perairan laut sekitar Muara Sungai Jelitik Kecamatan Sungailiat - Kabupaten Bangka. *Jurnal Presipitasi*, 17(1), pp. 29–37.
- Yulianto, D., Muskananfola, M.R. dan Purnomo, P.W., 2014. Tingkat produktivitas primer dan kelimpahan fitoplankton berdasarkan waktu yang berbeda di perairan Pulau Panjang, Jepara. *Diponegoro Journal of Maquares*, 3(4), pp. 195–200.