

## Analisis Kelimpahan dan Keanekaragaman Perifiton di Sekitar Karamba Jaring Apung Sungai Barito Kalimantan Selatan

Dedy Dharmaji<sup>1\*</sup>, Suhaili Asmawi<sup>1</sup>, Yunandar<sup>1</sup>, Intan Amalia

<sup>1</sup>Prodi Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Universitas Lambung Mangkurat

Jl. A. Yani Km 36 Banjarbaru 70714 Kalimantan Selatan

\*[dedy.dharmaji@ulm.ac.id](mailto:dedy.dharmaji@ulm.ac.id)

DOI: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i3.12054>

### ABSTRACT

Perifiton whose life is attached to the substrate, acts as a provider of nutrients and indicators of fishery water quality. The purpose of this study was to analyze the structure, abundance and diversity of epiphytic and epidendric periphyton in floating net cages and water quality. This research was conducted by purposive sampling in upstream, middle and downstream. The method used is exploratory quantitative, from May and June 2021 with sampling time at the beginning of each month. The main phytoplankton periphyton composition consists of Chlorophyceae and Bacillariophyceae. Chlorophyceae increased from 19 genera at the beginning of the observation to 24 genera, while Bacillariophyceae decreased from 22 to 21 genera. Phytoplankton periphytons that were always present in each observation both at STA-1, STA-2 and STA-3 were *Synedra*, *Diatoma*, *Tabellaria*, *Fragillaria*, *Zygnema*, *Spirogyra*, *Mougeotiopsis*, *Microspora*, *Chlorodesmis cosmosa* and *Closterium*. Unstable community structure with an abundance of 600 – 1320 cells/liter, uniformity index 0.53 – 0.884, diversity index 1.104 – 1.750 and dominance index 0.14 -0.47 classified as oligotrophic. Similar periphyton upstream and midstream, but different downstream. The presence of *Synedra* in all locations indicates that there has been a decline in water quality due to low dissolved oxygen. Water quality at the site informs that low pH, high ammonia and high organic matter result in low dissolved oxygen.

**Key words** : epiphythic, epidendric, dissolved oxygen, synedra, oligotrophic

### PENDAHULUAN

Pemanfaatan perairan Sungai Barito Marabahan selain untuk kebutuhan domestik penduduk juga di dominasi kegiatan perikanan karamba jaring apung (*floating net cage aquaculture*) yang merupakan kegiatan inland fisheries (Lynch *et al* 2017; FAO 2011; Cooke *et al* 2016) sebagai produk unggulan Kabupaten Barito Kuala selain padi. Pemanfaatan sungai untuk kegiatan ekonomi membawa peningkatan limbah cair domestik yang berasal dari deterjen kegiatan pemukiman, lanting (rumah diatas air) termasuk sarana mandi cuci (Matt *et al.*, 2014; La *et al.*, 2013). Penurunan kualitas perairan semakin meningkat dengan peningkatan produktivitas perikanan berupa Keramba Jaring Apung (KJA). Keramba Jaring Apung (KJA) merupakan salah satu metode yang digunakan masyarakat dalam proses budidaya ikan

air tawar. Budidaya ikan di KJA merupakan kegiatan positif yang dapat meningkatkan pendapatan nelayan secara teratur.

Selain berdampak positif budidaya ikan di Keramba Jaring Apung dapat berdampak negatif yaitu terjadinya penurunan kualitas air akibat limbah selama kegiatan budidaya dari sisa-sisa pakan ikan maupun hasil pencernaan ikan (*faeces*) berupa unsur Nitrogen dan Fosfor. Peningkatan unsur ini akan mempengaruhi mikroorganisme perifiton yang menjadi penghubung antara produsen pertama dengan konsumen kedua. Tingginya kandungan bahan-bahan organik di perairan baik secara langsung maupun tidak langsung dapat mempengaruhi produksi perikanan. Perifiton merupakan salah satu jenis

#### Cite this as:

Dharmaji, D., Asmawi, S., Yunandar & Amalia, I. (2021). *Analisa Kelimpahan dan Keanekaragaman Perifiton di Sekitar Karamba Jaring Apung Sungai Barito Kalimantan Selatan*. *Rekayasa* 14 (3). 245-251.

doi: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i3.12054>

#### Article History:

**Received:** May, 5<sup>th</sup> 2021; **Accepted:** Oktober, 30<sup>th</sup> 2021

Rekayasa ISSN: 2502-5325 has been Accredited by Ristekdikti (Arjuna) Decree: No. 23/E/KPT/2019 August 8th, 2019 effective until 2023

© 2021 Dedy Dharmaji

plankton yang menempel pada substrat termasuk jaring sehingga apabila jumlahnya berlebihan maka akan mengganggu sirkulasi air antara didalam dan diluar karamba. Dengan demikian maka akan mengganggu pertumbuhan ikan yang dibudidayakan. Perifiton merupakan komunitas kompleks dari mikrobiota yang menempel pada substrat organik maupun anorganik hidup atau pun mati. Peran penting menjaga keseimbangan rantai makanan pada ekosistem perairan daratan.

Perifiton berfungsi sebagai biofilter dan indikator kualitas air (Stevenson *et al.*, 2008; Bere dan Tundisi 2010; Lobo *et al.*, 2010), alternatif pakan alami ikan herbivora. Secara umum, spesies perifiton bersifat menetap dalam waktu yang lama dan mampu merespons bahan polutan terlarut, sehingga mampu memberikan informasi tentang kondisi kualitas suatu perairan yang sebenarnya. Respons yang ditunjukkan adalah perubahan komponen biota akuatik (perifiton) terutama pada struktur dan fungsinya seperti komposisi, jumlah, dan kelimpahannya dalam rantai makanan. Perubahan ini mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan, kelangsungan hidup dan reproduksi banyak organisme akuatik (Campeau *et al.*, 1994).

Perifiton dapat berupa hewan terdiri dari protozoa dan rotifera, sedangkan perifiton yang berjenis tumbuhan terdiri dari mikroalga. Peran protozoa dan rotifera sebagai dekomposer kontributor unsur hara (Ameilda *et al.*, 2016; Lobo *et al.*, 2010), komponen intrinsik daerah aliran sungai (Goldsborough dan Robinson 1997; Rodrigues dan Bicudo 2001; Biolo dan Rodrigues 2013). Perubahan karakteristik limnologi sebagai respon perubahan parameter fisika-kimia air akibat adanya aktivitas antropogenik disekitar KJA melalui pendekatan ekobiologi dari struktur dan komposisi perifiton sebagai indikator utama dalam penelitian ini.

Keberadaan Karamba Jaring Apung (KJA) yang semakin bertambah dari tahun 2011 sampai sekarang di sepanjang Sungai Barito Kecamatan Marabahan akan sulit dikurangi/ dihilangkan karena dapat menyebabkan konflik dengan pembudidaya ikan dan masyarakat sekitar. Budidaya ikan dalam KJA telah memberikan keuntungan yang cukup besar, terbukti dari jumlah KJA yang terus meningkat dari waktu ke waktu, terutama setelah krisis moneter. Dilihat dari pakan yang diberikan pada ikan budidaya, maka kegiatan budidaya pada KJA ke dalam sistem budidaya

intensif. Hal ini terlihat dari pemberian pakan dengan frekuensi pemberian rata-rata tiga kali sehari bahkan lebih dan penggunaan pakan komersial (pellet) yang mengandung protein tinggi (lebih dari 20 %) serta mengandung nutrisi lainnya yang cukup lengkap.

Melimpahnya limbah organik yang berasal dari sisa pakan dan feses ikan ini mengakibatkan Sungai Barito Kecamatan Marabahan menghadapi masalah yang cukup serius antara lain proses sedimentasi yang tinggi dan kesuburan perairan yang sangat tinggi sehingga menyebabkan penurunan kualitas air. Pada kegiatan budidaya ikan secara intensif seperti di KJA, maka pakan merupakan komponen biaya terbesar (dapat mencapai 40 – 70 % dari biaya produksi), sehingga biaya produksi yang dibutuhkan menjadi sangat besar. Pembudidaya sering tidak mendapatkan keuntungan karena pakan sangat tinggi bahkan dapat merugi. Sehubungan dengan hal tersebut Siagian (2018; 2010) menyatakan bahwa budidaya ikan dengan pakan buatan bukan meningkatkan produksi ikan, karena secara mikro kegiatan tersebut efisien, tetapi secara makro (lingkungan) menjadi tidak efisien.

Limbah organik sebagai hasil buangan sisa pakan yang tidak dikonsumsi dan kotoran ikan dari kegiatan budidaya ikan pada kondisi berlebih dapat mencemari lingkungan perairan bahwa dari pakan yang diberikan maka hanya 25 % Fosfor dan 25 % Nitrogen yang masuk ke ikan, sisanya terbuang ke lingkungan. Sisa pakan yang masuk ke lingkungan 10 % Fosfor dan 65 % Nitrogen dalam bentuk terlarut dan partikel. Pakan dalam bentuk partikel akan menjadi sedimen tergantung kondisi perairan dan dinamika di dasar perairan. Pada perairan tawar pada keadaan di dasar perairan tidak ada oksigen, sejumlah Fosfor dilepaskan ke perairan sehingga mempercepat terjadinya eutrofikasi sehingga pada periode tertentu. Plankton termasuk didalamnya perifiton berperan sangat sentral dalam memanfaatkan limbah oleh sebab itu adanya limbah organik yang berlebih akan digunakan sebagai nutrisi, sehingga akan mempercepat terjadinya eutrofikasi perairan waduk.

Menurut Schaumburg (2004) dan Tavernini *et al.* (2011), eutrofikasi dapat mengakibatkan perairan pada kondisi anoxia (kekurangan oksigen) di dalam kolom air yang disebabkan kelebihan organisme pemakai oksigen yang sering dikombinasikan dengan saturasi oksigen. Sebagian

komunitas fitoplankton digantikan oleh jenis yang tidak diinginkan serta memiliki jumlah individu yang sangat banyak jumlahnya sehingga menyebabkan kematian ikan.

Perairan sungai setiap harinya harus menampung aktivitas budidaya ikan dari pemberian pakan buatan dalam jumlah besar. Dampak dari aktivitas tersebut adalah daya dukung perairan semakin menurun, terlihat dari terjadinya kematian massal ikan akibat overturn, dan serangan virus/bakteri. Oleh sebab itu perlu dicari teknik budidaya ikan yang tidak banyak menghasilkan limbah dan limbah tersebut dapat dimanfaatkan. Penggunaan teknik budidaya yang dapat memanfaatkan seluruh relung perairan sudah lama ditinggalkan oleh petani ikan di Indonesia. Perairan Sungai Barito Kecamatan Marabahan mempunyai dimensi kedalaman, sehingga ikan yang dibudidayakan memanfaatkan relung perairan tersebut. Penggunaan perifiton sebagai pakan alami pada ikan budidaya di KJA memberikan keuntungan pada pengurangan jumlah perifiton.

Perubahan nilai index perifiton mempengaruhi pertumbuhan, perkembangan, kelangsungan hidup dan reproduksi banyak organisme akuatik (Campeau et al 1994). Oleh sebab itu perifiton alga dapat bertindak sebagai bioindikator yang sangat baik untuk kualitas air dan keadaan trofiknya (Bere dan Tundisi 2010; Lobo et al 2010). Perumusan masalah dalam penelitian ini bagaimana index diversitas dan kelimpahan perifiton pada berbagai sebagai status keberlanjutan lingkungan. Penelitian ini memberikan luaran berupa stabilitas trophik level yang dipergunakan untuk kegiatan budidaya KJA dengan mengoptimalkan produktivitas dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur komunitas perifiton dan kondisi perairan sungai Barito Marabahan tempat budidaya karamba jaring apung berdasarkan parameter kelimpahan, keanekaragaman, dominansi, keseragaman dan kualitas air.

## METODE PENELITIAN

### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan dari bulan Mei sampai Oktober 2021, berlokasi di perairan Sungai Barito Kecamatan Marabahan Kabupaten Barito Kuala. Lokasi studi berada antara 2° 58' 32" Lintang Selatan - 114° 45' 29" Bujur Timur hingga 2° 59' 29" Lintang Selatan - 114° 46' 46". Lokasi

penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Penentuan lokasi dilakukan secara *purposive sampling*. Metode yang digunakan adalah eksploratif kuantitatif. Penentuan lokasi berdasarkan survei awal menjadi tiga stasiun yang masing-masing memiliki kepadatan KJA yang berbeda pada bagian hulu (Desa Ulu Benteng), tengah (Desa Baliuk) dan hilir (Desa Bagus/Rumpiang dalam penelitian digunakan istilah Rumpiang). Penilaian kepadatan KJA ditetapkan secara visual terkait banyak sedikitnya unit KJA yang ada. Cakupan transek meliputi daerah dengan tumbuhan air dan daerah berkayu baik di dalam maupun luar KJA. Penentuan stasiun dilakukan pada Stasiun 1 (STA 1) dinamakan Hulu dengan jumlah KJA sekitar 8 unit, Stasiun 2 (STA 2) dinamakan sebagai Tengah memiliki jumlah KJA sekitar 6 unit, dan Stasiun 3 (STA 3) disebut sebagai Hilir memiliki jumlah KJA sekitar 12 unit.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

### Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel perifiton dan air dilakukan secara bersamaan pada 3 stasiun (Gambar 1) sebanyak 2 kali dengan interval 1 minggu dari Mei - Juni 2021. Sampel perifiton yang diambil adalah yang menempel pada substrat batang, daun dan akar untuk tumbuhan air dan substrat kayu yang semuanya terendam pada kedalaman yang masih ditembus cahaya matahari. Pengambilan sampel dilakukan di KJA maupun diluar KJA. Pengerikan

menggunakan kuas terhadap permukaan substrat seluas 5x5 cm<sup>2</sup>. Hasil kerikan yang telah didapatkan kemudian dibersihkan dengan menggunakan aquades dan sebagian disaring menggunakan plankton net no 25. Setelah itu dimasukkan ke dalam botol contoh dan diawetkan menggunakan larutan lugol 1%. Botol sampel diberi label lalu dibungkus dengan plastik berwarna hitam dan dibawa ke laboratorium untuk diidentifikasi. Sampel perifiton diidentifikasi serta dihitung jumlahnya dengan menggunakan Sedgwick-rafter di bawah menggunakan mikroskop Olympus CH-2. Penelitian ini dilakukan dua tahap, yaitu pengambilan sampel di lapangan dan pengamatan sampel di laboratorium. Analisis parameter kualitas air mengacu pada standar nasional Indonesia (SNI) pada masing-masing titik sampling diambil secara representatif sesuai aturan SNI 6989.59:2008 dan 6989.57:2008 sebanyak 5 liter dengan menggunakan water sampler dan

kontainer sampling. Pengamatan jenis perifiton epiphythic dan epidendrik dilakukan di Laboratorium Produktivitas Perairan Perikanan dan Kelautan Universitas Lambung Mangkurat untuk identifikasi dan perhitungan biological index. Instrumen yang digunakan terlebih dahulu telah dilakukan uji kalibrasi.

**Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa sikat gigi, sprayer, corong plastik, cool box, plastik hitam, thermometer, botol erlenmeyer, stopwatch, indikator pH, pipet tetes, ember, kertas label, delimeter (3,14 x 9 cm<sup>2</sup>), roll meter, secchi disk, pH meter, DO meter, alat tulis, GPS (Global Positioning System), botol sampel, kamera, kuas, spektrofotometer, mikroskop, flow meter dan buku identifikasi. Bahan yang digunakan yaitu aquades (H<sub>2</sub>O), formalin 4% (H<sub>2</sub>CO), lugol 1 % untuk mengawetkan perifiton, larutan MnSO<sub>4</sub>, NaOH-KI, amilum, aquades, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat, titran

Tabel 1. Index Ekologis yang Digunakan dalam Analisis Komunitas Perifiton

Index	Persamaan matematika	Kriteria
Index kelimpahan perifiton	$K = \frac{N \times At \times Vt}{Ac \times Vs \times As}$ <p>Keterangan :                      K = Kelimpahan jenis perifiton (sel/liter)                      N = Jumlah perifiton yang diamati (sel)                      At = Luas penampang cover glass (20x20 mm<sup>2</sup>)                      Vt = Total volume sampel dalam botol sampel (30 ml)                      Ac = Luas lapangan pandang mikroskop (400 mm<sup>2</sup>)                      Vs = Vol satu tetes sampel di cover glass (0,05 ml)      As =                      Luas permukaan substrat yang dikerik (5 cm<sup>2</sup>)</p>	0-2000 ind/m <sup>2</sup> = perairan oligotrophik 2000 - 15000 ind/m <sup>2</sup> = mesotrophik >15000 ind/m <sup>2</sup> = eutrophik
Index keanekaragaman Shannon-Wiener (H')	$H' = - \sum_{i=1}^s pi \ln pi$ <p>Keterangan :                      H' = Index Keanekaragaman                      s = Jumlah taksa                      pi = Proporsi jumlah individu                      pi = ni/N                      ni = Jumlah individu setiap jenis (ind)                      N = Total individu seluruh jenis (ind)</p>	H' < 1 = keanekaragaman rendah, komunitas tidak stabil dan kualitas air tercemar berat 1 ≤ H' ≤ 3 = keanekaragaman sedang, komunitas biota sedang dan kualitas air tercemar sedang H' > 3 = keanekaragaman tinggi, stabilitas komunitas biota prima (stabil) dan kualitas air bersih (Fachrul, 2007) Keseragaman tinggi apabila = 1
Index keseragaman (E)	$E = \frac{H'}{H'_{max}}$ <p>Keterangan :                      E = Index keseragaman; H' = Index keanekaragaman                      H' max = ln S; H' max = Index Keanekaragaman maksimum</p>	Keseragaman tinggi apabila = 1
Index Dominansi (D)	$D = \sum_{i=1}^s pi^2$ <p>Keterangan :                      D = Index dominansi                      s = Jumlah taksa                      pi = Proporsi jumlah individu</p>	Dominasi tinggi apabila = 1

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,  $5\text{H}_2\text{O}$ , indikator pp,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , larutan amonium *molybdate*, larutan  $\text{SnCl}_2$  dan larutan *brucine* untuk pengawet sampel. Data yang diperoleh selama penelitian ini disajikan dalam bentuk tabulasi dan grafis kemudian dianalisis secara deskriptif.

### Analisis Data

Identifikasi struktur komunitas perifiton pada kepadatan KJA di sungai Barito Marabahan yang berbeda dari identifikasi dari literatur, analisis ecological index dan parameter kualitas air. Identifikasi perifiton merujuk pada Huyn L dan Servediak (2006), Bigg dan Kilroy (2000), Bellinger dan Singee (2010) dan Presscott (1974). Persamaan perhitungan index ditampilkan pada Tabel 1.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Sungai Barito merupakan sungai utama di Kalimantan Selatan yang sumber airnya berasal dari pegunungan Muller perbatasan Kalimantan Tengah dan Kalimantan Timur dan berakhir di Laut Jawa. Sungai Barito memiliki peran penting pada semua aspek kehidupan termasuk sumber air untuk budidaya perikanan khususnya Karamba Jaring Apung (KJA). Karamba jaring apung merupakan sarana pemeliharaan ikan atau biota air yang mengapung diatas air. Pembudidaya pembesaran ikan air tawar di KJA tidak perlu melakukan persiapan air kolam, pengolahan tanah, tetapi hanya mempersiapkan KJA yang sesuai. KJA di daerah Kecamatan Marabahan dominan di isi benih ikan air tawar khususnya ikan nila (*Oreochromis niloticus*), hanya beberapa unit yang membudidayakan lele (*Clarias batracahus*) dan patin (*Pangasius pangasius*). Produktivitas ikan yang dibudidayakan dalam KJA masih tergantung pada kondisi alam yang tidak menentu akibat musim

kemarau debit air menurun, musim hujan air pada daratan mengalir ke sungai yang dapat meningkatkan polutan. Selain itu sungai dimanfaatkan sebagai prasarana lalu lintas angkutan batubara yang dapat mempengaruhi kualitas air.

### Kualitas Fisika dan Kimia Perairan

Hasil pengukuran terhadap parameter suhu, kecerahan, kecepatan arus, total suspended solid, pH, kebutuhan oksigen biokimia ( $\text{BOD}_5$ ), oksigen terlarut (DO), nitrat dan fosfat pada bulan Mei dan Juni 2021 di lokasi penelitian perairan sungai Barito menginformasikan bahwa pH rendah, amonia tinggi dan bahan organik tinggi terutama fosfat yang menghasilkan oksigen terlarut yang rendah (Tabel 2).

Kisaran suhu di STA-1 lebih rendah bila dibandingkan dengan stasiun lain. STA-1 merupakan pasokan air yang berasal dari hulu Barito, sedangkan ke-2 stasiun lainnya merupakan percampuran massa air dari sungai di hulu Barito dengan sungai Nagara. Nilai suhu tersebut masih mendukung untuk pertumbuhan perifiton terutama jenis *diatom* (20-30°C) dan *Chlorophyta* (30-35°C), sedangkan jenis *Cyanophyta* lebih dapat bertoleransi terhadap kisaran suhu yang lebih tinggi (Effendi 2003; Telaumbamia *et al.* 2013).

Nilai kecerahan meningkat terutama di STA-3. Perbedaan nilai kecerahan ini akibat dinamika arus yang membawa sedimentasi dari kegiatan di daratan yang berbeda. Rendahnya nilai kecerahan di sungai disebabkan oleh *run off* dari daratan. Pengaruh arus yang lebih lambat menyebabkan akumulasi bahan-bahan padatan tersuspensi semakin besar. Kekeruhan dapat menutup saluran pernapasan (insang) sehingga biota perairan

Tabel 2 Hasil Pengukuran Kualitas Fisika Kimia Perairan KJA Sungai Barito Marabahan

Parameter	Satuan	Pengukuran	Kisaran		
			STA-1	STA-2	STA-3
Suhu	$^{\circ}\text{C}$	Insitu	27,2 - 28,6	30,3 - 33,7	29,6 - 31,5
Kecerahan	Cm	Insitu	12 - 12,2	10 - 43	15 - 30,3
Arus	m/s	Insitu	0,05	0,02 - 0,04	0,03 - 0,04
Total padatan tersuspensi (TSS)	Mg/l	Laboratorium	10 - 40	10 - 20	20 - 30
Derajat keasaman (pH)		Insitu	5,14 - 5,49	5,57 - 5,66	5,61 - 5,80
Kebutuhan oksigen biokimia (BOD)	Mg/l	Laboratorium	12,61 - 15,32	6,31 - 11,71	9,01 - 15,32
Oksigen terlarut (DO)	Mg/l	Insitu	3,3 - 5,1	2,8 - 5,2	2,3 - 3,8
Nitrat	Mg/l	Laboratorium	0,01	0,01	0,01 - 0,1
Fosfat	Mg/l	Laboratorium	0,4 - 0,59	0,33 - 0,4	0,33 - 0,37

kesulitan bernapas dan menyebabkan *hypoxia*, akhirnya tingkat mortalitas dalam KJA pun meningkat. Kecepatan arus dipengaruhi oleh perbedaan gradien atau ketinggian antara hulu dengan hilir sungai. Apabila perbedaan ketinggiannya cukup besar, maka arus semakin deras. Kecepatan arus mempengaruhi jenis dan sifat organisme yang hidup di perairan tersebut. Kecepatan arus merupakan faktor penting di perairan mengalir. Kecepatan arus yang besar ( $> 5$  m/detik) mengurangi jenis flora yang dapat tinggal sehingga hanya jenis-jenis yang melekat saja yang tahan terhadap arus dan tidak mengalami kerusakan fisik. STA-2 dan 3 hampir sama, nilai arus  $0,02 - 0,04$  m/detik termasuk kategori sangat lambat karena posisi KJA berada di tepi sungai. Arus  $< 0,2 - 1$  m/det dengan tipe komunitas alga bentik dan jenis yang dominan berupa alga *epifitik* seperti *Nitzschia*, *Navicula*, *Caloneis*, *Eunotia*, *Tabellaria*, *Synedra*, *Oscillatoria*. Laju arus  $> 1$  m/det terdapat komunitas alga bentik, didominasi oleh alga *epilitik* seperti *Achnantes*, *Meridion*, *Diatoma*, *Ceratoneis*. Arus air  $> 0,5 - 1$  m/det, komunitas utama berupa fitoplankton dengan *Diatoma* kecil bersel tunggal dan alga biru sebagai pendorominan.

Peningkatan nilai TSS berupa lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik yang disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa air (Effendi 2003), meningkatkan kekeruhan sehingga mengganggu penetrasi cahaya matahari ke dalam perairan akibatnya proses fotosintesis terhambat (Supartiwi 2000). Nilai TSS di STA-1 lebih tinggi di awal pengamatan dibanding ke-2 stasiun lainnya, akibat tingginya interaksi aktivitas di wilayah hulu, namun secara umum pada sampling ke-2 tidak dijumpai perbedaan antara STA-1 dan STA-2, hanya sedikit kenaikan di STA-3 akibat lalu lalang tongkang batubara. Nilai pH di sungai Barito selama penelitian tidak begitu berbeda secara signifikan antara stasiun pengamatan, akibat dinamika sungai-sungai yang berkontribusi pada sungai Barito dan Nagara sehingga terjadi pencampuran. Golongan alga biru hidup pada pH netral sampai basa dan respon pertumbuhan negatif terhadap asam ( $\text{pH} < 6$ ) dan diatom pada kisaran pH yang netral akan mendukung keanekaragaman jenisnya. Nilai kisaran  $\text{BOD}_5$  berada pada kisaran kualitas air tercemar. Perairan alami memiliki nilai  $\text{BOD}$  antara  $0,5-7,0$  mg/l (Effendi 2003). Berdasarkan hasil pengamatan, nilai  $\text{BOD}$  tertinggi di sungai Barito berada di STA-1 dan

STA-3, meskipun di STA-2 terjadi peningkatan pula. Tingginya nilai  $\text{BOD}_5$  diduga selain berasal dari sisa pakan yang tidak termakan habis oleh ikan, pembusukan gulma air dan aktivitas dari buangan kegiatan penduduk di sekitar aliran sungai, terutama STA-1 yang berdekatan dengan aktivitas pasar. Nilai DO di STA-1 lebih baik dibandingkan ke-2 stasiun lain karena massa air yang bersumber dari hulu Barito, sedangkan STA-2 masih dipengaruhi pencampuran massa air dari hulu Barito dan Sungai Nagara. Kondisi di STA-3 menunjukkan bahwa kandungan DO tersebut tergolong rendah terhadap kebutuhan normal oksigen terlarut pada organisme ikan. Kondisi serupa juga ditemukan pada perairan rawa Bangkau sebagai pasokan sungai Nagara (Siswanto et al 2021).

Kandungan unsur hara yang diukur pada penelitian ini adalah nitrat dan fosfat. Nitrat merupakan bentuk utama dari nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan plankton dan perifiton. Hasil pengukuran kandungan nitrat di sungai Barito sekitar KJA selama pengamatan berkisar antara  $0,01 - 0,1$  mg/l. Kisaran nitrat yang baik untuk pertumbuhan perifiton antara  $0,01 - 3,5$  mg/l. Kandungan nitrat dalam sungai Barito sekitar KJA dapat dikatakan masih dalam kisaran normal. Nitrat dapat digunakan untuk menentukan tingkat kesuburan perairan. Tipe perairan oligotrofik memiliki kandungan nitrat sebesar  $0 - 1$  mg/l. Nitrat merupakan zat hara penting bagi organisme ototrof dan diketahui sebagai faktor pembatas pertumbuhan (Telaumbamia et al 2013). STA-1 dan 2 nilai nitrat pada kondisi yang rendah, kondisi ini terjadi pula pada STA-3. Dinamika peningkatan kadar nitrat terjadi akibat pengaruh pasang dan arus yang kuat sehingga membawa limpasan dari daerah pertanian. Kandungan ortofosfat di sungai Barito berkisar antara  $0,33 - 0,59$  mg/l. Keberadaan fosfor di perairan alami biasanya relatif lebih kecil, dan kadarnya lebih sedikit dari pada kadar nitrogen. Fosfor merupakan unsur hara yang esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dan alga karena sumbernya relatif sedikit, fosfor menjadi faktor pembatas di perairan. Nilai kandungan ortofosfat tertinggi selama pengamatan terdapat di STA-1 bagian hulu, diduga karena lokasi ini merupakan akumulasi semua material yang ditandai dengan densitas tumbuhan air yang tinggi ditambah lagi lokasi yang berada dekat pasar dan lahan pemukiman

penduduk. Sumber antropogenik fosfor di perairan adalah limbah industri dan domestik, yaitu deterjen.

### Struktur komunitas perifiton

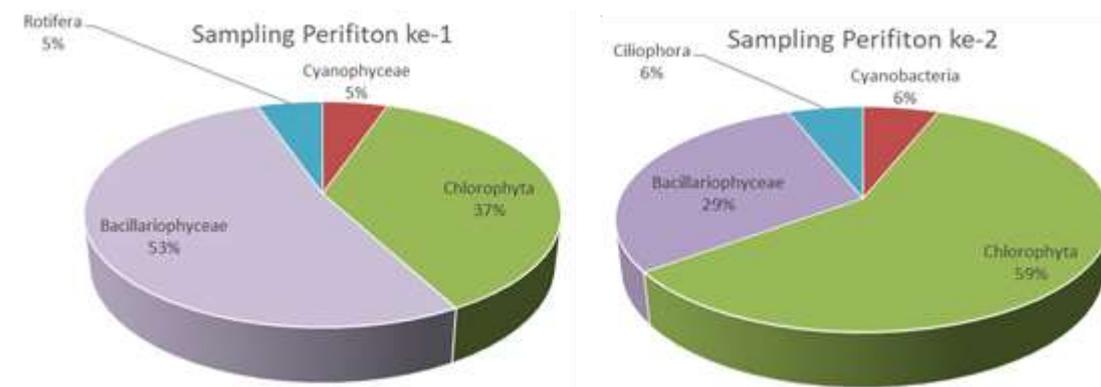
Komposisi struktur komunitas perifiton fitoplankton tertinggi yaitu *Bacillariophyceae* 22 genera (53%), *Chlorophyceae* 19 genera (37%) (sampling ke-1). Sedangkan pada sampling ke-2 ditemui *Bacillariophyceae* 21 genera (29%) dan *Chlorophyceae* 24 genera (59%). Selain itu terdapat pula *Cyanophyceae* dan *Cyanobacteria* yang hadir hanya di STA-2 dan STA-3 di dalam KJA (Gambar 2). Perifiton zooplankton yang teridentifikasi dari masing-masing 1 genera dari *Ciliophora* dan *Rotifera*. Jenis zooplankton yang ditemukan di sekitar KJA Sungai Barito lebih rendah dibanding rawa Bangkau (Dharmaji et al 2020). *Cyanobacteria* dapat hidup di lingkungan perairan yang mengandung kadar fosfat dan nitrogen tinggi, akibat pencemaran limbah industri dan pertanian. *Cyanophyceae* ketika terjadi over populasi dan selanjutnya diikuti oleh kematian massal dari populasi akibat eutrofikasi (pengayaan nutrisi) sehingga terjadi penurunan oksigen terlarut secara mendadak akibat dan meningkatkan resiko mortalitas pada ikan budidaya dalam KJA. *Bacillariophyceae* yang selalu hadir di STA-1 merupakan perifiton *epidendrik* yaitu *Synedra*, sedangkan yang lain selalu berbeda jenisnya.

Eksistensi kelompok *Bacillariophyceae* di perairan mendominasi dan kelimpahannya sangat besar kecuali pada sungai berarus dan berlumpur. Jenis ini yang paling banyak ditemukan karena merupakan epifit. Perifiton terbanyak ditemukan secara umum di luar KJA pada tumbuhan air (*epiphytic*) seperti Eceng gondok, sedangkan dalam KJA berupa batang kayu (*epidendrik*) lebih

sedikit. Kondisi ini akibat sumber makanan berupa bahan organik yang dirombak terbatas jumlahnya. Jenis-jenis perifiton yang selalu hadir di semua lokasi sebanyak 3 genera, yaitu *Synedra*, *Tabellaria*, *Closterium* dan *Diatoma*. Menurut Ruidiyanti (2009) sungai sebagai salah satu jenis media hidup bagi organisme perairan, seringkali tidak dapat terhindarkan dari masalah penurunan kualitas perairan sebagai akibat dari perkembangan aktivitas manusia, seperti adanya aktivitas perindustrian yang berdiri disekitar daerah aliran sungai.

Kelimpahan dan komposisi perifiton di sungai dipengaruhi oleh kualitas air sungai tempat hidupnya (Dharmawan 2010). Perifiton berperan sebagai produsen primer dengan menghasilkan oksigen dan menjadi salah satu penghasil bahan organik di sungai. Berbeda dengan lokasi dalam KJA yang cenderung sedikit dipengaruhi oleh arus, maka kondisi di luar KJA terutama pada tumbuhan air dan batang kayu terdapat 2 jenis perifiton fitoplankton yang dominan yaitu *Synedra* dan *Tabellaria*. Munculnya kelas zooplankton dari filum *Ciliophora* dari genera *Tetrahymena sp* dapat menginfeksi ikan budidaya dalam KJA bertransmisi secara horizontal dengan perantara air. Tingkat kepadatan populasi ikan yang tinggi dan akumulasi bahan organik, feses dan pakan ikan yang mengendap, dan penurunan pH yang disebabkan oleh akumulasi CO<sub>2</sub> menyebabkan tumbuhnya perifito zooplankton ini.

*Tetrahymena sp.* berkembang biak secara vegetatif melalui pembelahan sel, secara seksual melalui konjugasi dan pertukaran materi genetik antara sel-sel. Parasit ini dapat hidup selama bertahun-tahun di KJA tanpa menyebabkan penyakit atau gejala klinis, dan tiba-tiba menyebabkan masalah apabila kondisi lingkungan



Gambar 2. Persentase komunitas perifiton di KJA sungai Barito Marabahan

perairan memburuk, ikan yang dipelihara menjadi stress atau memiliki luka. Infeksi parasit *Tetrahymena sp.* diduga berasal dari air yang digunakan dalam pemeliharaan ikan, feses ikan dan sisa pakan yang menyebabkan ammonia tinggi sehingga menghambat pertumbuhan ikan. Kualitas air yang buruk, termasuk ammonia dan bahan organik, dan suhu air rendah meningkatkan kerentanan ikan terhadap infeksi. Berdasarkan hasil pengamatan, komposisi jumlah jenis yang didapat cenderung berkurang dari bulan ke-1 hingga ke-2. Hal ini diduga karena perubahan curah hujan dan debit air fluktuatif meningkat terjadi selama pengamatan yang menyebabkan komunitas perifiton mengalami pencucian sehingga ada jenis perifiton yang tidak mampu bertahan terhadap perubahan lingkungan.

#### **Kelimpahan dan Index keanekaragaman (H'), keseragaman (E), dan dominansi (D) perifiton**

Kelimpahan perifiton tertinggi berada di STA-3 Luar KJA pada sampling ke-2, sedangkan sampling ke-1 kelimpahannya rendah (Gambar 3). STA-3 Dalam KJA selalu konsisten pada 1200 sel/liter kelimpahan dan tidak terganggu. Tinggi rendahnya kelimpahan perifiton disebabkan oleh kandungan nitrat dan ortofosfat di perairan. Nitrat merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan perifiton dan ortofosfat merupakan senyawa anorganik yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh perifiton. Klasifikasi perairan sungai Barito berdasarkan index kelimpahan masih tergolong oligotrophik (perairan miskin), karena kelimpahannya masih dibawah 2000 sel/liter. Stasiun tersebut merupakan perairan yang memiliki arus yang tenang dengan kerapatan eceng gondok yang tinggi. Kelimpahan plankton (fitoplankton dan zooplankton) suatu perairan erat kaitannya dengan kondisi lingkungan pada perairan tersebut.

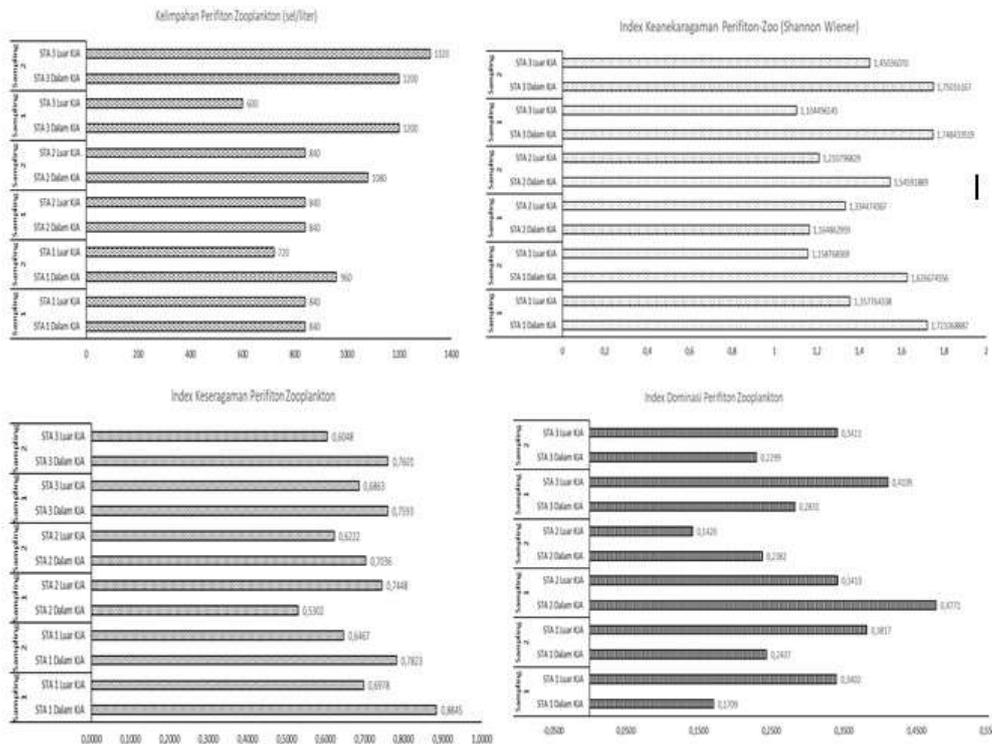
Organisme zooplankton yang ditemukan lebih sedikit dibandingkan organisme fitoplankton, oleh karena zooplankton diduga belum memanfaatkan fitoplankton secara optimal. Menurut Basmi (2000) banyak zooplankton yang dapat melakukan gerakan naik turun secara berkala atau dikenal dengan migrasi vertikal. Pada malam hari zooplankton naik ke atas menuju permukaan sedangkan pada siang hari turun ke lapisan bawah. Fenomena gerakan naik turun ini dapat menyebabkan perbedaan kelimpahan dan

komposisi zooplankton antara lapisan dasar dan permukaan dari suatu perairan (Basmi 2000). Tingkat produksi dari zooplankton lebih rendah dibandingkan dengan fitoplankton sehingga puncak produksi zooplankton berada dibawah dan terjadi setelah puncak fitoplankton. Kisaran kecerahan selama pengamatan di Danau Sungai Barito berkisar 1,12 - 0,74 m. Kecerahan tertinggi terjadi pada sampling 2 dibagian inlet, hal ini dikarenakan kedalaman yang dangkal sehingga intensitas cahaya matahari dapat masuk dengan optimal. Kecerahan suatu perairan ditentukan oleh adanya kandungan bahan organik yang ada di dalamnya. Semakin tinggi kandungan bahan organik menyebabkan nilai kecerahan semakin berkurang.

Komunitas perifiton berpotensi sebagai indikator ekologis karena perifiton berperan penting sebagai produsen utama dalam rantai makanan, dapat bertahan pada perairan dengan kecepatan arus yang besar, dan kebanyakan jenis-jenis perifiton dapat bersifat sensitif atau toleran terhadap pencemaran, baik terhadap pencemaran organik maupun logam berat (Sitompul, 2000). Menurut Graham dan Haris (2000), peranan perifiton di perairan tergenang lebih rendah dari fitoplankton, sedangkan di perairan mengalir, peranan perifiton lebih besar kecuali di perairan yang keruh. Biggs dan Kilroy (2000) menyatakan bahwa genus *Nitzschia sp.*, *Navicula sp* dan *Gomphonema sp.* merupakan perifiton yang memiliki sifat toleran terhadap bahan pencemar organik.

Faktor-faktor yang membatasi produktivitas primer perifiton di perairan di antaranya adalah intensitas cahaya matahari, suhu, unsur hara dan biomassa perifiton (Madubun, 2008). Pengukuran produktivitas perifiton lebih sulit daripada fitoplankton yang relatif homogen. Perifiton merekat erat dengan substrat sehingga pemisahan perifiton yang menempel di permukaan yang tidak teratur atau daun yang rapuh akan sulit dilakukan. Oleh karena itu penggunaan substrat buatan seringkali dilakukan untuk pengamatan kolonisasi perifiton (Azim et al 2005).

Nilai Index keanekaragaman perifiton fitoplankton yang berkisar antara 1,104 - 1,750 (Gambar 3). Nilai keanekaragaman tertinggi terdapat di STA-3 Dalam KJA sampling ke-2, dan nilai keanekaragaman terendah terdapat di STA-3 Luar KJA sampling ke-1.



Gambar 3. Komposisi Kelimpahan, Keanekaragaman, Keseragaman dan Dominansi Perifiton Fitoplankton

Berdasarkan kriteria nilai Index keanekaragaman Mason (1981), sebagian besar keanekaragaman perifiton fitoplankton di sungai Barito yang termasuk rendah ( $H' \leq 3$ ) menunjukkan keanekaragaman sedang, kestabilan komunitas sedang dan kondisi kualitas air tercemar sedang. Hal ini akibat adanya faktor lingkungan yang menyebabkan stabilitas komunitas, yaitu arus ketika terjadi limpasan dan pasang dari sungai Nagara, dan Hulu Barito. Hanya jenis-jenis tertentu saja yang mampu beradaptasi terhadap perubahan lingkungan untuk dapat hidup dan berkembang. Keberadaan jenis baik perifiton fitoplankton di lokasi pengamatan dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti kecerahan, nutrisi dan fluktuasi debit air. Namun perubahan tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap kelimpahan jenisnya. Perubahan parameter fisika-kimia perairan memberikan pengaruh terhadap keberadaan jenis dan kelimpahan baik perifiton fitoplankton maupun zooplankton. Nilai-nilai index keanekaragaman jenis di setiap stasiun dipengaruhi oleh tingkat kepadatan KJA, namun secara umum keanekaragaman di semua lokasi baik di bagian dan dalam luar KJA menunjukkan klasifikasi sedang, komunitas biota sedang dan kualitas air

tercemar sedang yang menggambarkan penyebaran individu tiap jenisnya sedang dan tekanan ekologi sedang. Nilai index keseragaman (E) dan index dominansi (D) terhadap perifiton fitoplankton selama pengamatan di sungai Barito masing-masing berkisar antara 0,53 - 0,88 dan 0,14 - 0,47. Nilai keseragaman tertinggi berada di bagian hulu (STA-1 dalam KJA) masing-masing pada sampling ke-1. Nilai keseragaman ini menginformasikan bahwa tiap genus hampir sama atau penyebaran jenis merata dan tidak ada jenis yang mendominasi jenis lain. Nilai terendah terdapat di bagian tengah (STA-2 dalam KJA) karena adanya beberapa genus yang memiliki kelimpahan lebih besar dari genus yang lainnya, yaitu *Tabellaria sp.*, dan *Synedra sp.* (Lampiran 1) namun kelimpahannya tidak mendominasi jenis lain. Secara keseluruhan nilai index keseragaman yang didapat selama pengamatan termasuk rendah (tidak sama dengan 1). Hal ini menggambarkan bahwa keadaan jenis perifiton di sekitar KJA sungai Barito ini memiliki keseragaman populasi yang sedang dengan penyebaran individu tiap jenis cukup merata sehingga tidak terdapat jenis yang mendominasi. Namun demikian komunitas perifiton ini menunjukkan jenis perifiton yang menempel pada daun eeceng gondok (di

luar KJA) cukup beragam tetapi terdapat beberapa spesies yang paling banyak, karena kepadatan jenisnya berbeda. Nilai index dominansi tertinggi terdapat di bagian tengah (STA-2 Dalam KJA), dan nilai terendah pun berada di bagian tengah (STA-2 luar KJA) (Gambar 3), namun kisaran nilainya masih rendah (mendekati 0). Hal tersebut menggambarkan bahwa di perairan sungai Barito Marabahan tidak ada kelimpahan yang mendominasi jenis lain, sehingga nilai index dominansi rendah. Nilai index dominansi pada bagian tengah menunjukkan kondisi lingkungan yang dinamis, bahwa tidak ada spesies yang secara ekstrim mendominasi spesies lainnya, kondisi ini disertai sebaran individu antara genera yang relatif sama.

Demikian pula halnya pada bagian lainnya yang menunjukkan nilai index dominansi yang rendah (tidak ada  $\geq 1$ ). Jumlah kerapatan dan jenis penutupan tumbuhan air pada luar KJA tergolong tinggi dibandingkan dengan di dalam KJA itu sendiri. Kelimpahan perifiton antar stasiun dalam kondisi *oligotrophik*, sehingga mampu untuk meredam pergerakan air dan menjadikan sirkulasi air lebih tenang yang membuat perifiton pada daun terhindar dari pencucian oleh arus yang kuat, dengan kecepatan arus tergolong lambat menyebabkan keragaman jenis perifiton cukup tinggi. Komposisi perifiton pada tumbuhan air diluar KJA sangat dipengaruhi oleh umur, letak atau tempat hidup, bagian ujung daun yang lebih tua dengan komposisi dan kepadatan perifiton berbeda dengan yang lebih muda yaitu bagian pangkal daun, karena proses penempelan dan pembentukan koloni perifiton memerlukan waktu yang cukup lama.

Hal ini diduga karena hilir (STA-3 luar KJA) memiliki kerapatan tumbuhan air yang tergolong rendah dibandingkan dengan stasiun lainnya sehingga keanekaragaman perifiton yang menempel sedikit. Didukung pula oleh kecepatan arus yang besar dimana hanya perifiton yang memiliki kemampuan perekat yang kuatlah yang mampu menempel baik di bagian tumbuhan air maupun batang kayu. Nilai keseragaman tinggi untuk perifiton zooplankton terutama pada bagian tengah KJA bagian luar dan nilai dominansi dijumpai pada bagian hulu (STA-1) dan tengah (STA-2), namun kelimpahannya tidak mendominasi jenis lain. Secara keseluruhan nilai index keseragaman yang didapat selama pengamatan termasuk rendah dan nilai index dominansi rendah.

Keberadaan parameter fisika-kimia di dalam aliran sungai tidak terlepas dari pergerakan arus. Adanya arus yang cepat dapat mempengaruhi keberadaan parameter fisika-kimia di perairan serta keberadaan jenis perifiton fitoplankton dan zooplankton. Kondisi perairan dan kelimpahan di sungai Barito selalu dinamis, dan kondisi perairan yang terukur saat ini terlihat dari pengaruhnya setelah beberapa waktu kemudian atau berasal dari limpasan air sebelumnya. Kestabilan perifiton dipengaruhi oleh faktor lingkungan, yaitu arus dan limpasan dari sungai yang cukup besar. Hanya organisme yang mampu bertahan yang dapat ditemukan pada kondisi tersebut. Nilai keseragaman populasi perifiton fitoplankton yang rendah menggambarkan bahwa penyebaran individu tidak merata sehingga terdapat jenis perifiton fitoplankton tidak dominan.

## KESIMPULAN

Kelimpahan perifiton fitoplankton didominasi oleh Chlorophyceae dan Bacillariophyceae. Chlorophyceae meningkat dari 19 menjadi 24 genera, sedangkan Bacillariophyceae menurun dari 22 menjadi 21 genera. Perifiton fitoplankton selalu hadir yaitu *Synedra*, *Diatoma*, *Tabellaria*, *Fragillaria*, *Zygnema*, *Spirogyra*, *Mougeotiopsis*, *Microspora*, *Chlorodesmis cosmosa*, dan *Closterium*. Struktur komunitas pada perairan dalam penelitian tidak stabil, keanekaragaman jenis sedang, keseragaman rendah dan tidak ada dominansi spesies tertentu, tergolong *oligotrophik* (miskin). Kualitas air di lokasi menginformasikan bahwa pH rendah, amonia tinggi dan bahan organik tinggi yang menghasilkan DO rendah. Penelitian selanjutnya perbandingan biomassa perifiton pada ikan budidaya dan ikan tangkapan terutama saluang (*Rasbora sp.*)

## DAFTAR PUSTAKA

- Ameilda, Hanum C., Dewiyanti, I., Octavina, C. (2016). Struktur Komunitas Perifiton Pada Makroalga *Ulvalactuca* Di Perairan Pantai Ulee Lheue, Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 1 (3): 337-347
- Azim, M.E., Verdegem, M.C.J., Van Dam, A.A. Beveridge, M.C.M. (2005). *Periphyton: Ecology, Exploitation and Management*. CABI Publishing, USA.

- Basmi, J. (2000). *Planktonologi: plankton sebagai bioindikator kualitas perairan*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Bere, T. Tundisi, J.G., (2010). Epipsammic diatoms in streams influenced by urban pollution, São Carlos, SP, Brasil. *Brazilian Journal of Biology Revista Brasileira de Biologia*, 70 :921-930.
- Bellinger, E.G, D.C. Sigeo. (2010). *Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*. John Wiley and Sons
- Biolo S, Rodrigues L. (2013). Comparison of the structure of the periphytic community in distinct substrates from a neotropical floodplain. *Int Res J Plant Sci* 4:64–75
- Biggs, B.J.F, C. Kilroy. (2000). *Stream Periphyton Monitoring Manual*. NIWA. Christchurch.
- Campeau, S., Murkin, H.R. Titman, R.D. (1994). Relative importance of algae and emergent plant litter to freshwater marsh invertebrates. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 51,3: 681-692.
- Cooke S.J., Allison, E.H., Beard, T.D., Arlinghaus, R., Arthington, A.H., Bartley, D.M., Cowx, I.G., Fuentesvillla, C., Leonard, N.J., Lorenzen, K., Lynch, A.J., Nguyen, V.M., Youn, S.-J., Taylor, W.W., Welcomme, R.L. 2016. On the sustainability of inland fisheries: Finding a future for the forgotten. *Ambio*. 45 :753-764
- Dharmaji D, Asmawi S, Yunandar Y, Kuriawan R.R. (2020). Analisis kelimpahan dan keanekaragaman perifiton rawa Bangkai Kabupaten Hulu Sungai Selatan Kalimantan Selatan. *Enviroscienteae* 16 (3) : 366-372.
- Dharmawan, R. (2010). *Studi Komunitas Alga Perifiton di Kali Surabaya Kotamadya Surabaya*. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Kanisius, Yogyakarta.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. (2011). *Guideines for the ecolabelling of fish and fishery products from inland capture fisheries*. Rome, Italy.
- Fachrul, M. F. (2006). *Metode sampling bioekologi*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Graham, R., Harris, J.H. (2005). *Floodplain Inundation and Fish Dynamics in The Murray Darling Basin. Current Concepts and Future Research: A Scoping Study*. CRC for Freshwater Ecology, Canberra.
- Goldsborough G., Robinson G. C., L. (1997). Response of benthic and planktonic alga biomass to experimental water-level manipulation in a prairie lake shore wetland. *Wetland*. 17, 167–181.
- Huynh, M., N. Sereciak. (2006). *Algae Identification Field Guide*. Agriculture and Agri-Food Canada
- La T.T.K., Donna, L.J., Mark, A.H., Brian, R.H., Shane, E.B., Marinus, L.O. (2013). Macrophytes in shallow lakes: Relationships with water, sediment and watershed characteristics. *Aquat. Bot.* 109: 39–48
- Lobo, E.A., Wetzel, C.E., Ector, L., Katoh, K., Lanza, S.B. Mayama, S. (2010). Response of epilithic diatom communities to environmental gradients in subtropical temperate Brazilian rivers. *Limnetica*, 29, 2: 323-340
- Lynch A.J, Cowx, I.G., E. Fluet-Chouinard, Glaser S.M., Phang S.C., Bower S.D., Brooks J.L., Bunnell D.B., Claussen J.E., Cooke S.J., Beard T.D., Kao YC., Myers B.J.E., Reid A.J., Taylor J.J., Youn S., Lorenzen K. (2017). Inland fisheries-Invisible but integral to the UN Sustainable Development Agenda for ending poverty by 2030. *Global Environment Change*. 47: 167–173.
- Madubun, U. (2008). *Produktivitas primer fitoplankton dan kaitannya dengan unsur hara dan cahaya di perairan Muara Jaya teluk Jakarta*. Institut Pertanian Bogor.
- Matt W.G., Kyle, D.Z., Brian, R.H., Mark, A.H., Robert, G.W., Sean, R.V., Jerry, A.Y. (2014). Relative importance of phosphorus, fish biomass, and watershed land use as drivers of phytoplankton abundance in shallow lakes. *Sci. Total. Environ.* 849–855
- Mason, CF. (1981). *Biology of freshwater pollution*. Longman. New York
- Prescott GW. (1970). *The Freshwater Algae*. University of Montana. IOWA

- Rudiyanti, S. (2009). Kualitas perairan Sungai Banger Pekalongan berdasarkan indikator biologis. *Jurnal Saintek Perikanan* 4: 2: 46-52.
- Rodrigues L, Bicudo DC. (2001). Similarity among periphyton algal communities in a lentic-lotic gradient of the upper Parana river floodplain. *Braz Rev Bras Bot* 24:235–248
- Siswanto., Sofarini, D, Hanifa, S.M. (2021). Kajian Fisika Kimia Perairan Danau Bangkai sebagai Dasar Pengembangan Budidaya Ikan. *Rekayasa* 14 (2). 245-251.
- Schaumburg, J., C. Schranz, G. Hofmann, D. Stelzer, S. Schneider, U. Schmedtje. (2004). Macrophytes and phytobenthos as indicators of ecological status in German lakes—a contribution to the implementation of the Water Framework Directive. *Limnologica* 34:302–314
- Sitompul, S. (2000). *Struktur komunitas perifiton di Sungai Babon Semarang*. Skripsi. Universitas Diponegoro
- Siagian M. (2010). Daya dukung waduk PLTA Koto Panjang Kampar Provinsi Riau. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 15, 1: 25-38
- Siagian, M. (2018). Pengaruh budidaya keramba jaring apung terhadap struktur komunitas perifiton pada substrat yang berbeda di sekitar DAM Site Waduk PLTA Koto Panjang Kampar Riau. *Jurnal Akuatika Indonesia*. 3,1: 26-35.
- Supartiwi, E.N. (2000). *Karakteristik komunitas fitoplankton dan perifiton sebagai indikator kualitas lingkungan Sungai Ciujung, Jawa Barat*. Institut Pertanian Bogor.
- Stevenson, R. J., Y. Pan, K. M. Manoylov, C. A. Parker, D. P. Larsen & A. T. Herlihy. (2008). Development of diatom indicators of ecological conditions for streams of the western US. *Journal of the North American Benthological Society* 27: 1000–1016.
- Tavernini S, Nizzoli D, Rossetti G, Viaroli. (2009). Trophic state and seasonal dynamics of phytoplankton communities in two sand-pit lakes at different successional stages. *J. Limnol.* 68 (2): 217-228
- Telaumbamia, Victor B. Alexander T, Suryani A. (2013). *Produktivitas primer perifiton di Sungai Nobursahan Sumatera Utara*. Fakultas Pertanian. Univ Sumatera Utara : Medan