

BAB II

TINJAUAN TENTANG KEANEKARAGAMAN, PLANKTON, FITOPLANKTON, EKOSISTEM AIR TAWAR, DAN WADUK CIRATA

A. Kajian Teori

1. Keanekaragaman

Keanekaragaman adalah suatu cara pengukuran yang memadukan jumlah spesies (kelimpahan) dan penyebaran jumlah individu diantara spesies (distribusi). Keanekaragaman spesies suatu komunitas terdiri dari berbagai macam organisme berbeda yang menyusun suatu komunitas (Campbell *et al.*, (2012), hlm. 385). Keanekaragaman ditandai oleh banyaknya spesies yang membentuk suatu komunitas, semakin banyak jumlah spesies maka semakin tinggi keanekaragamannya (Heddy & Kurniaty, 1996 dalam Khaerunnisa, 2015, hlm. 9).

Menurut Assidig, (2009, hlm.327) mengatakan bahwa, “Keanekaragaman adalah variasi organisme hidup. Keanekaragaman hayati (biodiversitas) adalah keanekaragaman organisme yang menunjukkan keseluruhan variasi gen, jenis, dan ekosistem pada suatu daerah”. Pernyataan tersebut menunjukkan bahwa keanekaragaman hayati melingkupi berbagai perbedaan atau variasi bentuk, penampilan, jumlah, dan sifat-sifat yang terlihat pada berbagai tingkatan, baik tingkatan gen, tingkatan spesies, maupun tingkatan ekosistem.

Pada penelitian ini keanekaragaman fitoplankton termasuk pada keanekaragaman spesies atau jenis. Pada tingkat taksonomi yang lebih tinggi, keanekaragaman jenis dapat diamati dengan mudah. Menurut Indrawan (2007, hlm.16) mengatakan bahwa, “Keanekaragaman jenis menunjukkan seluruh variasi yang terdapat pada makhluk hidup antar jenis (interspesies) dalam satu marga”. Berdasarkan pernyataan tersebut dapat diketahui bahwa keanekaragaman jenis lebih mudah diamati daripada keanekaragaman gen. Alasannya karena perbedaan antarspesies makhluk hidup dalam satu marga atau genus lebih mencolok daripada perbedaan antar individu dalam satu spesies. Tingkat keanekaragaman jenis

merupakan tanggapan bersama oleh spesies terhadap kondisi lingkungan yang berbeda-beda.

Keanekaragaman jenis makhluk hidup merupakan tingkatan yang sangat mudah untuk dipahami karena perbedaan antarspesies satu dengan spesies yang lainnya dapat terlihat lebih mencolok. Misalnya, perbedaan morfologi antarspesies yang tampak jelas ketika spesies-spesies tersebut berada dalam kondisi lingkungan yang relatif sama ataupun berbeda.

Briggs dalam Norse (1993) dalam Dahuri (2003, hlm. 9-10) menyatakan bahwa:

“Variasi keanekaragaman spesies (jenis) ditentukan oleh dua gradient geografi. Pertama, posisi geografis, bahwa keanekaragaman spesies (jenis) bervariasi diantara daerah tropis dan dingin (*temperate*). Kedua, berdasarkan posisi perairan, bahwa perairan indo-pasifik barat (khususnya daerah diantara Filipina, Indonesia, dan Australia barat laut) memiliki keanekaragaman yang paling tinggi di dunia. Selanjutnya di daerah pasifik barat dan atlantik barat tingkat keranekaragamannya sedang, dan tingkat keanekaragaman yang paling rendah dijumpai di perairan Atlantik Timur”.

2. Indeks Keanekaragaman

Kaswadji (1976) mengatakan bahwa, “Indeks keanekaragaman di artikan sebagai suatu gambaran secara matematik tentang jumlah jenis suatu organisme dalam populasi”. Indeks keanekaragaman akan mempermudah dalam menganalisis informasi-informasi mengenai jumlah individu dan jumlah jenis suatu organisme. Suatu cara yang paling sederhana untuk menyatakan indeks keanekaragaman yaitu dengan menentukan presentase komposisi dari jenis di dalam sampel. Indeks keanekaragaman dapat diketahui dari banyaknya spesies yang terdapat dalam suatu sampel. Semakin banyak spesies yang terdapat dalam suatu sampel, semakin besar keanekaragaman, meskipun nilai ini juga sangat tergantung dari jumlah total individu masing-masing spesies.

Keanekaragaman suatu spesies dinyatakan dalam indeks keanekaragaman. Nilai keanekaragaman spesies yang tinggi biasanya dipakai sebagai petunjuk lingkungan yang nyaman dan stabil sedangkan nilai yang rendah menunjukkan lingkungan yang menyesak dan berubah-ubah (Nybakken, 1992 dalam Khaerunnisa, 2015, hlm.10)

Untuk menganalisis keanekaragaman dapat menggunakan Indeks Shannon-Wiener (H') diartikan sebagai suatu gambaran sistematis yang melukiskan struktur komunitas dan memudahkan proses analisis informasi mengenai macam dan jumlah organismenya. Adapun tingkat keanekaragaman menurut Michael (1994, hlm.172) yaitu:

1. $H' > 3,0$ = Tingkat Keanekaragaman Jenis Tinggi
2. $1,0 < H' < 3,0$ = Tingkat Keanekaragaman Jenis Sedang
3. $H' < 1,0$ = Tingkat Keanekaragaman Jenis Rendah

Arinardi (1995, hlm.118) mengatakan, “Fitoplankton merupakan parameter biologi yang dapat dijadikan indikator untuk mengevaluasi kualitas dan tingkat kesuburan perairan serta penyumbang oksigen terbesar di perairan. Kualitas perairan berdasarkan indeks keanekaragaman plankton dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Jika $H' < 1,0$, maka kondisi perairan tercemar berat,
2. Jika $1,0 < H' < 3,0$, maka kondisi perairan dikatakan tercemar ringan,
3. Jika $H' > 3,0$, maka kondisi perairan tidak tercemar (Wilhm, 1975).

3. Plankton

Istilah plankton pertama kali digunakan oleh Victor Hensen pada tahun 1887, yang berasal dari bahasa Yunani, “*Planktos*” yang artinya menghanyut atau mengembara (Harris *et al*, 2000 dalam Khaerunnisa 2015, hlm.10). Plankton adalah makhluk (tumbuhan dan hewan) yang hidupnya mengapung, mengambang, atau melayang di dalam air yang kemampuan renangnya sangat terbatas hingga selalu terbawa hanyut oleh arus (Nybakken, 1992 dalam Khaerunnisa, 2015, hlm.10).

Sementara menurut Nontji, (2008 hlm. 1) mengatakan bahwa, “Plankton merupakan makanan alami larva organisme perairan. Plankton yang berperan sebagai produsen utama di perairan adalah fitoplankton, sedangkan organisme konsumen adalah zooplankton, larva, ikan, udang, kepiting, dan sebagainya”. Produsen adalah organisme yang memiliki kemampuan untuk menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi dalam melakukan aktivitas hidupnya dan mampu menghasilkan makanan melalui proses fotosintesis, sedangkan konsumen adalah organisme yang menggunakan sumber energi yang dihasilkan oleh organisme lain.

Plankton merupakan sekelompok biota akuatik baik berupa tumbuhan maupun hewan yang hidup melayang maupun terapung secara pasif di permukaan perairan, dan pergerakan serta penyebarannya dipengaruhi oleh gerakan arus walaupun sangat lemah (Arinardi, 1995).

Menurut Nontji (1987) dalam Odum (1994) mengatakan, "Plankton adalah organisme, baik hewan maupun tumbuhan yang hidup melayang diperairan dengan kemampuan gerakannya sangat terbatas, sehingga organisme tersebut selalu terbawa arus, secara keseluruhan plankton tidak dapat bergerak melawan arus". Sedangkan menurut Sachlan (1982) mengatakan, "Plankton adalah jasad-jasad renik yang hidup melayang dalam air, tidak bergerak atau bergerak sedikit dan pergerakannya dipengaruhi oleh arus".

Plankton merupakan organisme mikroskopis yang hidup di air. Plankton dapat dibedakan menjadi dua golongan besar yaitu fitoplankton (plankton nabati) yaitu plankton yang menyerupai tumbuhan karena dapat melakukan fotosintesis sehingga disebut produsen primer dalam ekosistem air dan zooplankton (plankton hewani) yaitu plankton yang menyerupai hewan karena memiliki alat gerak seperti hewan pada umumnya dan berperan sebagai konsumen tingkat I (satu) didalam ekosistem air .

a. Penggolongan Plankton

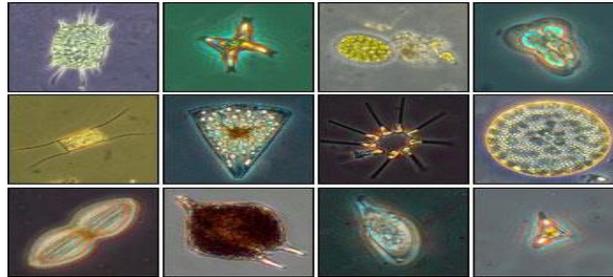
1) Penggolongan Berdasarkan Fungsi

Secara fungsional, Nontji (2008, hlm.11-15) menggolongkan plankton menjadi empat golongan utama, yakni fitoplankton, zooplankton, bakterioplankton, dan virioplankton.

a) Fitoplankton

Fitoplankton disebut juga plankton nabati, adalah organisme yang hidupnya mengapung atau melayang dalam air. Ukurannya sangat kecil sehingga tak dapat dilihat dengan mata telanjang. Ukuran yang paling umum berkisar antara 2 – 200 μm (1 μm = 0,001 mm). Fitoplankton umumnya berupa individu bersel tunggal, tetapi ada juga yang membentuk rantai. Fitoplankton mengandung klorofil dan karenanya mempunyai kemampuan berfotosintesis yakni menyadap energi surya untuk mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik karena

kemampuannya memproduksi bahan organik, maka fitoplankton juga disebut sebagai produsen primer (*primary producer*).



Gambar 2.1
Contoh Spesies Fitoplankton Dibawah Mikroskop
(Sumber: Pramita, 2012)

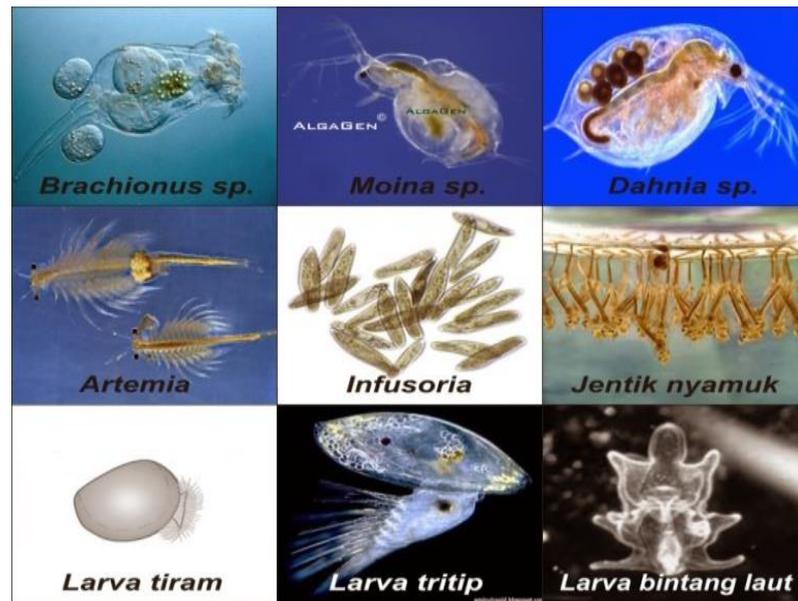
b) Zooplankton

Zooplankton disebut juga plankton hewani. Zooplankton adalah hewan yang hidupnya mengapung, melayang dalam air. Zooplankton umumnya berkisar 0,2 – 2mm. Kemampuan renangnya sangat terbatas hingga keberadaannya sangat ditentukan oleh arus yang membawanya. Zooplankton bersifat heterotrof yaitu tidak mampu memproduksi bahan organik dari bahan anorganik. Oleh karena itu, kelangsungan hidupnya bergantung pada bahan organik dari fitoplankton yang menjadi bahan makanannya. Zooplankton disebut sebagai konsumen bahan organik dalam rantai makanan.

Zooplankton merupakan konsumen pertama yang memanfaatkan produksi primer yang dihasilkan fitoplankton. Peranan zooplankton sebagai mata rantai antara produsen primer dengan karnivora besar dan kecil dapat mempengaruhi kompleksitas rantai makanan dalam ekosistem perairan .

Handayani (2005, hlm.76) mengatakan bahwa:

“Komunitas zooplankton di suatu perairan ditentukan oleh kondisi lingkungan dan ketersediaan makanan dalam hal ini fitoplankton. Apabila kondisi lingkungan sesuai dengan kebutuhan zooplankton maka akan terjadi proses pemangsaan fitoplankton oleh zooplankton. Apabila kondisi lingkungan dan ketersediaan fitoplankton tidak sesuai dengan kebutuhan zooplankton maka zooplankton akan mencari kondisi lingkungan dan makanan yang lebih sesuai”. Contoh macam-macam Zooplankton terdapat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2
Contoh Spesies Zooplankton Dibawah Mikroskop
 (Sumber: Supriatna, 2014)

c) Bakterioplankton

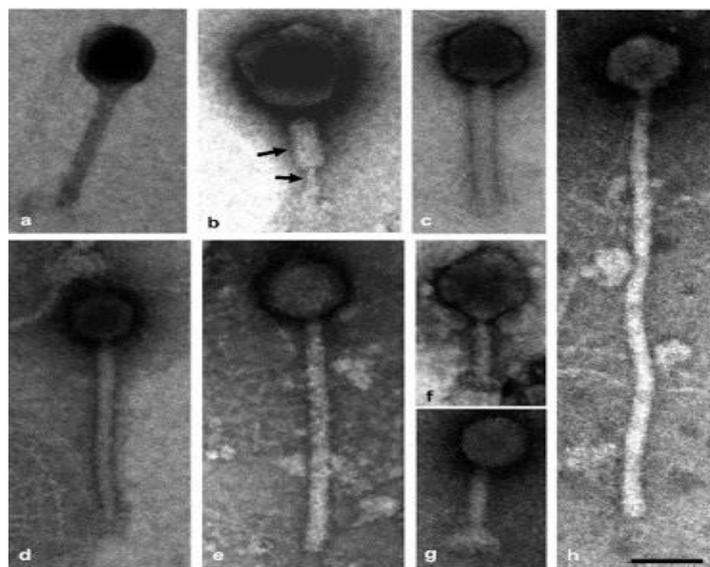
Bakterioplankton adalah bakteri yang hidup sebagai plankton. Umumnya berukuran sangat halus yaitu kurang dari 1 μm , tidak mempunyai inti sel, dan umumnya tidak mempunyai klorofil yang dapat berfotosintesis. Bakterioplankton berfungsi sebagai pengurai (*decomposer*) dalam perairan. Semua biota yang mati, akan diuraikan oleh bakteri sehingga akan menghasilkan unsur hara seperti fosfat, nitrat, silikat, dan sebagainya. Unsur hara ini kemudian akan dimanfaatkan oleh fitoplankton dalam proses fotosintesis.



Gambar 2.3
Salah Satu Contoh Bakterioplankton
 (sumber: Susilawati, 2012)

d) Virioplankton

Virioplankton adalah virus yang hidup sebagai plankton. Virus ini berukuran sangat kecil (kurang dari $0,2 \mu\text{m}$) dan menjadikan biota lainnya, terutama bakterioplankton dan fitoplankton sebagai inang (*host*). Tanpa inangnya virus ini tak menunjukkan kegiatan hayati. Tetapi virus ini dapat pula memecahkan dan mematikan sel-sel inangnya. Baru sekitar dua dekade lalu para ilmuwan banyak mengkaji virioplankton ini dan menunjukkan bahwa virioplankton pun mempunyai fungsi yang sangat penting dalam daur karbon (*carbon cycle*) di dalam ekosistem laut (Nontji, 2008, hlm. 15).



Gambar 2.4
Salah Satu Contoh Virioplankton
 (Sumber: Zainuddin, 2013)

2) Penggolongan Berdasarkan Ukuran

Berdasarkan ukurannya, Nontji (2008, hlm. 18-19) mengelompokkan plankton menjadi beberapa kelompok, yaitu sebagai berikut:

- a) Plankton jaring (*netplankton*): plankton yang dapat tertangkap dengan jaring dengan mata jaring (*mesh size*) berukuran $20 \mu\text{m}$, atau dengan kata lain plankton berukuran lebih besar dari $20 \mu\text{m}$.
- b) Nanoplankton: plankton yang lolos dari jaring, tetapi lebih besar dari $2 \mu\text{m}$. Atau berukuran $2-20 \mu\text{m}$.
- c) Ultrananoplankton: plankton yang berukuran lebih kecil dari $2 \mu\text{m}$.

Namun seiring dengan kemajuan teknologi, plankton juga di bagi menjadi beberapa yaitu:

a) Megaplankton (20-200 cm)

Ada juga yang menyebutnya megaloplankton. Banyak ubur-ubur termasuk dalam golongan ini. Ubur-ubur *Schizophymedusa*, misalnya bisa mempunyai ukuran diameter payungnya sampai lebih dari satu meter, sedangkan umbai-umbai tentakelnya bisa sampai beberapa meter panjangnya. Plankton raksasa yang berukuran terbesar di dunia adalah ubur-ubur *Cyanea arctica* yang payungnya bisa berdiameter lebih dua meter dan dengan panjang tentakel 30 m lebih .

b) Makroplankton (2-20 cm)

Contohnya adalah eufausid, sergestid, pteropod. Larva ikan banyak pula termasuk dalam golongan ini.

c) Mesoplankton (0,2-20 mm)

Sebagian besar zooplankton berada dalam kelompok ini, seperti kopepod, amfipod, ostrakod, kaetognat. Ada juga beberapa fitoplankton yang berukuran besar masuk dalam golongan ini seperti *Noctiluca*.

d) Mikroplankton (20 -200 μm)

Fitoplankton adalah yang paling umum ditemukan dalam golongan ini, seperti diatom dan dinoflagellata.

e) Nanoplankton (2-2 μm)

Kelompok ini terlalu kecil untuk ditangkap dengan menggunakan jaring plankton. Misalnya, kokolitoforid dan berbagai mikroflagellata.

f) Pikoplankton (0,2-2 μm)

Umumnya bakteri termasuk dalam golongan ini, seperti sianobakteri yang tidak membentuk filamen yaitu *Synechococcus*.

g) Femtoplankton (lebih kecil dari 0,2 μm)

Organisme yang termasuk dalam golongan ini yaitu virus laut (*marine virus*), yang disebut juga dengan virioplankton.

3) Penggolongan Berdasarkan Daur Hidup

Berdasarkan daur hidupnya, Nontji (2008, hlm. 18-19) mengelompokkan plankton menjadi beberapa kelompok, yaitu sebagai berikut:

a) Holoplankton

Holoplankton adalah kelompok plankton yang seluruh daur hidupnya dijalani sebagai plankton. Contohnya: Copepoda, amfipod dan kaetognat.

b) Meroplankton

Meroplankton adalah kelompok plankton yang hanya pada tahap awal daur hidupnya dijalani sebagai plankton, yakni pada tahap telur dan larva saja. Contohnya telur dan larva ikan.

c) Tikoplankton

Tikoplankton bukanlah plankton sejati, karena biota ini dalam keadaan normal hidup di dasar laut sebagai bentos. Namun arus air dan pasang surut menyebabkan ia terangkat dan lepas dari dasar dan kemudian terbawa arus dan mengembara sementara sebagai plankton. Contohnya beberapa jenis diatom (Bacillariophyceae).

4) Penggolongan Berdasarkan Sebaran Horizontal

Berdasarkan sebaran horizontalnya, Nontji (2008, hlm. 20-22) mengelompokkan plankton menjadi beberapa kelompok, diantaranya:

a) Plankton neritik

Plankton neritik hidup di perairan pantai dan payau dengan salinitas yang relatif rendah. Komposisi plankton neritik merupakan campuran plankton laut dan plankton perairan tawar. Contohnya: jenis Copepoda seperti, *Labidocera muranoi*.

b) Plankton Oseanik

Plankton oseanik hidup di perairan lepas pantai hingga ketengah samudra. Karena itu plankton oseanik ditemukan pada perairan yang bersalinitas tinggi. Luasnya lautan mengakibatkan banyaknya jenis plankton yang tergolong dalam kelompok plankton oseanik ini.

5) Penggolongan Berdasarkan Sebaran Vertikal

Berdasarkan sebaran vertikalnya, Nontji (2008, hlm. 22-26) mengelompokkan plankton menjadi beberapa kelompok, diantaranya :

a) Epiplankton

Epiplankton adalah plankton yang hidup di lapisan permukaan sampai kedalaman sekitar 100 m. Plankton semacam ini disebut neuston. Contohnya adalah *Trichodesmium*.

b) Mesoplankton

Mesoplankton adalah plankton yang hidup di lapisan tengah, pada kedalaman sekitar 100-400 m. Pada lapisan ini sulit dijumpai fitoplankton. Lapisan ini didominasi oleh zooplankton. Contohnya kelompok Copepoda seperti *Eucheuta marina* dan kelompok eusafid seperti *Thynasopoda*.

c) Hipoplankton

Hipoplankton adalah plankton yang hidup di kedalaman lebih dari 400 m. Kelompok plankton yang hidup pada lapisan ini adalah batiplankton dan abisoplankton. Contoh plankton yang hidup pada lapisan ini diantaranya kelompok eusafid seperti *Bentheuphausia ambylops*.

4. Fitoplankton

Menurut Mackey *et al* (2002) dalam Hidayah (2014, hlm.156) mengatakan, “Fitoplankton merupakan organisme mikroskopis yang bersifat autotrof atau mampu menghasilkan bahan organik dari bahan anorganik melalui proses fotosintesis dengan bantuan cahaya khususnya jenis diatom yang memiliki kontribusi lebih besar”.

Raymont (1980) dalam Hidayah (2014, hlm.156) menyatakan bahwa:

“Fitoplankton memiliki peran sebagai produsen primer di perairan. Fitoplankton juga dapat menjadi biota indikator dalam mengukur tingkat kesuburan suatu perairan. Perairan yang memiliki produktivitas primer yang tinggi umumnya ditandai dengan tingginya kelimpahan fitoplankton. Fitoplankton dapat digunakan sebagai indikator kualitas lingkungan dengan mengetahui keseragaman jenis atau heterogenitasnya”.

Komunitas dikatakan memiliki keseragaman tinggi jika kelimpahan masing-masing jenis tinggi. Begitu pula sebaliknya, keanekaragaman jenis rendah jika kelimpahan hanya pada jenis tertentu (Fachrul, 2007, hlm. 91).

Fitoplankton juga berperan sebagai produsen utama karena merupakan biota awal yang menyerap energi sinar matahari (Hutabarat dan Evans, 1985, hlm. 111). Fitoplankton dikatakan seperti tumbuhan hijau karena memiliki klorofil, fitoplankton membuat ikatan-ikatan organik yang kompleks dari bahan anorganik sederhana serta melakukan fotosintesis (Nontji, 1987, hlm. 126). Maka, banyaknya fitoplankton pada jumlah tertentu semakin menyuburkan ekosistem di sekitarnya. Namun pada perairan yang sama, terkadang didapati jumlah fitoplankton yang

sama. Hal itu disebabkan karena fitoplankton berlimpah serta menyebar karena beberapa faktor antara lain angin, unsur hara, kedalaman perairan, dan aktivitas pemangsaan (Fachrul, 2007, hlm. 90).

Fitoplankton banyak ditemukan mengapung dalam jumlah besar di permukaan air danau atau laut yang memiliki titik-titik minyak yang kurang padat dibandingkan dengan air untuk mempertahankan diri agar tidak tenggelam (Ramli, 1989, hlm. 30).

Wetzel dan Likens (1979) menyebutkan, “Komunitas fitoplankton memiliki beberapa algae yang umum ditemukan. Algae tersebut diantaranya Chlorophyceae (*green algae*), Xanthophyceae (*yellow-green algae*), Chrysophyceae (*golden-brown algae*), Bacillariophyceae (*diatom*), Euglenophyceae (*euglenoids*), Dinophyceae (*dinoflagellates*)”. Menurut Fachrul (2007, hlm.90) mengatakan, “Fitoplankton dapat ditemukan di beberapa jenis perairan, yaitu laut, danau, sungai, kolam dan waduk. Fitoplankton dapat hidup di berbagai kedalaman asalkan masih terdapat cahaya matahari yang mencukupi untuk melakukan fotosintesis”.

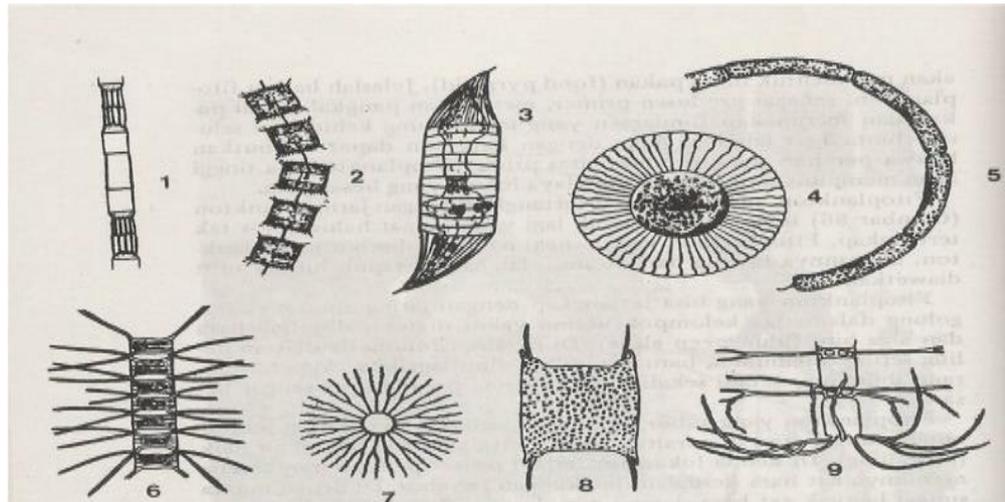
a. Klasifikasi Fitoplankton

1) Diatom (Bacillariophyceae)

Diatom adalah alga uniselular yang memiliki dinding mirip gelas yang unik terbuat dari silika terhidrasi (silicon dioksida) dan tertanam dalam matriks organik. Dindingnya terdiri dari dua bagian yang tumpang tindih seperti kotak sepatu dan tutupnya (Campbell *et al.*, 2012, h. 148). Diperkirakan di dunia ada sekitar 1400 – 1800 jenis diatom, tetapi tidak semua hidup sebagai plankton (Nontji, 2008, hlm. 85).

Diatom atau kelas Bacillariophyceae ini terbagi atas dua ordo yakni Centrales (*centric diatom*) dan Pennales (*pennate diatom*). Diatom sentrik (*centric*) memiliki ciri bentuk sel simetri radial dengan satu titik pusat, sedangkan diatom penat (*pennate*) memiliki bentuk sel simetri bilateral yang umumnya memanjang, atau berbentuk sigmoid seperti huruf “S”. (Nontji, 2008, hlm.86).

Beberapa contoh diatom sentrik dan diatom penat yang sering dijumpai di perairan Indonesia disajikan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5
Beberapa Contoh Fitoplankton Diatom Sentrik.
 (Sumber: Allen & Cupp, 1935 dalam Nontji, 2008)

2) Dinoflagellata (Dinophyceae)

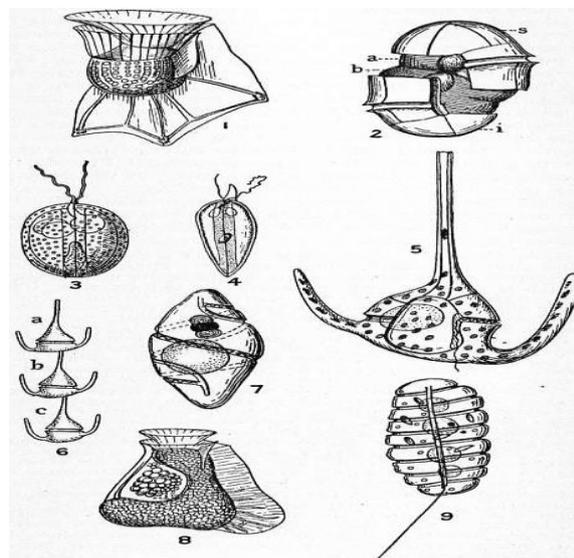
Dinoflagellata adalah komponen yang berlimpah dari plankton laut maupun plankton air tawar, komunitas organisme yang hidup di dekat permukaan air. Dinoflagellata memiliki karotenoid, pigmen yang paling umum ditemukan di dalam plastida Dinoflagellata (Campbell *et al.*, 2012, hlm. 146).

Nontji (2008, hlm.93) mengatakan bahwa:

“Berdasarkan kebiasaannya dan lokasi flagellanya, dinoflagellata dapat dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu desmokontae dan dinokontae. Pada desmokontae, terdapat dua flagella yang semuanya berlokasi pada ujung anterior sel. Pada kelompok dinokontae, kedua flagellanya berada pada lokasi yang berbeda yaitu flagella transversal dan flagella longitudinal. Dinding sel pada dinoflagellata berupa dinding selulosa yang tebal dan kuat seperti pelat-pelat perisai yang melindungi sel. Pelat perisai ini merupakan hal penting untuk identifikasi jenis dinoflagellata.”

Identifikasi jenis dinoflagellata dapat dilakukan dengan melihat dinding selulosa yang tebal dan terlihat seperti perisai. Selain itu dapat juga dilakukan dengan melihat lokasi flagellanya. Berdasarkan lokasi flagellanya, dinoflagellata dibedakan menjadi desmokontae dan dinokontae. Nontji(2008, hlm.94) mengatakan bahwa, “Banyak jenis dinoflagellata dapat membentuk sista (*cyst*) dan beristirahat panjang di dasar perairan. Setelah beristirahat, dinoflagellata akan tumbuh kembali bahkan beberapa tumbuh dengan disertai ledakan populasi dan menimbulkan masalah lingkungan”.

Beberapa jenis dinoflagellata melakukan istirahat yang panjang didasar perairan kemudian akan tumbuh kembali ke permukaan bahkan dapat menimbulkan masalah perairan karena menghasilkan toksin yang dapat menimbulkan kematian organisme lain yang hidup di perairan tersebut. Nontji (2008, hlm.96) mengatakan bahwa, “Dinoflagellata juga dikenal dengan kemampuannya menghasilkan cahaya dari proses yang terjadi dalam tubuhnya. Salah satu contohnya yaitu *Noctiluca scintillans* yang dapat menghasilkan cahaya biru muda”. Kemampuan konsentrasi *Noctiluca scintillans* dalam menghasilkan cahaya lemah yaitu sebesar 200 sel/liter, dan dapat menghasilkan cahaya yang kuat dengan konsentrasi sebesar 1000 – 2000 sel/liter. ledakan *Noctiluca scintillans* terjadi di Jepang sehingga menyebabkan warna air laut menjadi berwarna merah. ledakan *Noctiluca scintillans* di Perairan Indonesia umumnya menimbulkan warna hijau pekat pada air. Warna hijau ini disebabkan karena pigmen mikroalga yang hidup sebagai simbiotnya yaitu *Pedidomonas noctilucae*.



Gambar 2.6
Beberapa Contoh Dinoflagellata.
 (Sumber : Wikipedia, 2017)

3) Fitoplankton Lain

Anggota fitoplankton lainnya yang sering hidup di perairan tawar, diantaranya:

a) Cyanophyceae (Alga hijau-biru)

Cyanophyceae merupakan ganggang sel tunggal yang sederhana atau

membentuk koloni dengan klorofil yang tersebar, kelompok ini menjadi kelompok penting secara ekologis karena biomassa yang besar yang dapat terbentuk pada kolam atau danau yang tercemar (Odum, 1993, h.380 dalam Khaerunnisa, 2015, hlm.19). Sachlan (1982, hlm. 52-53) mengatakan bahwa, “Nama Cyanophyceae didasarkan atas pigmen fikosianin yang berwarna hijau-biru”. Namun, organisme ini juga memiliki pigmen lainnya yaitu fikoeritrin yang berwarna merah, salah satu jenis plankton yang memiliki pigmen fikoeritrin adalah *Trichodesmium erythreum*. *Trichodesmium erythreum* menyebabkan Laut Merah berwarna kemerahan. Selain 2 pigmen tersebut sel alga- biru juga mengandung pigmen-pigmen lainnya seperti klorofil, karoten, dan Xantofil. Seluruh Cyanophyceae terdiri dari tujuh familia yaitu Oscillatoriaceae, Nostocaceae, Rivulariaceae, Stegionemataceae, Chroococcaceae, Scytonemaceae, dan Notohopsidae.

b) Chlorophyceae (alga hijau)

Chlorophyceae merupakan fitoplankton yang paling banyak ditemukan di perairan tawar Indonesia. Chlorophyceae merupakan alga hijau yang memiliki pigmen klorofil berwarna hijau. Campbell *et al.*, (2012, hlm.155) mengatakan bahwa, “Chlorophyceae merupakan fitoplankton yang memiliki anggota spesies terbesar di perairan tawar. Umumnya memiliki ciri-ciri dua flagel yang sama panjang, memiliki pigmen klorofil a dan klorofil b, karoten dan Xantofil”.

Pigmen yang paling banyak ditemukan yaitu Pigmen klorofil a, sehingga menyebabkan alga ini berwarna hijau dominan. Selain itu, Chlorohyceae memiliki cadangan makanan dalam bentuk pirenoid dan dinding sel yang terdiri dari selulosa. Chlorophyceae ini dibagi ke dalam 9 ordo yaitu Volvocales, Chlorococcales, Ulotrichales, Chladophorales, Chaetophorales, Oedogoniales, Conjugales, Siphonales, dan Charales. Chlorophyta yang paling sederhana adalah organisme selular seperti *Chlamydomonas sp.*

c) Euglenophyceae

Wetzel dan Likens (1979) mengatakan bahwa, “Euglenophyceae umumnya hidup di perairan yang mengandung banyak bahan organik. Pada permukaan air yang tenang, beberapa genera dalam kelompok ini mampu membentuk kista yang menutupi seluruh permukaan perairan dengan warna merah, hijau, kuning atau ketiganya”. Pada umumnya Euglenophyceae memiliki

bintik mata pada bagian anterior tubuhnya. Bintik mata tersebut sangat sensitif terhadap sinar matahari. Selain itu, kelompok ini memiliki pigmen seperti klorofil a, klorofil b, dan karoten. Spesies-spesies yang termasuk ke dalam kelompok ini yang sering dijumpai di perairan Indonesia yaitu *Euglena hematoides*, *E. sanguines*, *E. deses*, *E. viridis*, *E. acus*, *E. oxyuris*, dan *E. Fragillaria*.”

b. Ekologi Fitoplankton

1) Parameter Fisik

a) Suhu

Menurut Effendi (2003) mengatakan bahwa, “Cahaya matahari yang masuk ke perairan akan mengalami penyerapan dan perubahan menjadi energi panas”. Proses penyerapan cahaya ke dalam perairan yaitu berlangsung secara lebih intensif. Pada lapisan atas perairan akan memiliki suhu yang lebih tinggi dan densitas yang lebih kecil dari pada lapisan bawah. Pada perairan tergenang, kondisi tersebut akan menyebabkan terjadinya stratifikasi thermal pada kolom air.

Suhu perairan dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari di perairan tersebut. Semakin tinggi intensitas cahaya yang masuk ke dalam air, maka semakin tinggi pula kondisi suhu di perairan tersebut. Menurut Subarijanti, (1994) mengatakan bahwa, “Suhu perairan dipengaruhi oleh intensitas cahaya yang masuk ke dalam air. Suhu selain berpengaruh terhadap berat jenis, viskositas dan densitas air, juga berpengaruh terhadap kelarutan gas dan unsur-unsur dalam air”. Oleh sebab itu, perubahan suhu dalam kolom air akan menimbulkan arus secara vertikal. Secara langsung maupun tidak langsung, suhu berperan dalam ekologi dan distribusi plankton baik fitoplankton maupun zooplankton.

Perubahan suhu di suatu perairan mampu mempengaruhi berat jenis, viskositas, densitas, kecepatan arus serta gas atau unsur hara yang terdapat dalam air. Suhu mempunyai efek langsung dan tidak langsung terhadap fitoplankton. “Efek langsung yaitu toleransi organisme terhadap keadaan suhu, sedangkan efek tidak langsung yaitu melalui lingkungan misalnya dengan kenaikan suhu air sampai batas tertentu akan menurunkan kelarutan oksigen”. (Boney dalam Sudaryanti, 1989). Pada suhu yang lebih hangat selalu dijumpai kelimpahan

fitoplankton yang tinggi. Intensitas cahaya berpengaruh terhadap laju fotosintesis dan pertumbuhan alga (Sulawesty, dkk., 2005).

Menurut Odum (1994) mengatakan, “Walaupun variasi suhu dalam air tidak sebesar di udara, hal ini merupakan faktor pembatas utama karena organisme akuatik sering kali mempunyai toleransi yang sempit (stenotermal)”. Menurut Haslan (1995) dalam Effendi (2003) mengatakan, “kisaran suhu optimal bagi pertumbuhan fitoplankton adalah 20° C – 30 ° C”.

2) Parameter Kimiawi

a) Derajat Keasaman (pH)

Menurut Effendi (2003) mengatakan bahwa, “Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7,0 – 8,5. Alga akan memanfaatkan karbondioksida hingga batas pH yang tidak memungkinkan lagi bagi alga untuk tidak menggunakan karbondioksida (sekitar 10 – 11)”. Pernyataan tersebut menunjukkan bahwa nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya pada saat pH air rendah maka proses nitrifikasi di dalam air akan berakhir.

Barus (2004) menyatakan bahwa, “Fluktuasi pH sangat dipengaruhi oleh proses respirasi. Semakin banyak karbondioksida yang dihasilkan dari proses respirasi, maka pH akan semakin rendah. Namun sebaliknya jika aktivitas fotosintesis semakin tinggi maka akan menyebabkan pH semakin tinggi. Derajat keasaman perairan tawar berkisar dari 5-10”.

Nilai pH yang sangat rendah akan menyebabkan mobilitas berbagai senyawa logam yang bersifat toksik semakin tinggi yang tentunya akan mengancam kelangsungan hidup organisme akuatik. Sementara nilai pH yang tinggi akan menyebabkan keseimbangan antara ammonium dan amoniak dalam air akan terganggu. Kenaikan pH di atas netral akan meningkatkan konsentrasi amoniak yang juga bersifat sangat toksik bagi organisme.

Munarto (2010) dalam Khaerunnisa (2015, hlm. 67) menyatakan bahwa, “Derajat keasaman (pH) air yang normal dan memenuhi syarat untuk kehidupan organisme perairan yaitu berkisar antara 6.5-7.5”. Menurut Odum (1998) dalam Khaerunnisa (2015, hlm.67) mengatakan, “Kisaran pH yang sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton berkisar antara 6,0-9,0”. Pescod

(1973) dalam Khaerunnisa (2015, hlm.67) menyatakan bahwa, “Nilai pH pada suatu dipengaruhi beberapa faktor lain diantaranya aktivitas fotosintesis, respirasi organisme, suhu dan keberadaan ion-ion dalam perairan tersebut”.

b) Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen*)

Oksigen terlarut merupakan faktor terpenting di dalam menetapkan kualitas air, air yang polusi organiknya sangat tinggi memiliki sangat sedikit oksigen terlarut. Michael (1994) menyatakan bahwa, “*Disolved oxygen* (oksigen terlarut) adalah jumlah oksigen yang terlarut di dalam perairan. Kelarutan oksigen perairan sangat dipengaruhi oleh daerah permukaan yang terkena suhu, konsentrasi garam serta adanya senyawa yang mudah teroksidasi yang terkandung di dalam perairan seperti kandungan bahan organik”.

Pengelompokkan kualitas perairan ditinjau dari kadar oksigen terlarut menurut Lee dkk (1978) dalam Maresi (2015, hlm. 68) digolongkan kedalam empat kelompok, yaitu: tidak tercemar ($>6,5$ mg/l). tercemar ringan (4,5 – 6,5 mg/l), tercemar sedang (2,0 – 4,4 mg/l), dan tercemar berat ($<2,0$ mg/l).

Oksigen terlarut merupakan suatu faktor yang sangat penting dalam ekosistem air, terutama sekali dibutuhkan untuk proses respirasi sebagian besar organisme air. Menurut Odum (1994) mengatakan bahwa, “Kisaran oksigen terlarut dalam satu perairan berkisar antara 14,6 mg/l pada 0°C dan 6,1 mg/l pada suhu 35°C. Oksigen terlarut dengan kisaran 3-6 ppm merupakan titik krisis bagi kehidupan dalam air”.

Barus (2004) menyatakan bahwa, “Kelarutan oksigen di dalam air sangat terbatas dibandingkan kadar oksigen di udara yang mempunyai konsentrasi sebanyak 21% volume, air hanya mampu menyerap oksigen sebanyak 1% volume. Kadar oksigen terlarut yang optimal untuk kehidupan plankton adalah lebih dari 3 mg/l”.

Michael (1994, hlm. 168) menyatakan bahwa:

“Jumlah oksigen yang terkandung dalam air bergantung pada daerah permukaan yang terkena suhu, dan konsentrasi garam. Banyaknya oksigen yang berasal dari tumbuhan hijau bergantung pada kerapatan tumbuhan, jangka waktu, dan intensitas sinar efektif. Dalam air tanpa gangguan vegetasi yang tebal, aktivitas fotosintesis tumbuhan menghasilkan pertambahan jumlah oksigen terlarut, yang mencapai maksimum pada sore hari dan turun lagi pada malam hari”.

Kadar oksigen terlarut didalam air dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya suhu air, konsentrasi garam, intensitas cahaya matahari, maupun aktivitas fotosintesis tumbuhan air. Menurut Barus (2004) mengatakan bahwa, “Sumber utama oksigen terlarut dalam air adalah penyerapan oksigen dari udara melalui kontak antara permukaan air dengan udara dan dari proses fotosintesis”. Oksigen terlarut digunakan oleh fitoplankton untuk melakukan proses fotosintesis. Pada saat akan melakukan fotosintesis, fitoplankton akan cenderung mendekati daerah yang kaya akan oksigen terlarut. Kedalaman perairan berkaitan dengan suhu yang berpengaruh pada oksigen terlarut, sehingga pada kedalaman berbeda dan suhu berbeda maka tingkat oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh fitoplankton juga berbeda.

Menurut Effendi (2003) mengatakan bahwa, “Kadar oksigen terlarut didalam air dapat mengalami penurunan akibat dari tingginya suhu, proses respirasi, masukan bahan organik proses dekomposisi serta tingginya salinitas”.

5. Ekosistem Perairan Tawar

Odum (1994, hlm.10) mengelompokkan ekosistem perairan dalam tiga kategori utama yaitu ekosistem air tawar, ekosistem estuari, dan ekosistem laut. Habitat air tawar dibedakan menjadi dua kategori umum, yaitu sistem lentik (kolam, danau, situ, rawa, telaga, waduk) dan sistem lotik (sungai). Sistem lentik adalah suatu perairan yang dicirikan air yang menggenang atau tidak ada aliran air, sedangkan sistem lotik adalah suatu perairan yang dicirikan oleh adanya aliran air yang cukup kuat, sehingga digolongkan ke dalam perairan mengalir.

Seperti yang sudah dikatakan bahwa habitat air tawar itu dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu air tawar mengalir (lotik) dan air tawar diam (lentik).

a. Perairan Mengalir (lotik)

Perairan mengalir mempunyai corak tertentu yang secara jelas membedakannya dari air menggenang walaupun keduanya merupakan habitat air tawar. Semua perbedaan itu tentu saja mempengaruhi bentuk serta kehidupan tumbuhan dan hewan yang menghuninya. Satu perbedaan mendasar antara danau dan sungai adalah bahwa danau terbentuk karena cekungannya sudah ada dan air yang mengisi cekungan itu, tetapi danau setiap saat dapat terisi oleh endapan sehingga menjadi tanah kering. Sebaliknya, sungai terjadi karena airnya sudah ada

sehingga air itulah yang membentuk dan menyebabkan tetap adanya saluran selama masih terdapat air yang mengisinya.

b. Perairan Menggenang (Lentik)

Perairan menggenang dibedakan menjadi perairan alamiah dan perairan buatan. Berdasarkan proses terbentuknya perairan alamiah dibedakan menjadi perairan yang terbentuk karena aktivitas tektonik dan aktivitas vulkanik. Beberapa contoh perairan lentik yang alamiah antara lain adalah danau, rawa, situ dan telaga, sedangkan perairan buatan antara lain adalah waduk.

6. Zona Perairan Air Tawar

Menurut Odum (1994, hlm.11), zonasi pada perairan air tawar berbeda dengan zonasi perairan air laut. Zonasi perairan air tawar dapat dibedakan berdasarkan letak dan intensitas cahaya sebagai berikut:

a. Zona Litoral

Zona litoral merupakan daerah pinggiran perairan yang masih bersentuhan dengan daratan. Pada daerah ini terjadi pencampuran sempurna antara berbagai faktor fisika kimiawi perairan. Organisme yang biasanya ditemukan antara lain adalah tumbuhan akuatik berakar atau mengapung, siput, kerang, crustacea, serangga, amfibi, ikan, perifiton, dan lain-lain.

b. Zona Limnetik

Zona limnetik merupakan daerah kolam air yang terbentang antara zona litoral di satu sisi dan zona litoral disisi lain. Zona ini memiliki berbagai variasi secara fisik, kimiawi maupun kehidupan di dalamnya. Organisme yang hidup dan banyak ditemukan di daerah ini antara lain ikan, udang dan plankton.

c. Zona Profundal

Zona Profundal merupakan daerah dasar perairan yang lebih dalam dan menerima sedikit cahaya matahari dibandingkan daerah litoral dan limnetik. Bagian ini dihuni oleh sedikit organisme terutama organisme bentik yang bersifat karnivor dan detritivor.

d. Zona Sublitoral

Zona sublitoral merupakan daerah peralihan antara zona litoral dan zona profundal. Sebagai daerah peralihan zona ini banyak dihuni oleh banyak jenis organisme bentik dan juga organisme temporal yang datang untuk mencari makan.

7. Waduk

Effendi (2003, hlm. 36) mengatakan bahwa, “Air menutupi sekitar 70% permukaan bumi, dengan jumlah sekitar 1.368 juta km³. Air terdapat dalam berbagai bentuk, misalnya uap air, es, cairan dan salju. Komposisi air tawar terutama terdapat di sungai, danau, air tanah, dan gunung es”. Siklus Hidrologi menggambarkan semua bentuk air di daratan serta hubungannya dengan air laut dan atmosfer. Siklus hidrologi berlangsung secara terus menerus. Berdasarkan sumbernya air tawar dibagi ke dalam air permukaan (*surface water*) dan air tanah (*ground water*). Waduk merupakan salah satu contoh air permukaan. Air permukaan merupakan badan air yang tidak mengalami peresapan ke dalam tanah.

Sekitar 70% permukaan bumi didominasi oleh perairan. Perairan dibagi menjadi tiga kelompok yaitu perairan tawar, estuari, dan laut. Air tawar berdasarkan sumbernya dikelompokkan yaitu air permukaan (*surface water*) dan air tanah (*ground water*). Waduk termasuk kedalam air permukaan. Waduk dibangun atas dasar rekayasa manusia serta dimanfaatkan oleh manusia sebagai salah satu pemenuh kebutuhan hidup sehari-hari.

Menurut Kordi (2008, hlm. 109-111) yang mengatakan bahwa, “Waduk adalah daerah yang digenangi badan air sepanjang tahun serta dibentuk atau dibangun atas rekayasa manusia”. Berdasarkan fungsinya, Waduk dibangun untuk beberapa kebutuhan, diantaranya untuk irigasi, penyedia energi listrik, penyedia air minum, pengendali banjir, rekreasi, perikanan, budidaya, dan tangkap, dan transportasi. Waduk dibangun dengan cara membendung aliran sungai. Aliran sungai tersebut kemudian tertahan sementara dan menggenangi bagian Daerah Aliran Sungai (DAS).

Berdasarkan tinggi rendahnya suatu dataran, Kordi (2008, hlm.112) membagi waduk ke dalam dua bagian yaitu:

“Waduk dataran rendah dapat dipakai untuk usaha pemeliharaan ikan-ikan air tawar dengan menggunakan metode hampang dan metode keramba yaitu Keramba Jaring Apung (KJA) di bagian perairan yang dalam. Waduk yang dibangun di dataran tinggi umumnya berdasar dan

bertebing curam sehingga metode hampang sulit diterapkan. Waduk dataran tinggi umumnya dibangun dengan menutup celah-celah perbukitan sehingga terbentuk badan air yang dalam dan sempit sehingga akan menimbulkan pelapisan air. Pelapisan air akan menyebabkan proses pembusukan bahan organik di dasar perairan. Dengan demikian, kandungan oksigen di waduk rendah, tetapi kandungan ammonia dan gas-gas yang beracun cukup tinggi”.

Waduk adalah salah satu sumber air tawar yang menunjang kehidupan semua makhluk hidup dan kegiatan sosial ekonomi manusia. Air waduk digunakan untuk berbagai pemanfaatan kehidupan manusia diantaranya sebagai sumber baku air minum, irigasi, pembangkit listrik, perikanan, dsb.

Shaw *et al.*, (2004) mendefinisikan waduk sebagai perairan menggenang atau badan air yang memiliki ceruk, saluran masuk (inlet), saluran pengeluaran (outlet) dan berhubungan langsung dengan sungai utama yang mengairinya. Waduk umumnya memiliki kedalaman 16 sampai 23 kaki (5-7 m). Menurut Perdana (2006) mengatakan bahwa, “Waduk merupakan badan air tergenang (lentik) yang dibuat dengan cara membendung sungai, umumnya berbentuk memanjang mengikuti bentuk awal dasar sungai”.

Perdana (2006) membagi sungai berdasarkan pada tipe sungai yang dibendung dan fungsinya menjadi tiga tipe waduk, yaitu waduk irigasi, waduk lapangan dan waduk serbaguna. Waduk irigasi berasal dari pembendungan sungai yang memiliki luas antara 10–500 ha dan difungsikan untuk kebutuhan irigasi. Waduk lapangan berasal dari pembendungan sungai episodik dengan luas kurang dari 10 ha, dan difungsikan untuk kebutuhan sehari-hari masyarakat di sekitar waduk.

Effendi (2003) mengatakan bahwa, “Waduk dicirikan dengan arus yang sangat lambat (0,001-0,01 m/s) atau tidak ada arus sama sekali. Arus air waduk dapat bergerak ke berbagai arah”. Pada Perairan waduk atau danau umumnya memiliki stratifikasi kualitas air secara vertikal. Stratifikasi vertikal dapat terjadi karena adanya perbedaan intensitas cahaya dan perbedaan suhu pada kolom air. Stratifikasi tersebut juga dipengaruhi oleh kedalaman air dan musim.

Zonasi perairan dibagi menjadi dua, yaitu zonasi bentik dan zonasi kolom air. Zonasi bentik (zonasi dasar) terdiri atas supra-litoral, litoral, sub-litoral, dan profundal. Zonasi kolom air terdiri atas zonasi limnetik, tropogenik, kompensasi, dan tropolitik.

Menurut Perdana (2006) berdasarkan fungsinya, waduk diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu:

a. Waduk eka guna (single purpose)

Waduk eka guna adalah waduk yang dioperasikan untuk memenuhi satu kebutuhan saja, misalnya untuk kebutuhan air irigasi, air baku atau PLTA. Pengoperasian waduk eka guna lebih mudah dibandingkan dengan waduk multi guna dikarenakan tidak adanya konflik kepentingan di dalam. Pada waduk eka guna pengoperasian yang dilakukan hanya mempertimbangkan pemenuhan satu kebutuhan.

b. Waduk multi guna (multi purpose)

Waduk multi guna adalah waduk yang berfungsi untuk memenuhi berbagai kebutuhan, misalnya waduk untuk memenuhi kebutuhan air, irigasi, air baku dan PLTA. Kombinasi dari berbagai kebutuhan ini dimaksudkan untuk dapat mengoptimalkan fungsi waduk dan meningkatkan kelayakan pembangunan suatu waduk.

Menurut Wulandari (2006) mengatakan bahwa, “Terdapat tiga zona waduk berdasarkan stratifikasi suhu. Bagian permukaan perairan waduk disebut epilimnion, bagian tengah waduk adalah metalimnion (termoklin), dan bagian dalam waduk disebut zona hipolimnion”. Epilimnion memiliki suhu lebih hangat, Metalimnion memiliki laju perubahan suhu paling besar, dan hipolimnion memiliki suhu perairan yang lebih rendah (dingin). Kemudian berdasarkan tingkat intensitas cahayanya, waduk dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu bagian yang memperoleh cukup cahaya dan pencampuran air terjadi dengan baik disebut zona fotik atau eufotik. Zona tersebut membentang dari permukaan waduk sampai dengan kedalaman cahaya kira-kira 1 % dari yang terdapat di permukaan. Kemudian zona afotik membentang dibawah litoral dan fotik sampai ke dasar waduk. Zona afotik merupakan daerah konsumsi oksigen tertinggi.

Kondisi kualitas air danau dan atau waduk diklasifikasikan berdasarkan *eutrofikasi* yang disebabkan oleh adanya peningkatan kadar unsur hara dalam air. Faktor pembatas sebagai penentu eutrofikasi adalah unsur Fosfor (P) dan Nitrogen (N). Eutrofikasi diklasifikasikan menjadi empat kategori status trofik berdasarkan

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 28 tahun 2009, yaitu sebagai berikut:

- a. Oligotrof adalah status trofik air danau dan atau waduk yang mengandung unsur hara dengan kadar rendah. Status tersebut menunjukkan kualitas air masih bersifat alamiah belum tercemar dari sumber unsur hara N dan P.
- b. Mesotrof adalah status trofik air danau dan atau waduk yang mengandung unsur hara dengan kadar sedang. Status tersebut menunjukkan adanya peningkatan kadar N dan P, namun masih dalam batas toleransi karena belum menunjukkan adanya indikasi pencemaran air.
- c. Eutrof adalah status trofik air danau dan atau waduk yang mengandung unsur hara dengan kadar tinggi. Status tersebut menunjukkan air telah tercemar oleh peningkatan kadar N dan P.
- d. Hipereutrofik adalah status trofik air danau dan atau waduk yang mengandung unsur hara dengan kadar sangat tinggi. Status tersebut menunjukkan air telah tercemar berat oleh peningkatan kadar N dan P.

8. Profil Waduk Cirata

Waduk Cirata merupakan salah satu waduk terbesar yang terdapat di Jawa Barat. Waduk ini merupakan salah satu dari kaskade tiga waduk Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum. Waduk Cirata terletak diantara dua waduk lainnya, yaitu Waduk Saguling dan Waduk Jatiluhur.

Muhaniah (2010) mengatakan bahwa:

“Waduk Cirata adalah salah satu waduk yang dibangun di Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum yang ditujukan sebagai pembangkit tenaga listrik. Waduk yang dibangun pada tahun 1987 ini berada pada ketinggian 221 m dari permukaan laut, luas Waduk Cirata adalah 7.111 Ha dan luas genangan sebesar 6.200 Ha, kedalaman rata-rata 34,9 m dan volume $2.165 \times 10^6 \text{ m}^3$. Secara geografis, Waduk Cirata terletak pada $107^{\circ}14'15''$ - $107^{\circ}22'03''$ LS dan $06^{\circ}41'30''$ - $06^{\circ}48'07''$ BT. Waduk Cirata dibangun dengan membuat bendungan setinggi 125 m dengan panjang 500 m”.

BPWC (2008) membagi wilayah Cirata ke dalam 3 Kabupaten di wilayah Jawa Barat, yaitu Kabupaten Bandung, Kabupaten Purwakarta, dan Kabupaten Cianjur. Luas wilayah Cirata untuk setiap Kabupaten diantaranya:

- a. Luas Waduk Cirata di Kabupaten Bandung yaitu $27.556.890 \text{ m}^2$
- b. Luas Waduk Cirata di Kabupaten Purwakarta yaitu $9.154.094 \text{ m}^2$

c. Luas Waduk Cirata di Kabupaten Cianjur yaitu 29.603.229 m²

Pembangunan Waduk Cirata dimanfaatkan untuk kegiatan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Perikanan, Lalu lintas, serta Keramba Jaring Apung (KJA). Pada awalnya pendirian KJA ini sebagai salah satu kompensasi ganti rugi bagi warga yang kehilangan pekerjaan dan tempat tinggalnya akibat dari penggenangan Waduk Cirata. Untuk itu, maka pihak pengelola Waduk Cirata mengizinkan pendirian KJA pada tempat-tempat yang telah ditentukan dengan memperhatikan daya dukung dari waduk. Sesuai Surat Keputusan (SK) Gubernur Jawa Barat No. 41 Tahun 2002 dalam Sari (2017) berisi tentang jumlah petak/kolam yang dianjurkan di KJA Waduk Cirata yaitu sebanyak 12.000 petak. Akan tetapi, pada bulan Desember tahun 2016, tercatat sekitar 31.000 KJA dari 1.900 pemilik.

Hadisantosa (2006, hlm.4) dalam Sari (2017) menjelaskan tentang pengaruh dari aktifitas yang berlangsung disekitar waduk. Menurutnya, berbagai kegiatan yang berlangsung di sekitar sungai yang menjadi input Waduk Cirata seperti kegiatan pertambangan, industri, limbah domestik, TPA sampah, serta dari kegiatan Keramba Jaring Apung (KJA) berpotensi untuk mencemari sungai tersebut yang kemudian berpotensi untuk mencemari Waduk Cirata.

9. Analisis Kompetensi Dasar Pada Pembelajaran Biologi

Hasil penelitian yang menyajikan sumber faktual berupa spesies fitoplankton dapat dijadikan sumber belajar didalam kelas. Sumber yang faktual inilah menjadikan suatu organisme dapat menjadi verifikasi suatu teori (Anderson dan Krathwohl, 2014).

Kompetensi dasar mengandung 2 hal yaitu dimensi proses kognitif dan dimensi pengetahuan. Berikut merupakan penjelasan keduanya:

a. Dimensi Proses Kognitif

Anderson dan Krathwol (2014) telah memaparkan dan menjelaskan tentang 19 proses kognitif yang dikelompokkan dalam enam kategori proses diantaranya dua proses kognitif termasuk dalam kategori mengingat dan 17 proses kognitif lainnya termasuk dalam kategori-kategori: Memahami, Mengaplikasikan, Menganalisis, Mengevaluasi, dan Mencipta.

b. Dimensi pengetahuan

Anderson (2014) mengategorikan pengetahuan menjadi empat jenis, yaitu: (1) Pengetahuan Faktual, Pengetahuan Konseptual, (3) Pengetahuan Prosedural, dan (4) Pengetahuan Metakognitif (Anderson dan Krathwol, 2014).

Anderson dan Krathwol (2014) mengatakan bahwa:

- 1) Pengetahuan faktual meliputi elemen dasar yang digunakan oleh para pakar untuk menjelaskan, memahami, dan secara sistematis menata disiplin ilmu mereka.
- 2) Pengetahuan konseptual meliputi skema, model mental, atau teori yang implisit atau eksplisit dalam beragam model psikologi kognitif.
- 3) Pengetahuan prosedural mencakup pengetahuan keterampilan, algoritme, teknik, dan metode yang semuanya disebut sebagai prosedur.
- 4) Pengetahuan metakognitif adalah pengetahuan tentang kognisi secara umum. Pengetahuan Metakognitif mencakup pengetahuan tentang strategi, tugas, dan variabel-variabel person.

Kompetensi Dasar (KD) yang berkaitan dengan hasil penelitian analisis keanekaragaman fitoplankton di perairan Waduk Cirata Jawa Barat yaitu:

KD 3.5 Menerapkan prinsip klasifikasi untuk menggolongkan Protista berdasarkan ciri-ciri umum kelas dan perannya dalam kehidupan melalui pengamatan secara teliti dan sistematis.

Tabel 2.1
Matriks Dimensi Pengetahuan dan Dimensi Proses Kognitif
Sumber: (Anderson dan Krathwol, 2014)

| Dimensi Pengetahuan | Dimensi Proses Kognitif | | | | | |
|--------------------------|-------------------------|----------|-----------------|--------------|--------------|----------|
| | Mengingat | Memahami | Mengaplikasikan | Menganalisis | Mengevaluasi | mencipta |
| Pengetahuan Faktual | | | 3.8 | | | |
| Pengetahuan Konseptual | | | | | | |
| Pengetahuan Prosedural | | | | | | |
| Pengetahuan Metakognitif | | | | | | |

Berdasarkan tabel matriks dimensi pengetahuan dan dimensi proses kognitif tersebut, maka penelitian tentang “Analisis Keanekaragaman Fitoplankton di Perairan Waduk Cirata Kabupaten Purwakarta Jawa Barat” dapat

menjadi salah satu bahan ajar di dunia pendidikan yaitu berhubungan dengan salah satu kompetensi dasar didalam kurikulum 2013 yaitu KD 3.5 “Menerapkan prinsip klasifikasi untuk menggolongkan Protista berdasarkan ciri-ciri umum kelas dan perannya dalam kehidupan melalui pengamatan secara teliti dan sistematis”. Submateri dalam pembelajaran yaitu Protista menyerupai tumbuhan (mikroalga) terdiri dari pembahasan mengenai Bacillariophyceae, Pyrrophyceae, Cyanophyceae, Chlorophyceae, Euglenophyceae, dan Rhodophyceae yang merupakan klasifikasi dari fitoplankton. Mackey *et al* (2002) dalam Hidayah (2014, hlm.156) menjelaskan bahwa, “Fitoplankton merupakan organisme mikroskopis yang bersifat autotrof atau mampu menghasilkan bahan organik dari bahan anorganik melalui proses fotosintesis”. Wetzel dan Likens (1979) menyebutkan, “Komunitas fitoplankton memiliki beberapa algae yang umum ditemukan. Algae tersebut diantaranya Chlorophyceae (*green algae*), Xanthophyceae (*yellow-green algae*), Chrysophyceae (*golden-brown algae*), Bacillariophyceae (*diatom*), Euglenophyceae (*euglenoids*), Dinophyceae (*dinoflagellates*)”.

Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembelajaran biologi karena dapat menjadi sumber referensi untuk membantu pengaplikasian salah satu kompetensi dasar dalam pembelajaran biologi khususnya materi Protista.

B. Hasil Penelitian Terdahulu

Tabel 2.2
Hasil Penelitian Terdahulu

| No. | Nama Peneliti/Tahun | Judul | Hasil Penelitian | Perbedaan | Persamaan |
|-----|----------------------------|---|---|--|---|
| 1. | Taufiq Hidayah, dkk. /2014 | Struktur Komunitas Fitoplankton di Waduk Kedungombo Jawa Tengah | Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelimpahan fitoplankton di Waduk Kedungombo mencapai rata-rata | 1. Lokasi penelitian 2. Teknik pengambilan sampel | 1. Objek penelitian yaitu fitoplankton 2. Metode dan desain penelitian |

| | | | | | |
|----|--------------------------------------|--|--|-------------------|------------------------------|
| | | | <p>195.988 ind/L. Indeks keanekaragaman dalam kestabilan sedang dengan rata-rata 1,81 ($H'=1-3$). Tidak terjadi dominansi fitoplankton jenis tertentu dengan nilai rata-rata 0,24 ($D<0,05$). Genus <i>Microcystis</i> paling banyak ditemukan dan merupakan jenis fitoplankton beracun yang menjadi indikator bahwa kondisi perairan sudah tercemar.</p> | | |
| 2. | Sinta Ramadhania Puteri Maresi /2014 | Fitoplankton Sebagai Bioindikator Saprobitas Perairan di Situ Bulakan Kota Tangerang | <p>Hasil identifikasi fitoplankton dari sampel air Situ Bulakan Kota Tangerang ditemukan fitoplankton yang berasal dari kingdom Monera (divisi Cyanobacteria) terdiri dari 1 kelas yaitu Cyanophyceae,</p> | Lokasi penelitian | Metode dan desain penelitian |

| | | | | | |
|----|--------------------------------|---|--|--|---|
| | | | sedangkan kingdom Protista mirip tumbuhan (mikroalga) terdiri dari 3 kelas yaitu Bacillariophyceae, Chlorophyceae, dan Euglenophyceae. | | |
| 3. | Dwi Yuni wulandari, dkk. /2014 | Distribusi Spasial Fitoplankton di Perairan Pesisir Tangerang | Fitoplankton di perairan pesisir Tangerang terdiri dari tiga kelas, yaitu Bacillariophyceae (24 genera), Dinophyceae (3 genera), dan Cyanophyceae (2 genera). Komposisi jenis dan kelimpahan tertinggi dari kelas Bacillariophyceae. Pola distribusi fitoplankton di perairan pesisir Tangerang berdasarkan Indeks Morisita adalah berkelompok. Sebaran fitoplankton berdasarkan komposisi jenis | 1. Lokasi penelitian 2. Metode penelitian | 1.Objek penelitian yaitu fitoplankton . |

| | | | | | |
|----|---------------------|--|--|--|-------------------------------------|
| | | | dan kelimpahan antar stasiun dan waktu pengamatan tidak sama walaupun letak stasiun berdekatan dan parameter lingkungan yang memengaruhinya. | | |
| 4. | Yuliana, dkk. /2012 | Hubungan Antara Kelimpahan Fitoplankton dengan Parameter Fisik-Kimiawi Perairan di teluk Jakarta | Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa ditemukan 47 genera dari empat kelas fitoplankton yang terdiri dari 26 genera kelas Bacillariophyceae, 8 genera kelas Chlorophyceae, 7 genera kelas Cyanophyceae, dan 6 genera kelas Dinophyceae. Hasil analisis regresi linear berganda ditemukan bahwa terdapat keterkaitan yang sangat erat antara parameter fisik-kimiawi perairan dengan kelimpahan fitoplankton. | 1. Lokasi Penelitian 2. Teknik pengambilan sampel | Objek penelitian yaitu fitoplankton |

Berdasarkan Tabel 2.2 dapat dilihat bahwa hasil penelitian terdahulu yang relevan yaitu penelitian oleh Taufik Hidayah, Moh.Rasyid Ridho dan Suheryanto yang diterbitkan dalam Maspari Journal, Vol.6, No.2, Juli 2014. Penelitian yang dilakukan berjudul **”Struktur Komunitas Fitoplankton di Waduk Kedungombo Jawa Tengah”**. Hasil penelitian menunjukkan bahwa. Kelimpahannya fitoplankton di Waduk Kedungombo mencapai rata-rata 195.988 ind/L. Indeks keanekaragaman dalam kestabilan sedang dengan rata-rata 1,81 ($H=1-3$). Tidak terjadi dominansi fitoplankton jenis tertentu dengan nilai rata-rata 0,24 ($D<0,05$). Genus *Microcystis* terbanyak ditemukan dan merupakan jenis fitoplankton beracun yang menjadi indikator bahwa kondisi perairan sudah tercemar.

Hasil penelitian terdahulu yang relevan yaitu penelitian yang dilakukan oleh Sinta Ramadhania Puteri Maresi pada bulan Desember 2014 sampai bulan Maret 2015 di Situ Bulakan Kota Tangerang yang berjudul **“Fitoplankton Sebagai Bioindikator Saprobitas Perairan di Situ Bulakan Kota Tangerang”**. Hasil identifikasi fitoplankton dari sampel air Situ Bulakan Kota Tangerang ditemukan fitoplankton yang berasal dari kingdom Monera (divisi Cyanobacteria) terdiri dari 1 kelas yaitu Cyanophyceae, sedangkan kingdom Protista mirip tumbuhan (mikroalga) terdiri dari 3 kelas yaitu Bacillariophyceae, Chlorophyceae, dan Euglenophyceae.

Hasil penelitian terdahulu yang relevan yaitu penelitian yang dilakukan oleh Dwi Yuni Wulandari, Niken Tunjung Murti Pratiwi, dan Enan Mulyana Adiwilaga yang diterbitkan dalam Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI), Desember 2014 Vol. 19 (3): 156-162. Penelitian yang dilakukan berjudul **“Distribusi Spasial Fitoplankton di Perairan Pesisir Tangerang”**. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan distribusi spasial fitoplankton di perairan pesisir Tangerang berdasarkan komposisi jenis dan kelimpahannya. Pelaksanaan penelitian ini pada bulan April dan Agustus 2013 dengan 10 stasiun pengamatan. Metode pengumpulan data, yaitu *sample survey method*. Analisis data untuk pola distribusi fitoplankton menggunakan Indeks Dispersi Morisita dan pengelompokan stasiun berdasarkan kelimpahan fitoplankton menggunakan *Indeks Bray-Kurtis*. Fitoplankton di perairan pesisir Tangerang terdiri dari tiga

kelas, yaitu Bacillariophyceae (24 genera), Dinophyceae (3 genera), dan Cyanophyceae (2 genera). Komposisi jenis dan kelimpahan tertinggi dari kelas Bacillariophyceae. Pola distribusi fitoplankton di perairan pesisir Tangerang berdasarkan Indeks Morisita adalah berkelompok. Sebaran fitoplankton berdasarkan komposisi jenis dan kelimpahan antar stasiun dan waktu pengamatan tidak sama walaupun letak stasiun berdekatan dan parameter lingkungan yang memengaruhinya.

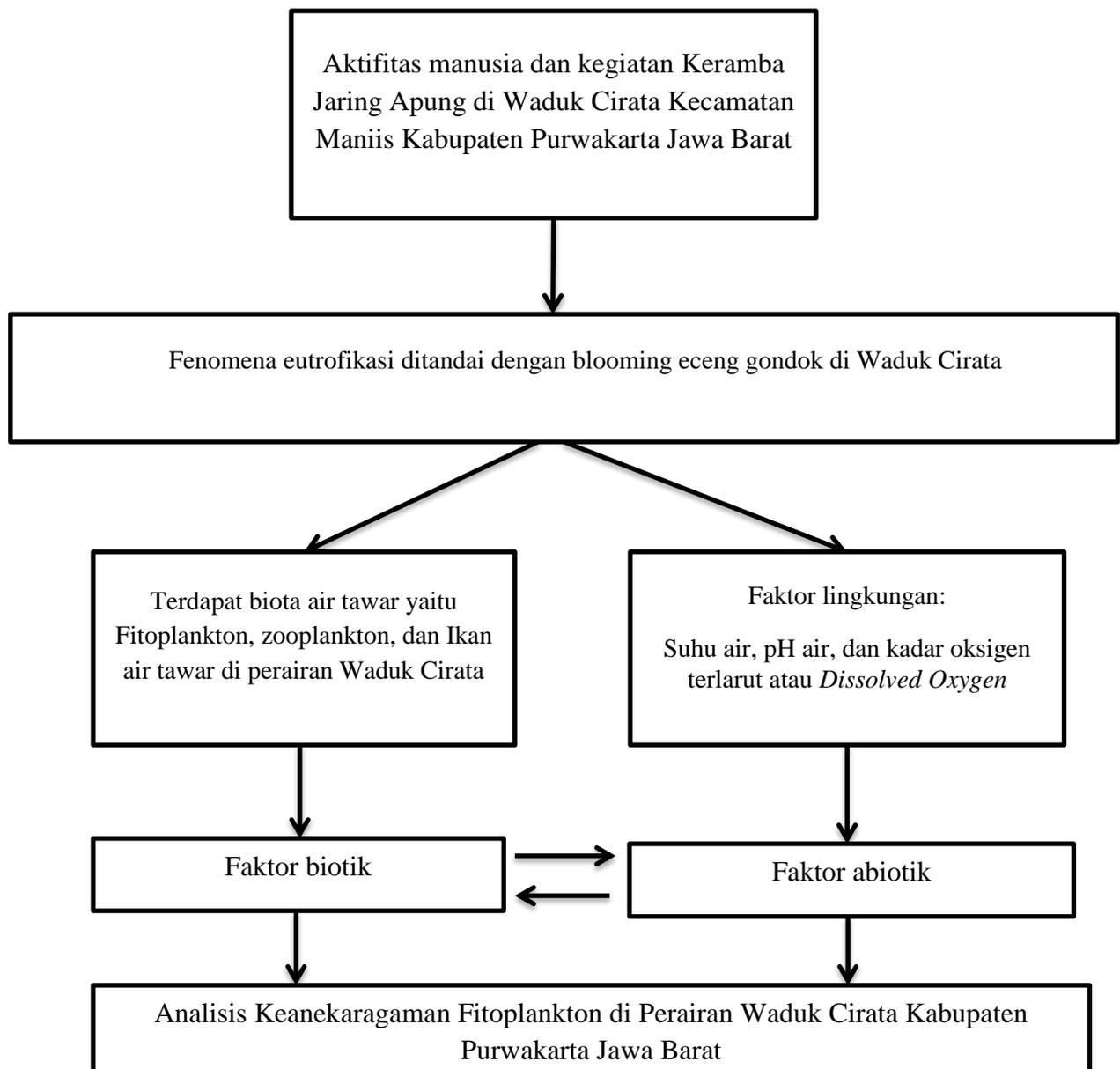
Hasil penelitian terdahulu yang relevan yaitu penelitian yang dilakukan oleh Yuliana, Enan M., Adiwilaga, Enang Harris, dan Niken T.M. Pratiwi yang diterbitkan dalam Jurnal Akuatika Vol. III No.2/September 2012 (169-179). Penelitian ini berjudul “**Hubungan Antara Kelimpahan Fitoplankton dengan Parameter Fisik-Kimiawi Perairan di Teluk Jakarta**”. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa ditemukan 47 genera dari empat kelas fitoplankton yang terdiri dari 26 genera kelas Bacillariophyceae, 8 genera kelas Chlorophyceae, 7 genera kelas Cyanophyceae, dan 6 genera kelas Dinophyceae. Hasil analisis regresi linear berganda ditemukan bahwa terdapat keterkaitan yang sangat erat antara parameter fisik-kimiawi perairan dengan kelimpahan fitoplankton.

C. Kerangka Pemikiran

Waduk Cirata merupakan salah satu waduk di Daerah Aliran Sungai (DAS) Citarum. Waduk Cirata terletak diantara dua waduk lainnya yaitu Waduk Saguling di bagian hulu dan Waduk Jatiluhur di bagian hilir (Wahyuni, dkk, 2014). Waduk Cirata dimanfaatkan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), kegiatan perikanan, serta kegiatan budidaya ikan air tawar dalam Keramba Jaring Apung (KJA). Aktivitas manusia serta kegiatan Keramba Jaring Apung (KJA) tersebut memacu terjadinya pengkayaan unsur hara atau yang dikenal dengan istilah *Eutrofikasi*. *Eutrofikasi* yang terjadi ditandai dengan ledakan populasi (*blooming*) eceng gondok di Waduk Cirata.

Fenomena *eutrofikasi* yang terjadi di Waduk Cirata kecamatan Maniis kabupaten Purwakarta Jawa Barat berpengaruh terhadap kualitas air. Perubahan kualitas air akan mempengaruhi kehidupan biota air tawar yang berada di perairan tersebut serta akan mengganggu rantai makanan pada ekosistem perairan tersebut. Fitoplankton merupakan salah satu biota air yang tinggal dalam ekosistem

perairan tawar. Keberadaan Fitoplankton di suatu perairan seringkali tidak disadari oleh manusia karena ukurannya sangat kecil, padahal keberadaannya dapat memberikan informasi mengenai kondisi perairan. Fitoplankton merupakan parameter biologi yang dapat dijadikan indikator untuk mengevaluasi kualitas dan tingkat kesuburan perairan serta penyumbang oksigen terbesar di perairan (Arinardi,1995 h.118). Berdasarkan hal tersebut, peneliti merasa perlu melakukan penelitian tentang analisis keanekaragaman di perairan waduk Cirata Kabupaten Purwakarta Jawa Barat.



Gambar 2.7
Kerangka Pemikiran

D. Asumsi

Asumsi yang sesuai dengan penelitian ini, yaitu:

- a. Fitoplankton mempunyai peranan yang sangat penting di dalam suatu perairan, selain sebagai dasar dari rantai pakan (*primary producer*) juga merupakan salah satu parameter tingkat kesuburan suatu perairan (Yuliana, 2007).
- b. Fitoplankton dijadikan sebagai indikator kualitas perairan karena siklus hidupnya pendek, respon yang sangat cepat terhadap perubahan lingkungan (Nugroho, 2006 dalam Maresi, 2015).