

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Produktivitas Primer

Menurut Odum (1993) produktivitas primer adalah laju penyimpanan energi sinar matahari oleh aktivitas fotosintetik (terutama tumbuhan hijau atau fitoplankton) ke bentuk bahan organik yang dapat digunakan sebagai bahan makanan. Kesuburan suatu perairan pada hakekatnya ditentukan oleh besarnya produktivitas primer perairan tersebut. Sementara itu yang memegang peran penting dalam produktivitas primer adalah fitoplankton sebagai produsen primer (Sachlan, 1980 ; APHA AWWA, 1995).

Mulyadi (1992) menyatakan bahwa produktivitas primer merupakan laju pembentukan senyawa organik yang kaya akan energi dari senyawa anorganik. Pengukuran didasari kepada produksi O_2 dalam aktivitas fotosintesis. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan metode botol gelap dan terang. Pada botol gelap akan terjadi konsumsi O_2 karena aktivitas respirasi, sedangkan botol terang terjadi produksi O_2 karena aktivitas fotosintesis.

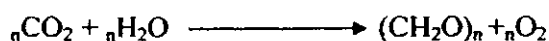
Setiap ekosistem atau komunitas atau bagian-bagiannya memiliki produktivitas dasar atau disebut dengan produktivitas primer. Batasan produktivitas primer adalah kecepatan penyimpanan energi potensial oleh organisme produsen melalui proses fotosintesis dan kemosintesis, dalam bentuk bahan-bahan organik yang dapat digunakan sebagai bahan pangan (Resosoedarmo *et al*, 1992).

Produktivitas primer menurut Odum (1993) dapat dibagi dua yaitu:

1. Produktivitas primer kotor, adalah laju total dari fotosintesis termasuk bahan organik yang dihabiskan dalam respirasi selama waktu pengukuran yang dikenal juga sebagai fotosintesis total.
2. Produktivitas primer bersih, adalah laju penyimpanan bahan organik dalam jaringan tumbuhan setelah digunakan dalam respirasi oleh tumbuhan selama waktu pengukuran, Produktivitas inilah yang tersedia dan digunakan oleh tingkatan tropik di atasnya. Istilah lainnya untuk Produktivitas primer bersih adalah "fotosintesis nyata".

Produktivitas primer kotor maupun bersih umumnya dinyatakan dalam jumlah gram karbon (C) yang terikat persatuan luas atau volume air per interval waktu. Jadi Produktivitas primer dapat dinyatakan dalam jumlah gram karbon per m³ per tahun (g C/m³/tahun)(Michael, 1984).

Adapun yang dimaksud dengan produktivitas primer dalam arti umum adalah laju produksi zat organik melalui proses fotosintesis. Produsen primer yang terpenting di dalam perairan adalah algae planktonik. Reaksi fotosintesis adalah reaksi yang sangat rumit, tetapi secara keseluruhan dapat disederhanakan sebagai berikut:



Dalam proses ini energi sinar disadap oleh pigmen fotosintetik terutama klorofil dan adanya CO₂, air dan zat-zat hara akan dihasilkan senyawa organik yang mempunyai potensi energi kimiawi yang tinggi. Potensi energi ini kelak dapat dipergunakan oleh tumbuhan untuk respirasi, pertumbuhan dan berbagai proses fisiologi lainnya (Nontji, 1993).

Wetzel (1979) menyatakan bahwa perairan dibagi menjadi tiga golongan berdasarkan laju produktivitas primernya. Produktivitas primer sebesar 15-50 g C/m³/tahun digolongkan sebagai perairan oligotrofik, produktivitas primer 50-150 g C/m³/tahun digolongkan sebagai perairan mesotrofik, Produktivitas primer sebesar 150-500 g C/m³/tahun digolongkan perairan eutrofik.

2.1.1. Plankton

Sachlan (1982) mengatakan bahwa plankton adalah jasad-jasad renik yang melayang-layang dalam air yang pergerakannya selalu mengikuti arus. Plankton ini dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu fitoplankton dan zooplankton. Fitoplankton merupakan produsen primer. Organisme ini mampu mengubah bahan organik menjadi bahan anorganik dengan menggunakan air dan sinar matahari. Kesuburan suatu perairan ditentukan oleh kelimpahan plankton khususnya fitoplankton. Hal ini disebabkan kemampuan fitoplankton untuk melakukan fotosintesa. Fitoplankton menggunakan garam-garam organik, karbondioksida, air dan energi matahari untuk memproduksi makanannya (Praseno dalam Syafara, 1996).

Fitoplankton merupakan makanan bagi zooplankton dan hewan air lainnya, sehingga dalam rantai makanan fitoplankton merupakan makanan yang paling pokok tersedia secara alami (Odum, 1993). Kesuburan suatu perairan pada hakekatnya ditentukan oleh besarnya produktivitas primer perairan tersebut. Sementara itu, yang memegang peranan penting dalam produktivitas primer adalah fitoplankton sebagai produsen primer (Sachlan, 1982).

Boney (1975) mengemukakan bahwa kelimpahan fitoplankton di suatu perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti intensitas cahaya, suhu,

kedalaman, pH, nitrat dan fosfat. Selanjutnya Wardoyo (1981) mengemukakan faktor lingkungan mempunyai hubungan khusus yang dapat mempengaruhi organisme hidup lainnya.

Fitoplankton merupakan dasar terciptanya kehidupan di perairan. Tanpa fitoplankton tidaklah mungkin makhluk hidup lainnya akan hidup, karena dalam sistem aliran energi, fitoplankton menempati trofik level pertama sebagai produsen primer. Newell *et al* (1977), menyatakan bahwa fitoplankton dapat melakukan fotosintesis karbondioksida dan garam-garam terlarut menjadi bahan-bahan organik dengan bantuan sinar matahari, sehingga dalam rantai makanan fitoplankton merupakan trofik level pertama karena fitoplankton merupakan makanan yang paling pokok tersedia secara alami.

Kandungan fitoplankton di berbagai perairan menunjukkan adanya keragaman dalam hal jumlah maupun jenis fitoplankton di setiap area yang berdekatan meskipun berasal dari massa air yang sama. Pada suatu perairan sering kali didapatkan kandungan fitoplankton yang sangat melimpah pada suatu stasiun namun pada stasiun lain kandungan fitoplankton sangat sedikit. Hal ini senada dengan pendapat Kennedy (1982) menyatakan distribusi organisme tidak merata disebabkan oleh berbagai macam faktor angin, upwelling, nutrien, suhu, CO₂ dan bahan organik yang larut dalam air

2.1.2. Klorofil-a

Klorofil adalah katalisator fotosintesis yang penting dan terdapat di alam semesta sebagai pigmen hijau dalam semua jaringan tumbuhan berfotosintesis. Zat ini terdapat dalam kloroplas dalam jumlah nisbi banyak. Klorofil sering terikat

longgar dengan protein, tetapi mudah diekstraksi kedalam pelarut lipid seperti aseton dan eter.

Di dalam tumbuhan sekurang-kurangnya terdapat lima klorofil. Klorofil-*a* dan *b* banyak terdapat pada tumbuhan tingkat tinggi, paku-pakuan dan lumut. Klorofil *c* sampai *e* hanya ditemukan dalam algae, sedangkan klorofil lain secara terbatas hanya pada bakteri tertentu (Padmawinata dan Soediro, 1987). Klorofil-*a* adalah pigmen utama sebagai penyerap cahaya dalam proses fotosintesis. Klorofil-*a* mempunyai molekul $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ (Lehninger, 1994).

Klorofil adalah zat hijau daun yang tergolong pigmen yang spesifik yang dapat diekstraksi dari daun dengan menggunakan alkohol atau aseton serta diisolasikan dengan menggunakan metode kromatografi. Pada tumbuhan tingkat tinggi terdapat dua macam klorofil yaitu klorofil-*a* dan klorofil-*b*.

Klorofil yang paling baik mengabsorpsi warna merah dan biru, hal ini sesuai dengan keefektifan cahaya tersebut dalam fotosintesis. Klorofil ini dapat mengabsorpsi energi cahaya dan menggunakannya untuk menghasilkan glukosa. Ekstrak klorofil dari algae yang berbeda menunjukkan pada sifat spektrumnya. Cahaya pada panjang gelombang 690 nm akan diserap klorofil-*a* dan langsung digunakan untuk proses fotosintesis. Cahaya dengan panjang yang pendek diserap oleh pigmen aksesoris kemudian ditransfer ke klorofil-*a* sebelum digunakan untuk fotosintesis (Winatasaswita, 1986).

Dwidjoseputro (1984) menyatakan bahwa klorofil bersifat fluoresen, artinya dapat menerima gelombang yang berlainan. Klorofil-*a* tampak hijau tua, tapi sinar yang direflaksikan tampak merah darah. Faktor-faktor yang mempengaruhi pada pembentukan klorofil antara lain: (1) faktor pembawaan,

faktor pembentukan klorofil seperti halnya pembentukan pigmen-pigmen lain pada hewan dan manusia dibawakan oleh satu gen tertentu di dalam kromosom.

(2) cahaya, cahaya sangat penting dalam pembentukan klorofil, terlalu banyak cahaya berpengaruh buruk terhadap klorofil.

Dwidjoseputro (1984) menyatakan bahwa klorofil terdapat sebagai butir-butir hijau di dalam kloroplas. Pada umumnya kloroplas berbentuk oval, bahan dasarnya disebut stroma sedangkan butir-butir yang terkandung di dalamnya disebut grana. Setiap fitoplankton mempunyai klorofil yang terdapat dalam kloroplas, sedangkan klorofil-*b* hanya pada algae tertentu.

Pada dasarnya struktur klorofil sama, semua tanaman mengandung klorofil-*a*, dan kadang-kadang juga mengandung klorofil *b*, *c*, dan *d* tergantung dari jenis tanaman. Klorofil *a* dan *b* mewakili kira-kira 5% berat kering kloroplas. Masing-masing klorofil mempunyai karakter dalam penyerapan spektrum cahaya yang berbeda, klorofil-*a* menyerap cahaya dengan panjang gelombang 430-670 nm, klorofil-*b* menyerap cahaya pada panjang gelombang 455-640 nm. Absorbansi maksimal klorofil-*a* terjadi pada panjang gelombang 700 nm (Boyd, 1979).

Tubalaworthy (2001) menyatakan sebaran klorofil-*a* di laut bervariasi secara geografis maupun berdasarkan kedalaman perairan. Variasi tersebut diakibatkan oleh perbedaan intensitas cahaya matahari dan konsentrasi nutrisi yang terdapat di dalam suatu perairan. Di laut, sebaran klorofil-*a* lebih tinggi dari pada perairan pantai dan pesisir, serta rendah di perairan lepas pantai.

Vollenweider (*dalam* Hasibuan, 2003) menyatakan bahwa apabila kandungan klorofil lebih dari 20 µg /L adalah perairan yang produktif dan apabila kandungan klorofil antara 1-20 µg /L adalah perairan yang cukup produktif.

2.2. Kualitas Air

Kualitas air secara luas dapat diartikan sebagai faktor fisik, kimiawi dan biologis yang mempengaruhi manfaat penggunaan bagi manusia secara langsung (Boyd, 1979). Chapman (1990) menyatakan faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan distribusi mikro alga planktonik adalah faktor fisika (substrat, tekanan, suhu dan cahaya). Selanjutnya Odum (*dalam* Sari, 2006) menyatakan faktor-faktor yang mempengaruhi fitoplankton di perairan antara lain adalah Proses fisiologis secara langsung diantaranya proses respirasi dan fotosintesis fitoplankton seperti cahaya, suhu, salinitas dan unsur hara makro dan mikro.

2.2.1. Suhu

Wardoyo (1981) menyatakan bahwa faktor fisik yang terbesar pengaruhnya terhadap kehidupan ikan dan mudah dipantau adalah suhu perairan. Suhu air merupakan faktor penting di lingkungan perairan yang selalu dipengaruhi oleh musim, cuaca, waktu pengukuran, kedalaman perairan dan kecerahan perairan. Suhu sangat penting dalam perairan, karena suhu adalah merupakan “controlling factor” yang sangat berpengaruh terhadap kecepatan metabolisme organisme perairan. Suhu air permukaan yang optimal bagi organisme perairan adalah berkisar antara 28-31 °C dan kisaran suhu di daerah tropis yang layak untuk mendukung kehidupan organisme akuatik adalah 25-32 °C (Nontji, 1993 ; Wardoyo *dalam* Rahmat. 2006).

2.2.2. Kecerahan

Kecerahan adalah suatu ukuran untuk menentukan daya penetrasi cahaya matahari yang masuk kedalam perairan. Kecerahan suatu perairan menentukan sejauh mana cahaya matahari dapat menembus suatu perairan dan sampai kedalaman berapa proses fotosintesis dapat berlangsung sempurna.

2.2.3. Derajat Keasaman

Derajat keasaman (pH) merupakan intensitas keasaman dan mewakili konsentrasi hidrogen . Selain itu, pH merupakan salah satu sifat kimia air yang mempengaruhi pertumbuhan tumbuhan dan hewan. Secara alami, derajat keasaman (pH) dipengaruhi oleh konsentrasi karbondioksida yang larut dalam perairan (Asmawi, 1984). Selanjutnya Swingle (1968) menyatakan bahwa pH yang kurang dari 6,0 menyebabkan fitoplankton tidak dapat hidup dengan baik dan pada keadaan pH besar dari 9,5 perairan tidak produktif lagi. Kisaran pH yang baik untuk pertumbuhan fitoplankton adalah 6,0-9,5.

2.2.4. Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut atau DO (*dissolved Oxygen*) adalah jumlah mg/L gas oksigen yang terlarut dalam air. Oksigen terlarut dalam air berasal dari fotosintesis dan difusi udara (Alaerts dan Santika, 1984). Selanjutnya Fardiaz (1992) menyatakan bahwa oksigen terlarut merupakan kebutuhan dasar untuk kehidupan tanaman dan hewan dalam air. Kehidupan makhluk hidup dalam air sangat tergantung dari kemampuan air untuk mempertahankan konsentrasi O₂ minimal yang dibutuhkan untuk kehidupannya.

Besarnya kandungan O₂ terlarut dalam air dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain cuaca, kepadatan fitoplankton, siang dan malam dan dinamika organisme yang ada di dalamnya.

2.2.5. Karbondioksida Bebas

CO₂ sangat berperan penting sebagai unsur makanan bagi semua tumbuhan hijau di perairan. Naiknya CO₂ selalu diiringi dengan rendahnya pH dan

menurunnya O_2 terlarut yang diperlukan sekali untuk pernafasan organisme akuatik (Aswami, 1986). Poemomo dan Hanafi (1982) menganjurkan agar kadar CO_2 bebas dalam perairan tidak lebih dari 25 ppm dengan catatan kadar O_2 terlarut cukup besar. Apabila kadar O_2 hanya sebesar 2 ppm, maka kadar CO_2 bebas yang aman bagi ikan adalah 12 ppm.

2.2.6. Nitrat dan Fosfat

Nitrogen merupakan unsur hara yang mutlak dibutuhkan oleh plankton. Nitrat (NO_3) adalah bentuk senyawa nitrogen yang merupakan senyawa stabil. Nitrat merupakan salah satu unsur yang penting untuk sintesis protein tumbuhan dan hewan, akan tetapi nitrat pada konsentrasi yang tinggi dapat menstimulasi pertumbuhan ganggang yang tidak terbatas sehingga menyebabkan kematian organisme air (Alaerts dan Santika, 1982).

Fosfor terdapat dalam perairan alami ataupun limbah sebagai senyawa ortofosfat, polifosfat dan fosfat organik. Dalam air limbah, senyawa fosfat dapat berasal dari limbah rumah tangga dan pertanian. Bila kadar fosfat dalam air sangat rendah ($< 0,01$ mg/L), pertumbuhan tanaman dan ganggang tidak terbatas lagi (keadaan eutrop). Tanaman tersebut dapat menghabiskan oksigen dalam sungai atau kolam pada malam hari (Alaerts dan Santika, 1984).

Vollenweider (dalam Effendi, 2003) yang menyatakan bahwa kandungan nitrat 0,0-1,0 mg/L dikategorikan perairan yang kurang subur, 0,1-5,0 mg/L dikategorikan kesuburan perairan sedang dan 5,0-50,0 mg/L dikategorikan kesuburan perairan tinggi.

Klasifikasi kesuburan perairan berdasarkan fosfat yaitu 0,00-0,02 mg/L adalah perairan dengan kesuburan rendah, bila konsentrasi berkisar 0,02-0,05 mg/L kesuburan sedang, dan bila konsentrasi 0,05-0,20 mg/L kesuburan perairan baik sekali dan lebih dari 0,20 mg/L kesuburan sangat baik sekali (Poemomo dan Hanafi, 1982).