

## Identification and Role of Microalgae Found in Catfish (*Clarias gariepinus*) Cultivation Pond

Identifikasi dan Peranan Mikroalga yang Ditemukan di Kolam Budidaya Ikan Lele (*Clarias gariepinus*)

Zakiyyah Nur Inayah<sup>1\*</sup>, Rahmat Ardi Kurniawan<sup>1</sup>, Muhamad Fajar Aulia<sup>1</sup>, Adif Pratama<sup>1</sup>, R Adharyan Islamy<sup>1</sup>

\*Corresponding author email: [zakiyyahninayah@ub.ac.id](mailto:zakiyyahninayah@ub.ac.id)

<sup>1</sup>Program Studi Akuakultur (PSDKU Kediri), Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Kota Kediri, 64111, Indonesia.

**Abstract.** Microalgae play an essential role in aquaculture as primary producers, serving both as natural feed and as bioindicators for assessing pond water quality. The presence of specific microalgal taxa is crucial for evaluating aquatic conditions and identifying potential natural feed sources. This study aimed to identify microalgal species found in African catfish (*Clarias gariepinus*) culture ponds and to determine their ecological roles. A descriptive survey method was applied. Water samples were collected using a plankton net from three catfish culture ponds during August–September 2025. Identified microalgae were morphologically classified and analyzed for their potential as bioindicators based on literature review using Palmer's Pollution Index. The results revealed 16 genera belonging to three divisions: Bacillariophyta (diatoms), Chlorophyta (green algae), and Cyanophyta (blue-green algae). Two genera of Bacillariophyta were identified—*Aulacoseira* and *Synedra*. Chlorophyta was the most dominant division, comprising 11 genera: *Actinastrum*, *Coelastrum*, *Dictyosphaerium*, *Golenkinia*, *Micractinium*, *Oocystis*, *Pandorina*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Staurastrum*, and *Ulothrix*. Cyanophyta included three genera—*Anabaena*, *Aphanocapsa*, and *Spirulina*. Among these, *Scenedesmus* and *Pediastrum* (Chlorophyta) are commonly used as natural feed, whereas Cyanophyta members are often utilized as water-quality bioindicators. The diversity and abundance of microalgae observed in the catfish ponds indicate organic enrichment, yet they also provide valuable potential as natural feed sources.

**Keywords:** aquaculture, bioindicator, microalgae, natural feed, plankton.

**Abstrak.** Mikroalga memiliki peran penting dalam budidaya ikan, diantaranya sebagai produsen primer sehingga dapat digunakan sebagai pakan alami dan bioindikator untuk menilai kualitas air kolam. Kehadiran jenis mikroalga tertentu penting diketahui untuk menilai kondisi perairan dan juga beberapa dapat digunakan sebagai pakan alami. Tujuan penelitian ini, yaitu untuk mengetahui jenis-jenis mikroalga yang ditemukan di kolam budidaya ikan lele (*Clarias gariepinus*) dan peranannya. Metode penelitian ini, yaitu survei deskriptif. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan plankton net pada 3 kolam budidaya ikan lele pada Agustus-September 2025. Data hasil identifikasi morfologi mikroalga yang ditemukan dianalisis potensinya sebagai bioindikator perairan berdasarkan kajian literatur menggunakan indeks pencemaran Palmer. Mikroalga yang ditemukan berasal dari 3 divisi dengan 16 genus. Divisi yang ditemukan meliputi Bacillariophyta (Diatom), Chlorophyta (alga hijau) dan Cyanophyta (alga hijau biru). Bacillariophyta ditemukan 2 genus, yaitu *Aulacoseira* dan *Synedra*. Chlorophyta merupakan divisi yang paling banyak ditemukan, yaitu sebanyak 11 genus meliputi *Actinastrum*, *Coelastrum*, *Dictyosphaerium*, *Golenkinia*, *Micractinium*, *Oocystis*, *Pandorina*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Staurastrum* dan *Ulothrix*. Divisi Cyanophyta ditemukan 3 genus, yaitu *Anabaena*, *Aphanocapsa* dan *Spirulina*. *Scenedesmus* dan *Pediastrum* merupakan divisi Chlorophyta yang sering digunakan sebagai pakan alami, sedangkan divisi Cyanophyta sering digunakan untuk bioindikator. Mikroalga yang ditemukan dapat digunakan sebagai bioindikator untuk menilai kualitas air dan pakan alami dalam budidaya ikan lele. Ditemukan berbagai jenis mikroalga yang melimpah, mengindikasikan pencemaran organik, namun dapat dimanfaatkan sebagai pakan alami.

**Kata Kunci:** akuakultur, bioindikator, mikroalga, pakan alami, plankton.

Copyright © 2025 The Author(s).

This is an open access article under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



### To cite this article (APA Style):

Inayah, Z. N., Kurniawan, R. A., Aulia, M. F., Pratama, A., & Islamy, R. A. (2025). Identification and Role of Microalgae Found in Catfish (*Clarias gariepinus*) Cultivation Pond *Nekton*, 5(2), 227–243. <https://doi.org/10.47767/nekton.v5i2.1096>

<https://ojs.poltesa.ac.id/index.php/nekton>

Submitted: 4 Nov 2025; Received in revised form: 22 Nov 2025; Accepted: 24 Nov 2025; Published regularly: 30 Nov 2025

## PENDAHULUAN

Akuakultur merupakan salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan pangan masyarakat melalui kegiatan budidaya organisme akuatik seperti ikan, udang, maupun kerang (Verdegem et al., 2023). Budidaya ikan air tawar, khususnya ikan lele (*Clarias gariepinus*), menjadi pilihan utama karena memiliki permintaan pasar yang stabil. Ikan lele sangat dikenal masyarakat di Indonesia maupun luar negeri, baik untuk konsumsi maupun untuk dibudidayakan. Budidaya ikan lele relatif mudah dipelihara dengan teknik yang sederhana serta adaptif terhadap berbagai kondisi lingkungan. Oleh karena itu, keberhasilan akuakultur sangat dipengaruhi oleh kualitas lingkungan perairan tempat organisme dibudidayakan (Khumaidi et al., 2025). Untuk menjaga kualitas lingkungan perairan ini, keberadaan organisme seperti mikroalga memiliki peran yang signifikan.

Mikroalga merupakan organisme mikroskopis fotosintetik yang hidup di perairan tawar maupun laut. Mikroalga berperan penting dalam ekosistem akuatik sebagai produsen primer dan menjadi penghubung utama dalam rantai makanan (Mahmudi et al., 2023). Organisme ini termasuk dalam kelompok fitoplankton yang mampu menghasilkan oksigen dan mendukung jaring makanan perairan. Mikroalga dapat ditemukan di berbagai habitat akuatik selama tersedia cahaya matahari yang cukup. Keanekaragaman dan kelimpahan mikroalga mencerminkan kondisi lingkungan, sehingga menjadikannya komponen penting ekosistem perairan.

Mikroalga memiliki peran penting dalam menjaga stabilitas ekosistem kolam pada budidaya ikan. Kemampuannya melakukan fotosintesis menjadikan mikroalga sebagai pemasok utama oksigen terlarut di dalam air. Selain itu, mikroalga juga memiliki kemampuan untuk menangkap karbon dioksida (Skifa et al., 2025) sehingga berkontribusi dalam proses biokimia air. Proses-proses ini secara langsung memengaruhi kesehatan dan kelangsungan hidup ikan yang dibudidayakan. Oleh karena itu, pemantauan komunitas mikroalga penting dilakukan untuk memahami dinamika ekologi perairan budidaya. Identifikasi jenis-jenis mikroalga pada kolam ikan lele menjadi langkah awal untuk menjaga keseimbangan ekologi dalam sistem akuakultur.

Mikroalga juga dikenal sebagai bioindikator yang efektif untuk menilai kualitas perairan dan status kesehatan lingkungan (Mahmudi et al., 2023). Dalam ekologi perairan, bioindikator merujuk pada organisme hidup seperti alga, tumbuhan air, maupun hewan air yang sensitif terhadap perubahan lingkungannya. Organisme ini dapat memberikan informasi berharga mengenai keberadaan dan tingkat pencemaran pada ekosistem perairan. Dengan demikian, bioindikator berfungsi sebagai sistem peringatan dini terhadap pencemaran air. Hal ini menjadikan kajian komunitas mikroalga di kolam budidaya ikan lele sangat relevan dalam pemantauan ekologi dan penerapan budidaya ikan yang berkelanjutan (Dobrescu et al., 2023).

Selain berfungsi sebagai bioindikator, mikroalga juga dapat dimanfaatkan sebagai pakan alami dalam akuakultur. Produktivitas biomassa bersih mikroalga lebih tinggi dibandingkan tanaman maupun hewan darat sehingga menjadikannya sumber pakan yang menjanjikan. Kandungan nutrisi mikroalga, seperti protein, lipid, dan karbohidrat, mampu menyediakan zat gizi esensial yang penting untuk menjaga kesehatan ikan (Nagappan et al., 2021). Oleh karena itu, mikroalga memberikan manfaat ganda, yaitu menjaga kualitas lingkungan serta menyediakan opsi pakan alami yang berkelanjutan bagi perikanan budidaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis mikroalga yang ditemukan di kolam budidaya ikan lele (*Clarias gariepinus*) dan peranannya dalam budidaya ikan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi deskriptif-eksploratif dengan metode survei. Penelitian ini dilaksanakan pada Agustus-September 2025. Lokasi penelitian di kolam budidaya ikan lele (*Clarias gariepinus*) di Kelurahan Mojoroto, Kota Kediri, Jawa Timur dan di Laboratorium Sains Dasar, Universitas Brawijaya (PSDKU Kediri) untuk identifikasi sampel mikroalga yang diperoleh. Kolam yang diamati, yaitu kolam pembesaran ikan lele sebanyak 3000 ekor dengan umur budidaya 1 bulan, berbentuk bundar dari terpal dengan diameter 3 m dengan ketinggian air 1 meter. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: plankton net *mesh size* 25 mikron, ember, botol penampung 25 ml, botol sampel 60 ml, mikroskop binokuler, gelas objek, cover glass dan pipet tetes.

Sampel air sebanyak 25 liter disaring pada permukaan kolam menggunakan plankton net. Sampel yang diperoleh diawetkan dalam boks pendingin bersuhu -4°C untuk mempertahankan morfologi, kemudian diamati di laboratorium. Sampel yang didapatkan dibuat preparat, yaitu dengan menghomogenkan sampel yang diambil menggunakan pipet tetes dan diteteskan pada gelas objek 1 tetes serta ditutup menggunakan cover glass. Pengamatan preparat mikroalga menggunakan mikroskop binokuler Motic BA210 perbesaran lensa objektif 40x. Mikroalga diamati secara morfologi dan diidentifikasi menggunakan buku identifikasi (Prescott, 1954; Bellinger & Sigee 2010). Hasil mikroalga yang ditemukan hingga tahap genus dianalisis potensinya sebagai bioindikator perairan berdasarkan kajian literatur menggunakan indeks pencemaran Palmer.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil identifikasi mikroalga yang ditemukan di kolam budidaya lele (*Clarias gariepinus*) terdiri atas 3 divisi dengan 16 Genus. Divisi Bacillariophyta ditemukan 2 genus, yaitu *Aulacoseira* dan *Synedra*. Chlorophyta merupakan divisi dengan genus yang ditemukan paling banyak, yaitu sebanyak 11 genus. Genus dari Chlorophyta yang ditemukan, yaitu *Actinastrum*, *Coelastrum*, *Dictyosphaerium*, *Golenkinia*, *Micractinium*, *Oocystis*, *Pandorina*, *Pediastrum*, *Scenedesmus*, *Staurastrum* dan *Ulothrix*. Divisi Cyanophyta ditemukan 3 genus, yaitu *Anabaena*, *Aphanocapsa* dan *Spirulina*.

### 1. *Aulacoseira*

Genus *Aulacoseira* dicirikan oleh sel-sel berbentuk melingkar atau elips, silindris, tersusun membentuk filamen kontinu memanjang seperti kapsul dan tidak bercabang serta simetri radial (Gambar 1). Mikroalga ini termasuk diatom sentrik. Sel-sel saling terhubung kuat melalui struktur silika pada katup (*valve*) yang terdiri dari dua jenis: katup penghubung (*linking valve*) dan katup pemisah (*separating valve*). Katup penghubung memiliki duri-duri pendek (*short spines*) yang memungkinkan ikatan kuat antar sel, sementara katup pemisah memiliki duri-duri panjang (*long spines*) yang menghubungkan sel dengan ikatan yang lebih lemah, menjadikannya titik potensial fragmentasi filamen. Secara morfologi, memiliki dinding sel silika (*frustula*) yang ditandai dengan deretan titik (*punctae*) dan tanda granular. Kloroplas berbentuk cakram dan berwarna cokelat keemasan. Panjang filamen dalam populasi sangat bergantung pada rasio proporsional antara katup pemisah dan katup penghubung. Ujung-ujung filamen sering kali memiliki satu atau dua duri yang lebih panjang (Vuuren et al., 2006).



Gambar 1. *Aulacoseira*

Klasifikasi *Aulacoseira* menurut [Bellinger](#) dan [Sigee \(2010\)](#) sebagai berikut:

Divisi : Heterokontophyta  
 Kelas : Coscinodiscophyceae  
 Ordo : Aulacoseirales  
 Famili : Aulacoseiraceae  
 Genus: *Aulacoseira*

*Aulacoseira* umumnya planktonik atau menempel pada bebatuan dan tanaman air (bentik) pada perairan eutrofik dengan arus pelan dan indikator penting untuk kondisi lingkungan. *Aulacoseira* juga merupakan produsen primer penting dalam ekosistem air tawar, berkontribusi pada jaring makanan dan mendukung kehidupan akuatik. Beberapa spesies *Aulacoseira* diketahui menghasilkan toksin, yang dapat berdampak buruk bagi organisme akuatik dan kesehatan manusia ([Mashitah & Islamy, 2023](#)). *Aulacoseira* adalah salah satu genus dari divisi Bacillariophyta (diatom) yang banyak ditemukan pada perairan tawar yang cenderung eutrofik dengan pH asam ([Mohanty et al., 2022](#)). Kehadiran *Aulacoseira* dapat digunakan sebagai bioindikator kualitas air, terutama dalam menilai tingkat produktivitas perairan budidaya.

## 2. *Synedra*

*Synedra* adalah genus diatom yang dicirikan oleh sel-sel memanjang berbentuk jarum (fusiform), dengan ukuran lebar antara 3–10  $\mu\text{m}$  dan panjang berkisar dari kurang dari 25  $\mu\text{m}$  hingga lebih dari 500  $\mu\text{m}$  ([Gambar 2](#)). Sel-selnya isopolar dengan ujung katup yang sedikit menyempit, dan memiliki katup linier yang memanjang tanpa septa internal maupun costae. Karakteristik utamanya adalah tidak adanya raphe sejati pada kedua katup, melainkan terdapat pseudorafe sempit dengan area bening aksial yang kecil. Dinding sel (frustula) dihiasi oleh striae transversal halus yang tersusun paralel. Setiap sel umumnya memiliki dua kloroplas memanjang. *Synedra* dapat ditemukan sebagai sel tunggal, melekat (epifit) pada permukaan oleh bantalan mucilaginos, atau membentuk rantai pendek dan koloni berbentuk bintang. Genus ini memiliki distribusi yang luas, umumnya tersebar di plankton danau dan sungai berarus lambat. Ketika melimpah, *Synedra* dapat menimbulkan masalah rasa dan bau yang tidak diinginkan pada air minum serta berpotensi menyumbat filter pada proses pengolahan air ([Masithah & Islamy, 2023](#)).



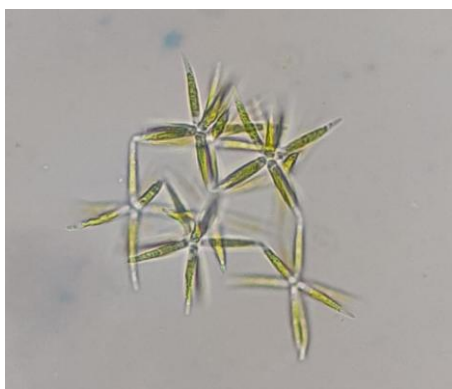
Gambar 2. *Synedra*

Klasifikasi *Synedra* menurut Prescott (1954) sebagai berikut:

Divisi : Bacillariophyta  
 Kelas : Bacillariophyceae  
 Ordo : Fragilariales  
 Famili : Fragilariaceae  
 Genus: *Synedra*

### 3. *Actinastrum*

*Actinastrum* termasuk dalam famili Chlorellaceae dengan dinding sel tanpa duri (Gambar 3). Sel berbentuk fusiform, tersusun dalam koloni yang memancar dari satu pusat yang sama (Prescott, 1954). Selnya memanjang, berbentuk cerutu, tersusun radial dalam koloni berbentuk bintang. Sel *Actinastrum* saling menempel pada satu ujung, berkoloni berbentuk bintang bersel 4-8-16. Setiap sel berbentuk cerutu memiliki satu kloroplas dan pirenoid dengan panjang antara 10-25  $\mu\text{m}$  dan lebar 3-6  $\mu\text{m}$  (Bellinger & Sigeo, 2010).



Gambar 3. *Actinastrum*

Klasifikasi *Actinastrum* menurut Prescott (1954) sebagai berikut:

Divisi : Chlorophyta  
 Kelas : Chlorophyceae  
 Ordo : Chlorellales  
 Famili : Chlorellaceae  
 Genus: *Actinastrum*

### 4. *Coelastrum*

*Coelastrum* membentuk koloni bulat berongga yang terdiri dari hingga 64 sel yang saling menempel rapat, tersusun dalam bola beraturan, agak menyerupai bola sepak

(Gambar 4). Sel-sel *Coelastrum* berbentuk bulat, berdiameter 8–30 µm, memiliki kloroplas parietal (terletak di tepi sel) dan pirenoid (struktur subseluler di kloroplas untuk menyimpan cadangan makanan). Ditemukan pada plankton danau dan sungai yang mengalir lambat. Kandungan klorofil total mencapai  $5.64 \pm 0.12$  mg/g berat kering dengan (Raulytanapanit et al., 2019).



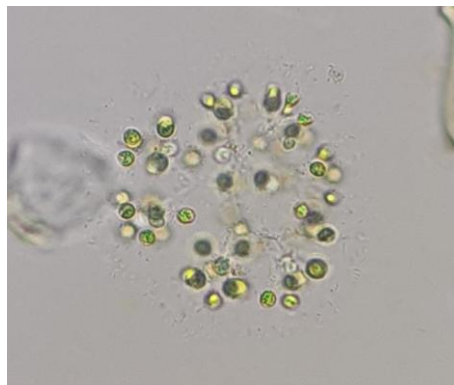
Gambar 4. *Coelastrum*

Klasifikasi *Coelastrum* menurut Prescott (1954) sebagai berikut:

Divisi : Chlorophyta  
Kelas : Chlorophyceae  
Ordo : Sphaeropleales  
Famili: Scenedesmaceae  
Genus: *Coelastrum*

### 5. *Dictyosphaerium*

Sel-selnya berbentuk bulat, ovoid, atau elipsoidal, dan tersusun kurang lebih radial di ujung untaian lendir, dan tertanam di dalam lendir, membentuk koloni globular yang memancar (Gambar 5). *Dictyosphaerium* coenobia terdiri dari 4 hingga 64 sel dan dihubungkan oleh benang-benang yang memancar dari pusat koloni. Seluruh koloni tertanam di dalam lendir. Sel-selnya berbentuk bulat hingga ovoid, berdiameter 3–10 µm dengan kloroplas berbentuk cawan parietal dan mengandung pirenoid. Sering ditemukan pada plankton danau, kolam, dan perairan yang mengalir lambat. Dapat ditemukan di antara makrofita (tumbuhan air) yang terendam atau benda-benda yang terendam dengan cara menempel. Dapat memberikan bau pada air minum (Bellinger & Sigeo, 2010).



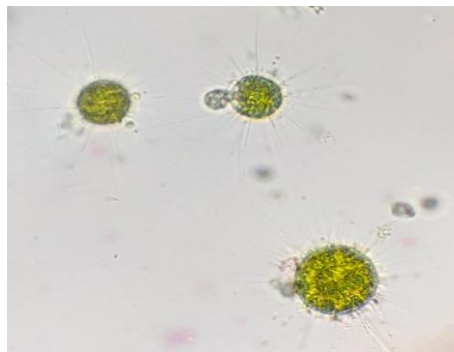
Gambar 5. *Dictyosphaerium*

Klasifikasi *Dictyosphaerium* menurut Prescott (1954) sebagai berikut:

Divisi : Chlorophyta  
Kelas : Trebouxiophyceae  
Ordo : Chlorellales  
Famili: Chlorellaceae  
Genus: *Dictyosphaerium*

## 6. *Golenkinia*

Genus alga hijau *Golenkinia* dicirikan oleh sel-sel yang soliter dan bulat dengan diameter berkisar antara 5-21  $\mu\text{m}$  ([Gambar 6](#)). Sel-sel ini memiliki ciri khas berupa banyak duri panjang (melebihi 12 duri per sel) yang relatif panjang terhadap diameter sel, dengan panjang duri antara 24  $\mu\text{m}$  dan 45  $\mu\text{m}$ . Meskipun secara struktural soliter, sel *Golenkinia* dapat membentuk koloni palsu karena gagal berpisah sempurna setelah pembelahan sel. Setiap sel memiliki satu kloroplas berbentuk cangkir yang mengandung pirenoid ([Bellinger & Sigee, 2010](#)).



Gambar 6. *Golenkinia*

Klasifikasi *Golenkinia* menurut [Prescott \(1954\)](#) sebagai berikut:

Divisi : Chlorophyta  
Kelas : Chlorophyceae  
Ordo : Sphaeropleales  
Famili: Neochloridaceae  
Genus: *Golenkinia*

## 7. *Micractinium*

Genus *Micractinium* termasuk golongan alga hijau berbentuk kokoid, yang membentuk koloni 2-4 sel dan memiliki bulu halus ([Gambar 7](#)). Semua spesies secara umum planktonik dan terdapat di berbagai jenis habitat air tawar, seperti danau dan kolam kecil ([Pröschold et al., 2020](#)). *Micractinium* menunjukkan potensi bioteknologi yang menjanjikan sebagai suplemen pakan, biofuel, dan dalam pengolahan air limbah ([Bulut et al., 2024](#)).



Gambar 7. *Micractinium*

Klasifikasi *Micractinium* menurut Prescott (1954) sebagai berikut:

Divisi : Chlorophyta  
Kelas : Trebouxiophyceae  
Ordo : Chlorellales  
Famili: Chlorellaceae  
Genus: *Micractinium*

## 8. *Oocystis*

*Oocystis* adalah genus alga hijau yang dicirikan oleh sel-sel berbentuk oval hingga telur (ovoid) yang soliter atau tersusun dalam koloni kecil (coenobia) yang terdiri dari 2, 4, 8, atau 16 sel anak (Gambar 8). Koloni tersebut secara khas terbungkus oleh dinding sel induk yang kurang lebih utuh meskipun terkadang samar dan sulit diamati. Sel-sel individu sering kali memiliki pembengkakan kutub atau nodul yang terlihat jelas pada kedua ujungnya. Sel *Oocystis* memiliki dimensi panjang berkisar antara 4-50  $\mu\text{m}$  dan lebar 6-12  $\mu\text{m}$ . Sel mengandung hingga empat kloroplas berbentuk cakram atau seperti pelat, dan pirenoid mungkin ada atau tidak ada. *Oocystis* memiliki distribusi yang tersebar luas, ditemukan sebagai spesies planktonik di danau dan kolam, terutama di perairan yang kaya nutrisi (Bellinger & Sigeo, 2010).



Gambar 8. *Oocystis*

Klasifikasi *Oocystis* menurut Prescott (1954) sebagai berikut:

Divisi : Chlorophyta  
Kelas : Trebouxiophyceae  
Ordo : Chlorellales  
Famili: Oocystaceae  
Genus: *Oocystis*

## 9. *Pandorina*

Genus *Pandorina* tersusun atas koloni berbentuk coenobium yang bersifat tetap (*fixed in shape*), umumnya terdiri dari 8, 16, atau 32 sel yang tersusun dalam bentuk ovaloid atau hampir sferis di dalam matriks gelatin bening (Gambar 9). Setiap sel berukuran kecil dan berbentuk ovoid hingga piriform (seperti buah pir), dengan bagian anterior agak meruncing. Genus ini termasuk alga hijau yang dalam famili Volvocaceae, yang ditemukan dalam koloni kecil yang disebut coenobia, terdiri dari 8–32 sel (Uda et al., 2024). *Pandorina* merupakan genus mikroalga yang umum ditemukan di perairan tawar tergenang di seluruh dunia, seperti kolam dan danau. Mikroalga ini memiliki kemampuan untuk beradaptasi terhadap fisika-kimia perairan (Sahab et al., 2018).



Gambar 9. *Pandorina*

Klasifikasi *Pandorina* menurut Prescott (1954) sebagai berikut:

Divisi : Chlorophyta  
 Kelas : Chlorophyceae  
 Ordo : Volvocales  
 Famili: Volvocaceae  
 Genus: *Pandorina*

### 10. *Pediastrum*

*Pediastrum* hidup secara koloni, umumnya berbentuk bulat, oval, atau cakram datar, dengan sel-selnya yang tersusun membentuk lempeng datar yang khas (Gambar 10). Koloni ini mengapung bebas dan umum ditemukan di perairan seperti danau, kolam, serta sungai berarus lambat yang kaya nutrisi. Dinding sel *Pediastrum* sering kali cukup kuat dan dapat bertahan untuk beberapa waktu setelah isi selnya habis. *Pediastrum* terdiri atas banyak spesies. Keberadaan *Pediastrum* dan *Scenedesmus* dalam jumlah besar dapat menimbulkan bau yang tidak sedap pada air minum dan menandakan eutrofikasi perairan (Salem et al., 2017).



Gambar 10. *Pediastrum*

Klasifikasi *Pediastrum* menurut Prescott (1954) sebagai berikut:

Divisi : Chlorophyta  
 Kelas : Chlorophyceae  
 Ordo : Sphaeropleales  
 Famili: Hydrodictyaceae  
 Genus: *Pediastrum*

### 11. *Scenedesmus*

*Scenedesmus* merupakan salah satu genus dari divisi Chlorophyta yang ditemukan. Mikroalga ini sering ditemukan sebagai alga planktonik pada air tawar dan

dikenal dengan tingkat pertumbuhannya yang cepat. Penentuan spesies *Scenedesmus* dapat berdasarkan jumlah, bentuk, dan susunan sel pada coenobia, serta ornamen pada dinding sel. Secara morfologi, *Scenedesmus* mempunyai bentuk sel silinder kasar atau elips, biasanya 2 kali lebih panjang dari luas selnya ([Gambar 11](#)). Hidup berkoloni dengan 4-32 sel yang terhubung berdampingan atau selang seling maupun soliter, non-motile atau tidak mempunyai alat gerak. Mikroalga ini memiliki duri atau rambut halus pada selnya terutama di ujung sel ([Uda et al., 2024](#)). Genus ini umum ditemui di perairan yang mengindikasikan perairan yang eutrofik atau hipertrofik sehingga dapat digunakan sebagai bioindikator kolam budidaya ([Bellinger & Sigee, 2010](#)).



Gambar 11. *Scenedesmus*

Klasifikasi *Scenedesmus* menurut [Prescott \(1954\)](#) sebagai berikut:

Divisi : Chlorophyta  
Kelas : Chlorophyceae  
Ordo : Sphaeropleales  
Famili : Scenedesmaceae  
Genus: *Scenedesmus*

## 12. *Staurastrum*

*Staurastrum* adalah genus desmid planktonik yang masif dan sering dijumpai di ekosistem perairan. Selnya terbagi menjadi dua bagian lebar (semi-sel) yang disatukan oleh isthmus. Ciri khas utama *Staurastrum* adalah penampakan poligonal yang disebabkan oleh sudut luar semi-sel yang memanjang membentuk tanduk atau lengan berduri pendek ([Gambar 12](#)). Jika diamati dari perspektif yang berbeda, sel tersebut terlihat berbentuk segitiga. Dimensi sel berkisar antara lebar 10-100  $\mu\text{m}$  dan panjang 120-150  $\mu\text{m}$  ([Vuuren et al., 2006](#)). Kehadiran *Staurastrum* menandakan perairan yang eutrofik ([Gianello et al., 2019](#)).



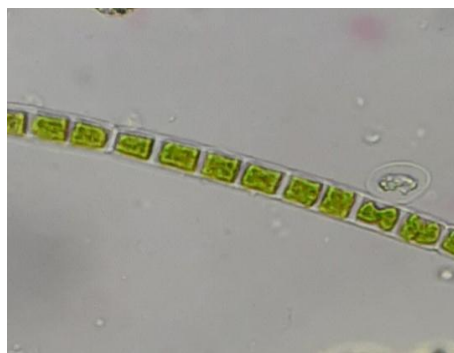
Gambar 12. *Staurastrum*

Klasifikasi *Staurastrum* menurut Prescott (1954) sebagai berikut:

Divisi : Chlorophyta  
Kelas : Zygnematophyceae  
Ordo : Desmidiaceae  
Famili: Desmidiaceae  
Genus: *Staurastrum*

### 13. *Ulothrix*

*Ulothrix* sp. merupakan salah satu anggota alga hijau (Chlorophyceae) berfilamen yang umum ditemukan di habitat air tawar seperti sungai, anak sungai, kolam, dan danau (Gambar 13). *Blooming* Chlorophyceae berfilamen akan berpengaruh terhadap siklus nutrisi yang berpotensi tingginya pasokan nutrisi anorganik. Chlorophyceae juga menyebabkan gangguan pada rantai makanan pada perairan dan anoksia selama pembusukan *bloom* (Rahman et al., 2025). *Ulothrix* dikenal karena kemampuannya untuk mengikat karbon dioksida dan menghasilkan oksigen melalui fotosintesis. *Ulothrix* sebagai bioindikator berguna untuk memantau kualitas air dalam sistem air tawar. Kadar *Ulothrix* yang tinggi di badan air dapat mengindikasikan polusi nutrisi, seperti kelebihan nitrogen dan fosfat, yang dapat menyebabkan *blooming* alga berbahaya dan penurunan kualitas air. Perubahan morfologi koloni *Ulothrix*, dapat mengindikasikan perubahan kualitas lingkungan perairan sehingga dapat dijadikan menilai kesehatan ekosistem perairan (Masithah & Islamy, 2023).



Gambar 13. *Ulothrix*

Klasifikasi *Ulothrix* menurut Prescott (1954) sebagai berikut:

Divisi : Chlorophyta  
Kelas : Ulvophyceae  
Ordo : Ulotrichales  
Famili: Ulotrichaceae  
Genus: *Ulothrix*

### 14. *Anabaena*

*Anabaena* merupakan mikroalga berfilamen dari golongan Cyanophyta. *Anabaena* biasanya ditemukan pada kondisi suhu berkisar 26-34 °C dengan pH 3,7 – 6,5 (Neneng et al., 2025). *Anabaena* sebagai golongan Cyanophyta dapat bertahan hidup dalam kondisi lingkungan yang ekstrem seperti kurang cahaya, suhu ekstrem, dan salinitas tinggi (Gambar 14). Mereka juga memiliki kemampuan untuk tumbuh dalam kondisi keterbatasan nutrisi. Mereka sering menimbulkan ancaman bagi berbagai ekosistem air tawar karena ledakan populasi yang menghasilkan racun serta bau yang tidak sedap. Ledakan populasi sianobakteri dapat dikendalikan dengan mengurangi

masukannya nutrisi, terutama nitrogen (N) dan fosfat (P), yang pada gilirannya menyebabkan penurunan pertumbuhan dan perkembangan mereka (Zulkefli et al., 2020).



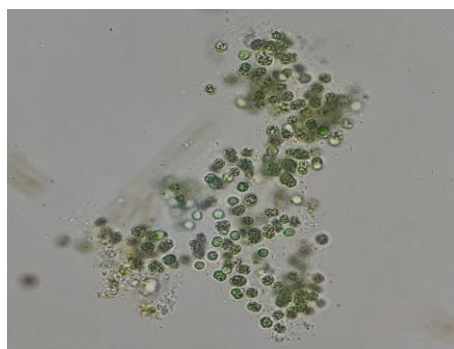
Gambar 14. *Anabaena*

Klasifikasi *Anabaena* menurut Prescott (1954) sebagai berikut:

Divisi : Cyanobacteria  
Kelas : Cyanophyceae  
Ordo : Nostocales  
Famili: Aphanizomenonaceae  
Genus: *Anabaena*

### 15. *Aphanocapsa*

*Aphanocapsa* adalah genus mikroalga dari divisi Cyanophyta (Cyanobacteria) yang dicirikan oleh bentuk sel bulat dengan diameter berkisar antara 1-5,5  $\mu\text{m}$ , tergantung spesiesnya (Gambar 15). Sel-sel ini tersusun membentuk koloni amorf gelatin yang biasanya mengambang bebas (planktonik) meskipun beberapa spesies dapat ditemukan di darat. Koloni *Aphanocapsa* memiliki kemiripan dengan *Microcystis* namun dibedakan oleh kerapatan selnya, sel-sel *Aphanocapsa* terletak lebih renggang di dalam lapisan musilase sehingga koloni tampak kurang padat. Musilase pada tepi luar koloni juga tidak sejelas pada *Microcystis*. Sel-sel di dalam koloni terkadang ditemukan berpasangan sebagai akibat dari pembelahan sel (Bellinger & Sigee, 2010). *Aphanocapsa* diketahui tumbuh dengan baik pada konsentrasi bahan organik yang tinggi (Van Rensburg et al., 2019).



Gambar 15. *Aphanocapsa*

Klasifikasi *Aphanocapsa* menurut Prescott (1954) sebagai berikut:

Divisi : Cyanobacteria  
Kelas : Cyanophyceae  
Ordo : Chroococcales

Famili : Microcystaceae

Genus: *Aphanocapsa*

## 16. *Spirulina*

*Spirulina* merupakan mikroalga yang menyebar secara luas di alam dan dapat ditemukan di berbagai tipe lingkungan, baik di perairan payau, laut dan tawar (Buwono & Nurhasanah, 2018). *Spirulina* sp. adalah mikroorganisme autotrof dari kelas Cyanophyta yang berbentuk filamen terpilin menyerupai spiral (helix) (Gambar 16). Mikroalga ini sering ditemukan pada perairan dangkal yang hangat dan sering kali bersifat sangat basa (Gianello et al. 2019).



Gambar 16. *Spirulina*

Klasifikasi *Spirulina* menurut Prescott (1954) sebagai berikut:

Divisi : Cyanobacteria

Kelas : Cyanophyceae

Ordo : Spirulinales

Famili : Spirulinaceae

Genus: *Spirulina*

Penggunaan *Spirulina* dalam bidang akuakultur telah banyak eksplorasi. *Spirulina* dapat dijadikan sebagai bahan tambahan pakan. *Spirulina platensis* dalam pakan memiliki efek positif terhadap pertumbuhan dan sistem imun *Mystus cavasius*, dan mempertahankan penggantian pakan sebanyak 7,5–10% tepung ikan (Al Mamun et al., 2023). Ikan lele (*Clarias gariepinus*) yang diberi pakan dengan bahan tambahan *S. platensis* memiliki sel darah putih dan sel darah merah meningkat, sedangkan kadar kolesterol total dan glukosa plasma menurun secara signifikan (Raji et al. 2018).

Mikroalga merupakan organisme yang efektif dalam menilai kualitas air dan dapat dimanfaatkan sebagai pakan. Perairan yang tercemar organik dapat ditunjukkan dari spesies Chlorophyta (*Chlamydomonas* dan *Euglena*) dan Bacillariophyta (*Navicula*, *Synedra* dan *Gomphonema*) dan Cyanophyta (alga hijau biru) (*Oscillatoria* dan *Phormidium*). Dominasi Chlorophyta (alga hijau) dan diatom menunjukkan kondisi oligotrofik, sedangkan dominasi alga hijau biru menunjukkan kondisi eutrofik perairan (Khalil et al., 2021). Genus seperti *Anabaena*, *Microcystis*, *Oscillatoria*, *Euglena*, *Phacus*, *Scenedesmus*, *Chlamydomonas*, *Navicula*, *Chlorella*, *Nitzschia*, dan *Ankistrodesmus* ditemukan di air yang tercemar organik (Le et al., 2018). Mikroalga dapat digunakan untuk bioindikator polusi dan indeks kualitas air (Tabel 1) pada perairan termasuk kolam budidaya karena biayanya yang rendah, kemudahan penggunaan dan

memberikan indikasi nyata kualitas air, yaitu perairan baik atau terjadi pencemaran organik (Essa et al., 2024).

Tabel 1. Nilai indeks polusi genus alga Palmer

| No. | Genus                 | Indeks | No. | Genus                | Indeks |
|-----|-----------------------|--------|-----|----------------------|--------|
| 1.  | <i>Ankistrodesmus</i> | 4      | 11. | <i>Scenedesmus</i>   | 4      |
| 2.  | <i>Closterium</i>     | 1      | 12. | <i>Synedra</i>       | 2      |
| 3.  | <i>Euglena</i>        | 1      | 13. | <i>Pandorina</i>     | 1      |
| 4.  | <i>Gomphonema</i>     | 1      | 14. | <i>Oscillatoria</i>  | 5      |
| 5.  | <i>Chlorella</i>      | 1      | 15. | <i>Phacus</i>        | 2      |
| 6.  | <i>Navicula</i>       | 3      | 16. | <i>Phormidium</i>    | 1      |
| 7.  | <i>Cyclotella</i>     | 5      | 17. | <i>Stigeoclonium</i> | 2      |
| 8.  | <i>Chlamydomonas</i>  | 3      | 18. | <i>Micractinium</i>  | 1      |
| 9.  | <i>Anacystis</i>      | 2      |     |                      |        |
| 10. | <i>Nitzschia</i>      | 3      |     |                      |        |

Sumber: Khalil et al. (2021)

Komposisi mikroalga yang ditemukan diduga berkaitan dengan kondisi kolam budidaya terutama kadar nutrien. Kondisi ekologi kolam seperti suhu, pH, gas terlarut, dan garam anorganik diketahui memengaruhi pertumbuhan dan kelimpahan mikroalga (Shetty & Gulimane, 2023). Chlorophyta (alga hijau) merupakan divisi yang paling melimpah. Hasil penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa Chlorophyta ditemukan melimpah di kolam budidaya ikan lele (*Clarias gariepinus*) dan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) (Arfiati et al., 2021). Divisi ini dikenal memiliki laju pertumbuhan yang cepat dan toleransi yang baik terhadap fluktuasi lingkungan. Keberadaan Chlorophyta dalam jumlah besar ini diduga berkaitan dengan ketersediaan nutrien tinggi (nitrogen dan fosfat) yang berasal dari sisa pakan dan ekskresi ikan lele. Kehadiran Cyanophyta (alga hijau-biru) seperti *Anabaena* dan *Spirulina* adalah indikator kuat kondisi perairan yang kaya bahan organik. Cyanophyta, khususnya *Anabaena*, memiliki kemampuan untuk memfiksasi nitrogen dari atmosfer secara langsung sehingga memberikan keunggulan kompetitif di lingkungan di mana sumber nitrogen (seperti nitrat) mungkin terbatas atau terjadi fluktuasi. Selain itu, komposisi mikroalga menunjukkan keseimbangan ekosistem kolam meskipun terdapat indikasi pencemaran organik. Keberadaan Bacillariophyta menunjukkan kolam tersebut masih memiliki nutrien anorganik yang cukup seperti silika yang dibutuhkan untuk pertumbuhan diatom.

Analisis terhadap komunitas mikroalga di kolam budidaya ikan lele (*Clarias gariepinus*) diperlukan pendekatan manajemen kualitas air dan nutrisi. Kelimpahan genus Chlorophyta seperti *Scenedesmus* dan *Pediastrum* menandakan adanya sumber pakan alami bernutrisi tinggi yang dapat dimanfaatkan untuk mengurangi biaya operasional, khususnya pada fase benih, dan meningkatkan kesehatan ikan secara umum. Oleh karena itu, kualitas air perlu dijaga agar mendukung pertumbuhan mikroalga tersebut. Kehadiran Cyanophyta mengindikasikan eutrofikasi dan pencemaran organik akibat sisa pakan sehingga perlu dilakukan pengurangan rasio pemberian pakan dan penggantian air secara parsial untuk menurunkan kadar nutrien dan aerasi terutama pada malam hari untuk menanggulangi penurunan oksigen terlarut secara drastis akibat respirasi mikroalga (Belfiore et al., 2021). Komunitas mikroalga berfungsi sebagai peringatan dini (bioindikator), kelimpahannya mendorong pemanfaatan pakan alam, sedangkan komposisinya menjadi panduan pengelolaan air untuk keberlanjutan dan kesehatan ekosistem perairan.

## SIMPULAN

Mikroalga yang ditemukan di kolam budidaya ikan lele (*Clarias gariepinus*) beragam. Keanekaragaman jenis ditemukan total 16 genus mikroalga yang terbagi dalam 3 divisi utama, yaitu Bacillariophyta (2 genus), Chlorophyta (11 genus), dan Cyanophyta (3 genus). Perannya dalam budidaya perairan dapat digunakan sebagai bioindikator dalam pengelolaan kualitas air kolam budidaya dan juga pakan alami ikan lele (*Clarias gariepinus*).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih atas dukungan Universitas Brawijaya Kampus Kota Kediri (PSDKU UB Kediri) melalui pendanaan penelitian skema Hibah Penelitian Dosen PSDKU UB Kediri Tahun 2025 Nomor 03908/UN10.E0101/B/HK.07.00/2025.

## PERNYATAAN KONTRIBUSI PENULIS

Penulis menyatakan bahwa kontribusi setiap penulis terhadap pembuatan karya tulis ini adalah ZNI sebagai kontributor utama, merancang penelitian, konseptualisasi, pengumpulan data dan analisis data, RAK, MFA dan AP sebagai anggota pengumpulan data, RAI sebagai anggota koreksi analisis data dan bahasa penulisan. Penulis telah melampirkan surat pernyataan deklarasi penulis.

## PERNYATAAN KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis telah menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan dengan pihak manapun terkait penerbitan artikel ini.

## REFERENSI

- Al Mamun, M., Hossain, M. A., Saha, J., Khan, S., Akter, T., & Banu, M. R. (2023). Effects of spirulina *Spirulina platensis* meal as a feed additive on growth performance and immunological response of Gangetic mystus *Mystus cavasius*. *Aquaculture Reports*, 30, 101553. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101553>
- Arfiati, D., Inayah, Z. N., Lailiyah, S., & Dina, K. F. (2021). Plankton analysis in the ponds of catfish (*Clarias* sp.) and nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *JFMR (Journal of Fisheries and Marine Research)*, 5(1), 84–90. <https://doi.org/10.21776/ub.jfmr.2021.005.01.13>
- Belfiore, A. P., Buley, R. P., Fernandez-Figueroa, E. G., Gladfelter, M. F., & Wilson, A. E. (2021). Zooplankton as an alternative method for controlling phytoplankton in catfish pond aquaculture. *Aquaculture Reports*, 21, 100897. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100897>
- Bellinger, E. G., & Sigeo, D. C. (2010). *Freshwater algae: identification, enumeration and use as bioindicators* (1st ed.). Wiley-Blackwell; Chichester UK.
- Bulut, O., Köse, I. E., Sönmez, Ç., & Öktem, H. A. (2024). Antioxidant activity of *Micractinium* sp. (Chlorophyta) extracts against H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> induced oxidative stress in human breast adenocarcinoma cells. *Scientific reports*, 14(1), 27593. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4690459/v1>
- Buwono, N. R., & Nurhasanah, R. Q. (2018). Studi Pertumbuhan Populasi *Spirulina* sp. pada Skala Kultur yang Berbeda. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 10(1), 26-33.

- Dobrescu, C. M., Turtureanu, A., & Dorobat, L. M. (2023). Algae as biological indicators of water pollution. *Journal of Danubian Studies and Research*, 13(1), 32–38.
- Essa, D. I., Elshobary, M. E., Attiah, A. M., Salem, Z. E., Keshta, A. E., & Edokpayi, J. N. (2024). Assessing phytoplankton populations and their relation to water parameters as early alerts and biological indicators of the aquatic pollution. *Ecological Indicators*, 159, 111721. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111721>
- Gianello, D., Ávila-Hernández, E., Aguer, I., & Crettaz-Minaglia, M. C. (2019). Water quality assessment of a temperate urban lagoon using physico-chemical and biological indicators. *SN Applied Sciences*, 1(5), 470. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0469-5>
- Khalil, S., Mahnashi, M. H., Hussain, M., Zafar, N., Khan, F. S., Afzal, U., Shah, G. M., Niazi, U. M., Awis, M., & Irfan, M. (2021). Exploration and determination of algal role as bioindicator to evaluate water quality—probing fresh water algae. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(10), 5728–5737. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.06.004>
- Khumaidi, A., Muqsith, A., Wafi, A., & Aiyasah Jamil, S. N. (2025). Optimal Stocking Density of Catfish (*Clarias gariepinus*) Cultivated in Round Pond at a Small Scale. *Journal of Aquaculture & Fish Health*, 14(2), 202–210 <https://doi.org/10.20473/jafh.v14i2.65654>
- Le, T. T., Luong, Q. D., Vo, T. T. H., & Nguyen, V. T. (2018). A case study of phytoplankton used as a biological index for water quality assessment of Nhu Y river, Thua Thien-Hue. *Vietnam Journal of Science, Technology and Engineering*, 60(4), 45–51. [https://doi.org/10.31276/VJSTE.60\(4\).45-51](https://doi.org/10.31276/VJSTE.60(4).45-51)
- Mahmudi, M., Arsad, S., Lusiana, E. D., Musa, M., Fitrianesia, F., Ramadhan, S. F., Arif, A. R., Savitri, F. R., Dewinta, A. A., & Ongkosongo, A. D. (2023). Microalgae diversity in varying habitat characteristics in Pasuruan and Sidoarjo coastal areas, East Java, Indonesia. *Biodiversitas: Journal of Biological Diversity*, 24(8), 4418–4426. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240823>
- Masithah, E. D. & Islamy, R. A. (2023). Checklist of freshwater periphytic diatoms in the midstream of Brantas River, East Java. *Biodiversitas journal of Biological Diversity*, 24(6), 3269–3281. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240621>
- Mohanty, T. R., Tiwari, N. K., Kumari, S., Ray, A., Manna, R. K., Bayen, S., Roy, S., Gupta, S. D., Ramteka, M. H., Swain, H. S., Bhor, M., & Das, B. K. (2022). Variation of *Aulacoseira granulata* as an eco-pollution indicator in subtropical large river Ganga in India: A multivariate analytical approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(25), 37498–37512. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18096-9>
- Nagappan, S., Das, P., AbdulQuadir, M., Thaher, M., Khan, S., Mahata, C., Al-Jabri, H., Vatland, A. K., & Kumar, G. (2021). Potential of microalgae as a sustainable feed ingredient for aquaculture. *Journal of Biotechnology*, 341, 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2021.09.003>
- Neneng, L., Louisa, K., Yuliana, Y., Nafisah, Z., & Noerdjito, D. R. (2025). Biodiversity and distribution of freshwater microalgae from the black-water ecosystem of Rungan River, Central Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 26(4), 1789–1798. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d260428>
- Prescott, G. W. (1954). *How to know the freshwater algae*. Wm C. Brown Company Publishers; Dubuque.

- Pröschold, T., Pitsch, G., & Darienko, T. (2020). *Micractinium tetrahymenae* (Trebouxiophyceae, Chlorophyta), a new endosymbiont isolated from ciliates. *Diversity*, 12(5), 200. <https://doi.org/10.3390/d12050200>
- Rahman, A., Haeruddin, H., & Prakoso, K. (2025). The occurrences of harmful algal blooms (habs) species and trophic status update in Kedung Ombo Reservoir. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 17(1), 40–52. <https://doi.org/10.20473/jipk.vi.55767>
- Raji, A. A., Alaba, P. A., Yusuf, H., Bakar, N. H. A., Taufek, N. M., Muin, H., Alias, Z., Milow, P., & Razak, S. A. (2018). Fishmeal replacement with *Spirulina Platensis* and *Chlorella vulgaris* in African catfish (*Clarias gariepinus*) diet: Effect on antioxidant enzyme activities and haematological parameters. *Research in veterinary science*, 119, 67–75. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2018.05.013>
- Rauytanapanit, M., Janchot, K., Kusolkumbot, P., Sirisattha, S., Waditee-Sirisattha, R., & Praneenararat, T. (2019). Nutrient deprivation-associated changes in green microalga *Coelastrum* sp. TISTR 9501RE enhanced potent antioxidant carotenoids. *Marine Drugs*, 17(6), 328. <https://doi.org/10.3390/md17060328>
- Sahab, H. M., Omer, H., Ismail, A., & Mohamed, N. A. (2018). Diversity of mix microalgae in fish tanks under different weather conditions. *Journal of Bioscience and Applied Research*, 4(3), 278–295. <https://doi.org/10.21608/jbaar.2018.155803>
- Salem, Z., Ghobara, M., & El Nahrawy, A. A. (2017). Spatio-temporal evaluation of the surface water quality in the middle Nile Delta using Palmer's algal pollution index. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(3), 219–226. <https://doi.org/10.1016/j.ejbas.2017.05.003>
- Shetty, K., & Gulimane, K. (2023). Application of microalgal diversity in assessing the water quality of freshwater ponds. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(5), 595. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11116-w>
- Skifa, I., Chauchat, N., Cocquet, P. H., & Le Guer, Y. (2024). Microalgae cultivation in raceway ponds: advances, challenges, and hydrodynamic considerations. *EFB Bioeconomy Journal*, 100073. <https://doi.org/10.1016/j.bioeco.2024.100073>
- Uda, S. K., Jaya, A., Adam, C., & Fatiqin, A. (2024). Exploratory study on the genus diversity of tropical paludi-microalgae as a potential source of human nutrition and other products. *Mires and Peat*, 31, 16. <https://doi.org/10.19189/MaP.2023.OMB.Sc.2457053>
- Van Rensburg, S. J., Barnard, S., & Booyens, S. (2019). Comparison of phytoplankton assemblages in two differentially polluted streams in the Middle Vaal Catchment, South Africa. *South African Journal of Botany*, 125, 234–243. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.07.036>
- Verdegem, M., Buschmann, A. H., Latt, U. W., Dalsgaard, A. J., & Lovatelli, A. (2023). The contribution of aquaculture systems to global aquaculture production. *Journal of the World Aquaculture Society*, 54(2), 206–250. <https://doi.org/10.1111/jwas.12963>
- Vuuren, S. J. V. (2006). *Easy identification of the most common freshwater algae: a guide for the identification of microscopic algae in South African freshwaters*. Resource Quality Services (RQS); Department of Water Affairs and Forestry (DWAF) and North-West University (NWU).
- Zulkefli, N. S., & Hwang, S. J. (2020). Heterocyst development and diazotrophic growth of *Anabaena variabilis* under different nitrogen availability. *Life*, 10(11), 279. <https://doi.org/10.3390/life10110279>