



Struktur Komunitas Fitoplankton pada Budidaya Ikan Koi (*Cyprinus Rubrosfuscus*) dalam Sistem Vertiqua Menggunakan Biofikal Filter Atas

M Yasa^{1*}, Ujang Dindin², Neneng Nurbaeti³
¹⁻³Universitas Muhammadiyah Sukabumi, Indonesia

Alamat: Jl. R. Syamsudin, S.H. No. 50, Cikole, Kec. Cikole, Kota Sukabumi, Jawa Barat 43113

Korespondensi penulis: myasa23@ummi.ac.id*

Abstract. *Vertiqua biofical top filter is a cultivation technique with a recirculation system that utilizes limited land. Vertiqua is a solution for cultivation. When cultivating koi fish in vertiqua, the feed capacity increases and there is a high nutrient load so that the waters are easily polluted, therefore the presence of an upper biophysical filter can reduce pollution. This is important to study, especially the structure of the phytoplankton community because it is one of the biological indicators of ponds in koi fish cultivation. This research was carried out for 6 weeks in Sindangpalay Ciberem Sukabumi. The research was carried out by taking phytoplankton in the vertiqua at intervals of once every 2 weeks. The data analysis in this research is abundance, diversity, uniformity and dominance. During the research results obtained were abundance 636-673, diversity 2.6, uniformity 0.9, and dominance 0.01. The water quality studied was ammonia, nitrate, nitrite, phosphate, pH, DO, turbidity and temperature. These waters are stable and healthy, which is a positive indicator to support fish farming activities. The water quality in Vertiqua is classified as good and the ecosystem is balanced, these waters are ideal for supporting the productivity and health of farmed fish.*

Keywords: *Vertiqua; Water Quality; Phytoplankton; Community Structure; Biological Filter .*

Abstrak. Vertiqua biofikal filter atas merupakan teknik budidaya dengan sistem resirkulasi memanfaatkan lahan yang terbatas vertiqua menjadi solusi untuk budidaya. Pada budidaya ikan koi di vertiqua kapasitas pakan meningkat dan adanya beban nutrisi yang tinggi sehingga perairan mudah tercemar oleh karena itu dengan adanya biofikal filter atas bisa mengurangi pencemaran. Hal ini penting untuk dikaji khususnya pada struktur komunitas fitoplankton karena menjadi salah satu indikator biologis kolam pada budidaya ikan koi. Penelitian ini dilaksanakan selama 6 minggu di sindangpalay ciberem sukabumi. Penelitian dilakukan dengan mengambil fitoplankton di vertiqua dengan interval waktu 2 minggu sekali. Analisis data yang pada penelitian ini yaitu kelimpahan, keanekaragaman, keseragaman, dan dominansi. Selama penelitian didapatkan hasil kelimpahan 636-673, keanekaragaman 2.6, keseragaman 0.9, dan dominansi 0.01. Kualitas air yang diteliti yaitu amonia, nitrat, nitrit, fosfat, pH, DO, kekeruhan, dan suhu. perairan tersebut stabil dan sehat, yang merupakan indikator positif untuk mendukung kegiatan budidaya ikan. Kualitas air di Vertiqua tergolong baik dan ekosistem yang seimbang, perairan ini ideal untuk mendukung produktivitas dan kesehatan ikan yang dibudidayakan.

Katakunci: Vertiqua; kualitas air; fitoplankton; struktur komunitas; biofikal filter

1. LATAR BELAKANG

Vertiqua biofikal filter atas merupakan teknik budidaya dengan sistem resirkulasi yang memanfaatkan lahan terbatas dan menjadi solusi untuk budidaya. Penumpukan nutrisi oleh sisa pakan, proses dekomposisi, dan buangan feses, menyebabkan tercemarnya perairan, oleh karena itu biofikal filter atas menjadi solusi untuk mengurangi pencemaran nutrisi. Fitoplankton merupakan organisme perairan yang keberadaannya akan terpengaruh oleh perubahan kualitas air (Muhtadi 2017). Fitoplankton bisa menjadi indikator sebuah perairan dengan melihat bagaimana struktur komunitas yang ada pada perairan.

Struktur komunitas adalah istilah ekologis untuk menunjukkan organisme apa yang ada di lingkungan tertentu, dalam jumlah apa, dan bagaimana mereka saling berhubungan. Pola penyebaran dan struktur komunitas fitoplankton dalam suatu perairan dapat dipakai sebagai salah satu indikator biologi dalam menentukan perubahan kondisi suatu perairan. Struktur komunitas, mempunyai beberapa indeks ekologi yang meliputi indeks keanekaragaman, indeks pemerataan dan dominansi. Ketiga indeks ini saling berkaitan saling dan mempengaruhi (Latuconsina, 2016).

Vertiqua merupakan solusi baru dalam sistem akuakultur. Filterisasi menggunakan biofikal filter atas diharapkan mampu menjaga perairan sehat dan stabil. Hal ini berkaitan dengan struktur komunitas fitoplankton karena bisa menjadi indikator perairan sehingga perlu dianalisis untuk mengetahui struktur komunitas fitoplankton pada budidaya ikan koi menggunakan sistem vertiqua biofikal filter atas.

2. KAJIAN TEORITIS

Klasifikasi dan Morfologi Fitoplankton

Fitoplankton

Menurut Nontji (2006), fitoplankton mengandung klorofil yang mampu melakukan fotosintesis untuk mengubah zat anorganik menjadi zat organik, oleh karena itu fitoplankton berperan sebagai produsen. Keberadaan fitoplankton yang tinggi pada ekosistem menunjukkan bahwa kualitas airnya baik dan sebaliknya kelimpahan fitoplankton yang rendah menunjukkan bahwa air tersebut steril (Priambodo, 2015).

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kehidupan Fitoplankton

Parameter Fisik

Suhu

Suhu air merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi dalam produktivitas perairan. Suhu memberikan efek bertahap terhadap pertumbuhan fitoplankton, dan suhu ideal untuk fitoplankton adalah 20–30 °C (Yazwar, 2008). Menurut Effendi (2003) kisaran suhu 20–30°C merupakan suhu optimal untuk pertumbuhan fitoplankton. Menurut SNI 8037. 1: 2014, kisaran suhu berkisar 28–33°C.

Parameter Kimia

Dissolved Oxygen

Oksigen terlarut merupakan salah satu parameter dasar yang berkaitan erat dengan perilaku fitoplankton. Komponen utama yang dibutuhkan dalam perairan untuk melakukan

respirasi. Fitoplankton tidak hanya menghasilkan bahan organik tetapi juga mengubah lingkungan tempat tinggalnya.

Fitoplankton sebagai penyuplai oksigen melalui proses respirasi fotosintesis pada siang hari, namun menggunakan oksigen untuk respirasi pada malam hari (Efendi, 2003). Di 5mg/L, oksigen terlarut yang layak bagi kehidupan fitoplankton.

Mealik (2010) berpendapat bahwa berkurangnya kadar oksigen di udara membuat organisme yang bergantung pada oksigen khususnya fitoplankton lebih rentan. Kehadiran oksigen dapat mengurangi sebaran fitoplankton. Sebagai tolak ukur kualitas air dalam budidaya, menurut SNI 8037. 1: 2014, kandungan oksigen didefinisikan 4 mg/L atau lebih.

pH (Potential of Hydrogen)

Nilai pH perairan adalah salah satu faktor kimia yang cukup penting dalam mengontrol kestabilan atau keseimbangan perairan (Simanjuntak, 2009). Perbedaan nilai pH dalam suatu perairan sangat mempengaruhi biota akuatik. Tinggi rendahnya nilai pH juga sangat menentukan keberadaan atau dominasi fitoplankton yang selanjutnya mempengaruhi tingkat produktivitas primer suatu perairan (Megawati, Yusuf, & Maslukah, 2014).

Menurut Supono (2018), pH adalah logaritme negatif dari konsentrasi hidrogen yang memiliki skala 0 hingga 14. Nilai pH menunjukkan bahwa perairan netral, asam atau basa. Apabila pH berada di bawah 7 artinya perairan itu asam, tetapi jika pH di atas 7 artinya perairan tersebut basa.

Nutrien

Nutrien merupakan parameter kualitas air kimia yang banyak manfaatnya bagi perairan terutama fitoplankton. Jenis nutrisi pada perairan yang diperlukan untuk fotosintesis seperti nitrogen dan fosfat.

Nitrogen (N)

Nitrogen merupakan unsur yang penting bagi makhluk hidup, khususnya Fitoplankton. Unsur nitrogen termasuk salah satu komponen penyusun protein dan berperan dalam proses fotosintesis (Leghari *et al.*, 2016).

Menurut Setyowati dkk (2016), senyawa nitrogen (nitrit, nitrat dan amonia) di perairan secara alami berasal dari metabolisme organisme perairan dan dekomposisi bahan-bahan organik oleh bakteri. Selain itu, nitrit dan nitrat di alam dapat dihasilkan secara alami maupun dari aktivitas manusia. Sumber alami nitrit dan nitrat adalah siklus nitrogen Fitoplankton memanfaatkan nitrogen dalam berbagai bentuk (amonia, nitrit, nitrat) untuk melakukan fotosintesis dan membangun struktur sel mereka.

Nitrogen terlibat dalam siklus nitrogen yang melibatkan beberapa tahap, termasuk amonifikasi, nitrifikasi, dan denitrifikasi.

- Ammonifikasi: Sisa-sisa organik dan limbah ikan diubah menjadi amonia (NH_3) oleh bakteri.
- Nitrifikasi: Amonia diubah menjadi nitrit (NO_2^-) oleh bakteri nitrifikasi dan kemudian menjadi nitrat (NO_3^-) oleh bakteri nitrifikasi lainnya.
- Denitrifikasi: Nitrat diubah kembali menjadi nitrogen gas (N_2) oleh bakteri denitrifikasi.

Siklus nitrogen yang baik membantu menjaga keseimbangan ekosistem akuatik. Ketidakseimbangan dalam siklus nitrogen dapat menyebabkan perubahan terhadap kelimpahan fitoplankton, komposisi spesies, dan struktur trofik dalam ekosistem perairan. Nilai standar nitrit bagi budidaya menurut SNI 01 7246 2006 berkisar 0,1 mg/L, dan Amonia berada pada nilai 0,1 mg/L.

Aspek Biologi

Kelimpahan

Kelimpahan adalah gambaran jumlah sel per satuan luas (Fachrul, 2007). Kelimpahan fitoplankton menunjukkan jumlah sel fitoplankton per satuan volume air yang biasanya dinyatakan dengan sel per liter air.

Indeks Keanekaragaman

Indeks keanekaragaman diartikan sebagai suatu gambaran secara matematik tentang jumlah jenis suatu organisme dalam populasi (Kaswadji, 1976). Indeks keanekaragaman untuk memudahkan dalam menganalisis informasi yang didapat mengenai jumlah jenis suatu organisme. Cara yang paling mudah untuk menyatakan indeks keanekaragaman yaitu dengan menentukan presentase komposisi dari jenis di dalam sampel.

Indeks keanekaragaman dapat diketahui dari banyaknya spesies organisme yang terdapat dalam suatu sampel. Semakin banyak spesies yang terdapat dalam suatu sampel, maka berarti semakin besar keanekaragaman, meskipun nilai ini juga sangat tergantung dari jumlah total sel masing-masing spesies. Keanekaragaman suatu spesies dinyatakan dalam indeks keanekaragaman. Nilai keanekaragaman spesies yang tinggi biasanya dipakai sebagai petunjuk lingkungan yang nyaman dan stabil sedangkan nilai yang rendah menunjukkan lingkungan yang menyesak dan berubah-ubah (Nybakken, 2005).

Indeks Keseragaman

Indeks keseragaman digunakan untuk mengetahui keseimbangan komunitas yang dilihat dari ukuran kesamaan jumlah sel antar spesies dalam suatu komunitas. Semakin sama jumlah sel antar spesies atau semakin merata penyebarannya maka berarti semakin besar taraf keseimbangan. Indeks keseragaman dihitung dengan rumus Evenness Indeks (Odum, 1971).

Indeks Dominansi

Indeks dominansi digunakan untuk melihat sejauh mana suatu kelompok organisme mendominasi kelompok organisme lain. Dominasi yang besar akan mengarah pada kecenderungan adanya spesies tertentu yang mendominasi (Insafitri, 2010).

3. METODE PENELITIAN

Waktu dan tempat

Penelitian dilakukan selama 6 (enam) minggu yang dilaksanakan pada bulan Maret sampai April 2024 di desa Ciberem, kecamatan Baros. Pengamatan sampel fitoplankton diidentifikasi di *Laboratorium Bioekologi* UMMI. Sedangkan untuk pengujian Kualitas air di IPB dan LABKESDA.

Alat dan bahan

Alat dan bahan yang dipergunakan dalam kegiatan penelitian dikelompokkan menjadi tiga yaitu untuk kegiatan sampling dan kegiatan pengidentifikasian (tabel 1.1).

Tabel 1 tabel alat dan bahan penelitian

Alat	Keterangan
A. Pembuatan vertiqua	
Persiapan Vertiqua	Drum Plastik 200 L sebanyak 3 buah, mesin gerinda, gergaji besi, dan 3 aerator batre
Persiapan Filter	Ember 20 L, pipa ½ inch, pipa 1 inch, Letter T ½ inch, Letter L 1 inch, dan dop pipa 1/2 inch, pompa 1500 psi
B. pengambilan sample fitoplankton	
fitoplankton net 25µ	Menyaring fitoplankton
Gayung	Mengambil air
Botol sample	Wadah sample fitoplankton
Coolbox	Menyimpan sampel
pH meter digital	Pengukuran Ph
DO meter	Pengukuran DO
Termometer digital	Pengukuran suhu
C. Kegiatan Identifikasi	
Mikroskop	Alat identifikasi
SRRC	Wadah sample pengamatan
Coverglass	Penutup wadah sample
Pipet tetes	Mengambil sample dari botol sample
Gelas ukur	Mengukur volume botol sample
Buku identifikasi	Panduan untuk identifikasi

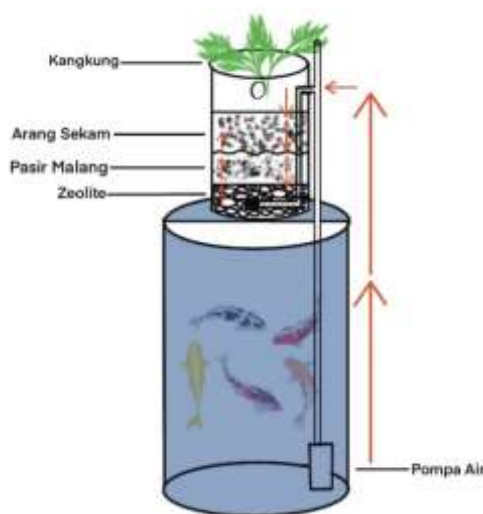
BAHAN	
Air sample	Bahan uji
Sample ikan koi	200 tebar
sampel fitoplankton	Bahan identifikasi
Lugol	Mengawetkan sample
Kangkung sebanyak 300gram/netpot, Arang sekam 1 kg, pasir malang 2,5 kg, zeolite 2,5 kg	Bahan untuk biofikal filter atas

Prosedur Penelitian

Penelitian menggunakan media budidaya berupa vertiqua yang berjumlah 3(tiga) buah yang dilengkapi dengan biofilter. Media biofilter menggunakan kangkung, sedangkan jenis ikan yang digunakan adalah ikan koi dengan kepadatan tebar benih 200 ekor/m.

Desain Vertiqua dengan Menggunakan Biofikal Filter Atas

Vertiqua dengan menggunakan biofikal filter atas didesain menggunakan drum 200 L dan ember 20 L. Drum berfungsi untuk menampung ikan untuk budidaya dan ember berfungsi sebagai media filter. Bahan filter yang digunakan yaitu, zeolite, pasir malang, arang sekam, dan kangkung. Desain vertiqua dengan menggunakan filter biofikal atas dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 1 Desain vertiqua

Pembuatan Filter Biofikal Atas

Ember 20 L digunakan sebagai media filter diletakkan di bagian atas drum budidaya. Bagian sisi ember diberi lubang sebesar pipa 1 inch untuk masuknya air dari drum kemedial filter. Langkah berikutnya untuk bagian atas tengah ember dilubangi menggunakan bor sebesar ukuran pipa 4 inch untuk kembalinya air yang sudah terfilter. Media filter yang digunakan yaitu, batu kerikil/split, pasir malang, arang sekam, dan kangkung.

Instalasi Air

Posisi water pump diletakkan di dalam drum bagian bawah dan pipa 1inch sepanjang 1,30 M disambungkan ke water pump. Air dari media budidaya ditarik oleh water pump melewati biofikal filter untuk selanjutnya dialirkan kembali ke dalam drum budidaya.

Instalasi Biofikal Filter Atas

1. Penyimpanan Batu Zeolit

Batu zeolite yang telah dicuci bersih disimpan pada bagian paling bawah ember sampai menutupi bagian pipa yang akan menjadi tempat masuknya air. Hal ini bertujuan untuk menyaring feses, sisa pakan, dan penyebaran air.

2. Penyimpanan Pasir Malang

Pasir malang diletakkan di bagian atas batu zeolite setinggi 20cm. Sebelum digunakan, pasir malang dicuci terlebih dahulu hingga bersih. Kemudian pasir malang dibungkus oleh kain puring, hal ini bertujuan agar pasir malang tidak menyebar ke celah-celah batu kerikil atau split. Pasir malang berfungsi untuk menyaring kotoran yang lebih kecil.

3. Penyimpanan Arang Sekam

Arang sekam yang telah siap digunakan diletakkan di atas pasir malang. Arang sekam dibungkus terlebih dahulu menggunakan kain puring kemudian dibagian atas arang sekam diberikan batu kerikil sebagai pemberat agar arang sekam tidak mengapung ke atas. Arang sekam bertujuan untuk membantu proses pertumbuhan kangkung sehingga penyerapan ammonia dapat dilakukan secara efektif.

4. Penyimpanan Kangkung

Kangkung sebanyak 300gram/netpot yang sudah disortir kemudian disebar ke setiap bagian tutup ember cat yang telah dilubangi. Hal ini bertujuan agar tanaman kangkung menyerap ammonia sebelum air kembali ke dalam bak pemeliharaan ikan.

5. Penebaran Ikan Koi

Ikan koi dengan ukuran 3 – 5 cm sebanyak 200 ekor ditebar ke dalam Vertiqua yang telah diuji. Sebelum ditebar ke dalam drum, ikan diukur panjang dan bobot awalnya. Pemeliharaan dilakukan selama 42 hari.

6. Pemberian Pakan

Pakan yang akan digunakan yaitu Megami sesuai bukaan mulut ikan. Pemberian pakan dilakukan sebanyak 5× sehari, pemberian pakan menggunakan metode *ad satiation*. Metode *ad satiation* adalah metode pemberian pakan ikan dan berhenti ketika ikan sudah kenyang.

Pengukuran kualitas air

Pengukuran kualitas air dilakukan selama 6 minggu budidaya ikan koi dengan parameter kualitas air fisika, kimia, dan biologi. Pengukuran dilakukan secara insitu dan eksitu (Tabel 2), jumlah sample air yang diambil untuk pengujian kualitas air sebanyak 300ml.

Table 1 Pengukuran parameter kualitas air

Parameter kualitas air	Satuan	Metode pengukuran
Suhu	°C	Insitu
Dissolved Oxygen	mg/L	
pH	-	
Kekeruhan	NTU	Exsitu
Nitrogen	Mg/L	
Fosfat	Mg/L	

Pengambilan sampel fitoplankton

Pengambilan sampel dilakukan sebanyak empat kali dengan interval waktu 2 minggu sekali. Sampel fitoplankton diambil dengan cara menyaring sebanyak 50 liter air pada setiap vertiqua. Penyaringan menggunakan plankton net berukuran 25 μ , kemudian dimasukkan kedalam botol sampel dan diberikan pengawetan berupa lugol. Tahap selanjutnya sampel disimpan didalam *coolbox* dibawa menuju laboratorium untuk dianalisis.

Identifikasi sampel fitoplankton

Sampel yang ada dalam botol dikocok dengan perlahan, sampel tersebut diambil dengan pipet tetes dan sampel diteteskan 20 tetes atau setara dengan 1 ml kedalam alat SRCC, kemudian sampel ditutup dengan *coverglass* dan diamati secara merata menggunakan teknik sapuan dengan lensa 10/0.25 dan 160/0,17.

Kegiatan identifikasi dilakukan dengan menggunakan buku identifikasi fitoplankton *Guide to the Study of Fresh-water Biology*, karya James G. Needham dan Paul R. Needham. Identifikasi fitoplankton dengan cara mencocokkan ciri-ciri yang tampak jelas pada obyek hasil pengamatan dengan ciri-ciri suatu spesies tertentu pada buku panduan identifikasi.

Analisis Data

Deskriptif

Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini ialah metode deskriptif kuantitatif dari hasil *experiment*. Menurut Ramadhan (2021), penelitian metode deskriptif yaitu menggambarkan suatu hasil penelitian yang memberikan gambaran, deskripsi, penjelasan, dan validasi mengenai fenomena yang diteliti. Data yang diperoleh akan disajikan dengan tabel *microsoft excel*, grafik, dan narasi.

Ada beberapa data yang dikumpulkan antara lain:

- 1) Parameter kualitas air
- 2) Data sampling fitoplankton

Rumus perhitungan sampling

Pada penelitian ini, data fitoplankton dihitung dengan menggunakan rumus struktur komunitas fitoplankton diketahui melalui kelimpahan, Indeks Keanekaragaman jenis (H'), Indeks Keseragaman (E) dan Indeks dominansi (C) spesies (Odum, 1993).

Kelimpahan

Kelimpahan fitoplankton dinyatakan secara kuantitatif dalam jumlah sel/l (Rimper, 2002). Kelimpahan dihitung berdasarkan rumus:

$$N = n \times (V_r/V_o) \times (1/V_s)$$

Keterangan :

N = Jumlah sel/l

n = Jumlah sel yang diamati

V_r = Volume air tersaring (ml)

V_o = Volume air yang diamati (ml)

V_s = Volume air yang disaring (l)

Indeks Keanekaragaman (H')

Untuk menghitung Indeks Keanekaragaman jenis ditentukan dengan indeks Shanon-Wiever (H') (Odum, 1993) adalah

$$H' = \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Keterangan :

H' = Indeks Keanekaragaman jenis

$P_i = n_i/N$

n_i = jumlah sel spesies ke- i

N = Jumlah total sel

S = Jumlah spesies yang ditemukan

Kriteria indeks keanekaragaman dibagi dalam 3 kategori yaitu :

$H' < 1$: Keanekaragaman jenis dan kestabilan komunitas rendah.

$1 < H' < 3$: Keanekaragaman jenis dan kestabilan komunitas sedang.

$H' > 3$: Keanekaragaman jenis dan kestabilan komunitas tinggi.

Indeks Keseragaman (E)

Keseimbangan komunitas digunakan indeks keseragaman, yaitu ukuran kesamaan jumlah sel antar spesies dalam suatu komunitas. Rumus indeks keseragaman (E) diperoleh dari:

$$E = \frac{H'}{H'_{Max}}$$

Keterangan :

E = Indeks Keseragaman

H' = Indeks Keanekaragaman

H' max = Ln . S

S = Jumlah spesies indeks

Keseragaman berkisar antara 0 - 1. Apabila nilai mendekati 1 sebaran sel antar jenis merata. Nilai E mendekati 0 apabila sebaran sel antar jenis tidak merata atau ada jenis tertentu yang dominan. Semakin kecil nilai indeks keanekaragaman (H') maka indeks keseragaman (E) juga akan semakin kecil, yang mengisyaratkan adanya dominansi suatu spesies terhadap spesies lain.

Indeks Dominansi (C)

Indeks dominansi (C) digunakan untuk mengetahui sejauh mana suatu kelompok biota mendominasi kelompok lain. Dominansi yang cukup besar akan mengarah pada komunitas yang labil maupun tertekan. Dominansi ini diperoleh

Dengan kisaran : $0 < C < 0,5$ = Tidak ada jenis

$$C = \sum_{i=1}^n \left(\frac{n_i}{N}\right)^2$$

Keterangan :

C = Indeks Dominansi

n_i = Jumlah sel ke-i

N = Jumlah total sel

yang mendominasi

$0,5 > C > 1$ = Terdapat jenis yang mendominasi

Semakin besar nilai indeks dominansi (C), maka semakin besar pula kecenderungan adanya jenis tertentu yang mendominasi.

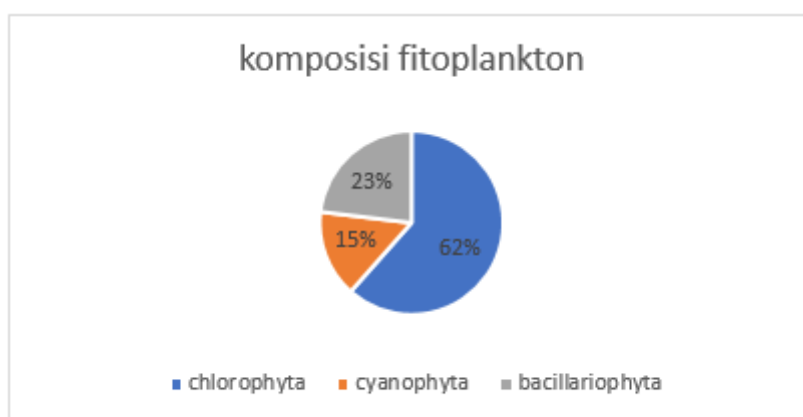
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Fitoplankton

Berdasar hasil pengamatan dan identifikasi sampel pada tiga media vertiqua ditemukan tiga kelas yaitu *Cyanophyta*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta* (gambar 4.1). Persentase jumlah jenis fitoplankton terbanyak merupakan dari kelas *chlorophyta* dengan nilai 62%, selanjutnya *bacillariophyta* 23%, dan paling sedikit jenisnya adalah *cyanophyta* dengan nilai 15% (gambar 4.1).

Tabel 3 Komposisi Fitoplankton di Vertiqua

Kelas	Genera
CHLOROPHYTA	<i>Pediastrum, Prasiola, Mougeotia, Spirogyra, Ankistodermus, Microspora, Characium, Ulhotrix, Oedogonium, Tetraspora, Tribonema Gonatozygon, Closterium, Netrium, Docidium, Penium</i>
BACILLARIOPHYTA	<i>Melosira, Cylotella, Nitzschia, Synedra, Navicula, Diatoma</i>
CYANOPHYTA	<i>Phormidium Sp, Polycystis, Coelosphaerium, Aphanocapsa</i>

**Gambar 2 komposisi fitoplankton**

Fitoplankton yang ditemukan di vertiqua memperlihatkan persentase terbanyak adalah *chlorophyta* pada tabel 4.2 dengan jumlah 1164. *Chlorophyta* hidup di air tawar dan ditemukan pada vertiqua yang perairannya tawar. Hal ini didukung oleh pendapat Prescott (1975) Chlorophyta merupakan salah satu kelompok alga yang terbesar dengan keanekaragaman jenis yang tinggi, kelimpahan besar, serta distribusi luas dan ditemui diberbagai kondisi perairan, mulai perairan tawar sampai laut. Kasim (2016). Vertiqua dengan intensitas cahaya yang bervariasi dan juga perairan yang dangkal membuat produktifitas perairan lebih cepat.

Chlorophyta merupakan kelompok yang dominan dari kelas lain dan hidup Pada perairan yang dangkal serta intensitas cahaya yang bervariasi., menyebar sangat luas di perairan, pada perairan tawar. Chlorophyta juga memiliki klorofil yang berperan dalam fotosintesis yang menghasilkan bahan organik dan oksigen terlarut yang digunakan sebagai dasar mata rantai pada siklus makanan di perairan (Sastrawijaya, 2009).

Secara umum, komposisi fitoplankton yang didapat didominasi oleh kelompok Chlorophyta (alga hijau) dan diikuti oleh kelompok *bacillariophyta* (diatoms). Biasanya kelompok Chlorophyta mudah ditemukan pada komunitas fitoplankton di perairan tawar (Garno, 2008).

Kelimpahan Fitoplankton

Berdasarkan pengamatan, kelimpahan fitoplankton yang didapatkan pada minggu pertama di vertiqua 1,2, dan 3 didapatkan 26 genera dari 3 kelas (Tabel 4.2).

Tabel 4. Kelimpahan fitoplankton

No	Spesies	Jumlah Sel/Liter			Jumlah
		V1	V2	V3	
Chlorophyta					
1	<i>Pediastrum</i>	55	36	47	138
2	<i>Mougeotia</i>	58	72	58	188
3	<i>Spirogyra</i>	22	23	14	59
4	<i>Ankistodermus</i>	0	6	5	11
5	<i>Microspora</i>	20	16	15	50
6	<i>Characium</i>	14	6	14	35
7	<i>Ulothrix</i>	17	14	5	36
8	<i>Oedogonium</i>	4	18	6	28
9	<i>Tetraspora</i>	18	36	55	109
10	<i>Prasiola</i>	60	61	66	188
11	<i>Tribonema</i>	12	14	12	38
12	<i>Gonatozygon</i>	43	42	49	133
13	<i>Closterium</i>	28	14	30	72
14	<i>Netrium</i>	5	6	8	20
15	<i>Docidium</i>	14	11	11	36
16	<i>Venium</i>	9	7	7	23
Total		379	383	403	1164
Bacillariophyta					
1	<i>Melosira</i>	40	41	36	116
2	<i>Cylotella</i>	11	12	12	35
3	<i>Nitzschia</i>	49	56	57	163
4	<i>Synedra</i>	17	22	22	60
5	<i>Navicula</i>	0	0	8	8
6	<i>Diatoma</i>	0	18	0	18
Total		117	149	136	401
Cyanophyta					
1	<i>Phormidium</i>	35	36	43	114
2	<i>Polycystis</i>	25	30	28	82
3	<i>Coelosphaerium</i>	53	40	36	129
4	<i>Aphanocapsa</i>	28	37	17	81
Total		149	142	114	405
Total Sel/Liter		645	673	653	1970

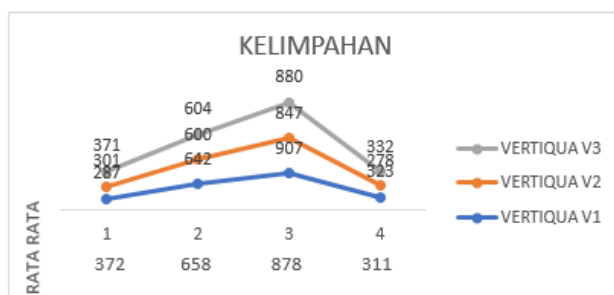
Kelimpahan fitoplankton pada vertiqua selama enam minggu dengan interval waktu dua minggu sekali menunjukkan kelimpahan yang tidak jauh berbeda berkisar antara 636 – 673 sel/L. Berdasarkan total kelimpahan fitoplankton secara keseluruhan pada vertiqua tergolong ke dalam kategori oligotrofik (rendah). Perairan oligotrofik merupakan perairan dengan tingkat kelimpahan fitoplankton yang rendah (Ikhsan *et al.*, 2020). Kelimpahan fitoplankton yang kesuburannya berkisar 0-2000 sel/l mengindikasikan kesuburan perairan rendah (Dewi *et al.* (2023). Rendahnya kelimpahan nilai fitoplankton yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti pengaruh arus filter, Suprianto (2022) menyatakan bahwa, rendahnya kelimpahan fitoplankton disuatu perairan juga disebabkan oleh adanya pengaruh arus. Arus yang ada pada vertiqua yaitu

adanya resirkulasi yang masuk pada biofikal filter sehingga adanya proses filterisasi sehingga nutrien yang ada pada perairan disaring dan diserap oleh sebagai biofilter.

Spesies fitoplankton terbanyak ditemui yaitu meugotia. *Mougeotia sp.* adalah alga hijau filamen yang termasuk dalam kelas Zygnematophyceae dan filum Chlorophyta, yang umumnya ditemukan di perairan tawar seperti kolam, danau, dan sungai (Wehr *et al.*, 2015, Academic Press). Alga ini memiliki filamen yang tidak bercabang dan terdiri dari sel-sel silinder panjang dengan kloroplas berbentuk pita yang dapat bergerak di dalam sel untuk mengoptimalkan penyerapan cahaya. Kemampuan ini memungkinkan *Mougeotia* beradaptasi dengan intensitas cahaya yang bervariasi di lingkungannya. (Graham *et al.*, 2009, Benjamin Cummings).

Kehadirannya di perairan oligotrofik hingga mesotrofik menjadikannya indikator penting kualitas air. Sebagai produsen primer, *Mougeotia* berperan penting dalam rantai makanan ekosistem perairan tawar, berkontribusi terhadap produksi oksigen dan bahan organik melalui fotosintesis (Kim & Park, 2007,).

Hasil dari perhitungan kelimpahan minggu ke satu sampai enam yang disajikan tabel 4.2 menunjukkan total kelimpahan diseluruh vertiqua yaitu antara 278–907 sel/L. Pada minggu awal sampai minggu keempat menunjukkan adanya kenaikan kelimpahan fitoplankton tetapi pada minggu keenam terjadi penurunan.



Gambar 3 kelimpahan fitoplankton

Kelimpahan fitoplankton pada pengambilan pertama diawal minggu sampai pengambilan ke empat di minggu keenam menunjukkan adanya kenaikan hal itu disebabkan karena naiknya unsur hara pada setiap minggunya. Biomassa fitoplankton akan meningkat karena kebutuhan yang diperlukan oleh fitoplankton untuk melakukan proses metabolisme tercukupi. Dinamika kelimpahan dan struktur komunitas fitoplankton terutama dipengaruhi oleh faktor fisika dan kimia. Menurut Chu dalam Patty (2015:47), pertumbuhan organisme terutama fitoplankton dengan pesat dapat menyebabkan eutrofik jika nitrogennya lebih besar dari baku mutu maka dapat mencemari perairan.

Biofikal filter atas pada kondisi ini menjadi pembatas nutrisi sehingga kelimpahan fitoplankton tidak bertumbuh dengan cepat dan menyebabkan eutrofik. Eutrofikasi ialah pencemaran air yang disebabkan oleh munculnya nutrisi yang berlebihan ke dalam ekosistem air yang berakibat tidak terkontrolnya pertumbuhan fitoplankton dan tumbuhan air (Simbolon, 2016). Peningkatan kadar bahan organik ditandai dengan terjadinya peningkatan fitoplankton dan tumbuhnya tanaman air yang meningkat (blooming algae).

Pengambilan keempat di minggu enam mengalami penurunan dengan nilai rata-rata 311 sel/l. Hal ini disebabkan semakin besarnya biomassa kangkung yaitu (1.3 kg) yang ada pada biofikal filter sehingga nutrisi yang ada pada perairan vertiqua lebih cepat diserap dibandingkan dengan fitoplankton. Kandungan nutrisi yang dimanfaatkan oleh fitoplankton untuk fotosintesis terbagi dengan penyerapan oleh tumbuhan air kangkung. Hal ini diperkuat oleh (Darmawan et al., 2020) limbah nitrogen pada budidaya ikan dapat dikurangi dengan cara diserap oleh akar tanaman sebagai sumber unsur hara. Kangkung lebih efisien dalam memanfaatkan hara (Rini, 2018), seperti nitrogen dan fosfor untuk pertumbuhannya (Effendi, 2015).

Selain pengaruh dari biofikal filter atas kelimpahan fitoplankton pada minggu 6 juga disebabkan oleh zooplankton sehingga fitoplankton mengalami penurunan. Menurut Umar (2002), fitoplankton dan zooplankton memiliki kedekatan hubungan ekologi yaitu pemangsaan. Selain adanya pemangsaan

Struktur komunitas fitoplankton

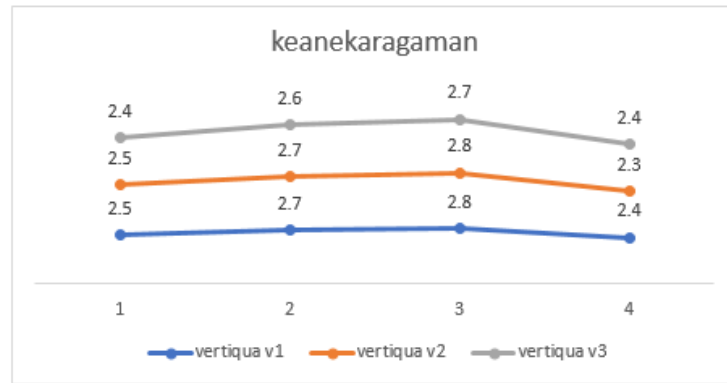
Berdasarkan tabel di atas Indeks Shannon Winner, Minggu 1 yang meliputi nilai Indeks Dominansi (D), Indeks Keseragaman (E) dan Indeks Keanekaragaman (H'). Nilai rata-rata dari minggu 1-6, indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominansi disajikan pada tabel 4.3.

Tabel 5 struktur komunitas fitoplankton

INDEKS	V1	V2	V3
H'	2.6±0.19	2.6±0.2	2.6±0.13
E'	0.9±0.03	0.9±0.02	0.9±0.03
D	0.1±0.03	0.1±0.02	0.1±0.02

Indeks keanekaragaman

Indeks keanekaragaman fitoplankton menunjukkan bahwa setiap vertiqua memiliki keanekaragaman berkisar antara 2.2 – 2.8. Perbedaan nilai yang tidak sama diduga berbedanya setiap unsur hara yang ada pada setiap vertiqua. Hal tersebut didasarkan pada pernyataan (Odum, 1993) Kriteria indeks keanekaragaman yaitu : $H > 2$ Keanekaragaman jenis dan kestabilan komunitas sedang.



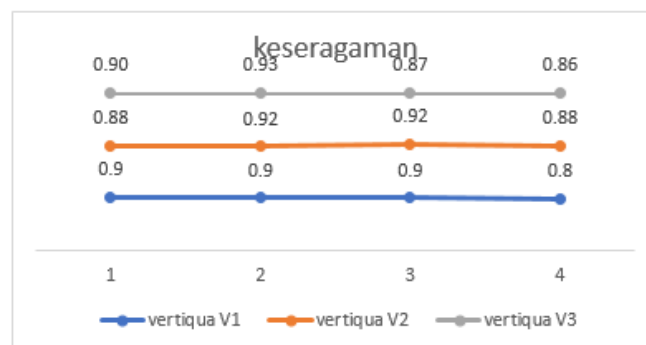
Gambar 4. Grafik keanekaragaman fitoplankton

Nilai keanekaragaman sedang juga dapat dipengaruhi oleh biofical filter atas yang mampu mengurangi nitrogen berlebih sehingga pola penyebaran nutrisi bisa diserap oleh fitoplankton dengan merata. Fitoplankton pada keanekaragaman sedang bisa beradaptasi dengan lingkungan. (Apriadi *et al.*,2018)

Total nilai Indeks Keanekaragaman berdasarkan metode ShannonWiener (H') selama pengamatan dengan nilai rata-rata 2,6 (tabel 4.3) yang berarti bahwa kondisi perairan di vertiqua sangat baik dan tidak tercemar serta proses biogeokimia yang berjalan baik tidak ada salah satu marga atau jenis fitoplankton yang terlalu mendominasi. Anggota kelompok Chlorophyta dan bacillariophyta mampu berkembang dengan baik, karena pada umumnya anggota kelompok tersebut merupakan jenis yang toleran. Meskipun demikian, ditemukan juga jenis-jenis yang bersifat moderat (Krebs, 1992).

Indeks Keseragaman

Keseragaman dari minggu satu sampai enam bernilai 0.9. Nilai tersebut tergolong tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Odum (1998) menyatakan bahwa nilai indeks keseragaman dari > 0.6 adalah tinggi. Menunjukkan bahwa keseragaman dan kestabilan komunitas sedang sehingga rendahnya dominansi terjadi dengan nilai indeks dominansi 0.7 - 0.10.



Gambar 5 grafik indeks keseragaman

Hal ini dipengaruhi oleh biofikal filter atas yang bisa mengurangi nitrogen terlalu banyak yang ada pada vertiqua sehingga mengontrol populasi fitoplankton yang ada pada vertiqua. Menurut Odum dan Barret (2005) menjelaskan bahwa nilai indeks keseragaman tinggi menunjukkan penyebaran sel merata, dan setiap genus memiliki peluang yang sama untuk memanfaatkan nutrisi seperti nitrat dan fosfat yang tersedia walaupun jumlahnya terbatas. Krebs (2014) menyatakan bahwa semakin keseragaman mendekati nilai 1 maka populasi fitoplankton menunjukkan keseragaman jumlah sel yang merata.

Indeks Dominansi

Menurut Odum (1996) indeks dominansi memiliki 2 kriteria yaitu $0 < C < 0,5$ (tidak ada genus yang mendominasi) dan $0,5 < C < 1$ (ada genus yang mendominasi). Berdasarkan kriteria tersebut maka nilai diatas menunjukkan bahwa indeks dominansi pada minggu awal sampai minggu keenam termasuk tidak ada sel yang mendominasi populasi.



Gambar 6 grafik indeks dominansi

Tingginya indeks dominansi dipengaruhi oleh nutrisi yang tinggi dan lingkungan yang tercemar sehingga memicu suatu sel atau individu mendominasi suatu populasi. Pada kondisi ini indeks dominansi bernilai rata 0.1 termasuk tidak ada yang mendominasi. Hal ini disebabkan adanya biofikal filter atas yang bisa mengurangi nitrogen terlalu banyak yang ada pada vertiqua sehingga tidak adanya species suatu fitoplankton mendominasi.

Parameter Fisika kimia Perairan

Parameter kualitas perairan pada vertiqua disajikan pada tabel 4.4 dengan baku mutu perairan (SNI 7734:2011).

Tabel 6 Pengukuran Parameter Kualitas Air

Parameter	Baku mutu	satuan	Kolam		
			V1	V2	V3
				Kimia	
Dissolved oxygen	Min.5	Mg/l	6,1±0,6	5,9 ± 0,6	5,8 ± 0,5
pH	6,5 - 8	Mg/l	5,2 - 7,7	5,52 - 7,33	5,12 - 7,4
Amoniak	Max.0,02	Mg/l	0,01 ± 0	0,01± 0	0,01± 0
Nitrit	Max.0,2	Mg/l	1,75 ± 3,1	2,74 ± 4,6	2,50 ± 4,7
Nitrat	Max.50	Mg/l	12,9 ± 9,3	15,5 ± 10,5	15,4 ± 11,6
Fosfat	Max 0.1	Mg/l	0.90± 0.26	1.17± 0.51	1.22± 0.46
				Fisika	
Suhu	20-26 °C	°C	25,9 ± 1,5	25,9 ± 1,3	26,0 ± 1,4
Kekeruhan	Max 25	NTU	0±0	0±0	0±0

Dissolved Oxygen

Hasil pengukuran oksigen terlarut disetiap kolam berkisar antara 6,0 – 6,10. Nilai oksigen terlarut yang didapatkan sudah sesuai dengan baku mutu kualitas air untuk budidaya dengan nilai yang dianjurkan yaitu $> 5,0$ mg/L (SNI 7734:2011). Peranan oksigen terlarut dalam budidaya menjadi sangat penting bagi plankton khususnya fitoplankton. Pada vertiqua peranan oksigen terlarut sangat penting karena mempengaruhi ekosistem. Oksigen terlarut dimanfaatkan oleh ikan untuk pernafasan dan dekomposisi bakteri. Fitoplankton adalah produsen utama oksigen dalam perairan. Melalui proses fotosintesis, fitoplankton menggunakan energi matahari, karbon dioksida, dan nutrien lainnya untuk menghasilkan oksigen. Karena mereka berperan dalam produksi oksigen, ketersediaan nutrien dan cahaya matahari adalah faktor penting yang memengaruhi produksi oksigen oleh fitoplankton (Nontji,2007)

pH

pH merupakan derajat keasaman pada perairan yang dapat mempengaruhi kelangsungan hidup bagi fitoplankton. Hasil pengukuran nilai pH pada setiap kolam berkisar antara 6 – 6,2. Hasil pengukuran ini dianggap normal, yang menunjukkan bahwa pH yang dihasilkan pada kolam budidaya ideal berkisar 6 – 8. (SNI 7734:2011). Perubahan pH dapat mempengaruhi komposisi dan kelimpahan komunitas fitoplankton. Beberapa spesies fitoplankton mungkin lebih toleran terhadap perubahan pH dibandingkan spesies lainnya. pH yang ekstrem (terlalu tinggi atau terlalu rendah) dapat memengaruhi pertumbuhan dan aktivitas metabolisme fitoplankton.

Kondisi pH yang tidak sesuai dapat menghambat proses fotosintesis fitoplankton karena fotosintesis memerlukan kondisi pH yang relatif stabil. (Fachrul, 2005) Perubahan pH yang drastis dapat menghambat kemampuan fitoplankton untuk menggunakan karbon dioksida (CO₂) dalam fotosintesis, yang pada akhirnya dapat mengurangi produksi oksigen. (Rahman, 2008).

Amoniak

Amoniak merupakan salah satu limbah pada budidaya yang dihasilkan dari proses metabolisme. Menurut Supono (2018), Amoniak bersumber dari feses dan sisa pakan dengan protein tinggi. Hasil pengukuran amoniak pada kolam budidaya berkisar 0,01 mg/L. Hasil pengukuran ammonium termasuk normal bagi kolam budidaya karena baku mutunya yaitu 0,02 mg/L (SNI 7734:2011). Normalnya Ammonia pada kolam vertiqua disebabkan adanya biologi filter atas yang bisa mengurangi ammonia yang berlebih yang bisa diserap oleh kangkung.

Nitrit

Nitrit merupakan gas nitrogen hasil proses nitrifikasi dari penguraian amonia oleh bakteri pengurai. Hasil pengukuran nitrit pada kolam vertiqua berkisar pada 1.7 – 2.7 mg/L. Nilai yang dianjurkan oleh SNI 7734:2011 adalah > 0,2 mg/L.

Nitrat

Nitrat adalah hasil oksidasi oleh bakteri *Nitrobacter* sp. yang diubah menjadi nitrit yang selanjutnya menjadi nitrat (Aulia, 2018). Hasil pengukuran nitrat pada kolam budidaya berkisar pada 13-15 mg/L. Nilai (SNI 7734:2011) yaitu berkisar 50 mg/L.. Nitrat ini salah satu sumber utama nitrogen yang dibutuhkan oleh fitoplankton untuk pertumbuhan dan fotosintesis. Ketersediaan nitrat yang rendah dapat menghambat pertumbuhan fitoplankton (Rahman, 2008).

Fosfat

Hasil pengukuran fosfat berkisar rata – rata 0,8 – 1,6 mg/L. Nilai fosfat dari hasil pengukuran kolam budidaya melebihi ambang batas baku mutu kualitas air yaitu < 0,1 mg/L (SNI 01-7246-2006). Nilai tersebut diduga berasal dari penumpukan kotoran dari sisa metabolisme dan pakan yang tidak terurai. Peningkatan nilai fosfat dapat disebabkan oleh adanya feses dan sisa pakan yang tidak teraduk dan apabila melebihi nilai normal maka perairan menjadi terlalu subur atau mengalami eutrofikasi (Herlina, 2023).

Suhu

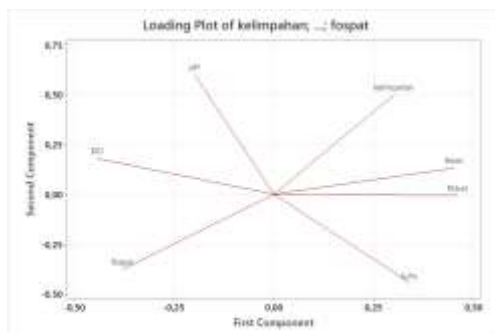
Hasil pengukuran nilai suhu berada pada kisaran dengan rata-rata 23 – 26°C. Nilai suhu yang didapatkan tergolong normal karena masih di ambang nilai baku mutu kualitas air budidaya 20-26 (SNI 7736:2011). Perubahan suhu air dapat mempengaruhi komposisi spesies fitoplankton dalam suatu ekosistem. Beberapa spesies fitoplankton lebih toleran terhadap perubahan suhu rendah atau tinggi daripada yang lain, sehingga perubahan suhu dapat menyebabkan pergeseran dalam komunitas fitoplankton (Hillebrand *et al.*, 2012).

Kekeruhan

Hasil pengukuran kekeruhan di vertiqua bernilai 0 NTU. Hal ini tergolong jernih karena adanya biofikal filter atas yang melakukan filterisasi pada perairan. Kekeruhan perairan dipengaruhi oleh bahan-bahan halus yang melayang-layang dalam air baik berupa bahan organik seperti plankton, jasad renik, detritus maupun berupa bahan anorganik seperti lumpur dan pasir. Kekeruhan diatas 60 NTU mengakibatkan menurunnya oksigen terlarut, dan sinar matahari tidak dapat mencapai dasar kolam.

Korelasi Kualitas Air dan Kelimpahan

Principal Component Analysis (PCA) atau analisis komponen utama merupakan salah satu analisis multivariat yang bertujuan untuk menyederhanakan variabel yang diamati dengan cara menyusutkan dimensinya (Jhonson dan Wichen, 1992). Adapun hasil perhitungan PCA



Gambar 7 hubungan kelimpahan dengan parameter kualitas air

Kelimpahan dalam plot ini tampaknya berkorelasi positif dengan nitrit, nitrat, dan suhu, menunjukkan bahwa kondisi-kondisi yang meningkatkan kelimpahan mungkin terkait dengan ketersediaan nutrien (nitrit dan nitrat) dan suhu yang sesuai. Sebaliknya, kelimpahan tampaknya berkorelasi negatif dengan fosfat. Sementara itu, pH dan oksigen terlarut (DO) tampaknya tidak memiliki hubungan yang signifikan atau langsung dengan kelimpahan dalam konteks komponen utama pertama.

Nitrit dan Nitrat

Hubungan positif dengan kelimpahan: vektor untuk nitrit dan nitrat memiliki arah yang hampir sama dengan kelimpahan, yang menunjukkan bahwa nitrit dan nitrat berkorelasi positif dengan kelimpahan. Artinya, saat konsentrasi nitrit dan nitrat meningkat, kelimpahan juga cenderung meningkat. Ini mungkin menunjukkan bahwa nitrit dan nitrat berperan sebagai nutrien penting yang mendukung kelimpahan organisme dalam perairan.

Suhu

Hubungan Positif dengan Kelimpahan: Vektor suhu juga memiliki arah yang mirip dengan kelimpahan, menunjukkan hubungan positif. Peningkatan suhu mungkin berkorelasi dengan peningkatan kelimpahan, mungkin karena suhu yang lebih tinggi mendukung pertumbuhan dan reproduksi organisme tertentu.

pH

Hubungan Kurang Signifikan dengan Kelimpahan: Vektor pH cenderung lebih dekat dengan sumbu Y (Second Component) dan tidak sejalan dengan kelimpahan. Ini menunjukkan bahwa pH mungkin tidak memiliki hubungan yang signifikan atau langsung dengan kelimpahan

dalam konteks komponen utama pertama. Ph mungkin berperan lebih pada variasi yang dijelaskan oleh komponen kedua.

DO (Dissolved Oxygen/Oksigen Terlarut):

Hubungan Kurang Signifikan dengan Kelimpahan: Seperti ph, vektor DO juga lebih terkait dengan komponen kedua dan tidak menunjukkan hubungan kuat dengan kelimpahan. Ini berarti DO mungkin tidak secara langsung berkorelasi dengan kelimpahan dalam komponen pertama, tetapi bisa jadi berpengaruh dalam konteks variabel lain yang terwakili di komponen kedua.

Fosfat

Meskipun nilai fosfat relatif tinggi, kelimpahan oligotrofik bisa terjadi karena adanya manajemen nutrisi yang efektif dalam ekosistem tersebut. Sistem filtrasi yang melibatkan zeolit, arang sekam, pasir malang, serta keberadaan tanaman kangkung, berperan penting dalam menyerap dan memproses nutrisi, termasuk fosfat, sehingga mencegah peningkatan biomassa alga atau fitoplankton yang biasanya terjadi pada kondisi eutrofik. Ini memungkinkan kolam tetap bersih, dengan kelimpahan organisme yang terkendali, menjadikannya lingkungan yang sehat dan stabil untuk ikan koi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil kelimpahan 631-671 sel, meskipun tidak mencapai kelimpahan yang sangat tinggi tetapi kondisi perairan di vertiqua menunjukkan kualitas air yang baik. Indeks keanekaragaman yang cukup tinggi (2.6), menunjukkan bahwa ekosistem perairan memiliki variasi spesies yang cukup beragam. Indeks keseragaman yang tinggi (0.9) menunjukkan bahwa spesies dalam ekosistem ini terdistribusi dengan cukup merata, tanpa adanya dominasi oleh satu spesies tertentu, yang didukung oleh nilai indeks dominansi yang sangat rendah (0.01). Kondisi ini mendukung bahwa perairan tersebut stabil dan sehat, yang merupakan indikator positif untuk mendukung kegiatan budidaya ikan. Dengan kualitas air yang baik dan ekosistem yang seimbang, perairan ini ideal untuk mendukung produktivitas dan kesehatan ikan yang dibudidayakan.

Saran

Saran untuk vertiqua dan penelitian lebih lanjut mengenai perbandingan biofikal filter atas terhadap struktur komunitas, penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh biofikal filter atas yang berbeda terhadap kelimpahan fitoplankton di vertiqua.

DAFTAR REFERENSI

- Effendi, H. (2003). *Telaah kualitas air: Bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Kanisius.
- Effendi, H., Utomo, B. A., Darmawangsa, G. M., & Karo-Karo, R. E. (2015). Fitoremediasi limbah budidaya ikan lele (*Clarias sp.*) dengan kangkung (*Ipomoea aquatica*) dan pakcoy (*Brassica rapa chinensis*) dalam sistem resirkulasi. *Ecolab*, 9(2), 47–104.
- Fachrul, M. F. (2007). *Metode sampling ekologi*. Bumi Aksara.
- Insafitri, N., Utami, N., & Pratama, M. (2010). Keanekaragaman, keseragaman, dan dominansi bivalvia di area buangan lumpur Lapindo muara Sungai Porong. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 3(1), 54–59.
- Latuconsina, H. (2016). *Ekologi perairan tropis*. Gajah Mada University Press.
- Leghari, S. J., Wahocho, N. A., Laghari, G. M., Laghari, A. H., Bhabhan, G. M., Talpur, K. H., Bhutto, T. A., Wahocho, S. A., & Lashari, A. A. (2016). Role of nitrogen for plant growth and development: A review. *Advances in Environmental Biology*, 10(9), 209–218.
- McKelvie, I. D. (1999). Phosphate. In *Handbook of water analysis* (pp. 273–295). Marcel Dekker, Inc.
- Muhtadi, A. (2017). *Produktivitas primer perairan* (Student Paper). Pascasarjana IPB University. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18131.07203>
- Nontji, A. (2008). *Fitoplankton laut*. Lipi Press.
- Nybakken, J. W. (2005). *Marine biology: An ecological approach* (6th ed.). Pearson Education, Inc.
- Odum, E. P. (1971). *Fundamentals of ecology* (3rd ed.). Toppan Co. Ltd.
- Odum, E. P. (1998). *Dasar-dasar ekologi*. Gajah Mada University Press.
- Pranoto, B. A., Ambariyanto, & Zainuri, M. (2005). Struktur komunitas zoofitoplankton di muara Sungai Serang, Jakarta. *Ilmu Kelautan*, 10(2), 90–97.
- Priambodo, A. B. (2015). Kelimpahan jenis fitoplankton di inlet dan outlet Waduk Bening sebagai bahan penyusun media pembelajaran berbentuk poster. *Jurnal Florea*, 2(1), 36–40.
- Ramadhan, M. (2021). *Metode penelitian*. Cipta Media Nusantara.
- Rimper, J. (2002). Kelimpahan fitoplankton dan kondisi hidrooseanografi perairan Teluk Manado. Makalah Falsafah Sains (PPS702). IPB.
- Romimohtarto, K., & Sri, J. (2009). *Biologi laut: Ilmu pengetahuan tentang biota laut*. Djambatan.
- Sachlan, M. (1982). *Fitoplanktonologi*. Fakultas Peternakan dan Perikanan UNDIP.

- Setyowati, D. L., Amin, M., Suharini, E., & Pigawati, B. (2016). Model agrokonservasi untuk perencanaan pengelolaan DAS Garang Hulu. *Tataloka*, 14(2), 131–141.
- Simanjuntak, M. (2012). Kualitas air laut ditinjau dari aspek zat hara, oksigen terlarut, dan pH di perairan Banggai, Sulawesi Tengah. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 4, 290–303.
- Sinaga, E. L. R., Muhtadi, A., & Bakti, D. (2016). Profil suhu, oksigen terlarut, dan pH secara vertikal selama 24 jam di Danau Kelapa Gading, Kabupaten Asahan, Sumatera Utara. *Omni-Akuatika*, 12(2). <https://doi.org/10.20884/1.oa.2016.12.2.10>
- Sumoharjo, M. A., Saleha, Q., Erwiantono, & Fahlefi, E. N. (2013). Penyisihan limbah nitrogen dari sistem akuakultur multitrofik terpadu menggunakan tanaman sayur sebagai konverter fotoautotrof. *Jurnal Ris. Akuakultur*, 8(3), 393–401.
- Supono. (2018). *Manajemen kualitas air untuk budidaya udang*. Aura (CV. Anugerah Utama Raharja).
- Wehr, J. D., Sheath, R. G., & Kociolek, J. P. (2015). *Freshwater algae of North America: Ecology and classification*. Academic Press.
- Yazwar. (2008). Keanekaragaman fitoplankton dan keterkaitannya dengan kualitas air di Danau Toba. *Universitas Sumatera Utara*.