

## **BAB 2**

### **TINJAUAN TEORITIS**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

##### **2.2.1 Keanekaragaman Hayati**

Indonesia merupakan negara yang memiliki kelimpahan makhluk hidup di alam, meliputi flora dan fauna. Hal tersebut dilatar belakangi karena Indonesia memiliki iklim tropis, dan letak Indonesia yang secara geografis berada pada wilayah garis Wallacea (Latupapua & Sahusilawane, 2023). Keadaan suatu wilayah memiliki karakteristik yang berbeda-beda, hal ini berdampak pada keanekaragaman makhluk hidup yang ada didalamnya, karena secara alami keanekaragaman hayati memiliki persebaran yang terbatas, sehingga setiap wilayah memiliki keanekaragaman hayati yang khas atau hanya terdapat pada wilayah tersebut (endemik) (Suwarso *et al.*, 2019).

Keanekaragaman hayati (*biodiversity*) merupakan variasi dan variabilitas makhluk hidup yang mencakup keseluruhan variasi genetik, spesies, dan ekosistem pada wilayah tertentu (Mokodompit *et al.*, 2022). Kemudian, menurut (Ganesid *et al.*, 2019), keanekaragaman hayati memiliki tiga tingkatan yaitu keanekaragaman genetik, spesies, dan komunitas (ekosistem). Kekuatan adaptasi suatu populasi dapat ditentukan oleh tingkatan keanekaragaman hayati yang nantinya dapat menjadi bagian dari interaksi spesies. Selain itu, terdapat pula pendapat dari (Yuslinawari *et al.*, 2021), keanekaragaman hayati adalah keberadaan makhluk hidup yang beranekaragam yang terdapat pada berbagai jenis wilayah meliputi daratan, lautan, ekosistem akuatik, dan kompleks ekologis.

Keanekaragaman tingkat genetik adalah variasi genetik yang terdapat dalam suatu spesies, baik di antara populasi terpisah secara geografis ataupun di antara individu dalam satu populasi, keanekaragaman tingkat ini muncul karena setiap individu mempunyai bentuk-bentuk gen yang khas. Keanekaragaman spesies (jenis) adalah variasi yang terdapat pada spesies makhluk hidup dalam genus yang sama atau familia yang sama. Dan pada berbagai spesies memiliki perbedaan-perbedaan sifat. Misalnya, pada family *Fellidae* yang meliputi kucing,

harimau, dan singa. Terakhir, keanekaragaman ekosistem terbentuk dari keanekaragaman genetik dan spesies, ekosistem adalah kesatuan yang terbentuk dari hubungan timbal balik antara makhluk hidup (biotik) dengan lingkungannya (abiotik), ekosistem memiliki kondisi lingkungan yang beragam, sehingga menyebabkan keberagaman makhluk hidup yang hidup didalamnya (Afdal, 2016).

Berdasarkan pemaparan tersebut dapat disimpulkan bahwa keanekaragaman hayati adalah keberagaman atau variasi makhluk hidup yang terbagi ke dalam tiga tingkatan yaitu genetik, spesies, dan ekosistem. Karakteristik wilayah yang ditempati oleh suatu makhluk hidup dapat mempengaruhi keanekaragaman hayati karena secara alami keanekaragaman hayati memiliki persebaran yang terbatas, sehingga setiap wilayah memiliki keanekaragaman hayati yang khas atau hanya terdapat pada wilayah tersebut (endemik).

## **2.2.2 Mikroalga**

### **2.2.2.1 Tinjauan Umum Mikroalga**

Mikroalga atau fitoplankton merupakan partikel kecil yang hidup melayang pada perairan dan termasuk dalam kelompok tumbuhan (Sulastri, 2018). Hal tersebut diperkuat oleh pendapat (Nainggolan *et al.*, 2022), mikroalga adalah tumbuhan berukuran renik yang termasuk dalam kelas alga memiliki diameter antara 3-30  $\mu\text{m}$ , berbentuk sel tunggal maupun koloni dan umumnya disebut fitoplankton. Fitoplankton memiliki ukuran beragam, dimulai dari yang terkecil yaitu *picoplankton* berukuran 0,2-2,0  $\mu\text{m}$ , *nanoplankton* berukuran 2,0-20  $\mu\text{m}$ , *microplankton* berukuran 20-200  $\mu\text{m}$ , dan *macroplankton* berukuran  $>200 \mu\text{m}$  (Sulastri, 2018). Mikroalga digolongkan sebagai kelompok tumbuhan karena memiliki klorofil (Harmoko *et al.*, 2019). Dan menurut (Purwantoro *et al.*, 2018), mikroalga adalah mikroorganisme bersel satu, banyak dijumpai pada perairan baik di air tawar maupun air laut, dan termasuk organisme eukariotik fotoautotrof. Hasil dari fotosintesis mikroalga menjadi sumber energi untuk organisme lain yang hidup di perairan, oleh sebab itu mikroalga merupakan komponen primer dalam ekosistem perairan. Tetapi, apabila populasi mikroalga dalam perairan tinggi maka menyebabkan ekosistem perairan menjadi tidak seimbang. Hal

tersebut dapat terjadi jika kandungan unsur hara dalam perairan tinggi dengan nutrisi yang mendominasi adalah nitrat dan fosfat. Sehingga, mempercepat pertumbuhan mikroalga dengan kepadatan yang tinggi yang mengakibatkan terjadinya *blooming* (Gurning *et al.*, 2020). Yang mana dampak dari *blooming* mikroalga adalah menyebabkan kematian organisme yang hidup di perairan karena kadar oksigen terlarut dalam perairan berkurang. Selain itu, menurut Oktora dalam Gildantia *et al.*, (2022), mikroalga mampu menghasilkan karotenoid, polimer, asam peptida, asam lemak, antioksidan, enzim, terpenoid, sterol, flavonoid, dan racun.

Bentuk sel mikroalga sangat beragam, yaitu sel tunggal sederhana hingga sel berkoloni dengan struktur yang kompleks. Contoh mikroalga yang memiliki bentuk sel tunggal sederhana dan tidak bergerak adalah *Selenastrum*, dan mikroalga dengan bentuk sel berkoloni tidak bergerak adalah *Scenedesmus*. Selain itu, sel mikroalga ada yang bergabung membentuk koloni yang linier disebut filamen. Filamen yang bercabang contohnya *Cladophora*, dan yang tidak bercabang adalah *Ulothrix* (Sulastri, 2018).

#### **2.2.2.2 Karakteristik Mikroalga**

Mikroalga umumnya dapat hidup pada perairan, baik perairan tawar dan perairan laut. Mikroalga yang hidup di perairan tawar dapat dikelompokkan menjadi 10 divisi dilihat dari karakter sel, seperti warna, morfologi, sifat pergerakan, jenis pigmen, struktur kloroplas, dan dinding sel (Sulastri, 2018). Berikut merupakan tabel divisi fitoplankton yang terdapat pada perairan tawar berdasarkan penampakan mikroskopis, dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1.** Divisi Utama pada Fitoplankton Perairan Tawar berdasarkan Penampakan Mikroskopis

No.	Filum	Tipe warna	Penampakan morfologi sel	Pergerakan sel atau koloni sel
1.	Chrysophyta	Cokelat keemasan	Mikroskopis, sel tunggal, atau koloni.	Beberapa jenis pergerakan menggunakan flagela.
2.	Bacillariophyta/ Diatom	Cokelat keemasan	Mikroskopis, sel tunggal, atau koloni berbentuk filamen.	Meluncur pada substrat.
3.	Chlorophyta/ Alga hijau	Hijau rumput	Mikroskopis atau mudah dilihat, berbentuk sel tunggal, koloni atau koloni berbentuk filamen.	Beberapa jenis bersel tunggal atau koloni pergerakan menggunakan flagela.
4.	Cyanophyta/ Alga biru hijau	Biru hijau	Mikroskopis atau mudah dilihat, biasanya berbentuk koloni.	Menggunakan gelembung gas atau beberapa dapat meluncur.
5.	Dinophyta/ Pyrrhophyta/ Dinoflagelata	Merah kecokelatan	Mikroskopis, berbentuk sel tunggal	Seluruhnya menggunakan flagela.
6.	Euglenophyta	bermacam-macam warna	Mikroskopis, berbentuk sel tunggal.	Umumnya menggunakan flagella.
7.	Xanthophyta/ Alga kuning kehijauan	Kuning kehijauan	Mikroskopis, berbentuk sel tunggal atau filamen.	Zoospora dan gamet berfilamen.
8.	Cryptophyta/ Cryptomonas	Bermacam-macam warna	Mikroskopis berbentuk sel tunggal.	Tidak melakukan pergerakan.
9.	Rhodophyta/ Alga merah	Merah	Mikroskopis atau mudah dilihat, berbentuk sel tunggal atau koloni.	Tidak melakukan pergerakan.
10.	Phaeophyta/ Alga cokelat	Cokelat	Mudah dilihat, terdiri atas beberapa sel (multicellular), dilengkapi dengan bantalan dan lapisan kulit pada perakaran.	Tidak melakukan pergerakan.

Sumber: (John *et al.*, (2002) dalam Bellinger & Sigee (2010)

### 2.2.2.3 Klasifikasi Mikroalga

Klasifikasi dari mikroalga tidak terpusat pada suatu takson, tetapi tersebar pada beberapa *order*, *class*, *divisio/phylum*, hingga *kingdom*. Berdasarkan klasifikasi (Ruggiero *et al.*, 2015), kelompok mikroalga terdapat pada beberapa kelompok, yaitu Cyanophyta (Cyanobacteria), Euglenophyta (Euglenozoa), Chlorophyta, Rhodophyta, Pyrrophyta, dan Heterokontophyta. Sedangkan, menurut (Vuuren *et al.*, 2006), mikroalga tersebar pada tujuh divisi yaitu Cyanophyta (*Blue-Green Algae*), Chrysophyta (*Golden-Brown Algae*), Bacillariophyta (*Diatoms*), Cryptophyta (*Cryptomonads*), Dinophyta (*Dinoflagellates*), Euglenophyta (*Euglenoids*), dan Chlorophyta (*Green Algae*). Dan menurut (Santri *et al.*, 2021), klasifikasi mikroalga terbagi menjadi beberapa kelas yaitu Cyanobacteria (*Cyanophyceae*), ganggang hijau (*Chlorophyceae*), diatom (*Bacillariophyceae*), ganggang kuning-hijau (*Xantophyceae*), ganggang emas (*Chrysophyceae*), ganggang merah (*Rhodophyceae*), ganggang coklat (*Phaeophyceae*), dinoflagellate (*Dinophyceae*), dan Pikoplankton (*Prasinophyceae & Eustigmatophyceae*). Pada penelitian ini, lokasi yang dijadikan tempat penelitian adalah Situ Lengkong. Sejalan dengan hal tersebut, menurut (Sulastri, 2018) mikroalga yang terdapat pada perairan danau meliputi beberapa divisi yaitu Chrysophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Pyrrhophyta, dan Euglenophyta.

#### A. Cyanophyta

Cyanophyta terdiri dari dua kata yaitu “*Cyano*” dan “*Phyta*” yang berasal dari Bahasa Yunani, kata “*Cyano*” memiliki arti biru dan “*Phyta*” berarti tanaman (Vuuren *et al.*, 2006). Pada klasifikasi yang dipublikasi oleh (Ruggiero *et al.*, 2015), Cyanophyta masuk pada kingdom Bacteria, phylum Cyanophyta terdiri dari dua class yaitu class Cyanophyceae memiliki lima order (Chroococcales, Nostocales, Oscillatoriales, Pseudoanabaeniales, dan Synechococcales) dan class Gloeobacteria memiliki satu order (Gloeobacterales). Pada klasifikasi tersebut, istilah *divisio* menggunakan istilah *phylum*.

Cyanophyta sering disebut sebagai *Cyanobacteria* karena termasuk organisme prokariotik yang kekerabatannya lebih dekat dengan bakteri

dibandingkan dengan alga serta memiliki ketergantungan akan CO<sub>2</sub> dan memperbanyak O<sub>2</sub> dalam proses fotosintesis (Sulastri, 2018; Vuuren *et al.*, 2006). Cyanophyta memiliki beberapa pigmen yaitu klorofil-a (pigmen hijau), fikosianin (pigmen biru), dan fikoeritrin (pigmen merah) (Sulastri, 2018; Vuuren *et al.*, 2006).

Berdasarkan bentuk selnya, kelompok mikroalga yang tersebar pada phylum Cyanophyta dibagi menjadi dua yaitu Cyanophyta berbentuk bulatan (*Cocoid*) & berkoloni, dan Cyanophyta berbentuk filamen (Sulastri, 2018). Sejalan dengan itu menurut (Nirmalasari, 2018; Harmoko & Krisnawati, 2018; Vuuren *et al.*, 2006), menyebutkan pada umumnya Cyanophyta memiliki bentuk sel berupa sel tunggal (uniseluler), koloni atau filamen. Menurut Sachlan dalam Nirmalasari (2018), Cyanophyta yang memiliki bentuk filamen dapat melakukan proses fiksasi nitrogen sehingga mengakibatkan terjadinya *blooming*. Hal tersebut dipertegas oleh (Sulastri, 2018) yang menjelaskan bahwa beberapa jenis mikroalga yang termasuk dalam phylum Cyanophyta mempunyai kemampuan untuk fiksasi nitrogen dari udara dan menghasilkan bahan toksik, bahan toksik tersebut dapat mengakibatkan kematian pada binatang dan mengganggu kesehatan manusia.

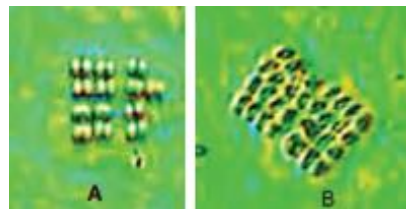
Menurut Pratiwi dalam Harmoko & Krisnawati (2018), phylum Cyanophyta tidak memiliki membrane internal, tidak memiliki organel/nucleus, memiliki warna hijau-biru, hijau-hijau, ungu, cokelat, merah-jingga tergantung pada konsentrasi pigmen klorofil, fikosianin, dan fikoeritrin. Dan menurut (Nirmalasari, 2018), Cyanophyta belum memiliki inti yang sempurna, dan divisi ini melakukan reproduksi dengan cara membelah diri (*cell division*) yang menyebabkan sel induk memisah dan membentuk koloni atau filamen sebagai individu baru. Kemudian menurut (Vuuren *et al.*, 2006), Cyanophyta memiliki beberapa ciri khas yaitu terdapat gas vakuola dalam sel yang memberikan daya apung untuk organisme, sel ditutupi oleh dinding sel yang tebal dan berlapis yang dikelilingi oleh lendir, dan tidak ada reproduksi seksual.

Berikut merupakan beberapa contoh genus yang termasuk kedalam phylum Cyanophyta berdasarkan bentuknya, yaitu:

### 1) Bentuk Bulatan (*Coccid*) dan Berkoloni

Salah satu genus yang masuk dalam phylum Cyanophyta dan memiliki bentuk bulatan serta hidup berkoloni adalah *Merismopedia*. *Merismopedia* berasal dari Bahasa Yunani yaitu “*merismos*” yang berarti divisi dan “*pedion*” yang berarti bidang (Vuuren *et al.*, 2006). Berdasarkan ciri-cirinya genus ini dapat dibedakan dengan mudah, yaitu; 1) sel berkoloni dalam satu lapisan yang terdiri dari sel-sel kecil berbentuk bulat atau oval, 2) berbentuk lempengan segi empat yang melayang bebas di perairan karena pada beberapa spesies memiliki vesikel gas untuk daya apung, dan 3) sel tersusun dalam barisan yang terkadang terdiri atas empat grup (Sulastris, 2018; Vuuren *et al.*, 2006).

Genus *Merismopedia* memiliki ukuran panjang 1 – 16  $\mu\text{m}$  dan diameter 0,5 – 5  $\mu\text{m}$  (Sulastris, 2018), dapat ditemukan hidup pada air tawar, air laut, air payau, air kolam, danau, rawa serta sungai yang berarus lambat (Vuuren *et al.*, 2006; Harmoko & Krisnawati, 2018). Salah satu spesies yang termasuk genus *Merismopedia* adalah *Merismopedia tenuissima*, dapat dilihat pada Gambar 2.1.



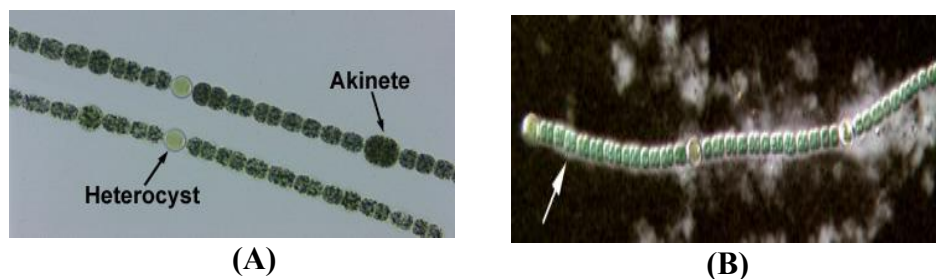
**Gambar 2.1.** *Merismopedia tenuissima* (A, B)  
(Sumber: Sulastris (2006))

Adapun klasifikasi *Merismopedia tenuissima*, berdasarkan AlgaeBase.org adalah sebagai berikut:

- Kingdom* : Bacteria
- Phylum* : Cyanobacteriota
- Class* : Cyanophyceae
- Order* : Chroococcales
- Family* : Microcystaceae
- Genus* : *Merismopedia*
- Spesies* : *Merismopedia tenuissima*

## 2) Bentuk Filamen

Salah satu genus yang masuk dalam phylum Cyanophyta dan memiliki bentuk filamen adalah genus *Anabaena*. *Anabaena* berasal dari Bahasa Yunani yaitu “*anabaino*” yang memiliki arti bangkit atau naik (Vuuren *et al.*, 2006). Genus ini memiliki karakteristik filamen atau trikoma yang soliter atau berkelompok dan menyatu dalam *mucilage* (selubung lendir) yang tipis. Trikoma berbentuk lurus, melengkung, atau menggulung. Filamen terdiri dari sel berbentuk bulat oval atau silinder yang memberikan tampilan untaian seperti manik-manik. Di dalam trikoma terdapat *akinet* berbentuk bulat, elips, atau silinder, yang dapat ditemukan di sekitar *heterocystis*. Gambar *mucilage*, *akinet*, dan *heterocystis* dapat di lihat pada Gambar 2.2.

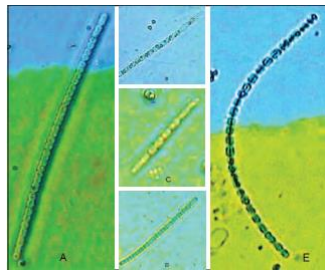


**Gambar 2.2.** Bagian Akinete dan Herocyst pada *Anabaena* (A), Mucilage (Selubung Lendir) pada *Anabaena* (B).  
(Sumber: [https://fmp.conncoll.edu/silicasecchidisk/LucidKeys3.5/Keys\\_v3.5/Carolina35\\_Key/Media/Html/Anabaena\\_Main.html](https://fmp.conncoll.edu/silicasecchidisk/LucidKeys3.5/Keys_v3.5/Carolina35_Key/Media/Html/Anabaena_Main.html))

Karakteristik lainnya yaitu *Anabaena* memiliki gelembung gas yang membuat spesies *Anabaena* bisa mengapung di perairan, memiliki kemampuan untuk memproduksi racun mematikan (*Anatoxin-a*) yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan hati, gangguan pernapasan, henti jantung, dan bersifat karsinogenik. Pada hewan dapat menyebabkan kematian setelah meminum air yang mengandung racun tersebut. Selain itu, bahan beracun dari spesies *Anabaena* dapat menyebabkan iritasi pada kulit (Sulastri, 2018; Vuuren *et al.*, 2006). *Anabaena* memiliki kemampuan untuk fiksasi nitrogen (Mishbach *et al.*, 2022). Genus *Anabaena* memiliki ukuran 2 – 7  $\mu\text{m}$  (Sulastri, 2018), sedangkan menurut (Vuuren *et al.*, 2006) genus ini memiliki ukuran 7 – 12  $\mu\text{m}$ . *Anabaena* dapat ditemukan pada habitat perairan tawar dan laut. Beberapa spesies



Anabaena bersifat planktonik yang dapat dijumpai di danau dan kolam, serta perairan yang memiliki arus lambat. Adapula, yang bersifat epifit hidup pada tanah yang lembap atau membentuk massa agar-agar saat terendam substrat. Bahkan, spesies tertentu hidup bersimbiosis dengan tumbuhan tingkat tinggi, contohnya *Anabaena azollae* Strasburger pada spesies pakis air (*Azolla* Lam.) (Vuuren *et al.*, 2006). Contoh spesies yang termasuk genus *Anabaena* adalah *Anabaena affinis*, dapat dilihat pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3.** *Anabaena affinis* (A)  
(Sumber: Sulastris (2006))

Adapun klasifikasi *Anabaena affinis*, berdasarkan AlgaeBase.org adalah sebagai berikut:

- Kingdom* : Bacteria  
*Phylum* : Cyanobacteriota  
*Class* : Cyanophyceae  
*Order* : Nostocales  
*Family* : Aphanizomenonaceae  
*Genus* : *Anabaena*  
*Spesies* : *Anabaena affinis*

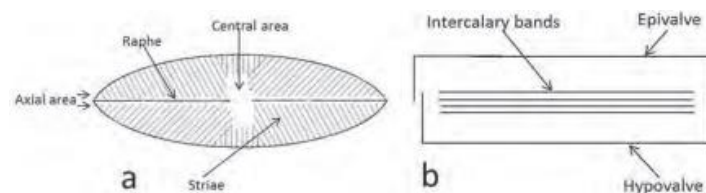
## B. Bacillariophyta

Bacillariophyta pada umumnya disebut diatom, terdiri dari dua kata yaitu “*bacillus*” dan “*phyta*”. “*Bacillus*” berasal dari Bahasa Latin yang berarti tongkat kecil atau batang, dan “*phyta*” berasal dari Bahasa Yunani yang berarti tanaman (Vuuren *et al.*, 2006). Pada klasifikasi yang dipublikasi oleh (Ruggiero *et al.*, 2015), Bacillariophyta tidak ada karena masuk ke dalam phylum Ochrophyta menjadi class Bacillariophyceae. Phylum Ochrophyta atau Heterokontophyta masuk pada Kingdom Chromista, class Bacillariophyceae terdiri dari 3 subclass

yaitu Bacillariophycidae terdiri dari 12 order, Coscinodiscophycidae terdiri dari 21 order, dan subclass Fragilariophycidae terdiri dari 12 order.

Bacillariophyta dapat berupa sel tunggal, koloni, filamen atau membentuk rangkaian sel panjang, biasanya berwarna kuning hingga coklat muda, dan setiap sel dilindungi oleh dinding silika berbentuk seperti kotak petri atau cawan yang disebut *frustule* (Sulastrri, 2018; Nurmalasari, 2018; Vuuren *et al.*, 2006). Menurut Romimohtarto & Juwana dalam (Nirmalasari, 2018), *Frustule* terdiri dari dua valve setangkup seperti cawan petri yang dihubungkan oleh sabuk-sabuk penghubung yang saling tumpang tindih dan bersama-sama membentuk gelang (*girdle*), seluruh protoplasma terletak dalam cangkang, namun untuk pertukaran hasil metabolisme dihubungkan oleh *raphe* dalam valve pada beberapa jenis tertentu dan melalui pori-pori kecil pada jenis yang lain.

Berdasarkan bentuknya, Bacillariophyta dibedakan menjadi dua kelompok yaitu *centric diatom* dan *pennate diatom* (Sulastrri, 2018). *Centric diatom* memiliki bentuk valve yang radial dan terpusat pada satu titik, umumnya kelompok ini memiliki bentuk dinding sel bulat, silindris, atau segitiga dan sebagian besar bersifat planktonik. Sedangkan, *pennate diatom* memiliki bentuk panjang dengan simetris bilateral pada sepanjang sumbu katup dinding sel (Nirmalasari, 2018). Menurut Isnansetyo & Kurniastuty dalam (Armanda, 2013), *centric diatom* bereproduksi secara *oogamy* dan *pennate diatom* bereproduksi secara *isogamy*. Berikut adalah gambar *centric diatom* dan *pennate diatom* yang dapat dilihat pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4.** Struktur *Pennate Diatom* (A) dan *Centric Diatom* (B).  
(Sumber: Gell *et al.*, (1999))

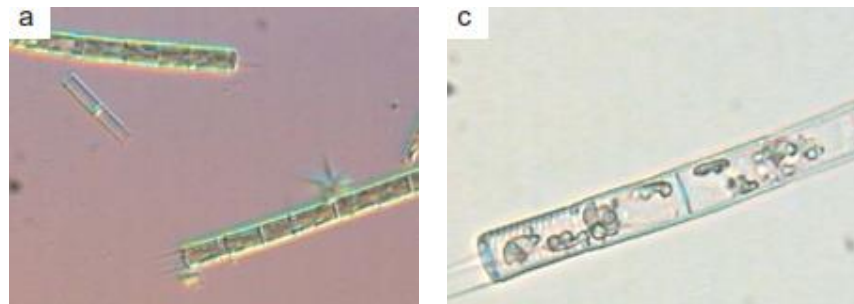
Diatom memiliki klorofil a, c, alfa, betakaroten, dan xantofil (fucoxantin, diadinoxantin, dan diatoxantin) sehingga menampilkan warna coklat keemasan (Armanda, 2013).

Berikut merupakan beberapa contoh spesies yang termasuk ke dalam divisi Bacillariophyta berdasarkan bentuknya, yaitu:

### 1) *Centric Diatom*

Salah satu genus yang masuk dalam phylum Bacillariophyta dan memiliki bentuk *centric diatom* adalah *Aulacoseira*. *Aulacoseira* terdiri dari dua kata yaitu “aulos” dan “seira” yang berasal dari Bahasa Yunani, “aulos” berarti pipa atau tabung dan “seira” berarti rantai atau tali (Vuuren *et al.*, 2006). *Aulacoseira* memiliki karakteristik berupa; 1) berbentuk silinder dengan valve berbentuk radial (melingkar), 2) sebagian besar sel-selnya lebih panjang daripada lebarnya, 3) pada beberapa spesies terdapat *sulcus* atau goresan melingkar pada bagian tengah sel, 4) permukaan dinding sel ditandai oleh kumpulan pori-pori yang besar disebut *areolae*, 5) frustule berbentuk belang-belang, kasar atau samar, 6) biasanya terdapat duri pada dinding ujung, duri tersebut berfungsi menghubungkan sel-sel untuk membentuk filamen silindris yang lurus, melengkung atau melingkar, dan 7) memiliki diameter sel sepanjang 4 – 20  $\mu\text{m}$  (Sulastri, 2018; Vuuren *et al.*, 2006).

*Aulacoseira* yang bersifat planktonik dapat ditemukan mengapung bebas dan yang bersifat bentik dapat ditemukan menempel pada batuan atau tumbuhan air pada aliran yang sedikit eutrofik, bendungan dan sungai besar dengan arus lambat (Vuuren *et al.*, 2006). Contoh spesies yang termasuk genus *Aulacoseira* adalah *Aulacoseira granulata*, dapat dilihat pada Gambar 2.5.



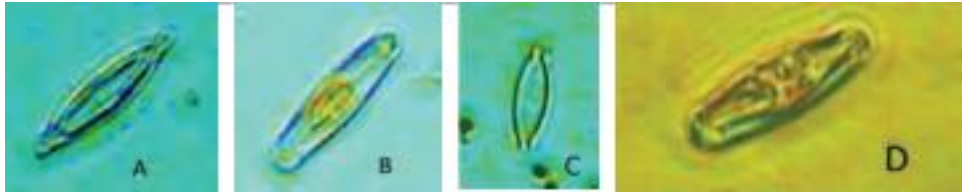
**Gambar 2.5.** *Aulacoseira granulata*  
(Sumber: (Vuuren *et al.*, 2006))

Adapun klasifikasi *Aulacoseira granulata*, berdasarkan AlgaeBase.org adalah sebagai berikut:

*Kingdom* : Chromista  
*Phylum* : Heterokontophyta  
*Class* : Coscinodiscophyceae  
*Order* : Aulacoseirales  
*Family* : Aulacoseiraceae  
*Genus* : *Aulacoseira*  
*Spesies* : *Aulacoseira granulata*

## **2) Pennate Diatom**

Genus yang termasuk dalam phylum Bacillariophyta dan memiliki bentuk *pennate diatom* adalah *Navicula*. Menurut (Vuuren *et al.*, 2006), *Navicula* berasal dari Bahasa Latin yang berarti kapal atau perahu kecil. *Navicula* memiliki beberapa karakteristik, diantaranya yaitu; 1) berwarna coklat kekuningan, 2) memiliki bentuk sel yang bervariasi, terutama pada tampilan katup tapi umumnya memiliki bentuk navikuloid (perahu) atau berbentuk cerutu, 3) dinding sel terdiri dari silika yaitu bahan seperti kaca, dan 4) memiliki dua kloroplas yaitu satu pada setiap sisi sel yang dapat dilihat pada bagian katup (Vuuren *et al.*, 2006; Kurnia & Panjaitan, 2020). Sel *Navicula* memiliki ukuran panjang 6 – 42  $\mu\text{m}$  dan lebar 4 – 12  $\mu\text{m}$  (Vuuren *et al.*, 2006; (Sulastri, 2018); Kurnia & Panjaitan, 2020). Spesies dari genus ini dapat dijumpai pada semua jenis perairan baik perairan laut maupun tawar, serta pada perairan oligotrofik sampai eutrofik (Vuuren *et al.*, 2006; Kurnia & Panjaitan, 2020). Seperti diatom lain yang membawa raphe, *Navicula* akan mengeluarkan lendir dari raphe untuk mengaktifkan sel agar mampu meluncur pada substrat (Vuuren *et al.*, 2006). Dan menurut (Kurnia & Panjaitan, 2020), *Navicula* memiliki sifat menempel pada substrat, hal tersebut terjadi karena terdapat zat semacam gelatin yang memberikan daya lekat terhadap substrat. Contoh spesies yang termasuk genus *Navicula* adalah *Navicula rhyncocephala*, dapat dilihat pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6.** *Navicula rhyncocephala* (A), *Navicula* sp. 1 (B), *Navicula* sp. 2 (C), dan *Navicula* sp. 3 (D).

(Sumber: Sulastri (2005, 2006, 2010))

Adapun klasifikasi *Navicula rhyncocephala*, berdasarkan AlgaeBase.org

adalah sebagai berikut:

- Kingdom* : Chromista  
*Phylum* : Heterokontophyta  
*Class* : Bacillariophyceae  
*Order* : Naviculales  
*Family* : Naviculaceae  
*Genus* : *Navicula*  
*Spesies* : *Navicula rhyncocephala*

### C. Chlorophyta

Chlorophyta berasal dari Bahasa Yunani yaitu “*chloros*” berarti hijau dan “*phyta*” berarti tanaman, sehingga Chlorophyta sering kali disebut alga hijau (Vuuren *et al.*, 2006). Pada klasifikasi yang dipublikasi oleh (Ruggiero *et al.*, 2015), Chlorophyta masuk pada kingdom Plantae, memiliki 2 subphylum yaitu Chlorophytina dan Prasinophytina, terdiri dari 8 class yaitu Chlorodendrophyceae, Chlorophyceae, Pedinophyceae, Trebouxiophyceae, Ulvophyceae, Mamiellophyceae, Nephrophyceae, dan Pyramimonadophyceae. Serta terdiri dari 31 order.

Menurut (Fauziah & Laily, 2015; Harmoko & Sepriyaningsih, 2018; Nirmalasari, 2018), Chlorophyta atau alga hijau adalah kelompok terbesar dari vegetasi alga, memiliki pigmen klorofil a dan klorofil b yang lebih dominan dibandingkan dengan xantofil dan karotin, serta karotenoid. Dalam badan perairan, Chlorophyta memiliki peran penting sebagai produsen utama karena sebagian besar fitoplankton adalah spesies dari Chlorophyta yang memiliki klorofil sehingga efektif untuk melakukan fotosintesis (Fauziah & Laily, 2015;

Harmoko & Sepriyaningsih, 2018). Karakteristik lain dari phylum Chlorophyta yaitu: 1) bentuk, ukuran dan susunan sel bervariasi yaitu sel tunggal dan motil, sel tunggal dan non motil, sel senobium, koloni tidak beraturan, dan filamen bercabang serta filamen tidak bercabang, 2) mengandung satu atau lebih pirenoid yang menyimpan pati untuk cadangan makanan, 3) memiliki stigma atau bintik mata, 4) protoplasma dikelilingi oleh dinding sel yang terbuat dari selulosa, hydroxyl-proline glucosides, xilans, dan mannans, dan 5) dapat memproduksi kanji (amilose dan amilopektin), ada juga beberapa yang menghasilkan minyak (Vuuren *et al.*, 2006; Fauziah & Laily, 2015; Nirmalasari, 2018; Harmoko & Sepriyaningsih, 2020).

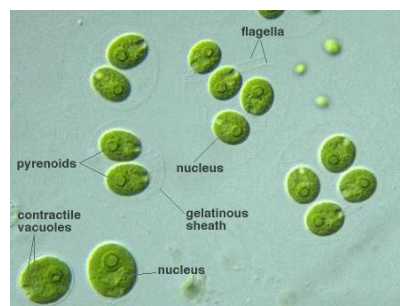
Berikut merupakan beberapa contoh spesies yang termasuk kedalam phylum Chlorophyta berdasarkan bentuk sel dan sifat hidup, yaitu:

### 1) Uniseluler dan Motil

Salah satu genus yang masuk dalam phylum Chlorophyta dan memiliki bentuk sel tunggal dan hidup motil adalah *Chlamydomonas*. *Chlamydomonas* berasal dari Bahasa Yunani yaitu “*chlamys*” yang berarti mantel dan “*monas*” yang berarti tunggal atau unit (Vuuren *et al.*, 2006). *Chlamydomonas* merupakan alga hijau kecil dengan sel tunggal, beberapa karakteristik *Chlamydomonas* yaitu; 1) sel yang dapat berbentuk bulat, bulat telur, ellipsoidal, sub-silinder atau berbentuk buah pir apabila dilihat dari samping, dan berbentuk lingkaran agak pipih, 2) memiliki dua flagella untuk bergerak dengan panjang yang sama berdekatan satu sama lain di ujung anterior sel, flagella berukuran lebih panjang dibandingkan sel, 3) sel mengandung kloroplas hijau, 4) bintik mata berwarna merah (stigma) terletak di anterior, 5) biasanya terdapat dua vakuola kontraktil di dekat flagella, 6) dinding sel halus terbuat dari glikoprotein, 7) bereproduksi secara aseksual melalui pembelahan sel dan menghasilkan zoospora, namun reproduksi seksual juga dapat terjadi, dan 8) memiliki ukuran panjang sel 2 – 50  $\mu\text{m}$  (kebanyakan 5-20  $\mu\text{m}$ ) dan lebar 8-22  $\mu\text{m}$  (Vuuren *et al.*, 2006).

Habitat hidup genus ini tersebar pada berbagai jenis perairan, seperti pada kolam, parit, danau, dan sungai yang berenang bebas terkadang membentuk bunga terutama pada perairan yang kaya nutrisi. Selain itu, *Chlamydomonas*

dapat ditemukan di permukaan tanah terestrial, salju dan es yang menampakkan warna merah karena adanya pigmen karotenoid (Vuuren *et al.*, 2006). Contoh spesies yang termasuk genus *Chlamydomonas* adalah *Chlamydomonas reinhardtii*, dapat dilihat pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7.** *Chlamydomonas reinhardtii*

(Sumber:[http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Chlamydomonas/Euchlamydomonas/reinhardtii/sp\\_12.jpg](http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Chlamydomonas/Euchlamydomonas/reinhardtii/sp_12.jpg))

Adapun klasifikasi *Chlamydomonas reinhardtii*, berdasarkan

AlgaeBase.org adalah sebagai berikut:

*Kingdom* : Plantae

*Phylum* : Chlorophyta

*Class* : Chlorophyceae

*Order* : Chlamydomonadales

*Family* : Chlamydomonadaceae

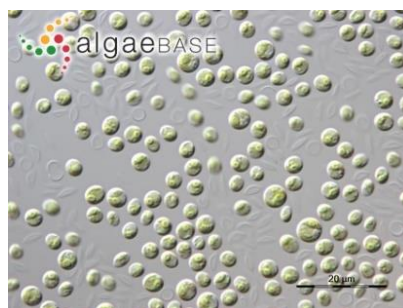
*Genus* : *Chlamydomonas*

*Spesies* : *Chlamydomonas reinhardtii*

## 2) Uniseluler dan Non Motil

Salah satu genus yang masuk dalam phylum Chlorophyta dan memiliki bentuk sel tunggal dan hidup non motil adalah *Chlorella*. Menurut (Vuuren *et al.*, 2006), *Chlorella* berasal dari Bahasa Yunani “*chloros*” yang berarti hijau. *Chlorella* memiliki karakteristik diantaranya yaitu; 1) merupakan sel tunggal yang tidak bergerak (non motil) jarang berkumpul membentuk kelompok, 2) bentuk sel berupa bola atau ellipsoidal, 3) dinding sel umumnya tipis dan halus terbuat dari selulosa dan pektin, 3) memiliki klorofil a dan b yang tinggi, serta karoten dan xantofil, 4) bereproduksi secara aseksual melalui autospora, dimana sel induk membelah diri menjadi 4, 8, sampai 16 autospora dan sel anak akan

tumbuh dan berpisah dari induknya, dan 5) berukuran 2 – 8  $\mu\text{m}$  (Vuuren *et al.*, 2006; Salimah *et al.*, 2023). *Chlorella* dapat dijumpai hidup pada perairan tawar, laut, dan tanah (Vuuren *et al.*, 2006). Contoh spesies yang termasuk genus *Chlorella* adalah *Chlorella vulgaris* Beijerinck, dapat dilihat pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.8.** *Chlorella vulgaris* Beijerinck

(Sumber: [https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species\\_id=27676](https://www.algaebase.org/search/species/detail/?species_id=27676))

Adapun klasifikasi *Chlorella vulgaris* Beijerinck, berdasarkan

AlgaeBase.org adalah sebagai berikut:

*Kingdom* : Plantae

*Phylum* : Chlorophyta

*Class* : Trebouxiophyceae

*Order* : Chlorellales

*Family* : Chlorellaceae

*Genus* : *Chlorella*

*Spesies* : *Chlorella vulgaris* Beijerinck

### 3) Sel Senobium

Salah satu genus yang masuk dalam phylum Chlorophyta dan memiliki bentuk sel senobium adalah *Volvox*. *Volvox* berasal dari bahasa latin “*volvo*” yang berarti terguling (Vuuren *et al.*, 2006). Genus ini memiliki karakteristik yaitu; 1) ukuran sel besar dan berkoloni, 2) koloni berongga dengan bentuk bulat hingga bulat telur mengandung lapisan perifer sekitar 500 – 50.000 sel, 3) sel berbentuk bulat, bulat telur, dan bintang, 4) memiliki dua flagel, satu bintik mata, dua vakuola kontraktil, kloroplas yang berbentuk cangkir dengan pirenoid tunggal, dan untaian sitoplasma antar sel tebal, tipis bahkan pada beberapa spesies tidak ada, 5) bereproduksi secara aseksual melalui pembelahan sel, dan 6) ukuran sel



berdiameter 4 – 8  $\mu\text{m}$  sedangkan koloni berdiameter 0,5 – 1,5  $\mu\text{m}$  (Vuuren *et al.*, 2006).

*Volvox* hidup pada perairan tawar, terutama yang mengandung banyak nitrogen, koloni berenang bebas di selokan, danau, kolam, atau perairan lain yang berarus tenang. Dan saat musim dingin, merena akan berada di dasar perairan dalam bentuk zigot (Vuuren *et al.*, 2006). Contoh spesies yang termasuk genus *Volvox* adalah *Volvox carteri* Stein, dapat dilihat pada Gambar 2.9.



**Gambar 2.9.** *Volvox carteri* Stein

(Sumber:<http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB6/PCD0062/htmls/32.html>)

Adapun klasifikasi *Volvox carteri* Stein, berdasarkan AlgaeBase.org adalah sebagai berikut:

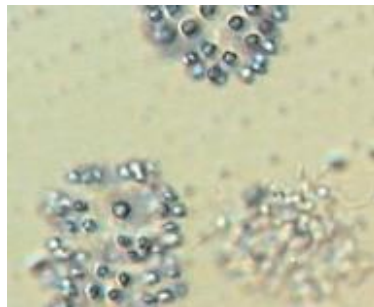
- Kingdom* : Plantae  
*Phylum* : Chlorophyta  
*Class* : Chlorophyceae  
*Order* : Chlamydomonadales  
*Family* : Volvocaceae  
*Genus* : *Volvox*  
*Spesies* : *Volvox carteri* Stein

#### 4) Koloni Tidak Beraturan

Salah satu genus yang masuk dalam phylum Chlorophyta dan memiliki bentuk sel koloni tidak beraturan adalah *Dictyosphaerium*. *Dictyosphaerium* berasal dari Bahasa Yunani yaitu “diktyon” berarti net dan “sphaera” berarti bola (Vuuren *et al.*, 2006). Genus *Dictyosphaerium* memiliki karakteristik, yaitu; 1) sel membentuk koloni membulat dan tidak beraturan yang terdiri dari 4 – 64 sel, 2) setiap sel melekat satu sama lain karena adanya *mucilage*, 3) koloni sel dihubungkan oleh benang halus bercabang yang garisnya tidak terlalu jelas, 4)

sel berbentuk bulat, bulat telur, silindris, gelendong, dan seperti ginjal, 5) sel tidak berinti, mengandung 1-2 kloroplas, dan dinding sel halus tidak berduri, 6) reproduksi secara aseksual melalui autospora, reproduksi seksual dilaporkan terjadi pada satu spesies, dan 7) sel berdiameter 1 – 10  $\mu\text{m}$ , sedangkan koloni berdiameter 10 – 100  $\mu\text{m}$  (Vuuren *et al.*, 2006; Sulastri, 2018).

*Dictyosphaerium* hidup di perairan tawar seperti kolam, danau, dan sungai berarus lambat. Genus ini dapat dijumpai di rawa dengan pH asam dan beberapa spesies dapat hidup di tanah (Vuuren *et al.*, 2006). Contoh spesies yang termasuk genus *Dictyosphaerium* adalah *Dictyosphaerium* sp, dapat dilihat pada Gambar 2.10.



**Gambar 2.10.** *Dictyosphaerium* sp.  
(Sumber: (Vuuren *et al.*, 2006))

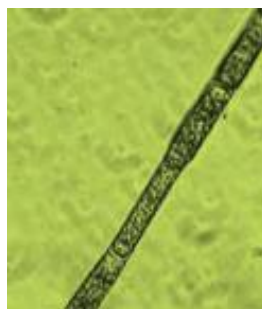
Adapun klasifikasi *Dictyosphaerium* sp., berdasarkan AlgaeBase.org adalah sebagai berikut:

*Kingdom* : Plantae  
*Phylum* : Chlorophyta  
*Class* : Trebouxiophyceae  
*Order* : Chlorellales  
*Family* : Chlorellaceae  
*Genus* : *Dictyosphaerium*  
*Spesies* : *Dictyosphaerium* sp.

### 5) Filamen Bercabang

Salah satu genus yang masuk dalam phylum Chlorophyta dan memiliki bentuk sel filamen bercabang adalah *Pithophora*. Genus ini memiliki karakteristik yaitu; 1) filamen bercabang dan bebas melayang di perairan, 2) sel berbentuk silinder dan membesar seperti tong dengan dinding yang tebal, 3)

kloroplas membentuk *parietal net* atau padat menutupi seluruh sel, 4) akinet memiliki dinding sel tebal berbentuk seperti tong atau oval yang berada di ujung filamen, 5) berukuran diameter 70 – 140  $\mu\text{m}$  dan panjang 70 – 380  $\mu\text{m}$ , dan 6) dapat ditemukan pada perairan danau atau kolam (Sulastrri, 2018). Contoh spesies yang termasuk genus *Pithophora* adalah *Pithophora* sp., dapat dilihat pada Gambar 2.11.



**Gambar 2.11.** *Pithophora* sp.

(Sumber: (Sulastrri, 2018))

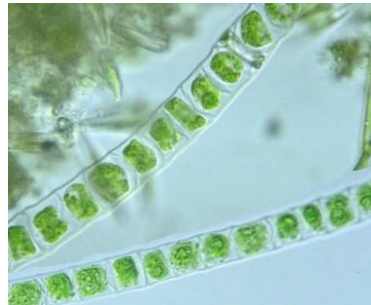
Adapun klasifikasi *Pithophora* sp., berdasarkan AlgaeBase.org adalah sebagai berikut:

*Kingdom* : Plantae  
*Phylum* : Chlorophyta  
*Class* : Ulvophyceae  
*Order* : Cladophorales  
*Family* : Pithophoraceae  
*Genus* : *Pithophora*  
*Spesies* : *Pithophora* sp.

#### **6) Filamen Tidak Bercabang**

Salah satu genus yang masuk dalam phylum Chlorophyta dan memiliki bentuk sel filamen tidak bercabang adalah *Ulothrix*. Genus *Ulothrix* memiliki karakteristik yaitu; 1) sel tidak bercabang dan berbentuk silinder, 2) dinding sel tipis atau tebal, dan 3) mempunyai kloroplas berbentuk parietal yang mengisi sekitar tiga perempat sel atau memanjang mengisi seluruh sel (Sulastrri, 2018). Kemudian menurut (Harmoko *et al.*, 2017), genus *Ulothrix* memiliki bentuk yang beragam yaitu sel tunggal, berkoloni, dan bersel banyak, memiliki pigmen klorofil yang mengandung karoten, dan dapat dijumpai pada perairan tawar serta

ada sebagian yang hidup di perairan laut. Contoh spesies yang termasuk genus *Ulothrix* adalah *Ulothrix* sp., dapat dilihat pada Gambar 2.12.



**Gambar 2.12.** *Ulothrix* sp.

(Sumber:[http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Ulothrix/sp\\_6.jpg](http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Ulothrix/sp_6.jpg))

Adapun klasifikasi *Ulothrix* sp., berdasarkan AlgaeBase.org adalah sebagai berikut:

*Kingdom* : Plantae

*Phylum* : Chlorophyta

*Class* : Ulvophyceae

*Order* : Ulothrichales

*Family* : Ulotrichaceae

*Genus* : *Ulothrix*

*Spesies* : *Ulothrix* sp.

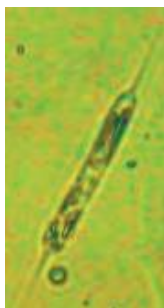
#### **D. Chrysophyta**

Chrysophyta berasal dari Bahasa Yunani yaitu “*chryso*” berarti emas dan “*phyta*” berarti tanaman, sehingga Chrysophyta disebut alga coklat keemasan (Vuuren *et al.*, 2006). Pada klasifikasi yang dipublikasi oleh (Ruggiero *et al.*, 2015), Chrysophyta sama seperti Bacillariophyta tidak ada karena masuk ke dalam phylum Ochrophyta menjadi class Chrysophyceae. Phylum Ochrophyta atau Heterokontophyta masuk pada kingdom Chromista, dan class Chrysophyceae terdiri dari 10 order.

Chrysophyta memiliki variasi bentuk morfologi, morfologi sel terdiri dari sel tunggal, koloni, filamen bercabang, berakar, dan bergerak menggunakan flagella. Ciri umum dari Chrysophyta adalah memiliki pigmen berwarna kuning kehijauan atau kecokelatan yang didominasi oleh karotenoid, dan cadangan makanan berupa minyak serta zat tepung (Sulastri, 2018). Dan menurut

(Ambarwati *et al.*, 2014), Chrysophyta memiliki karakteristik yaitu dinding sel diperkuat oleh bahan silikat, memiliki flagella yang panjang dan bentuknya tidak sama, sel terdiri dari dua bagian yaitu tutup (epiteka) dan wadah (hipoteka).

Salah satu genus yang masuk ke dalam phylum Chrysophyta adalah *Centrictactus*. *Centrictactus* memiliki pigmen berwarna kuning kecokelatan, spesies dari genus ini berbentuk silinder lurus, terdapat duri memanjang pada kedua ujung selnya, dan hidup secara soliter, memiliki ukuran panjang sampai 40  $\mu\text{m}$  dan diameter 5 – 12  $\mu\text{m}$ , dan dapat ditemukan hidup pada perairan distrofik dan mesotrofik danau-danau kecil atau kolam (Sulastrri, 2018). Contoh spesies yang termasuk genus *Centrictactus* adalah *Centrictactus belanophorus*, dapat dilihat pada Gambar 2.13.



**Gambar 2.13.** *Centrictactus belanophorus*

(Sumber: (Sulastrri, 2018))

Adapun klasifikasi *Centrictactus belanophorus*, berdasarkan

AlgaeBase.org adalah sebagai berikut:

*Kingdom* : Chromista

*Phylum* : Heterokontophyta

*Class* : Xanthophyceae

*Order* : Mischococcales

*Family* : Sciadiaceae

*Genus* : *Centrictactus*

*Spesies* : *Centrictactus belanophorus*

### E. Pyrrhophyta

Pyrrhophyta berasal dari Bahasa Yunani yaitu “*pyrrh*” berarti warna nyala seperti api kemerahan dan “*phyta*” berarti tanaman (Sulastrri, 2018). Keanekaragaman terbesar dari phylum Pyrrhophyta berasal dari class

Dinopyceae yang dikenal dengan nama Dinoflagellata. Dinoflagellata berasal dari Bahasa Yunani yaitu “dineo” berarti berputar (Vuuren *et al.*, 2006) dan “flagellum” berasal dari Bahasa Latin yang berarti melambai-lambai (Sulastri, 2018). Pada klasifikasi yang dipublikasi oleh (Ruggiero *et al.*, 2015), Pyrrophyta tidak ada karena masuk ke dalam phylum Miozoa menjadi class Dinophyceae. Phylum Miozoa masuk pada kingdom Chromista, dan class Dinophyceae terdiri dari 5 subclass (N.N, Dinophysoidia, Gonyaulacoidia, Peridinoidia, dan Suessioidia), dan terdiri dari 14 order.

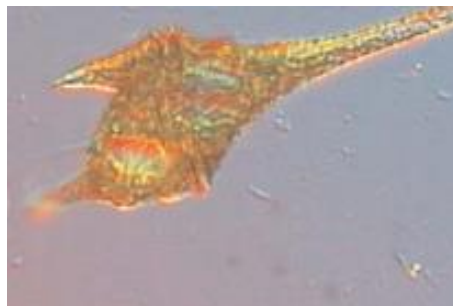
Dinoflagellata bersifat eukariotik dan uniseluler yang mampu berenang di perairan (Vuuren *et al.*, 2006; Sulastri, 2018). Dinoflagellata bergerak menggunakan dua cambuk, memiliki dinding sel tipis atau berkotak-kotak, dan berwarna kuning-hijau serta kemerah-merahan (Nirmalasari, 2018). Pada dinding sel Dinoflagellata terdapat cadangan makanan berupa zat tepung dan selulosa, lempengan selulosa terletak dalam membrane sel yang tersusun secara teratur dan sering digunakan untuk membedakan antara genus dan spesies dalam Dinoflagellata (Sulastri, 2018).

Menurut Boney dalam Nirmalasari (2018), berdasarkan strukturnya Dinoflagellata dibedakan menjadi dua yaitu bagian atas (apikal) yang disebut epitheca dan bagian bawah (antapical) yang disebut hypotheca dan diantaranya terdapat satu bagian seperti sabuk yang disebut girdle (cingulum), selain itu ada suatu lekukan yang berawal pada girdle dan mengarah ke antapical yang disebut sulcus (bagian yang menampilkan sulcus disebut dorsal), pada gridle dan sulcus masing-masing memiliki satu flagella yaitu flagel transversum (pada gridle) berfungsi untuk berenang dan flagel longitudinal (pada sulcus) berfungsi untuk kemudi. Reproduksi Dinoflagellata terjadi melalui pembelahan sel (Vuuren *et al.*, 2006; Nirmalasari, 2018). Pada ekosistem perairan, Dinoflagellata adalah produser primer kedua setelah diatom (Nurmalasari, 2018).

Genus yang termasuk ke dalam phylum Pyrrophyta (Dinoflagellata) adalah *Ceratium* dan *Peridinium*. *Ceratium* berasal dari Bahasa Yunani yaitu “keration” yang berarti tanduk kecil (Vuuren *et al.*, 2006). *Ceratium* merupakan sel yang bentuknya mudah dikenali karena memiliki bagian seperti tanduk yang

berjumlah 1 pada bagian anterior dan 2-3 pada bagian posterior, memiliki cekungan melingkar pada sel yang disebut sulcus, dan tubuh ditutupi oleh lempengan kasar (Sulastri, 2018). Kemudian, menurut (Vuuren *et al.*, 2006), *Ceratium* memiliki banyak kloroplas kecil berwarna kuning-coklat berbentuk cakram, bentuk sel besar sangat pipih dan melengkung apabila dilihat dari ujung, tubuh ditutupi oleh serangkaian pelat teka yang tersusun khusus, memiliki ukuran sel dengan panjang sampai 450  $\mu\text{m}$  dan lebar 30 – 100  $\mu\text{m}$ .

Pada perairan *Ceratium* berenang relatif lambat, dapat dijumpai pada perairan tawar dan laut, saat keberadaannya melimpah di perairan sel *Ceratium* dapat memberikan warna kecoklatan (Vuuren *et al.*, 2006; Sulastri, 2018). Contoh spesies yang termasuk genus *Ceratium* adalah *Ceratium hirundinella*, dapat dilihat pada Gambar 2.14.



**Gambar 2.14.** *Ceratium hirundinella*  
(Sumber: (Vuuren *et al.*, 2006))

Adapun klasifikasi *Ceratium hirundinella*, berdasarkan AlgaeBase.org

adalah sebagai berikut:

*Kingdom* : Chromista

*Phylum* : Dinoflagellata

*Class* : Dinophyceae

*Order* : Gonyaulacales

*Family* : Ceratiaceae

*Genus* : *Ceratium*

*Spesies* : *Ceratium hirundinella*

## F. Euglenophyta

Euglenophyta berasal dari Bahasa Yunani yaitu “*euglena*” berarti mata bulat dan “*phyta*” berarti tumbuhan (Sulastri, 2018). Pada klasifikasi yang dipublikasi oleh (Ruggiero *et al.*, 2015), Euglenophyta tidak ada karena masuk ke dalam phylum Euglenozoa menjadi class Euglenophyceae. Phylum Euglenozoa masuk pada kingdom Protozoa, dan class Euglenophyceae terdiri dari 2 order.

Euglenophyta adalah organisme uniseluler yang mempunyai kloroplas berwarna hijau terang tetapi pada beberapa spesies ada yang warnanya kurang terang, kloroplas terdiri dari pigmen klorofil a, b dan karotenoid, memiliki sitoplasma yang terdiri dari paramilon (seperti zat tepung yang digunakan untuk cadangan energi), di dalam membrane sel terdapat protein yang tersusun seperti strip yang menutupi seluruh sel, dan bergerak menggunakan flagella yang terdapat dalam kerongkongan bagian anterior tapi ada beberapa spesies yang memiliki satu flagella yang pendek dan tidak terlihat (Sulastri, 2018). Biasanya, Euglenophyta melakukan reproduksi secara aseksual (Vuuren *et al.*, 2006).

Genus yang termasuk ke dalam phylum Euglenophyta adalah *Euglena*. *Euglena* memiliki karakteristik yaitu; 1) organisme uniseluler yang dapat berenang bebas pada perairan, 2) memiliki bentuk silinder yang bergelombang atau oval, bentuk badan sel meruncing pada bagian posterior dan bagian anterior membentuk seperti kerongkongan dan ujungnya membulat atau tumpul, 3) memiliki kloroplas berbentuk bulatan, oval atau pita yang menyebabkan sel berwarna hijau cerah, 4) memiliki sel yang berwarna merah karena terdapat pigmen karotenoid, 5) pada beberapa spesies melakukan kontraksi untuk mengubah bentuk, dan 6) sel ditutupi oleh protein yang tersusun berbentuk strip yang disebut *pellicle* (Sulastri, 2018). Sel *Euglena* memiliki ukuran panjang 20 – 540  $\mu\text{m}$  dan lebar 5 – 50  $\mu\text{m}$ , dan melakukan reproduksi secara aseksual melalui pembelahan sel secara membujur dari ujung anterior (Vuuren *et al.*, 2006). Spesies dari genus *Euglena* hidup pada perairan air tawar atau air payau, seperti kolam, danau, dan sungai. Dan akan tumbuh subur pada lingkungan yang tercemar mengandung banyak limbah organik, serta lebih menyukai perairan



dengan suhu yang tinggi (Vuuren *et al.*, 2006). Contoh spesies yang termasuk genus *Euglena* adalah *Euglena acus*, dapat dilihat pada Gambar 2.15.



**Gambar 2.15.** *Euglena acus*

(Sumber: <https://img.algaebase.org/images/568EB22C056ca228DCsM76C89540/UBr7rw8ohoLp.jpg>)

Adapun klasifikasi *Euglena acus*, berdasarkan AlgaeBase.org adalah sebagai berikut:

- Kingdom* : Protozoa
- Phylum* : Euglenophyta
- Class* : Euglenophyceae
- Order* : Euglenales
- Family* : Euglenaceae
- Genus* : *Euglena*
- Spesies* : *Euglena acus*

#### **2.2.2.4 Habitat dan Persebaran Mikroalga**

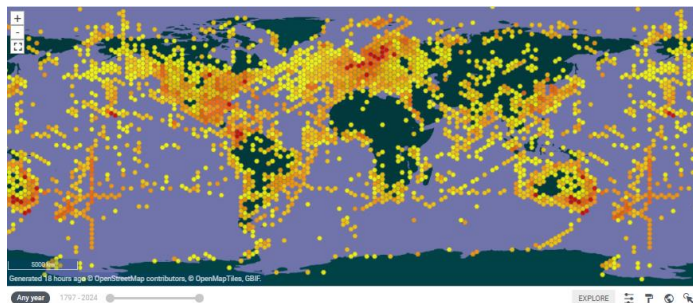
Menurut Tjitrosoepomo dalam Harmoko, Triyanti, *et al.*, (2018), mikroalga merupakan organisme yang tersebar luas di alam dan habitat hidupnya berada pada perairan baik perairan tawar maupun laut, serta di daratan khususnya pada tempat yang lembap. Adapun berdasarkan klasifikasi mikroalga menurut (Sulastri, 2018), mikroalga terbagi menjadi 6 phylum yaitu Chrysophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Pyrrhophyta, dan Euglenophyta.

##### **A. Cyanophyta**

Cyanophyta banyak ditemukan pada air laut, air tawar, air payau, dan darat (Vuuren *et al.*, 2006). Dan dapat dijumpai dengan jumlah melimpah pada kondisi lingkungan perairan yang kaya akan unsur hara, suhu perairan tinggi,

perairan stabil, dan memberikan penampakan warna air dengan gumpalan hijau diiringi bau tidak sedap (Sulastri, 2018).

Berikut merupakan peta persebaran phylum Cyanophyta atau Cyanobacteria berdasarkan *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) dapat dilihat pada Gambar 2.16.

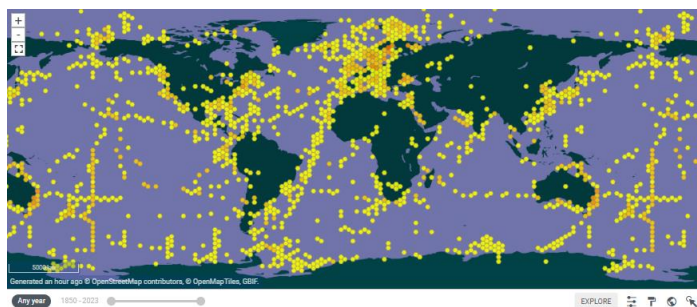


**Gambar 2.16.** Peta Persebaran Cyanophyta  
(Sumber: <https://www.gbif.org/species/68>)

## B. Bacillariophyta

Bacillariophyta dibagi menjadi 2 berdasarkan habitat hidupnya, yaitu diatom planktonik yang hidup bebas mengapung pada perairan tawar dan laut, dan diatom benthik yang hidup menempel pada substrat (Mery, 2018). Pernyataan tersebut diperkuat oleh Tjitrosoepomo dalam Purwantoro *et al.*, (2018), sebagian besar spesies Bacillariophyta ditemukan banyak berenang bebas di perairan dan yang lainnya ditemukan hidup menempel pada tumbuhan atau benda-benda lain. Dan menurut Krisnawati dalam Purwantoro *et al.*, (2018), phylum Bacillariophyta memiliki kemampuan untuk beradaptasi terhadap arus yang kuat karena mempunyai alat perekat yang membantu menempel pada substrat berupa tangkai bergelatin.

Berikut merupakan peta persebaran phylum Bacillariophyta berdasarkan *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) dapat dilihat pada Gambar 2.17.

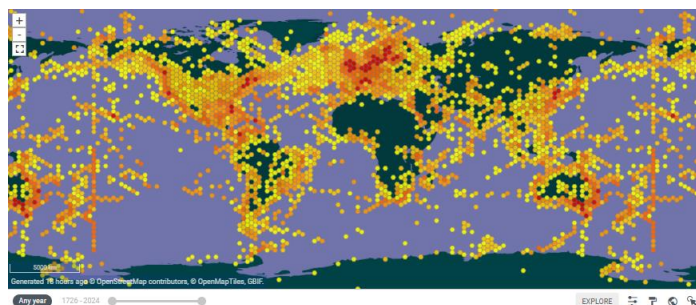


**Gambar 2.17.** Peta Persebaran Bacillariophyta  
(Sumber: <https://www.gbif.org/species/8176985>)

### C. Chlorophyta

Phylum Chlorophyta sebagian besar hidup pada perairan tawar, bersifat kosmopolit (dapat hidup pada habitat apapun), khususnya akan hidup pada perairan yang memiliki cukup cahaya dengan arus yang relatif tenang seperti kolam, danau, genangan air hujan, dan sungai (Nirmalasari, 2018; Harmoko & Sepriyaningsih, 2020). Selain itu, menurut Siregar dalam Fauziah & Laily (2015), Chlorophyta dapat ditemukan pada lingkungan semi akuatik seperti batuan, tanah lembap, dan kulit batang pohon yang lembap.

Berikut merupakan peta persebaran phylum Chlorophyta berdasarkan *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) dapat dilihat pada Gambar 2.18.



**Gambar 2.18.** Peta Persebaran Chlorophyta  
(Sumber: <https://www.gbif.org/species/36>)

### D. Chrysophyta

Phylum Chrysophyta hidup pada habitat air tawar dengan pH netral atau sedikit asam dengan suhu yang lebih dingin, bereproduksi secara seksual dan aseksual, serta sering kali menghasilkan kista sebagai respons terhadap perubahan kondisi lingkungan atau kepadatan populasi (Vuuren *et al.*, 2006). Dan menurut (Syaipudin, 2017), perairan tawar dan payau merupakan tempat

hidup yang sering ditemukan spesies dari phylum Chrysophyta dibandingkan perairan laut.

Berikut merupakan peta persebaran phylum Chrysophyta berdasarkan *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) dapat dilihat pada Gambar 2.19.

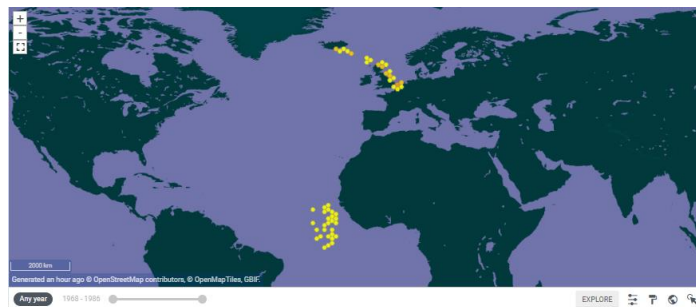


**Gambar 2.19.** Peta Persebaran Chrysophyta  
(Sumber: <https://www.gbif.org/species/8124479>)

#### **E. Pyrrophyta**

Mikroalga pada phylum Pyrrophyta sebagian besar terdapat pada class Dinophyceae atau Dinoflagellata yang bisa dijumpai pada perairan laut dan adapula yang hidup di perairan tawar, apabila spesies Dinoflagellata tumbuh pesat mendominasi perairan laut, maka menyebabkan warna air berubah menjadi coklat kemerahan dan ada spesies tertentu yang menghasilkan neurotoksin yang dapat menyebabkan kerusakan saraf permanen bahkan kematian pada manusia (Vuuren *et al.*, 2006). Lalu menurut Kawaroe, dkk. dalam Syaipudin, (2017), mikroalga dari class Dinophyceae sebagian besar ditemukan hidup pada air laut dan memiliki sifat fosforesensi yaitu mempunyai fosfor yang dapat mengeluarkan cahaya, dan sebagian yang lainnya hidup di perairan tawar.

Berikut merupakan peta persebaran phylum Pyrrophyta berdasarkan *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) dapat dilihat pada Gambar 2.20.

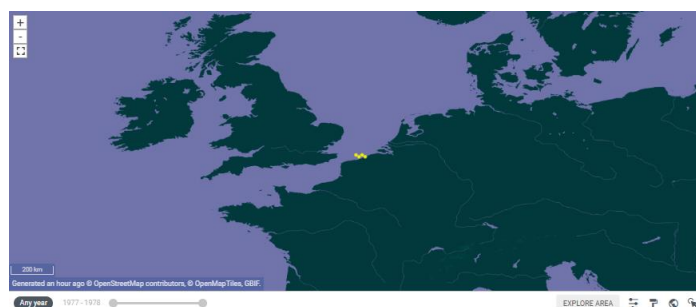


**Gambar 2.20.** Peta Persebaran Pyrrhophyta  
(Sumber: <https://www.gbif.org/species/9185615>)

## F. Euglenophyta

Euglenophyta sebagian besar spesiesnya hidup di perairan tawar, dan dapat hidup pada perairan tercemar yang banyak mengandung bahan organik dengan suhu lingkungan berkisar antara  $21,96 - 28,92^{\circ}\text{C}$  dan pH  $6,41 - 7,87$  (Vuuren *et al.*, 2006; Sulastri, 2018). Dan menurut Ferial & Salam dalam Purwantoro *et al.*, (2018), sebagian besar spesies yang termasuk dalam phylum Euglenophyta memiliki habitat hidup pada perairan tawar yang sangat eutrofik seperti selokan dan kolam.

Berikut merupakan peta persebaran phylum Euglenophyta berdasarkan *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) dapat dilihat pada Gambar 2.21.



**Gambar 2.21.** Peta Persebaran Euglenophyta  
(Sumber: <https://www.gbif.org/species/10931169>)

### 2.2.2.5 Pengaruh Faktor Lingkungan bagi Mikroalga

Mikroalga dapat hidup dan melakukan pertumbuhan apabila berada di tempat dan lingkungan yang mendukung. Beberapa faktor lingkungan yang mendukung pertumbuhan mikroalga diantaranya adalah sebagai berikut:

### 1) Suhu Perairan

Menurut (Wulandari dalam Purwantoro *et al.*, (2018); Harmoko *et al.*, 2017), suhu perairan berkaitan dengan ketersediaan makanan dalam perairan. Pada perairan hangat memiliki kebutuhan makanan yang lebih banyak dibandingkan dengan kebutuhan makanan di perairan dingin, suhu optimal yang mendukung pertumbuhan mikroalga adalah sekitar 25-30<sup>0</sup>C. Selain itu, menurut Prihantini dalam Harmoko, Lokaria, *et al.*, (2018), suhu secara langsung dapat mengontrol laju berbagai proses metabolisme pada sel mikroalga. Dan menurut (Harmoko *et al.*, 2019), suhu lingkungan dapat berubah dan berbeda karena tergantung lokasi, komposisi media perairan, cadangan makanan yang mengandung pigmen, dan sifat fisiologi yang dimiliki oleh mikroalga.

### 2) Derajat Keasaman (pH)

Menurut Giasi dalam Purwantoro *et al.*, (2018), derajat keasaman (pH) adalah nilai yang menunjukkan aktivitas ion hidrogen dalam air. Derajat keasaman adalah salah satu faktor penting dalam pertumbuhan mikroalga karena merupakan batas toleransi kehidupan mikroalga, organisme yang hidup di perairan kebanyakan sensitive terhadap perubahan pH. Derajat keasaman perairan sering digunakan untuk menentukan baik atau buruknya keadaan lingkungan perairan, derajat keasaman yang mendukung pertumbuhan untuk sebagian besar mikroalga adalah 6,5-9,5 dan penyerapan CO<sub>2</sub> bebas dan bikarbonat oleh mikroalga dapat menurunkan konsentrasi CO<sub>2</sub> terlarut dan meningkatkan nilai pH perairan (Harmoko *et al.*, 2017). Kemudian, menurut Rukminasari dalam Harmoko, Lokaria, *et al.*, (2018), perubahan pH perairan yang diinduksi oleh fluktuasi kandungan oksigen dan karbondioksida dalam air, dan rentang pH optimum adalah 4-11. Batas toleransi organisme di perairan dengan pH 6-9 merupakan perairan yang memiliki kesuburan tinggi dan relatif tidak produktif karena memiliki kisaran pH yang mendukung proses pembongkaran bahan organik di air menjadi mineral yang berasimilasi oleh ganggang mikroskopis yang mengambang dan merupakan bagian dari fitoplankton.

### 3) Kecerahan

Mikroalga membutuhkan cahaya untuk pertumbuhan dan dalam proses fotosintesis. Mikroalga memiliki kebutuhan cahaya yang sangat tinggi untuk mendukung pertumbuhan, beberapa jenis mikroalga jarang ditemukan pada perairan dekat kutub utara di kedalaman 45,7-54,9 m, tetapi pada perairan tropis yang jernih jenis-jenis mikroalga dapat ditemukan hingga kedalaman 183 m. Hal tersebut disebabkan karena sinar matahari pada perairan tropis lebih berlimpah dan memiliki periode harian rata-rata lebih panjang. Suatu perairan dapat dikatakan keruh jika nilai kecerahannya berkisar pada 0,25-1 m. Kecerahan adalah ukuran biasan cahaya dalam air yang disebabkan oleh partikel koloid dan suspensi dari bahan organik (Harmoko *et al.*, 2019).

### 4) Kelarutan Oksigen (DO)

*Dissolved oxygen* (DO) atau kelarutan oksigen memiliki peran penting untuk pertumbuhan mikroalga karena dapat membantu proses oksidasi nutrisi yang masuk ke dalam sel organisme (Purwantoro *et al.*, 2018). Apabila nilai kelarutan oksigen pada perairan rendah, maka jumlah oksigen terlarut sedikit (sebagai inhibitor penyerapan karbondioksida), sehingga mendukung proses fotosintesis mikroalga (Harmoko, Triyanti, *et al.*, 2018).

### 5) Salinitas Air

Salinitas merupakan salah satu faktor lingkungan yang berperan penting untuk mendukung pertumbuhan mikroalga. Hal tersebut sejalan dengan pendapat (Rafaelina *et al.*, 2016), menyebutkan bahwa salinitas berpengaruh untuk pertumbuhan mikroalga karena dapat mempertahankan tekanan osmotik antara sel dengan air sebagai lingkungan hidupnya. Salinitas adalah kandungan jumlah kadar garam yang ada dalam suatu perairan.

### 6) Kecepatan Arus

Kecepatan arus adalah faktor penting untuk pertumbuhan mikroalga di perairan. Kecepatan arus yang besar mampu mengurangi spesies mikroalga di perairan (Kumaji *et al.*, 2019). Sejalan dengan itu, menurut (Dayana *et al.*, 2022), kecepatan arus dapat mempengaruhi kelimpahan mikroalga dan pergerakan

mikroalga. Dan menurut (Widiyanti *et al.*, 2020) arus yang tenang adalah habitat yang ideal untuk pertumbuhan mikroalga.

### 2.2.3 Situ Lengkong Panjalu Ciamis

Istilah “situ” sering digunakan oleh masyarakat Jawa Barat untuk menyebut danau (Rahayu & Susilo, 2021). Situ Lengkong merupakan danau yang berada di Desa Panjalu, Kecamatan Panjalu, Kabupaten Ciamis. Dengan titik koordinat (-7.1275000, 108.2725000), dari pusat Kota Ciamis menuju Situ Lengkong berjarak sekitar  $\pm 41$  km ke arah utara. Berdasarkan laman Dinas Pariwisata Kabupaten Ciamis, Situ Lengkong memiliki luas  $\pm 57,95$  ha dan di tengah danau terdapat pulau yang disebut Nusa Gede atau Nusa Larang dengan luas  $\pm 9,25$  ha. Situ ini adalah salah satu objek wisata yang terdapat di Ciamis yang menampilkan pesona keindahan alam dan merupakan salah satu cagar budaya yang dilindungi. Oleh masyarakat setempat Nusa Gede yang berada di kawasan situ masih di jaga dan dikeramatkan sampai saat ini, hal tersebut dikarenakan Nusa Gede adalah hutan lindung yang sudah ditetapkan sejak Zaman Belanda pada tanggal 21 Februari 1919, melalui Surat Keputusan Gubernur Jenderal Hindia Belanda (*Besluit van den Gouverneur Genreaal van nederlandsch indie*) Nomor 6 Tahun 1919. Sejalan dengan hal tersebut, menurut (Sulastri, 2018), Situ Lengkong dimanfaatkan sebagai tempat wisata dan perikanan tangkap. Di Panjalu, Situ Lengkong merupakan salah satu sumber air yang berperan penting untuk mendukung kehidupan masyarakat. Air situ berasal dari resapan air hujan dan air resapan dari pohon-pohon yang berada di Nusa Gede.

Sejarah Situ Lengkong diceritakan secara turun temurun oleh masyarakat setempat dan dimuat pada Papan Informasi Situ Lengkong, diceritakan bahwa Situ Lengkong atau Situ Panjalu adalah ciptaan nenek moyang Panjalu yang tinggal di Kerajaan Hindu Panjalu. Pada awal abad ke-7, seorang Raja Panjalu menginginkan putra mahkotanya memiliki ilmu dan kekuasaan yang paling sempurna. Maka putra mahkota yang bernama Borosngora pergi ke suatu tempat dan berakhir di tanah suci Makkah. Di sana tujuan beliau tercapai, yaitu mempelajari dan memperdalam agama islam serta membaca dua kalimat



syahadat. Setelah cukup lama tinggal di Makkah, putra mahkota kembali ke Panjalu dengan membawa air zamzam, pakaian kerajaan, pedang, dan perlengkapan lainnya. Tugas utama beliau di Panjalu yaitu menjadi Raja Panjalu untuk menggantikan ayahnya dan bergelar Sang Hyang Borosngora. Sejak saat itu, Kerajaan Panjalu berubah corak dari kerajaan hindu menjadi kerajaan islam. Air zamzam yang di bawa oleh Sang Hyang Borosngora dari Makkah konon mengalir ke suatu lembah yang disebut Lembah Pasir Jambu. Lalu, air pada lembah tersebut naik dan terbentuklah suatu danau yang saat ini dikenal dengan nama Situ Lengkong atau Situ Panjalu. Pulau yang berada di tengah-tengah Situ Lengkong yang bernama Nusa Gede didalamnya terdapat makam seorang pendakwah islam yang bernama Mbah Panjalu dan terdapat 307 pohon dari 30 jenis. Pada zaman dahulu, konon Nusa Gede merupakan pusat pemerintahan dari Kerajaan Panjalu dan berfungsi sebagai benteng pertahanan. Papan Informasi Situ Lengkong dapat dilihat pada Gambar 2.22.



**Gambar 2.22.**  
Papan Informasi Situ Lengkong  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

#### 2.2.4 Sumber Belajar Biologi

Dalam aktivitas pembelajaran terdapat beberapa komponen diantaranya yaitu guru, kurikulum, peserta didik, fasilitas dan administrasi (Suryanda *et al.*, 2020). Semua komponen tersebut saling berkaitan dan tidak bisa berjalan sendiri-sendiri yang artinya harus bekerja beriringan untuk menunjang pembelajaran yang efektif dan mencapai tujuan pembelajaran yang diharapkan.

Selain itu, dibutuhkan media pembelajaran guna mempermudah proses transfer ilmu dalam kegiatan pembelajaran dari pendidik ke peserta didik dan meningkatkan kualitas pembelajaran.

Menurut Mulyasa dalam Purnomo *et al.*, (2013), sumber belajar merupakan segala sesuatu yang dapat memudahkan peserta didik untuk memperoleh informasi, pengetahuan, pengalaman, dan keterampilan dalam proses belajar mengajar. Adapun pendapat lain dikemukakan oleh Prastowo dalam Samsinar (2019), sumber belajar pada hakikatnya merupakan segala sesuatu baik berupa benda, data, fakta, ide, orang, dan lain sebagainya yang bisa menimbulkan proses belajar. Contoh sumber belajar diantaranya yaitu buku paket, modul, LKS (lembar kerja siswa), realia, model, market, bank, museum, kebun binatang, dan pasar.

Kemudian menurut (Susilo, 2014), penggunaan sumber belajar sebagai bahan ajar dibedakan menjadi dua yaitu; 1) sumber belajar yang siap digunakan dalam proses pembelajaran tanpa ada modifikasi atau penyederhanaan (*by utilization*), 2) sumber belajar yang dimodifikasi atau dikembangkan (*by design*). Dan menurut Majid dalam Susilo (2014), sumber belajar dikelompokkan menjadi sebagai berikut; 1) Manusia, yaitu orang yang menyampaikan pesan secara langsung seperti guru, konselor, dan administrator, yang dirancang secara khusus dan disengaja untuk kepentingan belajar (*by design*); 2) Bahan, yaitu sesuatu yang memiliki pesan pembelajaran, baik yang dibuat dengan khusus seperti film pendidikan, peta, grafik, dan buku yang disebut media pengajaran (*instructional media*), ataupun bahan yang bersifat umum yang bisa dimanfaatkan untuk kepentingan belajar; 3) Lingkungan, suatu ruang atau tempat yang memiliki sumber belajar yang dapat berinteraksi dengan peserta didik, contohnya seperti perpustakaan, laboratorium, kebun, dll; 4) Alat dan Peralatan, yaitu sumber belajar yang digunakan untuk produksi atau memainkan sumber lain, seperti *tape recorder*, kamera, slide; 5) Aktivitas, yaitu sumber belajar yang biasanya berupa kombinasi antara teknik dengan sumber lain untuk memudahkan proses belajar.

Di sekolah maupun di perguruan tinggi media pembelajaran untuk sumber belajar yang sering digunakan adalah buku ajar atau buku paket. Buku memiliki peran yang sangat penting dalam pembelajaran yaitu sebagai sumber informasi (Asyhari & Silvia, 2016). Tetapi, peserta didik cenderung kurang berminat untuk membaca buku yang tebal dan kurang menarik. Terlebih lagi pada materi rumpun IPA yaitu biologi memiliki karakteristik materi yang membutuhkan kemampuan berpikir tingkat tinggi seperti pemikiran secara kritis, logis, analitis, serta terkadang membutuhkan pemikiran kombinatorial (Suryanda *et al.*, 2020). Sehingga, untuk menumbuhkan minat baca peserta didik dan mempercepat ketercapaian tujuan pembelajaran yang diharapkan, peserta didik dapat menambah dan melengkapinya dengan sumber belajar lain yang sesuai dengan materi yang sedang dipelajari. Kemudian solusi yang dapat digunakan untuk menumbuhkan minat baca peserta didik yaitu membuat sumber belajar dengan ukuran lebih kecil, mudah dipahami, berwarna, dan menarik minat peserta didik. Misalnya, *booklet*.

*Booklet* merupakan buku dengan ukuran kecil (A5) dan tipis yang berisi 48 halaman, memuat tulisan dan gambar-gambar. Kata *booklet* bersumber dari buku dan *leaflet* yang memiliki arti bahwa *booklet* adalah gabungan dari *leaflet* dan buku yang berukuran kecil. Struktur dari isi *booklet* sama seperti buku yaitu terdiri dari pendahuluan, isi, dan penutup, namun pemaparan isi pada *booklet* yang lebih singkat daripada buku (Rukmana, 2018). Kemudian menurut (Imtihana *et al.*, 2014), *booklet* merupakan salah satu sumber belajar yang dapat digunakan untuk menumbuhkan minat baca dan perhatian peserta didik karena memiliki bentuk sederhana, berwarna, serta menampilkan ilustrasi yang menarik. Lalu, *booklet* dimuat secara praktis agar mudah dibawa dan dibaca dimana saja, sehingga dapat membantu meningkatkan pengetahuan serta pemahaman peserta didik terhadap materi yang sedang dipelajari.

Menurut Siyamta dalam Christie & Lestari (2019), *booklet* memiliki keunggulan diantaranya yaitu; 1) memiliki desain yang unik dan menarik, 2) berisi poin-poin penting materi yang sesuai dengan hasil penelitian ataupun

sumber yang lain, 3) visualisasi didominasi oleh gambar, dan 4) praktis dapat dibawa kemana saja karena memiliki ukuran yang kecil.

Berdasarkan pendapat-pendapat yang telah dikemukakan mengenai sumber belajar dan *booklet*, maka penulis dapat menyimpulkan bahwa sumber belajar merupakan segala sesuatu yang dapat menunjang proses pembelajaran yang berperan penting sebagai sumber informasi atau pengetahuan. Sumber belajar dapat berbentuk apapun, salah satunya berupa *booklet*. *Booklet* merupakan buku berukuran kecil, ringan, dan bisa dibawa kemana saja serta dapat dibaca dimana saja ketika dibutuhkan. Istilah *booklet* berasal dari buku dan *leaflet*. Sumber belajar biologi berbentuk *booklet* ini mencakup materi mengenai mikroalga.

Data terkait mikroalga sangat penting untuk diketahui dan sangat bermanfaat, terutama di perguruan tinggi yang terdapat pada mata kuliah Botani Cryptogamae.

## **2.2 Hasil Penelitian yang Relevan**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Syaipudin, 2017) mengenai keanekaragaman mikroalga di Danau Mahligai Desa Danau Lamo Kabupaten Muaro Jambi sebagai pengayaan praktikum taksonomi monera dan protista, hasil penelitian yang didapatkan dari 4 stasiun pengamatan yaitu ditemukan 32 jenis mikroalga yang terdiri dari 5 kelas yaitu Chlorophyceae, Bacillariophyceae, Euglenophyceae, Cyanophyceae dan Dinophyceae. Keanekaragaman jenis tergolong sedang dan pemerataan antara spesies rendah. Keanekaragaman tertinggi terdapat pada kelas Chlorophyceae yaitu 8 jenis dengan kelimpahan cukup besar yaitu 55,84%.

Penelitian lain dilakukan (Anggraini, 2017) mengenai keanekaragaman mikroalga di Danau Sipin Kota Jambi, dari 5 stasiun penelitian ditemukan 44 jenis dari 6 kelas dan 24 genus yaitu kelas Bacillariophyceae 2 genus, kelas Chlorophyceae 12 genus, Cyanophyceae 4 genus, Dinophyceae 1 genus, Euglenophyceae 15 genus dan Xantophyceae 1 genus. Dari sebelumnya yang hanya ditemukan 5 kelas dari 46 genus. Rata-rata indeks keanekaragaman di Danau Sipin adalah 2,755 yang berarti kualitas air sedang. Rata-rata indeks

kemerataan 0,748 yang berarti kemerataan tergolong rendah. Serta rata-rata indeks dominansi 0,116 yang berarti tidak ada spesies yang mendominasi.

Sedangkan penelitian mengenai keanekaragaman mikroalga sebagai bioindikator pencemaran di Situ Cibanten Kecamatan Ciomas Kabupaten Serang Banten yang dilakukan (Rahayu & Susilo, 2021), jenis mikroalga yang ditemukan di Situ Cibanten dari 3 stasiun terdiri dari 249 individu dari 26 spesies. Indeks Keanekaragaman tertinggi terdapat pada stasiun 1 dengan 3.110 dan terendah terdapat pada stasiun 2 dengan 2.360. Berdasarkan hasil indeks keanekaragaman tersebut, Situ Cibanten termasuk dalam kategori tercemar sedang.

Adapun penelitian yang dilakukan (Silviani *et al.*, 2022) mengenai studi keanekaragaman mikroalga di Sungai dan Danau Bengkulu sebagai bioindikator perairan. Hasil penelitian di Sungai Selagan diperoleh 38 spesies dari 8 kelas mikroalga. Sedangkan, di Danau Tes diperoleh 48 spesies dari 9 kelas mikroalga. Spesies yang paling banyak ditemukan di sungai dan danau adalah kelompok Bacillariophyceae. Indeks keanekaragaman mikroalga di Sungai Selagan dikategorikan rendah hingga sedang dengan indeks dominansi dikategorikan rendah hingga tinggi, dan indeks kemerataan dikategorikan rendah hingga tinggi. Sedangkan, di Danau Tes indeks keanekaragaman tergolong sedang dengan indeks dominansi dikategorikan rendah dan indeks kemerataan dikategorikan tinggi. Perbedaan spesies paling mencolok pada kedua ekosistem adalah *Scenedesmus quadricauda*.

Selanjutnya penelitian (Wijnana *et al.*, 2023) mengenai kualitas perairan dan keanekaragaman mikroalga di Danau Dendam untuk menyusun strategi pengelolaan kawasan TWA Danau Dendam didapatkan hasil perairan danau dendam memiliki indeks keanekaragaman ('H) dan indeks keseragaman ('E) rendah, dengan perairan didominasi ('C) oleh spesies *Nitzschia* sp. Spesies yang banyak ditemui berasal dari filum Chlorophyta. Kualitas perairan danau dendam sedikit tercemar dilihat dari nilai DO yang agak rendah dan kadar TSS yang tinggi. Hal ini dapat disebabkan oleh aktivitas manusia di sekitar perairan dan juga kondisi vegetasinya.

### 2.3 Kerangka Konseptual

Danau merupakan perairan tawar yang terbentuk secara alami dan dikelilingi oleh daratan, air danau bersumber dari mata air, air hujan, aliran sungai, dan mencairnya gletser. Danau memiliki inlet (pintu air masuk) yang lebih banyak dibandingkan outletnya (pintu air keluar), danau sendiri dibedakan menjadi dua yaitu danau alam dan danau buatan. Manfaat danau diantaranya yaitu sebagai sumber perikanan, irigasi pertanian, PLTA, sarana transportasi, sarana olahraga air, pariwisata, pengatur tata air, pengendali banjir, habitat kehidupan spesies, serta penambat sedimen, unsur hara dan bahan pencemaran. Di Jawa Barat danau kecil oleh masyarakat sering disebut dengan istilah situ, dan salah satu situ yang berada di Kabupaten Ciamis yaitu Situ Lengkong.

Situ Lengkong Panjalu merupakan danau dan objek wisata alam yang terletak di Desa Panjalu, Kabupaten Ciamis. Situ Lengkong memiliki luas  $\pm 57,95$  ha dan di tengah danau terdapat pulau yang disebut Nusa Gede atau Nusa Larang dengan luas  $\pm 9,25$  ha. Dikarenakan Situ Lengkong adalah objek wisata alam, maka menyebabkan meningkatnya aktivitas manusia di sekitar Situ Lengkong ditambah letak Situ Lengkong yang dekat dengan permukiman warga setempat. Di dalam suatu perairan banyak terdapat makhluk hidup, salah satu organisme yang terdapat di perairan adalah mikroalga. Keberadaan mikroalga di Situ Lengkong dapat dijadikan sebagai bioindikator kualitas perairan Situ Lengkong tercemar atau tidak. Selain itu, data hasil dari penelitian keanekaragaman mikroalga di Situ Lengkong Panjalu dapat dijadikan sebagai sumber belajar untuk jenjang perguruan tinggi, khususnya pada mata kuliah Botani Cryptogamae.

Mikroalga atau fitoplankton merupakan mikroorganisme yang memiliki struktur tubuh uniseluler, memiliki diameter 3-30  $\mu\text{m}$ , dan termasuk organisme eukariotik fotoautotrof. Mikroalga termasuk tumbuhan yang memiliki klorofil dengan jaringan tubuh yang relatif tidak berdiferensiasi membentuk akar, batang, dan daun. Sehingga, tergolong pada tumbuhan tingkat rendah. Sampai saat ini, baru sekitar 30.000 spesies mikroalga yang telah berhasil diidentifikasi dari 50.000 lebih spesies mikroalga yang ada di bumi. Habitat mikroalga tersebar

diberbagai jenis perairan, yaitu di air tawar, air laut, air payau, dan daratan yang lembap atau basah.

#### **2.4 Pertanyaan Penelitian**

- 1) Bagaimana keanekaragaman mikroalga yang terdapat di Situ Lengkong Panjalu Ciamis?
- 2) Bagaimana karakteristik mikroalga yang terdapat di Situ Lengkong Panjalu Ciamis?
- 3) Bagaimana pemanfaatan hasil penelitian mengenai keanekaragaman mikroalga di Situ Lengkong Panjalu Ciamis sebagai sumber belajar biologi?