

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Fitoplankton

Plankton adalah organisme perairan yang umumnya berukuran mikroskopis. Kata plankton dapat diartikan sebagai organisme dengan kemampuan gerak (berenang) yang sangat lemah. Kemampuan gerak yang lemah ini menyebabkan gerakan maupun distribusinya sangat tergantung pada gerakan air (Hutabarat dan Evans, 1986; Nybakken, 1992).

Banyak pendapat tentang dasar penggolongan plankton. Berdasarkan kemampuan melakukan fotosintesis, plankton dibagi menjadi dua yaitu zooplankton, yang tidak mampu melakukan fotosintesis dengan sedikit kemampuan bergerak (misalnya kemampuan melakukan migrasi vertikal), dan fitoplankton, yang mempunyai kemampuan melakukan kegiatan fotosintesa. Kemampuan gerak fitoplankton sangat kecil, bahkan bisa dikatakan tidak ada (Sachlan, 1982). Hutabarat dan Evans (1986) dan Nybakken (1992) membagi plankton dalam lima kelompok berdasarkan ukurannya (Tabel 01). Selain itu plankton dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu makroplankton dan mikroplankton. Makroplankton adalah plankton yang ukurannya agak besar seperti misalnya larva udang, ubur-ubur dan larva kepiting. Mikroplankton adalah plankton dengan ukuran yang sangat kecil yang langsung ataupun tidak langsung mempengaruhi kehidupan organisme lain (Barnes dan Hughes, 1988).

Tabel 01. Pembagian plankton berdasarkan ukurannya (Hutabarat dan Evans, 1986 ; Nybakken, 1992)

Kelompok	Ukuran
Ultraplankton	Kurang dari 2 μm
Nanoplankton	2 μm sampai 20 μm
Mikroplankton	20 μm sampai 0,2 mm
Makroplankton	0,2 mm sampai 2 mm
Megaplankton	Lebih dari 2 mm

Sebagian besar fitoplankton termasuk dalam golongan nanoplankton dan sedikit yang termasuk dalam golongan mikroplankton. Berdasarkan pigmentasinya fitoplankton dapat dibagi menjadi beberapa divisi yaitu Cyanophyta (Cyanobacteria), Chlorophyta (alga hijau), Chrysophyta (alga emas, alga kuning hijau), Pyrrophyta (Dinoflagellata), dan Euglenophyta (Euglenoids) (Bold dan Wynne, 1985 ; Jeffries dan Mills, 1996).

Fitoplankton merupakan produsen primer di perairan yang memiliki ukuran sangat kecil (mikroskopis) dan sebagian besar termasuk dalam nanoplankton. Fitoplankton tidak mempunyai kemampuan bergerak (berenang) sehingga fitoplankton hanya mengikuti arus saja. Selain itu tidak semua badan air dapat dihuni oleh fitoplankton. Hanya zona eufotik saja yang dapat ditempati oleh fitoplankton. Pada zona ini penetrasi cahaya masih cukup kuat dan dapat dipergunakan sebagai sumber energi untuk kepentingan fotosintesis. Fitoplankton merupakan produsen utama di perairan, karena mampu melakukan sintesis ikatan-ikatan organik yang kompleks dari senyawa-senyawa anorganik yang sederhana. Produktivitas fitoplankton cukup besar, bahkan lebih besar dari tanaman tingkat tinggi. Hal ini berdasarkan pada kenyataan bahwa fitoplankton tersebar di perairan yang luasnya meliputi 70 % dari luas permukaan bumi. Hal ini juga didukung oleh

kemampuan menyerap nutrisi dari lingkungan secara efektif (Nybakken, 1992 ; Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

1. Chlorophyta (Alga hijau)

Chlorophyta mempunyai karakteristik antara lain uniseluler, koloni siphonaseus atau berbentuk tallus, memiliki flagel, mengandung pigmen klorofil a, klorofil b, α , β dan γ -karotenoid, beberapa xanthofil dan 2 – 5 tilakoid. Dinding sel tersusun atas selulose (β -1,4-glukopiranosid), hidroksi-paroline glikosida, xillan dan mannan. Beberapa spesies tidak mempunyai dinding sel, ada yang hidup berkoloni seperti *Volvox*, sedangkan yang lain hidup soliter. Memiliki satu sampai beberapa flagel yang sama panjang dan berada di bagian apikal. Chlorophyta hidup pada perairan yang memiliki pH netral atau sedikit asam. Pada habitat bentik sering dijumpai Chlorophyta yang berbentuk filamen dan kadang-kadang terlihat seperti lapisan yang menutupi daerah dasar perairan. Cadangan makanan berupa amilum. Golongan Chlorophyta banyak ditemukan di perairan tawar, dan hanya sedikit yang berada di perairan laut. Contoh jenis *Spyrogyra azygospora* (Bold dan Wynne, 1985 ; Payne, 1986 ; Harris, 1986 ; Reynolds, 1993).

2. Chrysophyta (Alga emas, Alga hijau-kuning)

Karakteristik Chrysophyta antara lain bersel tunggal, koloni atau siphonaseus, mempunyai flagela, pigmen (yang terkandung didalamnya) adalah klorofil a dan klorofil c, α , β dan ϵ -karotenoid, fikoxanthin, beberapa mempunyai xanthofil dan mempunyai 2-6 tilakoid. Dinding sel tersusun atas selulose, silika,

kalsium karbonat, substansi mucilagen dan sedikit kitin. Silika merupakan substansi yang essensial dan merupakan faktor pembatas bagi pertumbuhan sebagian besar anggota kelompok Chrysophyta. Memiliki satu atau dua flagel yang tidak sama panjang, atau dua flagel yang sama panjang di bagian apikal (Bold dan Wynne, 1985 ; Payne, 1986 ; Harris, 1986 ; Reynolds, 1993).

Reynolds (1993) membagi Crysophyta dalam beberapa kelas sebagai berikut :

a. Crysophyceae

Unisel atau koloni, biasanya memiliki dua plastida berwarna coklat. Dinding sel mengandung silika atau kadang-kadang kalsium, reproduksi secara isogami. Kelompok ini banyak ditemukan di air tawar. Contoh dari kelompok ini adalah *Uroglena* (Bold dan Wynne, 1985 ; Reynolds, 1993).

b. Xanthophyceae

Kelompok ini dapat hidup soliter (unisel), atau membentuk koloni, filamen atau siphonaseus. Spesies yang dapat bergerak biasanya mempunyai dua flagela yang tidak sama besar. Dinding sel terbagi menjadi dua lempeng yang tidak begitu jelas, hasil asimilasi berupa minyak (lemak), dan sebagian besar anggota kelompok ini hidup di air tawar. Contoh dari kelompok ini adalah *Tribonema sp* (Bold dan Wynne, 1985 ; Reynolds, 1993)

c. Bacillariophyceae

Bacillariophyceae biasanya hidup secara uniseluler atau berkoloni, memiliki dinding sel yang mengandung pektin. Kelompok ini juga

menggunakan silika untuk dinding selnya. Tubuh biasanya terbagi menjadi dua valva (epivalva dan hipovalva) yang menyerupai cawan petri. Hasil asimilasi berupa minyak dan krisose, tidak mempunyai flagela. Dua kelompok besar dalam Bacillariophyceae adalah Biddulphiales (contoh : *Biddulphia laevis*) dan Bacillariales (contoh : *Melosira salina*). Kelompok ini sering disebut sebagai kelompok Diatomae, yang merupakan jenis yang cukup dominan di perairan. Sel dari kelompok diatomae ini jika mati akan mengendap dan membentuk endapan silika (Bold dan Wynne, 1985 ; Reynolds, 1993).

3. Cyanophyta (Cyanobacteria ; Cyanochloronta ; Alga biru-hijau)

Karakteristik yang spesifik pada divisi ini adalah bersifat prokariotik, sehingga disebut juga dengan Cyanobacteria. Cyanophyta tidak mempunyai flagella, pigmennya berupa klorofil a, c-pikosianin, allofikosianin, c-pikoeritrin, β -karoten dan beberapa mengandung xanthofil. Dinding sel tersusun atas asam α dan ϵ -diaminopimlik, glukosiamin, alanin dan lapisan mucilagen. Cadangan makanan berupa zat tepung dan glikogen. Ciri spesifik lain pada kelompok Cyanophyta adalah adanya heterokist dan akinet. Selain bersifat plankton kelompok Cyanophyta juga ada yang bersifat bentik. Umumnya kelompok Cyanophyta bersel tunggal atau berkoloni. Beberapa spesies koloni seperti *Oscillatoria* dan *Anabaena* mampu menyerap nitrogen terlarut pada perairan untuk membentuk amonia. Di daerah tropik dimana ketersediaan nitrogen terlarut sangat terbatas kemampuan menyerap nitrogen terlarut ini akan menjadi hal yang sangat vital bagi kelompok Cyanophyta. Kelompok Cyanophyta merupakan

kelompok yang cukup tahan terhadap kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan, seperti suhu, pH dan tekanan lingkungan yang lain, sehingga populasinya bisa cukup bertahan walaupun berada dalam perairan yang relatif tidak menguntungkan. Kelompok ini sering membentuk lapisan diatas permukaan perairan yang berwarna hijau, yang bisa menghambat penetrasi cahaya ke dalam badan air. Hal ini yang menyebabkan keadaan tidak menguntungkan bagi organisme aquatik yang lain, jika terjadi “blooming” Cyanophyta. Contoh *Spirulina subsalsa*. (Bold dan Wynne, 1985 ; Payne, 1986 ; Harris, 1986).

4. Euglenophyta (Euglenoids)

Karakteristik dari Euglenophyta adalah sifat hidup soliter, mempunyai 2 flagella (flagella yang panjang dan pendek), bahkan ada yang memiliki sampai 7 flagella di bagian apikal, pigmen berupa klorofil a dan klorofil b, β -karoten dan beberapa mengandung xanthofil, mempunyai 2-6 tilakoid, tidak mempunyai dinding sel, hanya berupa membran yang elastis, cadangan makanan berupa paramylum, mempunyai bintik mata berwarna merah yang disebut euglenorodhon. Euglenophyta bereproduksi dengan pembelahan longitudinal. Golongan Euglenophyta sangat banyak ditemukan di perairan tawar, dan jarang ditemukan di perairan laut. Contoh *Phacus longicauda* (Bold dan Wynne, 1985 dan Payne, 1986 ; Harris, 1986 ; Reynolds, 1993).

5. Pyrrophyta (Dinoflagellata)

Pyrrophyta (Dinoflagellata) mempunyai karakteristik antara lain bersel tunggal, mempunyai dua flagela yang tidak sama panjang, biasanya sel berbentuk

lempengan poligonal, pada sela-sela lempengan terdapat saluran yang disebut “groove” atau “girdle”. Mengandung pigmen berupa klorofil a dan karoten, β -karoten dan beberapa xanthofil, mempunyai 3 tilakoid, dinding sel tersusun atas selulose, substansi mucilagen, beberapa tanpa dinding sel, mempunyai dua flagella. Cadangan makanan berupa amilum dan lemak. Contoh spesies *Peridinium* dan *Gymnodinium* (Bold dan Wynne, 1985 ; Payne, 1986 ; Harris, 1986 ; Reynolds, 1993).

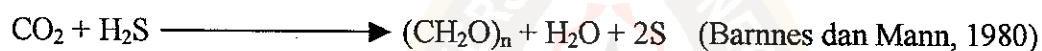
Pada umumnya fitoplankton yang tertangkap adalah jenis Diatomae, Dinoflagelata dan Alga Biru-Hijau (Blue-green Algae). Di perairan Indonesia jenis Diatomae dan Dinoflagelata sangat sering dijumpai. Di daerah muara sungai (estuarin) dan perairan lepas pantai yang sering terjadi “ up welling “ merupakan daerah yang subur bagi fitoplankton. Karena nutrien yang ada di dasar perairan ikut terangkat ke zona eufotik, tempat fitoplankton berada (Nontji , 1987).

2.2. Produktivitas Primer Fitoplankton

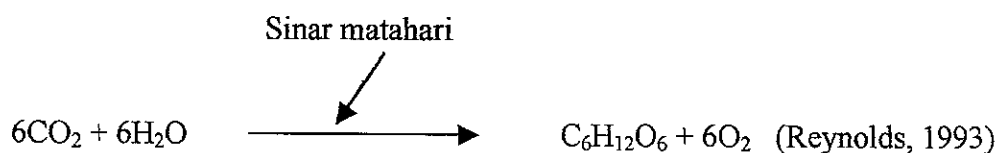
Produksi merupakan istilah umum dalam ekologi, yang digunakan dalam proses pemasukan dan penyimpanan energi di dalam ekosistem. Produktivitas primer meliputi pemasukan-pemasukan yang mencakup pemindahan energi cahaya menjadi energi kimia oleh produsen (McNaughton dan Wolf, 1990) Tumbuhan hijau termasuk dalam hal ini fitoplankton merupakan organisme yang mampu menyerap sinar matahari sekaligus memanfaatkannya melalui fotosintesis.

Hasil dari fotosintesis ini pada akhirnya akan digunakan pada tingkat trofik berikutnya sebagai sumber energi. Fitoplankton sebagai produsen primer di perairan akan melepas energi untuk dapat digunakan oleh konsumen pertama, kedua dan seterusnya, yang pada akhirnya akan sampai pada dekomposer atau pengurai (Payne, 1986 ; Nybakken, 1992).

Produktivitas primer seringkali diartikan sebagai laju pembentukan senyawa organik dari senyawa anorganik. Seringkali pula produktivitas primer ini dianggap sama dengan fotosintesis. Hal ini tidak selamanya benar, karena jika diperhatikan sejumlah kecil dari produktivitas primer dihasilkan oleh bakteri kemosintetik, sebagai contoh adalah bakteri sulfur, yang secara umum reaksi sintesisnya adalah sebagai berikut :



Namun dalam hal ini hanya akan dibicarakan tentang produktivitas primer fitoplankton yang bisa dianggap sebagai fotosintesis. Bahan dasar dari fotosintesis adalah bahan-bahan anorganik diantaranya karbondioksida, air dan garam-garam mineral. Dengan memanfaatkan energi cahaya matahari yang ditangkap oleh klorofil akan terjadi proses fotosintesis dengan reaksi sebagai berikut :



Oksigen yang dihasilkan akan dilepas untuk kemudian dipergunakan oleh organisme lain untuk kepentingan respirasi. Senyawa organik $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ merupakan

produk fotosintesis yang memiliki energi potensial kimia yang di konversi dari energi cahaya (Barnes dan Mann, 1980).

2.3. Produktivitas Primer Bersih dan Produktivitas Primer Kotor

Seperti halnya organisme akuatik yang lain, fitoplankton juga melakukan respirasi. Respirasi yang dilakukan fitoplanktonpun menggunakan oksigen hasil fotosintesis. Dari pernyataan ini dapat dikatakan hasil fotosintesis fitoplankton merupakan produktivitas primer kotornya. Produktivitas primer bersih merupakan pengurangan produktivitas primer kotor dengan oksigen yang digunakan untuk aktivitas respirasi baik oleh fitoplankton itu sendiri ataupun organisme akuatik lain. Persamaannya dapat disajikan sebagai berikut sebagai berikut :

Produktivitas primer kotor = produktivitas primer bersih + respirasi (Payne, 1986)

Produktivitas primer bersih maupun kotor biasanya dinyatakan dalam jumlah gram karbon yang terdapat pada satuan luas pada saat tertentu sehingga produktivitas primer dapat dilaporkan dalam gram karbon per m³ per satuan waktu (Barnes dan Mann, 1986 ; Nybakken, 1992).

Di perairan hulu Amazone Brazil yang mempunyai kondisi lingkungan perairan relatif stabil dengan minimnya campur tangan manusia, mempunyai produktivitas primer berkisar antara 0,063 gram C m⁻² hari⁻¹ pada saat terendah sampai 0,14 gram C m⁻² hari⁻¹ pada saat tertinggi (ditentukan dengan metode ¹⁴C). Saat tertinggi dicapai pada saat musim panas, bulan September pada saat volume air minimal dan penetrasi cahaya matahari maksimal, dimana pada saat

tersebut produktivitas dapat mencapai $2,41 \text{ gram C m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$. Perairan lentik seperti danau George dan Lanau dapat mencapai $4,54 \text{ gram C m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$. Hal ini memberikan gambaran bahwa perairan lentik memiliki produktivitas yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan perairan lotik, seperti sungai (Payne, 1986).

Beberapa danau yang telah tersentuh oleh aktivitas manusia, seperti misalnya danau Hemlock, Michigan, Amerika Serikat fitoplankton masih mampu berproduksi sampai maksimum $400 \text{ mg C m}^{-3} (4 \text{ jam})^{-1}$. Produktivitas maksimum ini tercapai pada saat musim panas, dimana transparansi hanya mencapai kurang lebih 2 meter. Populasi fitoplankton sendiri sebelum saat tersebut mencapai blooming 30.000 sel walaupun hanya beberapa saat. Blooming yang sesaat tersebut justru mengakibatkan produktivitas tidak pada kondisi maksimum. Baru setelah populasi fitoplankton menurun produktivitas meningkat. Hal ini berkaitan dengan penetrasi kompetisi dalam mendapatkan cahaya (Waite, 1984).

Selama 35 tahun terakhir juga telah dilakukan penelitian produktivitas primer perairan payau (estuari). Penentuan produktivitas primer fitoplankton dengan menggunakan metode ^{14}C ini menunjukkan bahwa produktivitas primer daerah estuari berkisar antara $6,8 - 530 \text{ g C/ m}^2/ \text{ tahun}$ (Kennish, 1990). Perairan dengan produktivitas terendah ini merupakan perairan dengan turbiditas tinggi. Perairan estuari selain biasanya memiliki turbiditas yang tinggi, juga memiliki salinitas yang berubah-ubah. Hal tersebut mempengaruhi produsen primer, terutama dalam metabolisme fosfor (Hale and Orcutt, 1987).

2.4. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Primer Fitoplankton

2.4.1. Faktor Kimia

Kimia perairan merupakan hal yang sangat luas, mengingat air merupakan pelarut yang sering digunakan dan paling banyak digunakan dalam berbagai reaksi kimia. Banyak sekali materi kimia yang terlarut dalam badan air. Namun tidak semua dapat digunakan dalam memantau kualitas perairan, termasuk produktivitas primer (Shaw, 1994). Beberapa faktor kimia yang mempengaruhi produktivitas primer fitoplankton antara lain adalah :

1. Karbondioksida (CO_2) terlarut

Ketersediaan CO_2 di perairan merupakan hal yang sangat penting, karena CO_2 merupakan bahan dasar fotosintesis di samping H_2O bagi tumbuhan akuatik termasuk fitoplankton. CO_2 mutlak harus ada dan tersedia dalam jumlah cukup. Jumlah CO_2 terlarut biasanya terkait dengan O_2 terlarut. Jika kadar CO_2 tinggi akan memacu fitoplankton melakukan fotosintesis sehingga kadar O_2 meningkat. CO_2 di perairan terlarut dalam bentuk karbonat (HCO_3^-) (Payne, 1986 ; Nybakken, 1992).

2. Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) adalah konsentrasi ion hidrogen (H^+) dan parameter ini mengindikasikan derajat atau tingkat keasaman atau alkalinitas perairan (Shaw, 1994). Derajat keasaman (pH) seringkali dijadikan parameter baik

buruknya suatu perairan, karena pH mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap organisme perairan, termasuk fitoplankton. Tinggi rendahnya pH suatu perairan di pengaruhi oleh kadar CO₂ yang terlarut dalam badan air tersebut. Pada pagi hari pH cenderung rendah, karena aktivitas respirasi pada malam hari sehingga kadar CO₂ terlarut yang tinggi tersebut akan digunakan oleh fitoplankton dan tumbuhan air lainnya untuk fotosintesis. Proses fotosintesis akan menghasilkan O₂ yang akan merubah kondisi pH perairan menjadi lebih basa (Nybakken, 1992).

3. Salinitas

Salinitas adalah hal yang sangat penting bagi kehidupan fitoplankton terutama dalam hubungannya dengan keseimbangan tekanan osmotik organisme tersebut dengan medium air sekelilingnya. Setiap spesies mempunyai toleransi yang berbeda-beda terhadap salinitas. Hal ini dipengaruhi oleh cara adaptasi dalam pengendalian tekanan osmotik (Sachlan, 1982). Chlorophyta merupakan salah satu divisi fitoplankton yang mempunyai toleransi salinitas yang besar (Bold dan Wynne, 1985).

4. Unsur hara

Unsur hara merupakan salah satu syarat penting bagi kehidupan fitoplankton. Secara umum fitoplankton seperti halnya tumbuhan fototrofik lainnya membutuhkan unsur makro berupa C, H, N, S, P, K, Ca, Fe, dan Mg.

Dimana karbon, nitrogen, belerang (sulfur) dan fosfor merupakan unsur yang secara langsung mempengaruhi produktivitas primer fitoplankton (Waite, 1984). Unsur makro diperlukan dalam jumlah yang cukup besar, sedangkan unsur mikro hanya diperlukan dalam jumlah kecil. Namun walaupun jumlah yang diperlukan sangat sedikit keberadaan unsur mikro ini tetap berpengaruh pada kehidupan fitoplankton, sehingga unsur hara merupakan salah satu faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton. Unsur mikro diperlukan sebagai komponen pendukung dalam proses fisiologi. Silika misalnya digunakan golongan Diatome untuk sebagian struktur dinding selnya. Bagi golongan Diatome ion silika dapat menjadi faktor pembatas untuk produktivitasnya (Sachlan, 1982 ; Waite, 1984 ; Freedman, 1989).

Di antara unsur-unsur tersebut, nitrogen dan fosfat merupakan faktor pembatas produktivitas (fotosintesis). Kedua unsur tersebut merupakan komponen berenergi tinggi di dalam sel dan pada akhirnya akan menjadi komponen penyusun protein yang dapat dibentuk melalui proses fotosintesis. Di perairan air awar ke dua unsur ini di temukan dalam jumlah yang relatif rendah dan konsentrasinya bervariasi dari berbagai macam tipe perairan (Payne, 1986).

Unsur hara akan menjadi faktor pembatas jika berada di bawah tingkat konsentrasi kritis. Masing-masing jenis atau spesies mempunyai konsentrasi kritis yang berbeda-beda terhadap unsur hara yang berbeda. *Microcystis aeruginosa* misalnya, mempunyai konsentrasi kritis terhadap nitrogen sebesar 40 mg per gram berat kering. Demikian untuk spesies dan unsur yang lain akan mempunyai konsentrasi kritis yang berbeda (Le Cren dan McConell, 1980).

Di perairan, unsur phosphate terlarut dalam bentuk ion orthofosfat (HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-) atau dalam bentuk organik (Furnas dalam Connel dan Hawker, 1992 ; Reynolds,1993). Fosfor yang masuk ke perairan berasal dari pelapukan tanah dan batu, hasil dari siklus fosfor (organisme yang mati) dan fosfor yang sudah terlarut di perairan itu sendiri. Fosfor tersebut baru bisa dimanfaatkan oleh fitoplankton maupun tumbuhan air yang lain setelah diubah menjadi ion orthofosfat atau fosfor organik dengan bantuan bakteri (Waite,1984). Konsentrasi pada perairan normal adalah 0,1 sampai 1000 $\mu\text{g P/l}$.

Nitrogen terlarut di perairan dalam bentuk nitrit dan nitrat dengan konsentrasi 10 sampai 1000 $\mu\text{g N/l}$ dan amonia dengan konsentrasi di bawah 150 $\mu\text{g N/l}$ untuk perairan normal (Reynolds,1993). Nitrogen merupakan unsur yang melimpah di samping karbon. Unsur ini diperlukan organisme untuk pembentukan asam amino dan asam nukleat (Furnas dalam Connel dan Hawker, 1992). Selain dalam bentuk nitrit dan nitrat nitrogen dapat terlarut pada perairan dalam perairan dalam bentuk nitrogen organik (biasanya berasal dari limbah domestik), ammonia atau garam ammonium. Tingkat kandungan nitrogen selain dapat mempengaruhi produktivitas primer, juga dapat dijadikan parameter terjadinya pencemaran oleh limbah organik (Mahida, 1986 ; Furnas dalam Connel dan Hawker, 1992 ; Shaw, 1994).

2.4.2. Faktor Fisik

Selain faktor kimia juga terdapat faktor-faktor fisik yang berpengaruh terhadap proses fotosintesis. Faktor-faktor fisik tersebut antara lain adalah :

1. Kedalaman

Kedalaman berkaitan dengan penetrasi cahaya. Semakin dalam perairan semakin kecil intensitas cahaya yang mampu menembus, sampai pada suatu saat pada kedalaman tertentu cahaya tidak mampu lagi menembus badan air. Kedalaman penetrasi cahaya di dalam perairan di mana masih dapat berlangsung proses produksi fitoplankton , tergantung pada beberapa faktor antara lain absorpsi cahaya oleh air, panjang gelombang yang mencapai permukaan air, musim dan lintang geografi, di samping juga faktor-faktor yang terdapat di perairan itu sendiri seperti kekeruhan air dan kepadatan biota (Nybakken, 1992).

2. Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor yang sangat penting pada kehidupan fitoplankton. Secara langsung suhu mempengaruhi laju metabolisme pada organisme, ukuran individu dan keragaman jenis pada komunitas. Secara tidak langsung suhu yang terlalu ekstrim akan merusak kondisi tubuh fitoplankton, sehingga mengganggu proses-proses dalam tubuh termasuk fotosintesa (Hutabarat dan Evans,1984 ; Shaw, 1994).

Secara umum kisaran suhu yang optimal bagi perkembangan fitoplankton adalah antara 20°C - 30°C. Walaupun demikian masih ada yang mampu bertahan diatas suhu tersebut, namun demikian aktivitas kehidupannya menurun (Thurman dan Webber, 1984).

3. Cahaya

Cahaya merupakan sumber energi utama terutama pada proses fotosintesis, sehingga keberadaannya sangat di perlukan (Sachlan,1982; Payne, 1986). Daya tembus cahaya ke perairan mempengaruhi tebalnya zona eufotik. Semakin dalam penetrasi cahaya, semakin dalam pula zona eufotiknya, yang memungkinkan produktivitas suatu perairan juga semakin besar.

Bagi tumbuhan aquatik termasuk fitoplankton ketersediaan cahaya merupakan masalah yang cukup besar jika dibandingkan dengan tumbuhan teresterial. Tidak seperti cahaya di udara, cahaya yang masuk ke perairan akan mengalami penyerapan dan pemantulan oleh air (McNaughton dan wolf, 1990). Di samping itu juga tidak semua panjang gelombang mampu masuk pada kedalaman yang sama. Selain hal tersebut di atas cahaya dikatakan sebagai pembatas fotosintesis. Karena tidak semua panjang gelombang dapat di manfaatkan. Sebagai contoh klorofil a hanya dapat menyerap cahaya yang berkisar sekitar 680 nm. Proses fotosintesis biasanya berlangsung pada panjang gelombang antara 400 sampai 700 nm (Payne, 1986 ; Stern, 1991).

Salah satu pembatas masuknya cahaya ke badan perairan adalah kekeruhan air. Kekeruhan ini antara lain diakibatkan karena partikel-partikel melayang yang membatasi penetrasi cahaya. Sehingga fitoplankton harus berkompetisi dengan partikel-partikel ini untuk mendapatkan cahaya. Kompetisi ini akan menjadi pembatas bagi efektivitas fotosintesis (Morris, 1980). Namun tidak selamanya kekeruhan ini merugikan. Secara umum kekeruhan oleh sedimen merupakan faktor pembatas bagi perkembangan fitoplankton. Akan tetapi jika kekeruhan ini karena jasad-jasad hidup (fitoplankton dan zooplankton), maka kecerahan air mencerminkan produktivitas (Odum,1993).

4. Turbulensi

Turbulensi dapat diartikan perputaran air yang akan menyebabkan pertukaran air di lapisan atas dengan air pada lapisan di bawahnya. Turbulensi adalah fenomena yang dapat di amati dari gerakan atau arus yang berputar dari cairan atau gas dalam jumlah besar (Monin dan Ozmidov, 1985).

Dengan adanya turbulensi akan membantu terangkatnya unsur hara dari dasar perairan. Namun kadang-kadang justru turbulensi ini membawa fitoplankton ke dasar perairan ke kondisi afotik. Selain itu turbulensi juga membawa sedimen terangkat kepermukaan, sehingga penetrasi cahaya menjadi berkurang (tingkat turbiditas menjadi tinggi) (Barnes dan Man, 1980 ; Nybakken, 1992). Turbiditas merupakan keadaan tingkat kekeruhan, yang diakibatkan oleh berbagai partikel terlarut, seperti material sedimen yang terangkat, mikroorganisme dan partikel lain. Turbiditas ditentukan dengan satuan NTU (Shaw, 1994). Turbiditas akan

menjadi faktor pembatas proses fotosintesis (Barnes dan Man, 1980; Nybakken, 1992). Keadaan arus dan turbulensi di perairan terbuka seperti sungai, menyebabkan produktivitasnya rendah jika dibandingkan dengan perairan tertutup seperti danau dan laut. Turbulensi sendiri merupakan faktor yang dengan sendirinya terjadi pada perairan lotik terutama yang memiliki tingkat kedalaman rendah (Payne, 1986). Tingkat kedalaman yang umumnya rendah dan turbulensi yang hampir terjadi setiap saat juga menyebabkan tidak adanya stratifikasi pada perairan lotik (Jeffries dan Mills, 1996).

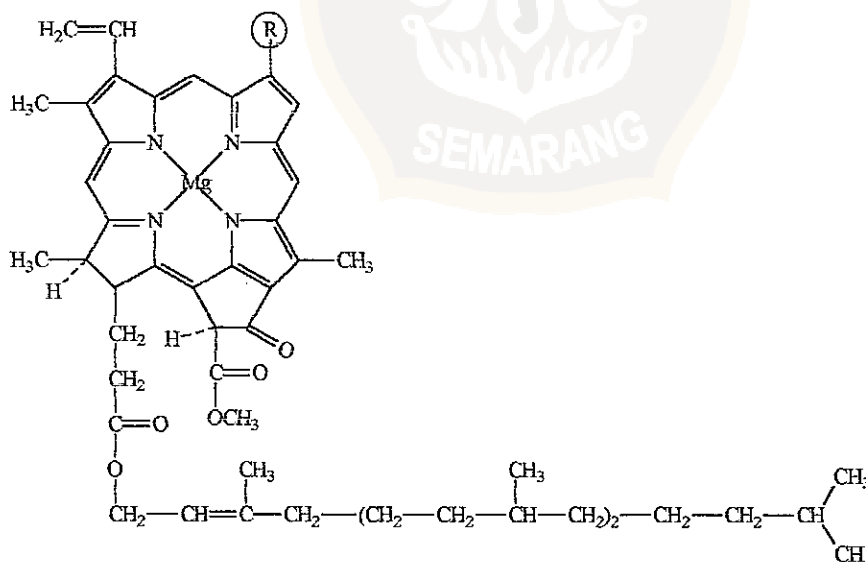
2.5. Pengukuran Produktivitas Primer Fitoplankton

Metode klasik yang dulu sering digunakan adalah dengan metode botol gelap terang. Pada prinsipnya metode ini mengukur laju pembentukan oksigen dan membandingkan jumlah oksigen terlarut dalam botol gelap dan botol terang. Fotosintesis yang terjadi pada botol terang adalah fotosintesis bersih. Sedangkan pada botol gelap tidak terjadi proses fotosintesis, dan hanya terjadi proses respirasi. Dengan menjumlahkan kandungan oksigen pada ke dua botol tersebut akan didapatkan fotosintesis kotor (Nybakken, 1992)

Metode lain yang sekarang sering di gunakan adalah dengan menggunakan isotop ^{14}C . Metode ini mempunyai kelemahan, yaitu adanya pengasumsian bahwa tidak ada ^{14}C yang di tangkap oleh organisme lain. Perbedaan jumlah ^{14}C pada membran dengan jumlah mula-mula yang ditambahkan merupakan produktivitas primer kotor. ^{14}C biasanya terikat pada bikarbonat sebagai sumber CO_2 di perairan (Nybakken, 1992).

Metode terakhir yang sering digunakan adalah dengan penentuan kandungan pigmen fotosintesis, dalam hal ini adalah kandungan klorofil. Klorofil a ada pada organisme fotoautotrof, selain klorofil a terdapat juga pigmen-pigmen aksesoris yang lain seperti klorofil b dan c, karotenoid dan pikobiliprotein yang dapat diketahui kandungannya dengan metode spektrofotometri (Payne, 1986).

Klorofil a dan b tersusun atas kompleks porfirin magnesium (Gambar 01) dengan rantai samping panjang hidrofobik (Jeffrey, 1980 dalam Geider dan Osborne, 1992), sedangkan klorofil c merupakan klorofilida yang kehilangan ujung rantai fitol. Karotenoid merupakan poliisoprenoid dengan ikatan ganda dan cincin sikloheksana pada tiap ujung molekulnya (Goodwin, 1980 dalam Geider dan Osborne, 1992). Klorofil dapat ditentukan dengan spektrofotometri, dengan menentukan absorbansi pada daerah spektrum warna biru dan merah. Sedangkan karotenoid dapat ditentukan absorbansinya pada spektrum warna kuning (Geider dan Osborne, 1992).



*R : CH₃ untuk klorofil A dan CHO untuk klorofil B

Gambar 01. Struktur Kimia Klorofil dan Letak Atom N pada Struktur (Johnson and Johnson, 1986)

Ekstraksi klorofil dan karotenoid dapat menggunakan larutan organik aseton yang sering digunakan oleh peneliti oseanografi. Berikut ini adalah larutan dan panjang gelombang yang sering digunakan dalam penentuan kandungan pigmen fotosintesis menurut Geider dan Osborne (1992) :

Tabel 02. Pigmen fotosintesis, larutan organik yang digunakan, panjang gelombang maksimum dan absorbansi yang dihasilkan

Pigmen	Larutan	λ maksimum (nm)	Absorbansi ($m^2 g^{-1}$)
Klorofil a	Dietil eter	423	12,8
	Dietil eter	662	9,85
	Aseton	666	8,90
	Aseton 90%	664	8,77
	Aseton 80%	664	7,68
Klorofilida a	Aseton 90%	664	12,7
Feopitin a	Aseton 90%	667	5,12
Feofoforbid a	Aseton 90%	667	7,42
Klorofil b	Dietil eter	453	17,5
	Dietil eter	643	6,1
	Aseton 90%	647	5,14
	Aseton 80%	647	4,70
	Metanol	652	3,86
Klorofil c_1	Aseton/ piridin	447	34,9
	Aseton/ piridin	630	3,93
	Aseton	629	3,92
	Aseton 90%	630	4,26
Klorofil c_2	Aseton/ piridin	447	32,2
	Aseton/ piridin	630	3,73
	Aseton	631	3,72
	Aseton 90%	631	4,26
β -karoten	Petroleum eter	453	25,92
γ -karoten	Petroleum eter	462	31,00
Diadinoxanthin	Aseton	453	23,0
Fukoxanthin	Aseton	449	16,0
Lutein	Aseton	445	25,0
Peridinin	Aseton	466	13,4
Violaxanthin	Aseton	442	24,0
Zeaxanthin	Aseton	452	23,4

2.6. Tingkatan Kualitas Perairan Menurut Kandungan Nutrien dan Produktivitas Primernya

Kualitas perairan dapat tercermin dari kondisi fisik maupun kimia perairan tersebut. Dari kondisi fisik dapat diketahui secara visual tentang keadaan perairan yang bersangkutan. Sedangkan untuk kimia perairan dapat dilakukan analisis kimia untuk mengetahui kualitas air. Dalam kaitannya dengan produktivitas primer dan kandungan nutrien Lind dkk dalam Straskraba (1993) membedakan kondisi perairan dalam tiga golongan seperti tersaji dalam Tabel 03 berikut :

Tabel 03. Pembagian kualitas air berdasarkan tingkatan tropik

Variabel	Sumber	Oligotropik	Mesotropik	Eutropik
Total P (μL^{-1})	Sakamoto (1966)	2 – 10	10 – 30	10 – 90
	Vollenweider (1968)	5 – 10	10 – 30	30 – 100
	USEPA (1974)	< 10	10 – 20	> 20
Total N ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Vollenweider (1968)	200 – 400	300 – 650	500 – 1500
Klorofil a (mg m^{-3})	Sakamoto (1966)	0,3 – 2,5	1 – 15	5 – 140
	USEPA (1974)	< 7	7 – 12	> 12
Kecerahan (m)	USEPA (1974)	> 3,7	2,0 – 3,7	< 2

