



## **Keragaman dan Kelimpahan Plankton di Perairan Mangrove**

### *Diversity and Abundance of Plankton in Mangrove Waters*

**Yonavin Maryon Titaley<sup>1,2\*</sup>, Abdul Hamid A. Toha<sup>1,3,4</sup>, Ricardo F. Tapilatu<sup>1,3,4</sup>**

<sup>1</sup>Program Pascasarjana Sumberdaya Akuatik-PPs Universitas Papua, Manokwari 98314, Indonesia

<sup>2</sup>Dinas Perikanan Kabupaten Nabire Jl. R.E Marthadinata, Indonesia

<sup>3</sup>Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPIK), Universitas Papua

Jl. Gunung Salju 98314, Indonesia

<sup>4</sup>Pusat Penelitian Sumberdaya Perairan Pasifik (P2SP2) - LPPM, Universitas Papua

Jl. Gunung Salju 98314, Indonesia

\*Email: [yonatitaley@gmail.com](mailto:yonatitaley@gmail.com)

#### **Info Artikel**

*Sejarah Artikel:*

Diterima

Februari 2021

Disetujui

Maret 2021

Dipublikasikan

Maret 2021

*Keywords:*

*Diversity; Abundance;*

*Plankton; Mangroves*

#### **Abstrak**

Hutan mangrove merupakan lingkungan yang sangat kaya nutrient sehingga menjadi unsur penting bagi pertumbuhan plankton. Penulisan ini bertujuan mengetahui keragaman dan kelimpahan jenis plankton di perairan mangrove. Metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah studi kepustakaan, dengan melakukan eksplorasi dari berbagai sumber tertulis baik berupa buku, artikel, jurnal atau dokumen lain yang relevan dengan permasalahan yang dikaji. Informasi yang didapat dari studi kepustakaan dapat dijadikan rujukan untuk memperkuat argument yang ada. Hasil penulisan menunjukkan bahwa kelimpahan dan keragaman plankton di perairan mangrove sangat dipengaruhi oleh kondisi fisika dan kimia air, kondisi wilayah setempat, pasang surut air laut, zonasi dan kerapatan mangrove. Secara umum fitoplankton dari golongan kelas Bacillariophyceae mendominasi perairan mangrove dibandingkan dengan zooplankton. Strategi pengelolaan hutan mangrove perlu untuk dilakukan sehingga dapat berfungsi bagi organisme dan lingkungan sekitarnya.

#### **Abstract**

*The mangrove forest is an environment that is very rich in nutrients and it becomes an important element for plankton growth. This article aims to determine the diversity and abundance of plankton species in the mangrove area. The method used in this writing is a literature study, by exploring written sources in the form of books, articles, journals, or other documents relevant to the problem being presented. The information obtained from the literature study can be used as a reference to strengthen the existing arguments. The results of the writing show that the abundance and diversity of plankton in mangrove waters are strongly influenced by the physical and chemical conditions of the water, local conditions, tides, zoning, and mangrove density. In general, phytoplankton from the Bacillariophyceae class dominate mangrove waters compared to zooplankton. A mangrove forest management strategy needs to be implemented so that it can function for organisms and the surrounding environment.*

## **PENDAHULUAN**

Mangrove merupakan salah satu ekosistem yang unik dan khas, karena keberadaannya dipengaruhi oleh pasang surut air laut (Nybakken, 1998). Kawasan perairan mangrove memiliki beberapa manfaat diantaranya, manfaat ekologis, biologis dan ekonomis (Kordi & Ghufran, 2012, Syahrial et al., 2020). Luas penyebaran ekosistem mangrove di dunia saat ini diperkirakan 8.349.500 ha (Hamilton & Casey, 2016; Romanach et al., 2018). Wilayah Asia memiliki lahan hutan mangrove terluas mencakup 42% mangrove dunia (Giri et al., 2011; Kusmana, 2016). Sedangkan di Asia, Indonesia memiliki luas mangrove terluas yaitu 3.244.018 ha (Moosa et al., 1996; Saputro, 2009; Kusmana, 2016; Saha et al., 2019). Papua memberikan sumbangan terbesar sebagai wilayah yang memiliki hutan mangrove terluas di Indonesia yaitu 1.634.003 ha. Hutan-hutan mangrove yang terbaik terdapat di pantai barat daya Papua sekitar Teluk Bintuni dan beberapa wilayah lain seperti Kabupaten Raja Ampat, Kepulauan Yapen Waropen, Kabupaten Merauke yang keseluruhan luasnya adalah sepertiga dari luas hutan mangrove Indonesia. Sedangkan sisanya terdapat di pantai utara Jawa, pantai timur Sumatra, dan pantai barat serta selatan Kalimantan (Saputro, 2009; Kusmana, 2016).

Kondisi ekosistem mangrove di dunia bahkan di Indonesia akan terus mengalami degradasi akibat adanya tekanan atau pengaruh aktifitas manusia yang mengarah pada pengrusakan ekosistem mangrove. Valiela et al., (2001) melaporkan 35 % kehilangan kawasan hutan mangrove selama tahun 1980 dan 1990 di seluruh dunia. Sedangkan pada beberapa wilayah kehilangan hutan mangrove mencapai 50-80 % (Wolanski et al., 2000).

Plankton merupakan kelompok organisme yang dapat menjadi bioindikator kualitas dan tingkat kesuburan suatu perairan. Plankton dibedakan menjadi 2 yaitu zooplankton dan fitoplankton. Fitoplankton atau plankton nabati adalah kelompok plankton yang mampu berfotosintesis karena memiliki klorofil dan berperan penting dalam rantai makanan. Keberadaan fitoplankton pada suatu perairan diperlukan untuk menunjang kehidupan biota lainnya. Sedangkan zooplankton atau plankton hewani, merupakan kelompok plankton fauna yang bersifat heterotrofik, mempunyai peranan penting karena sebagai mata rantai penghubung produser primer dengan biota yang berada pada tingkat trofik yang lebih tinggi, sehingga dapat mengukur produksi suatu ekosistem (Odum, 1993).

Lingkungan perairan mangrove merupakan lingkungan yang sangat kaya nutrient sehingga menjadi unsur terpenting bagi pertumbuhan plankton. Kesuburan dan kesehatan lingkungan mangrove tercermin melalui produktivitas fitoplankton dan zooplankton sebagai produsen primer dan sekunder (Saifullah et al., 2019). Keberadaan plankton pada perairan mangrove sangat berbeda satu sama lain dalam hal jumlah dan produktivitas, sangat tergantung pada kondisi wilayah setempat, cahaya, ketebalan mangrove dan musim. Hal ini terkait dengan faktor fisika (pola distribusi salinitas, kekuatan arus, suhu, pH, dan kekeruhan), faktor kimia (pengendapan sedimen, oksigen (DO) serta penyediaan unsur hara nitrit dan ammonia (Mukherjee & Ray, 2012; Berthold et al., 2018; Hilmi et al., 2020). Kedua faktor ini sangat terkait dengan kondisi pasang surut air laut ketika terjadinya proses pencampuran air tawar dan laut dapat menyebabkan parameter fisika dan kimia lingkungan berfluktuasi. Kondisi lingkungan yang selalu berfluktuasi tersebut dapat mempengaruhi kelangsungan hidup organisme yang ada di dalam perairan, termasuk plankton. Kelimpahan dan keragaman mangrove pada suatu wilayah sangatlah penting karena setiap jenis mangrove memiliki sistem perakaran yang berbeda pada fungsi mekanis (penahan ombak) (Sianturi & Saleky, 2020). Hal ini tentunya berpengaruh terhadap akumulasi sedimen,

kandungan bahan organik, intensitas proses dekomposisi serta kelimpahan plankton (Kordi & Ghufron, 2012; Srikanth et al., 2016).

Tujuan penulisan adalah mengetahui keragaman dan kelimpahan plankton pada ekosistem hutan mangrove. Penulisan ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang kelimpahan dan keragaman plankton pada perairan mangrove sehingga dapat dimanfaatkan sebagai evaluasi pengelolaan hutan mangrove yang mulai terus mengalami degradasi akibat aktifitas manusia.

## PERAIRAN MANGROVE

Mangrove banyak dijumpai di wilayah pesisir (teluk) yang terlindung dari gempuran ombak dan daerah yang landai. Keberadaannya dipengaruhi oleh pasang surut air laut (Nybakken, 1998; Syahrial et al., 2020). Sifat lingkungan yang khas mengakibatkan berbagai jenis tumbuhan dan hewan yang hidup di ekosistem mangrove dapat beradaptasi untuk hidup di lingkungan tersebut.

Ekosistem mangrove merupakan ekosistem utama yang sangat produktif. Setiap ekosistem atau komunitas atau bagian-bagian lain memiliki produktifitas dasar atau produktifitas primer (Resosoedarmo et al., 1987; Kordi & Ghufron, 2012). Kecepatan energi radiasi matahari yang disimpan melalui aktifitas fotosintesis atau kemosintesis oleh organisme produsen dalam bentuk bahan organik yang kaya energi dari senyawa-senyawa anorganik disebut sebagai produktifitas primer (Odum, 1993). Jadi Produksi dapat dimaksudkan sebagai jumlah gram karbon per m<sup>2</sup> per hari (g C/m<sup>2</sup>/hari) (Nybakken, 1998). Ekosistem Mangrove memiliki produktifitas primer cukup tinggi, produktifitas kotor hutan mangrove mencapai 5.000 g C/m<sup>2</sup>/tahun, sedangkan produktifitas bersih mencapai 2.7000 g C/ m<sup>2</sup>/tahun (Hutchings & Saenger, 1987; Kordi & Ghufra, 2012). Day et al., (2012) menyatakan bahwa nilai produktifitas primer mangrove bergantung pada tipe mangrove (Tabel 1).

Tabel 1. Karakteristik struktur, produktifitas primer, respirasi dan luruhan daun yang jatuh berdasarkan tipe hutan mangrove di daerah tropis (Day et al., 2012)

Parameter	Tipe Ekosistem Hutan Mangrove			
	Sungai	Daratan	Tepi	Semak
<b>Karakteristik Struktural</b>				
Rata-rata tinggi (m)	17,7	9,0	8,2	1,0
Kerapatan batang (jumlah ha)	1.760,0	3.580,0	5.930,0	25.032,0
Basal area (m <sup>2</sup> ha)	41,3	18,5	17,5	0,6
<b>Produktifitas Primer (g C organic m<sup>2</sup> ha)</b>				
Produktifitas primer kotor	24,0	18,0	-	2,8
Produktifitas tanaman total	11,4	12,4	-	4,0
Produktifitas primer bersih	12,6	5,6	-	0,0
Luruhan daun yang jatuh	1.170,0	730,0	960,0	120,0

Pohon-pohon pada kawasan mangrove sangat potensial sebagai penghasil bahan organik yang produktif melalui serasah daunnya dan proses pembusukkan daun dalam substrat. Setelah melalui proses penguraian oleh bakteri dan protozoa maka dihasilkan mineral seperti nitrogen, fosfor dan zat hara lainnya, yang merupakan kunci kesuburan dalam transfer energi dan rantai makanan (Layborn & Parry, 1992; Hoque et al., 2015; Mchenga & Ali, 2017).

Endapan tumbuh-tumbuhan atau detritus organik tersebut merupakan sumber bahan makanan bagi organisme seperti jenis zooplankton, udang, ikan, kepiting, moluska, nematode dan amphipoda (Nontji, 2005; Supriharyono, 2007 ; Heriyanto, 2012; Sunarni et al., 2019). Dekomposisi serasah adalah fenomena kompleks dari proses fisik, kimia dan biologi yang berbeda menurut wilayah geografis (Chakravarty et al., 2019). Menurut Chakravarty et al., (2019) jumlah unsur hara yang ditambahkan melalui dekomposisi serasah bervariasi menurut tipe hutan, spesies, atribut tegakan dan variasi kondisi lingkungan musiman. Produksi serasah, laju pembusukan, pelepasan dan distribusi musimannya pada hutan akan berbeda di seluruh dunia (Patricio et al., 2012). Serasah di hutan hujan tropis, sub tropis dan hutan sedang masing-masing sekitar 1.600, 1.200 dan 300-500 g m<sup>-2</sup>/Tahun.

Tabel 2. Serasah daun tahunan dan total produksi serasah diatas permukaan tanah di hutan Eurasia (Chun Jiang et al., 2003)

Kelompok Hutan	Serasah Daun Jatuh (10 <sup>15</sup> g dm a <sup>-1</sup> )	Total Serasah Daun Yang Jatuh (10 <sup>15</sup> g dm a <sup>-1</sup> )
Tropis		
Hutan Hujan	0,92	1,44
Lembab	0,17	0,26
Kering	0,25	0,34
Gunung	0,14	0,27
Sub Total	1,48	2,31
Sub Tropis		
Lembab	0,32	0,42
Kering	0,02	0,02
Gunung	0,24	0,34
Kering	0,09	0,12
Sub Total	0,67	0,94
Temperate		
Kontinental	0,84	1,01
Gunung	0,11	0,14
Samudera	0,08	0,10
Sub Total	1,03	1,25
Boreal	1,49	2,07
Total Eurasian	4,66	6,53

Ekosistem mangrove memiliki kemampuan yang berbeda untuk mempertahankan diri terhadap kondisi lingkungan fisik dan kimia. Beberapa hasil penelitian yang menggambarkan kondisi lingkungan fisika-kimia mangrove yang berbeda berdasarkan wilayah tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter fisika-kimia hutan mangrove berdasarkan wilayah tropis

No	Parameter fisika-kimia	Wilayah			
		Pulau kecil Taman Nasional Bunaken Sulawesi utara, Indonesia	Sanctuary Sibuty Serawak, Malaysia	Samkai Distrik Merauke, Kabupaten Merauke, Indonesia	Pesisir pantai Krishnapatna, India
1	Suhu (°C)	28,96-29,67	29,3-32,8	27-33	25-28,8
2	Salinitas(PSU)	29,08-30,00	-	18-33	21-33
3	DO (mg/l)	5,40-5,77	2,76-4,7	3,58-8,79	2,5-5,0
4	pH	8,07-8,20	6,02-8,07	7,8-8,6	7,4-8,1
5	TSS (mg/l)	26,67-37,92	0,000119-0,4361	0,019-0,60	0,7-3
6	Kekeruhan	5,41-5,94	10,2-15,3	-	-
7	NH <sub>3</sub> -N	0,02-0,05	0,1-0,31	0,005-0,0059	-
8	BOD (mg/l)	-	5,21-6,66	20,11-21,43	1,14-3,68
9	COD (mg/l)	-	7,5-25	20,72-28,17	-
Sumber		Schaduw, (2018)	Gandaseca, (2011)	Masiyah & Sunami, (2015)	Dattatreya, (2018)

Parameter faktor fisik-kimia yang mempengaruhi kondisi bioekologi pada ekosistem mangrove menurut Kordi & Ghufran, (2012) meliputi :

a. Pasang surut

Pasang surut menentukan waktu dan tinggi penggenangan suatu lokasi, sehingga menentukan spesies mangrove yang tumbuh (Nybakken, 1998; Peterson & Bell, 2012; Mclachlan et al., 2020). Tinggi dan waktu penggenangan air laut akan menentukan salinitas tanah (Nybakken, 1998; Devaney et al., 2020). Daerah pasang surut yang dipengaruhi oleh arus laut mengalami perubahan secara terus menerus. Tentunya tumbuhan dan hewan yang berinteraksi didalamnya akan beradaptasi secara berkesinambungan.

b. Salinitas

Salinitas juga merupakan salah satu faktor dalam menentukan penyebaran mangrove. Salinitas juga menjadi faktor pembatas untuk spesies tertentu. Walaupun beberapa spesies tumbuhan mangrove memiliki mekanisme adaptasi yang tinggi terhadap salinitas, namun bila suplai air tawar tidak tersedia akan menyebabkan kadar garam tanah dan air mencapai kondisi ekstrem sehingga mengancam kelangsungan hidupnya (Dahuri, 2003; Kordi & Ghufran, 2012).

c. Suhu

Suhu yang menjadi pembatas kehidupan mangrove adalah suhu yang rendah dan kisaran suhu musiman. Suhu yang baik untuk kehidupan mangrove adalah tidak < 20°C, sedangkan kisaran musiman suhu tidak > 50°C. Suhu yang tinggi > 40°C cenderung tidak mempengaruhi pertumbuhan dan atau kehidupan tumbuhan mangrove, karena mangrove berada di air atau berada dilingkungan yang selalu basah tentunya jarang terjadi perubahan suhu yang ekstrem dan membahayakan kehidupan tumbuhan mangrove (Kordi & Ghufran, 2012).

d. Substrat

Substrat tanah juga menentukan kehidupan ekosistem mangrove. Tipe substrat yang cocok untuk pertumbuhan mangrove adalah lumpur lunak yang

mengandung *silt*, *clay* dan bahan-bahan organisme yang lembut (Bengen, 2004; Sunarni et al., 2019).

Nilai penting ekosistem mangrove dalam bentuk manfaat bagi organisme disekitarnya menurut Kawaroe et al., (2001) meliputi :

a. Fungsi ekologi

Mangrove sangat berperan dalam perputaran nutrient atau unsur hara di perairan pantai sekitarnya karena dibantu oleh pergerakan pasang surut air laut, sehingga bermanfaat bagi kelangsungan proses biologi beberapa organisme akuatik (Nontji, 2007). Fungsi ekologis lainnya menurut Wolanski (2006); Romanach et al., (2018) adalah sebagai stabilisator tepian sungai dan pesisir seperti : pengendalian erosi pantai, menjaga stabilitas sedimen, perlindungan garis pantai, bahkan turut berperan dalam menambah perluasan lahan daratan (*land building*), perlindungan terhadap angin.

b. Fungsi biologi

Ekosistem mangrove digunakan juga oleh berbagai fauna untuk melakukan pemijahan (*spawning ground*), pengasuhan (*nursery ground*) dan tempat mencari makan (*feeding ground*) (Kawaroe et al, 2001; Wardhani, 2011). Biota akuatik yang hidup di substrat. yang keras (kayu) maupun lunak (lumpur) umumnya memijah di ekosistem mangrove karena biota tersebut tidak dapat pindah seperti kerang, keong/siput. Sedangkan biota lain seperti kepiting udang dan ikan ada yang memijah di ekosistem mangrove dan ada yang memijah di perairan agak dalam, setelah menetas larva dan benihnya dibawa oleh arus dan angin ke ekosistem mangrove. Sangatlah tepat bila berbagai biota baik biota darat maupun laut hidup dan bergantung pada ekosistem mangrove.

c. Fungsi ekonomis

Flora atau tumbuhan yang ditemukan berasosiasi pada ekosistem mangrove di Indonesia sekitar 202 jenis yang tergolong dalam 68 Famili. 89 jenis diantaranya adalah berupa pohon atau kayu yang menghasilkan kayu yang bernilai ekonomi yang tinggi (Dahuri, 2003). Adapun pemanfaatannya menurut Dahuri (2003) dan Kordi & Ghufuran (2012) adalah sebagai bahan konstruksi seperti pembuatan rumah, pelabuhan, dimanfaatkan untuk bahan bakar (kayu bakar) termasuk produksi arang. Benih tumbuhan mangrove pun dapat menjadi bernilai ekonomi tinggi karena tumbuhan mangrove diperdagangkan untuk rehabilitasi dan penghijauan ekosistem mangrove yang rusak. Gerakan ini umumnya dilakukan oleh penduduk ataupun kelompok masyarakat gerakan peduli lingkungan. Selain itu ketergantungan sejumlah besar ikan yang bernilai ekonomis penting di lingkungan ini berfungsi sebagai lahan asuhan, mencari persediaan makanan dan tempat perlindungan, sehingga habitat mangrove dapat dikatakan juga sebagai sumber ekonomis.

## **PLANKTON**

Plankton adalah organisme renik yang melayang atau mengapung diatas permukaan air dan pergerakannya tergantung pada arus (Odum, 1995). Penggolongan plankton berdasarkan daur hidup menurut Nontji, (2008) dan Nybakken, (1998) dibagi menjadi holoplankton, meroplankton dan tikoplankton. Holoplankton yaitu plankton yang seluruh daur hidupnya sebagai plankton mulai dari telur, larva hingga dewasa. Meroplankton adalah golongan plankton yang menjalani kehidupannya hanya pada tahap awal dari daur biota tersebut yaitu

pada tahap sebagai telur dan larva. Setelah dewasa akan berubah menjadi nekton yang berenang bebas atau sebagai bentos yang hidup menetap didasar laut. Tikoplankton sebenarnya bukanlah plankton yang sejati karena biota ini dalam keadaan normalnya hidup di dasar laut sebagai bentos, namun karena ada gerakan air seperti arus, pasang surut dan pengadukan menyebabkannya dapat terangkat lepas dari dasar dan terbawa arus mengembara sementara sebagai plankton.

Penggolongan plankton berdasarkan jenis dibagi menjadi 2 (Nybakken, 1998 ; Paiki et al., 2018) yaitu zooplankton dan fitoplankton. Zooplankton atau plankton hewan termasuk golongan hewan perenang aktif yang dapat melakukan migrasi vertikal pada beberapa lapisan perairan, tetapi dengan kekuatan berenang yang sangat kecil. Mempunyai sifat heterotrofik yakni tidak dapat menghasilkan sendiri bahan organik makanannya sehingga sangat tergantung kepada fitoplankton yang menjadi bahan makanannya. Zooplankton memegang peranan penting dalam siklus rantai makanan di estuari karena zooplankton menjadi salah satu perantara yang mengkonversi energi dari tumbuhan menjadi energi pada hewan (Romimohtarto, 2009).

Sedangkan fitoplankton atau plankton tumbuhan, sering ditemukan di seluruh massa air mulai dari permukaan laut sampai pada kedalaman dengan intensitas cahaya yang masih memungkinkan terjadinya fotosintesis (Bismark & Sawitri, 2010; Heriyanto, 2016). Fitoplankton bersifat autorofik dan berperan sebagai produsen primer karena mampu berfotosintesis yang menyerap energi cahaya matahari untuk mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik (Heriyanto, 2016). Fitoplankton yang umumnya tergolong dalam tiga kelompok utama yaitu diatom, dinoflagellata dan alga biru (*blue-green algae*). Di perairan Indonesia paling sering ditemukan adalah diatom kemudian dinoflagellata. Sedangkan alga biru jarang dijumpai, tetapi sekali muncul populasinya sangat besar.

Plankton memegang peranan ekologis yang penting dalam suatu perairan. Peran terpenting plankton khususnya fitoplankton adalah kemampuannya untuk melakukan fotosintesa, yakni suatu proses yang dapat membentuk senyawa organik dari senyawa anorganik dengan bantuan cahaya matahari, sehingga fitoplankton sebagai produsen primer dan awal mata rantai dalam jaring makanan (Darchambeau, 2014). Selanjutnya Wiadynyana (2006), mengemukakan bahwa berdasarkan pemanfaatannya, beberapa jenis zooplankton dapat dikonsumsi oleh manusia sebagai bahan makanan dan sebagai umpan. Adapun ukuran zooplankton tersebut lebih dari 20 mm dari subfilum krustasea dikenal dengan udang rebon (*Acetes*, *Sergia* dan *Neomysis*) dan jenis ubur-ubur (*Rhopilema*, *Stomolophus*). Ada kurang lebih 20 jenis zooplankton secara komersial bermanfaat bagi manusia.

## **KEANEKARAGAMAN DAN KELIMPAHAN**

Kehadiran dan kelimpahan plankton di ekosistem mangrove dapat ditinjau berdasarkan:

### **a. Pasang surut**

Sedimen yang dibawa oleh air pasang surut akan terperangkap oleh akar bakau berkontribusi pada siklus nutrisi di ekosistem mangrove pesisir dan tropis (Kamal et al., 2020). Semakin tinggi amplitude pasang surut maka semakin besar pula potensi produktifitas. Gerakan bolak balik dari air merupakan proses yang sangat berarti dalam pembuangan limbah dari ekosistem tersebut dan pengangkutan makanan serta nutrient dari lingkungan sekitarnya (Rahayu et al.,

1994). Kondisi ini berpengaruh terhadap kelimpahan plankton terutama fitoplankton dan kehidupan biota yang ada pada ekosistem mangrove, seperti kerapu dari jenis *Cynosum nubulosus*, *Brevortia* sp., tiram, kepiting dijumpai hidup pada lingkungan ini hanya pada stadium awal. Jenis lainnya dari berbagai jenis udang yang hidup di laut lepas pada stadium dewasa, namun melewati stadium awal hidupnya pada lingkungan estuari.

Kehadiran dan kelimpahan plankton pada beberapa tempat berdasarkan pasang surut air laut tertera pada Tabel 4. Berdasarkan Tabel 4, menunjukkan bahwa kelimpahan dan keanekaragaman jenis plankton di beberapa wilayah berkorelasi dengan pasang surut air laut. Kelimpahan plankton (fitoplankton dan zooplankton) lebih tinggi terjadi pada saat air pasang dibandingkan pada saat air surut (Andriani et al., 2015; Shoaib et al., 2017; Nugroho et al., 2020). Hal ini menurut Purwanti et al., (2011) dan Andriani et al., (2015) disebabkan oleh tinggi muka air atau kedalaman di muara.

Saat air pasang, muka air di perairan muara lebih tinggi dibandingkan air surut akibatnya banyak plankton yang masuk ke muara karena terbawa arus dan gelombang dari air laut. Sistem muara sangat dinamis dalam hidrologi, siklus nutrisi dan sumber daya biotiknya. Secara hidrologi limpasan air laut pasang surut dan variabel angin yang dibentuk oleh iklim sangat bervariasi dari waktu ke waktu sehingga mempengaruhi faktor fisika, kimia, biologi serta tanggapan ekosistem terhadap perubahan lingkungan (Nugroho, 2020). Tingginya biomassa fitoplankton di muara mangrove selama pasang surut disebabkan oleh nutrisi yang keluar dari kawasan mangrove oleh genangan dan pencampuran pasang surut air, sedangkan penurunan biomassa fitoplankton di pasang surut diduga akibat komsusmsi nutrisi (Saifullah et al., 2016).

#### b. Wilayah atau lokasi

Kelimpahan spesies plankton di beberapa wilayah mangrove disajikan pada Tabel 5. Di daerah tropis muara mangrove menunjukkan kelimpahan fitoplankton yang lebih tinggi, akibatnya nutrient outwelling dari sedimen mangrove rawa dan anak sungai, sehingga mendukung tingginya biomassa fitoplankton di perairan muara (Saifullah et al., 2016). Kelas Bacillariophyceae merupakan kelas yang dominan dan hampir dijumpai pada semua mangrove di wilayah tropis. Hal ini dikarenakan Bacillariophyceae bersifat kosmopolitan, mempunyai toleransi dan daya adaptasi yang tinggi dengan kondisi lingkungan (Thoha & Amri, 2011).



Tabel 4. Kelimpahan dan keanekaragaman plankton di mangrove pada beberapa tempat berdasarkan pasang surut air laut

Wilayah/Lokasi	Organisme	Keanekaragaman		Kelimpahan		Sumber
		Pasang	Surut	Pasang	Surut	
Karachi, Pakistan	<u>Fitoplankton</u>					Shoab et al., (2017)
	Diatom	21 spesies, 0,001x10 <sup>4</sup> – 52.669x10 <sup>4</sup> sel L <sup>1</sup>	4 spesies, 0,015x10 <sup>4</sup> – 0,085x10 <sup>4</sup> sel L <sup>1</sup>	0,256x10 <sup>6</sup> – 7,04x10 <sup>6</sup> (1,106x10 <sup>6</sup> ) sel L <sup>1</sup>	0,042x10 <sup>6</sup> – 5,17x10 <sup>6</sup> (0,001x10 <sup>6</sup> ) sel L <sup>1</sup>	
	Dinoflagellata	3 spesies	3 spesies	0,0004x10 <sup>6</sup> – 5,17x10 <sup>6</sup> (1,101x10 <sup>6</sup> ) Sel L <sup>1</sup>	0,00003x10 <sup>6</sup> – 0,02x10 <sup>6</sup> (0,001x10 <sup>6</sup> ) sel L <sup>1</sup>	
Segara Anakan, Cilacap Indonesia	<u>Fitoplankton</u>					Nugroho et al., (2020)
	Cyanophyta	4 spesies	2 spesies	448 ind/1	320 ind/1	
	Chlorophyta	3 spesies	2 spesies	4.096 ind/1	1.904 ind/1	
	Chrysophyta	21 spesies	19 spesies	31.936 ind/1	10.752 ind/1	
	<u>Zooplankton</u>					
	Euglenozoa	1 spesies	1 spesies	128 ind/1	64 ind/1	
	Arthropoda	8 spesies	5 spesies	1.600 ind/1	768 ind/1	
Kanal mangrove makrotidal Brazil utara	<u>Zooplankton</u>					Krumme dan Liang., (2004)
	Crustacea					
	Copepoda	11 spesies	-	-	0,01 - 236,06 ind/m <sup>3</sup>	
	- Decapoda	1 spesies	-	-	8,25 ind/m <sup>3</sup>	
	- Brachyura	2 spesies	-	-	23,08 – 55,38 ind/m <sup>3</sup>	
	- Penaidae	-	-	-	0,49 ind/m <sup>3</sup>	
	- Mysidacea	-	-	-	0,48 ind/m <sup>3</sup>	
	Ostracoda	1 spesies	-	-	5,97 ind/m <sup>3</sup>	
	Cirripedia	-	-	-	2,83 ind/m <sup>3</sup>	
	Isopoda	-	-	-	0,31 ind/m <sup>3</sup>	
	Amphipoda	-	-	-	0,04 ind/m <sup>3</sup>	
	Undentifield	-	-	-	0,02 ind/m <sup>3</sup>	
	Polychaeta	-	-	-	1,12 ind/m <sup>3</sup>	
	Bivalvia	1 spesies	-	-	5,15 ind/m <sup>3</sup>	
	Gastropoda	1 spesies	-	-	4,49 ind/m <sup>3</sup>	
Chaetognatha	1 spesies	-	-	2,11 ind/m <sup>3</sup>		
Hydromedusae	1 spesies	-	-	2,44 ind/m <sup>3</sup>		

Tabel 4. Lanjutan

Wilayah/Lokasi	Organisme	Keanekaragaman		Kelimpahan		Sumber
		Pasang	Surut	Pasang	Surut	
	<u>Zooplankton</u>					
	Crustacea					
	Apendicularia	1 spesies			0,65 ind/m <sup>3</sup>	
	- Pisces	2 spesies			27,17 ind/m <sup>3</sup>	
	- Foraminifera				0,08 ind/m <sup>3</sup>	
	- Insecta				0,01 ind/m <sup>3</sup>	
Muara sungai Kakap Kabupaten Kubu Raya Kalimantan Barat Indonesia	<u>Fitoplankton</u> (7 class, 42 genera)	17 genera	16 genera	42825 ind/L	35769 ind/L	Andriani et al., (2015)
Muara sungai Deman Kabupaten Jepara, Jawa tengah Indonesia	<u>Fitoplankton</u> - Chlorophyta - Chrysophyta <u>Zooplankton</u> Protozoa	1 spesies 1 spesies 1 spesies	1 spesies 1 spesies 1 spesies	6300-18572 ind/L	3807-17848 ind/L	Purwanti et al., (2011)

Tabel 5. Keanekaragaman dan kelimpahan spesies plankton di wilayah mangrove tropis

Wilayah estuari	Organisme	Parameter		Sumber
		Keanekaragaman	Kelimpahan	
Blanakan Subang, Jawa Barat Indonesia	<u>Fitoplankton</u>			Heriyanto, (2012)
	Bacillariophyceae	5 species; 6,25 % -31,25 %	704 – 3520 ind/L	
Cilacap, Jawa Tengah Indonesia	<u>Zooplankton</u>			Heriyanto, (2012)
	Crustaceae	1 species; 18,75 %	2.112 ind/L	
	<u>Fitoplankton</u>			
Pulau Meranti Provinsi Riau, Indonesia	Bacillariophyceae	1 species; 11,11 % -33,33%	704 – 2.112 ind/L	Hilmi et al., (2020)
	<u>Zooplankton</u>			
	Crustaceae	1 species; 22,22 %	10672 - 24290 ind/L	
Mangrove di Kuala Sibuty (KS) dan Kuala Nyalau (KN), Serawak Malaysia	<u>Fitoplankton</u>			Saifullah et al., (2014)
	Cyanophyceae	1 spesies		
	Bacillariophyceae	16 species		
	Dinophyceae	1 species		
	<u>Zooplankton</u>		261- 2204ind/L	
	Protozoa	2 species		
	Crustacea	5 species		
Larva Polychaeta	1 species			
Pichavaram mangrove Pantai Tenggara India Mangrove Can Gio, Vietnam Mangrove estuary, Philipina	<u>Fitoplankton</u>			Silambarasan et al., (2016)
	KS :	(46 species)	147000 cells L <sup>-1</sup>	
	- Cyanophyceae	3 species		
	- Bacillariophyceae	22 species		
	- Dinophyceae	20 species		
	- Chlorophyceae	1 species		
	KN :	(33 species)	113000 cells L <sup>-1</sup>	
	- Bacillariophyceae	19 species		
	- Dinophyceae	12 species		
	- Cyanophyceae	1 species		
- Chlorophyceae	1 species			
Muara mangrove Serawak, Malaysia	<u>Fitoplankton</u>			Canini et al., (2013)
	Diatom	47 species	2,350 – 32,405 cell/l	
	Dinoflagelata	9 species		
Mangrove Can Gio, Vietnam	Blue green algae	6 species		Pham, (2017)
	<u>Fitoplankton</u>		44.900 cell/l	
	Bacillariophyceae	126 species; 76,4 %		
Mangrove estuary, Philipina	<u>Fitoplankton</u>	61 species		Canini et al., (2013)
	- <i>Coscinodiscus wailiesii</i>		1000 sel L <sup>-1</sup>	
	- <i>Thalassionema frauenfeldii</i>		1.700 sel L <sup>-1</sup>	
Muara mangrove Serawak, Malaysia	Fitoplankton	102 species	5694-8890 cell L <sup>-1</sup>	Saifullah et al, (2019)

Kelimpahan dan keanekaragaman spesies plankton pada setiap daerah tentunya berbeda tergantung pada kondisi wilayah setempat melalui interaksinya dengan faktor fisik, kimia dan biologis. Faktor ini terkait dengan musim dan gangguan antropogenik (Nugroho, 2020). Gangguan antropogenik lebih dipengaruhi oleh pemukiman, lahan pertanian dan kawasan industri yang mengakibatkan terjadinya degradasi mangrove sehingga berpengaruh terhadap produktifitas ekosistem ini seperti kelimpahan dan keanekaragaman plankton. Heriyanto (2012) dalam penelitiannya pada hutan mangrove di 2 lokasi berbeda, melaporkan bahwa keragaman jenis plankton di wilayah Blanakan dan Cilacap termasuk miskin atau kurang karena nilai indeks keragamannya kurang dari dua. Faktor penyebab adalah penetrasi sinar matahari yang masuk berkurang, selain itu terjadi polusi bahan organik dari limbah rumah tangga, aktivitas pabrik, manajemen hutan maupun kegiatan pertanian. Dua lokasi ini memiliki tingkat degradasi mangrove yang cukup tinggi. Canini et al., (2013) melaporkan akibat angin muson, pasang surut dan musim hujan variabel di Mindanau utara Filipina sangat berpengaruh terhadap komposisi dan kelimpahan fitoplankton.

## c. Zonasi mangrove

Hutan mangrove tumbuh dengan membentuk zonasi kearah darat. Faktor utama penyebab adanya zonasi hutan mangrove yaitu sifat tanah, salinitas, frekuensi genangan oleh pasang surut dan ketahanan suatu jenis terhadap terpaan gelombang dan arus (Anwar et al., 1984; Vincentius, 2020).

Setiap jenis mangrove terdapat kandungan plankton yang berbeda (Halidah, 2016). Menurutnya terdapat hubungan kerapatan mangrove dengan kelimpahan plankton pada perairan. Dalam berfotosintesa, perkembangbiakan plankton sangat membutuhkan cahaya. Kerapatan mangrove akan mempengaruhi kecerahan dan berkaitan erat dengan tutupan kanopi. Semakin tinggi kerapatan mangrove, maka tutupan kanopi juga semakin luas. Luas tutupan kanopi akan mempengaruhi intensitas cahaya yang masuk sampai ke dasar hutan pada saat surut. Keragaman dan kelimpahan plankton berdasarkan zonasi mangrove tertera pada Tabel 6.

Tabel 6. Keanekaragaman dan kelimpahan plankton berdasarkan zonasi mangrove

Lokasi	Organisme	Keanekaragaman	Kelimpahan	Zonasi	Sumber
Mangrove Muthupe, India	Fitoplankton Diatom	72 species	70 %	Zona laut dan <i>Avicenia</i>	Arumugam et al., (2016)
Mangrove kepulauan Togean Sulawesi Tengah, Indonesia	Fitoplankton dan Zooplankton	7-9 species	20.000 - 530.000 ind/L	<i>L. littorea</i>	Halidah, (2016)

Nybakken, (1998), menyatakan bahwa peningkatan salinitas akan diikuti dengan kelimpahan fitoplankton. Kelimpahan dan keanekaragaman plankton pada zonasi mangrove kecenderungannya pada zona laut yang banyak ditumbuhi oleh *Avicennia*, sehingga sangat mendukung bagi kehidupan fitoplankton.

**KESIMPULAN**

Kelimpahan dan keragaman plankton di perairan mangrove sangat dipengaruhi oleh kondisi fisika dan kimia air, kondisi wilayah setempat, pasang surut air laut, zonasi dan kerapatan mangrove. Plankton dapat menjadi indikator kesuburan suatu perairan mangrove, sehingga strategi pengelolaan hutan mangrove perlu segera dilakukan dengan cara memanfaatkan potensi yang ada, seperti melakukan penanaman pohon mangrove yang melibatkan masyarakat sebagai bentuk sosialisasi. Selain itu membentuk kawasan hutan lindung terhadap kawasan mangrove agar tetap terjaga dan lestari dari aktifitas manusia yang mengarah pada kerusakan, agar dapat berfungsi bagi organisme dan lingkungan sekitarnya.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Andriani, S., Setyawati, T. R., & Lovadi, I. (2015). Kelimpahan dan Sebaran Horisontal Fitoplankton di Perairan Muara Sungai Kakap Kabupaten Kubu Raya. *Protobiont*, 4(1).
- Anwar S, Damanik J, Hisyam N, Whitten AJ. 1984. Ekologi Ekosistem Sumatera. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. [Indonesian].

- Arumugam, S., Sigamani, S., Samikannu, M., & Perumal, M. (2016). Assemblages of phytoplankton diversity in different zonation of Muthupet mangroves. *Regional Studies in Marine Science*, 3, 234-241.
- Bengen, D. G. (2004). Pedoman teknis : Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove. PKSPL- 1PB. Bogor.
- Berthold, M., Karstens, S., Buczko, U., & Schumann, R. (2018). Potential export of soluble reactive phosphorus from a coastal wetland in a cold-temperate lagoon system: buffer capacities of macrophytes and impact on phytoplankton. *Science of the Total Environment*, 616, 46-54.
- Bismark, M dan R. Sawitri, (2010). Kualitas air, Kelimpahan dan keragaman plankton pada ekosistem mangrove di pulau Siberut, Sumatera Barat. *Info Hutan VII (1): 77- 87*.
- Canini, N. D., Metillo, E. B., & Azanza, R. V. (2013). Monsoon-influenced phytoplankton community structure in a Philippine mangrove estuary. *Tropical Ecology*, 54(3), 331-343.
- Chakravarty, S., Rai, P., Pala, N. A., & Shukla, G. (2020). Litter Production and Decomposition in Tropical Forest. *Handbook of Research on the Conservation and Restoration of Tropical Dry Forests*, 193-212.
- Chapman, V.J. editor., (1977). Wet Coastal Ecosystem. Ecosystem of the world : I. Elsevier Scientific Publishing Company, 428 hal.
- Chun-jiang, L., Ilvesniemi, H., Berg, B., Kutsch, W., Yu-sheng, Y., Xiang-qing, M., & Westman, C. J. (2003). Aboveground litterfall in Eurasian forests. *Journal of Forestry Research*, 14(1), 27-34.
- Dahuri, R. (2003). Keanekaragaman hayati laut: aset pembangunan berkelanjutan Indonesia. Gramedia Pustaka Utama.
- Darchambeau, F., Sarmiento, H., & Descy, J. P. (2014). Primary production in a tropical large lake: The role of phytoplankton composition. *Science of the total environment*, 473, 178-188.
- Dattatreya, P. S., Madhavi, K., Satyanarayana, B., Amin, A., & Harini, C. (2018). Assessment of physico-chemical characteristics of mangrove region in the Krishnapatnam Coast, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(5), 2326-2342.
- Day Jr, J. W., Kemp, W. M., Yáñez-Arancibia, A., & Crump, B. C. (Eds.). (2012). Estuarine ecology.
- Devaney, J. L., Marone, D., & McElwain, J. C. (2020). Impact of soil salinity on mangrove restoration in a semiarid region: a case study from the Saloum Delta, Senegal. *Restoration Ecology*.
- Gandaseca, S., Rosli, N., Ngayop, J., & Arianto, C. I. (2011). Status of water quality based on the physico-chemical assessment on river water at Wildlife Sanctuary Sibuti Mangrove Forest, Miri Sarawak. *American Journal of Environmental Sciences*, 7(3), 269.
- Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L. L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., & Duke, N. (2011). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1), 154-159.
- Halidah, (2016). Keanekaragaman Plankton Pada Hutan Mangrove Di Kepulauan Togeang Sulawesi Tengah. *Info Teknis Eboni*. Vol.13 No.1 Juni 2016 : 37-44
- Hamilton, S.E., Casey, D., (2016). Creation of a high spatio-temporal resolution global database of continuous mangrove forest cover for the 21<sup>st</sup> century (CGMFC-21) *Glob.Ecol. Biogeogr.* 25 (6), 729 – 738.
- Hilmi, E., Sari, L. K., & Amron, A. (2020). The Prediction of Plankton Diversity and Abundance in Mangrove Ecosystem. *Omni-Akuatika*, 16(3), 1-13.
- Heriyanto, N. M. (2012). Plankton diversity and water quality in mangrove forest. *Buletin Plasma Nutfah*.

- Heriyanto, N. M. (2016). "Keragaman plankton dan kualitas perairan di hutan mangrove." *Buletin Plasma Nutfah* 18.1 (2016): 38-44.
- Hoque, M. M., Kamal, A. H. M., Idris, M. H., Ahmed, O. H., Hoque, A. T. M. R., & Billah, M. M. (2015). Litterfall production in a tropical mangrove of Sarawak, Malaysia. *Zoology and Ecology*, 25(2), 157-165. <https://doi.org/10.1080/21658005.2015.1016758>
- Hutchings, P., & Saenger, P. (1987). Ecology of mangroves. *Ecology of mangroves*.
- Kamal, A. H. M., Hoque, M. M., Idris, M. H., Billah, M. M., Karim, N. U., & Bhuiyan, M. K. A. (2020). Nutrient properties of tidal-borne alluvial sediments from a tropical mangrove ecosystem. *Regional Studies in Marine Science*, 36, 101299.
- Kawaroe, M., Bengen, D. G., Eidman, M., & Boer, M. (2001). Kontribusi ekosistem mangrove terhadap struktur komunitas ikan di Pantai Utara Kabupaten Subang, Jawa Barat. *Jurnal Pesisir dan Lautan*, 3(3), 12-25.
- Kementerian Lingkungan Hidup., (2004). Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 201 Tahun 2004 tentang Baku Kerusakan Mangrove. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Kordi K, Ghufran, M.H., (2012). Ekosistem Mangrove Potensi, Fungsi dan Pengelolaan. Penerbit Aneka Cipta, Jakarta.
- Krumme, U., & Liang, T. H. (2004). Tidal-induced changes in a copepod-dominated zooplankton community in a macrotidal mangrove channel in northern Brazil. *Zoological Studies*, 43(2), 404-414.
- Kusmana, C., & Sukristijiono, S. (2016). Mangrove resource uses by local community in Indonesia. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 6(2), 217-217.
- Laybourn-Parry, J. A. (1992). Protozoan plankton ecology.
- Masiyah, S., & Sunarni, S. (2015). Komposisi jenis dan kerapatan mangrove di Pesisir Arafura Kabupaten Merauke Provinsi Papua. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 8(1), 60-68.
- Mchenga, I. S. S., & Ali, A. I. (2017). Mangrove Litter Production and Seasonality of Dominant Species in Zanzibar, Tanzania. *Journal of East African Natural History*, 106(1), 5-18. <https://doi.org/10.2982/028.106.0103>.
- McLachlan, R. L., Ogston, A. S., Asp, N. E., Fricke, A. T., Nittrouer, C. A., & Gomes, V. J. C. (2020). Impacts of tidal-channel connectivity on transport asymmetry and sediment exchange with mangrove forests. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 233, 106524.
- Moosa, M. K., Dahuri, R., Hutomo, M., Suwelo, I. S., & Salim, S. (1996). Indonesian country study on integrated coastal and marine biodiversity management. *Ministry of State for Environment, Republic of Indonesia, in cooperation with Directorate for Nature Management, Kingdom of Norway*,
- Mukherjee, J., & Ray, S. (2012). Carbon cycling from mangrove litter to the adjacent Hooghly estuary, India—A modelling study. *Procedia Environmental Sciences*, 13, 391-413.
- Nontji, A. (2005). Laut Nusantara. *Djambatan*. Jakarta
- Nontji, A. (2008). Plankton. *Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia-Pusat Penelitian Oseanografi*. Jakarta.
- Nugroho, L. A., Piranti, A. S., & Sastranegara, M. H. (2020, November). Plankton Community and Water Quality During Maximum Tidal Range in Segara Anakan Cilacap. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 593, No. 1, p. 012020). IOP Publishing.
- Nybakken, J. W. (1998). Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologi. Penerjemah: M. Eidman, Koesoebiono, DG Bengen, M. Hutomo dan S. Sukarjo. *PT. Gramedia*. Jakarta, 459.

- Odum, E. P. (1993). Dasar-dasar ekologi. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Odum, W. E., Odum, E. P., & Odum, H. T. (1995). Nature's pulsing paradigm. *Estuaries*, 18(4), 547.
- Paiki, K., Dimara, L., Indrayani, E., Mandey, V. K., & Yenusi, T. N. (2018). Hubungan Kelimpahan Fitoplankton dan Zooplankton di Teluk Tanah Merah Distrik Depapre Kabupaten Jayapura. *ACROPORA: Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan Papua*, 1(2).
- Pham, T. L. (2017). Environmental gradients regulate the spatio-temporal variability of phytoplankton assemblages in the Can Gio Mangrove Biosphere Reserve, Vietnam. *Ocean Science Journal*, 52(4), 537-547.
- Patricio, M. S., Nunes, L., & Pereira, E. (2012). Litterfall and litter decomposition in chestnut high forest stands in northern Portugal. *Forest Systems*, 21, 259-271.
- Peterson, J. M., & Bell, S. S. (2012). Tidal events and salt-marsh structure influence black mangrove (*Avicennia germinans*) recruitment across an ecotone. *Ecology*, 93(7), 1648-1658.
- Purwanti, S., Hariyati, R., & Wiryani, E. (2011). Komunitas plankton pada saat pasang dan surut di perairan Muara Sungai Deman Kabupaten Jepara, Jurusan Biologi, Fakultas sains dan matematika, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Resosoedarmo, S., Kartawinata, K., dan Soegiarto, A. 1987. Pengantar Ekologi. Remaja Karya, Jakarta.
- Romañach, S. S., DeAngelis, D. L., Koh, H. L., Li, Y., Teh, S. Y., Barizan, R. S. R., & Zhai, L. (2018). Conservation and restoration of mangroves: Global status, perspectives, and prognosis. *Ocean & Coastal Management*, 154, 72-82.
- Romimohtarto, K., & Juwana, S. (2009). Marine Biology: Science Marine Biology. Djambatan, Jakarta.
- Saifullah, A. S. M., Abu Hena, M. K., Idris, M. H., Halimah, A. R., & Johan, I. (2014). Composition and diversity of phytoplankton from mangrove estuaries in Sarawak, Malaysia. *J Biol Sci*, 14(5), 361-369.
- Saifullah, A. S. M., Kamal, A. H. M., Idris, M. H., Rajae, A. H., & Bhuiyan, M. K. A. (2016). Phytoplankton in tropical mangrove estuaries: role and interdependency. *Forest science and technology*, 12(2), 104-113.
- Saifullah, A. S. M., et al. 2019. "Community composition and diversity of phytoplankton in relation to environmental variables and seasonality in a tropical mangrove estuary." *Regional Studies in Marine Science* 32 (2019): 100826.
- Saha, A., Gobato, R., Zaman, S., & Mitra, A. (2019). Biomass Study of Mangroves in Indian Sundarbans: A Case Study from Satjelia Island. *Parana Journal of Science and Education*, 5(2), 1-5.
- Saputro, G. B. (2009). Peta Mangroves Indonesia. Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional, Jakarta.
- Schaduw, J. N. W. (2018). Distribusi dan karakteristik kualitas perairan ekosistem mangrove pulau kecil Taman Nasional Bunaken. *Majalah Geografi Indonesia*, 32(1), 40-49.
- Setiawan, H. (2013). Status ekologi hutan mangrove pada berbagai tingkat ketebalan. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 2(2), 104-120.
- Shoib, M., Burhan, Z., Shafique, S., Jabeen, H., & Siddique, P. J. A. (2017). Phytoplankton composition in a mangrove ecosystem at Sandspit, Karachi, Pakistan. *Pak. J. Bot*, 49(1), 379-387.
- Sianturi, R., & Saleky, D. (2020). Produksi Serasah Mangrove di Biangkuk, Kabupaten Merauke. *Agricola*, 10(2), 58-65.

- Silambarasan, A., Sivaraj, S., Muthuvelu, S., Bharathidasan, V., & Murugesan, P. (2016). Influence of environmental parameters on abundance and diversity of phytoplankton in Pichavaram mangroves, southeast coast of India.
- Sri Kusdi Rahayu., Ricky Rositasari. (1994). Sifat-sifat Estuari Dan Pengelolaannya. Oseana, Volume XIX, Nomor 3 : 21-31
- Srikanth, S., Lum, S. K. Y., & Chen, Z. (2016). Mangrove root: adaptations and ecological importance. *Trees*, 30(2), 451-465.
- Sunarni, S., Maturbongs, M. R., Arifin, T., & Rahmania, R. (2019). Zonasi dan struktur komunitas mangrove di pesisir Kabupaten Merauke. *Jurnal Kelautan Nasional*, 14(3), 165-178.
- Supriharyono, M. (2007). Konservasi Ekosistem Sumber Daya Hayati. Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Syahrial, S., Saleky, D., Samad, A., & Tasabaramo, I. (2020). Water Ecology of Tunda Island Serang Banten: General Conditions of the Mangrove Forest. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 4(1), 53-68. doi:10.46252/jsai-fpik-unipa.2020.Vol.4.No.1.103.
- Syahrial., Anggraini. R., Samad, A.P.A., Ikhsan, N., Saleky, D., , Hasidu, A.F. (2020). Pengaruh Karakteristik Lingkungan Terhadap Makrozoobentos di Kawasan Reboisasi Mangrove Kepulauan Seribu, Indonesia. *Jurnal Enggano*, 5(2): 233-248.
- Thoha, H., & Amri, K. (2011). Komposisi dan kelimpahan fitoplankton di perairan Kalimantan Selatan. *Jurnal Oseanologi dan Limnologi di Indonesia (OLDI)*, 2(7), 372-380.
- Valiela, I., Bowen, J. L., & York, J. K. (2001). Mangrove Forests: One of the World's Threatened Major Tropical Environments: At least 35% of the area of mangrove forests has been lost in the past two decades, losses that exceed those for tropical rain forests and coral reefs, two other well-known threatened environments. *Bioscience*, 51(10), 807-815.
- Vincentius, A. (2020). Sumber Daya Ikan Ekonomis Penting Dalam Habitat Mangrove.
- Wardhani, M. K. (2011). Kawasan konservasi mangrove: suatu potensi ekowisata. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 4(1), 60-76.
- Wiadnyana, N. N. (2006). Peranan Plankton Dalam Ekosistem Perairan : Indonesia, Lautan Red. *Berita Biologi*, 8(2).
- Wolanski, E. (2000). Environmental degradation by mud in tropical estuaries. *Regional Environmental Change*, 1 : 152-162.
- Wolanski, E. (2006). Thematic paper: Synthesis of the protective functions of coastal forests and trees against natural hazards. *Coastal protection in the aftermath of the Indian Ocean tsunami: What role for forests and trees*, 157-179.