

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Produktivitas Primer

Menurut Odum (1971) *dalam* Paramitha (2014), produktivitas primer merupakan ekosistem perairan yang berasal dari perubahan energi cahaya matahari menjadi energi kimia oleh organisme autotrof perairan melalui proses fotosintesis. Organisme autotrof adalah tanaman yang dapat melakukan sintesis tanpa bantuan cahaya matahari walaupun dengan presentase sangat kecil. Menurut Kennish (1990) *dalam* Asriyana dan Yuliana (2012), menyatakan bahwa produktivitas primer diistilahkan sebagai laju fiksasi karbon (sintesis organik) didalam perairan dan biasanya diekspresikan sebagai gram karbon yang dihasilkan dalam satuan meter kubik kolom air per hari ($\text{gC m}^3/\text{hari}$).

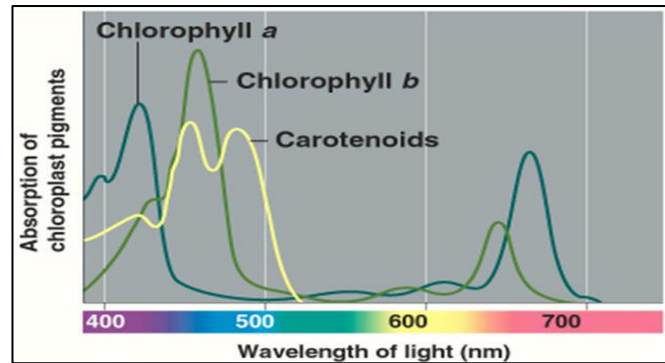
Menurut Syahfitri (2014), untuk tingkat produktivitas primer suatu perairan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya meningkatnya kadar nutrien, kelimpahan fitoplankton dan faktor lingkungan seperti intensitas cahaya matahari, suhu, unsur hara dan gas terlarut. Sedangkan menurut Hariyadi *et al.* (1992), bahwa tingkat produktivitas primer suatu perairan memberikan gambaran apakah suatu perairan cukup produktif dalam menghasilkan biomassa tumbuhan terutama fitoplankton, termasuk pasokan oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis yang terjadi sehingga dapat mendukung perkembangan ekosistem perairan. Jika nilai produktivitas primer perairan tinggi dapat diartikan bahwa perairan tersebut mengalami eutrofikasi, sedangkan jika terlalu rendah berarti perairan tersebut tidak produktif. Eutrofikasi adalah pengayaan air dengan adanya nutrien (nitrogen dan fosfor) berupa bahan anorganik yang dibutuhkan oleh tumbuhan dan menyebabkan peningkatan produktivitas primer perairan.

2.2 Klorofil-a

Klorofil adalah pigmen alami pemberi warna hijau pada tumbuhan, alga dan bakteri fotosintetik. Senyawa ini mempunyai peranan yang penting dalam proses fotosintesis yang merupakan dasar dari produksi zat-zat organik dalam alam (Utami, 2014). Sedangkan menurut Subandi (2011), klorofil adalah pigmen hijau fotosintesis yang terdapat dalam tanaman algae dan cyanobacteria. Nama “chlorophyll” berasal dari bahasa Yunani kuno : choloros = green (hijau) dan phyllon leaf (daun). Fungsi klorofil pada tanaman adalah menyerap energi dari sinar matahari untuk digunakan dalam proses biokimia dimana tanaman mensintesis karbohidrat (gula menjadi pati), dari gas karbondioksida dan air serta bantuan sinar matahari.

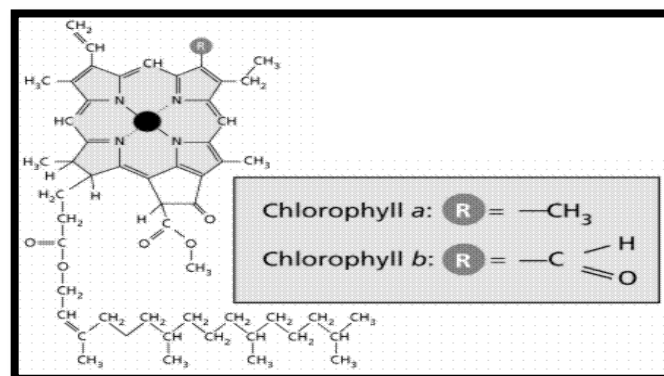
Tumbuhan yang berklorofil dapat berupa rumput laut, fitoplankton atau mikrofitita benthik. Fitoplankton terdapat pada seluruh laut mulai dari permukaan sampai pada kedalaman yang masih dapat ditembus oleh cahaya matahari. Klorofil sendiri terdiri dari empat jenis yaitu klorofil-*a*, klorofil-*b*, klorofil-*c* dan klorofil-*d* (Fitra *et al.* 2013). Keempat jenis klorofil ini sangat penting dalam proses fotosintesis tumbuhan yaitu proses pembentukan zat-zat organik di alam. Klorofil-*a* terdapat pada seluruh organisme autotrof. Klorofil-*b* terdapat pada ganggang hijau atau Divisi Chlorophyta. Klorofil-*c* terdapat pada ganggang coklat atau divisi Phaeophyta serta Divisi Diatom (Bacillariophyta) dan klorofil-*d* terdapat pada ganggang merah atau Divisi Rhodophyta serta Divisi Dinoflagellata (Rifai dan Nasution, 1993 *dalam* Madubun, 2008). Kandungan klorofil yang paling dominan dimiliki oleh fitoplankton adalah klorofil-*a*, karena klorofil-*a* dapat dijadikan sebagai salah satu indikator kesuburan perairan (Samawi, 2001 *dalam* Fitra *et al.* 2013). Steemann-Nielsen (1975) *dalam* Nontji (2008), mengatakan bahwa 95% produktivitas primer dilaut disumbangkan oleh fitoplankton. Pada panjang gelombang 400 – 700 nm klorofil mampu menyerap

cahaya matahari untuk proses fotosintesis. Total energi cahaya matahari yang diperlukan untuk proses fotosintesis disebut *Photosynthetically Available Radiation* (PAR) (Parson *et al.* 1984 *dalam* Asriyana dan Yuliana, 2012).



Gambar 2. Penyerapan Cahaya Matahari
(Purves, 1998 *dalam* Arifin, 2009)

Berdasarkan **Gambar 2** di atas maka panjang gelombang yang mampu diserap oleh masing-masing jenis klorofil adalah klorofil-a 420 – 660 nm, klorofil-b 453 – 643 nm, klorofil-c 445 – 625 nm, klorofil-d 450 – 690 nm (Purves, 1998 *dalam* Arifin, 2009). Klorofil-a pada fitoplankton merupakan pigmen aktif dalam sel tumbuhan yang berperan dalam fotosintesis di perairan (Hidayat *et al.* 2013).



Gambar 3. Struktur Kimia Klorofil-a
(Curtis, 1978 *dalam* Arifin, 2009)

Berdasarkan **Gambar 3** di atas maka rumus kimia klorofil-a adalah $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ (Arifin, 2009). Menurut Curtis (1978) *dalam* Paramitha (2014), mengungkapkan klorofil-a adalah molekul besar yang memiliki atom Mg pada

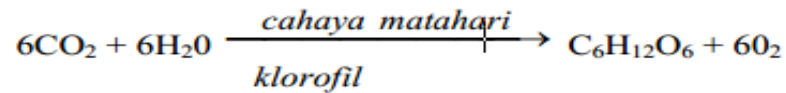
pusatnya, berikatan dengan cincin *porphyrin*. Cincin *porphyrin* menempel pada rantai hidrokarbon yang panjang dan sulit larut serta berfungsi sebagai jangkar molekul pada membran sel dalam kloroplas. Menurut Prasanto (1997) dalam Paramitha (2014), mengungkapkan cincin *porphyrin* yang terdapat pada klorofil-a terdiri atas empat cincin yang dihubungkan dengan ikatan metin. Pada cincin *porphyrin* ke IV terdapat gugus propionate yang berada pada dua atom hidrogen yang labil dan bergabung dengan molekul alcohol fitol yang bersifat donor elektron pada proses fotosintesis.

Pengukuran klorofil-a dalam air sampel dapat menunjukkan biomassa fitoplankton dalam suatu perairan, tetapi jumlah klorofil-a yang dimiliki pada setiap individu fitoplankton berbeda-beda (Arifin, 2009). Proses fotosintesis semua sel akan memiliki satu atau beberapa pigmen klorofil yang berwarna hijau, coklat, merah atau lembayung (Pungesehan, 2010 dalam Adani *et al.* 2013). Menurut Madubun (2008), bahwa sebaran klorofil-a pada perairan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah kondisi kualitas air pada perairan tersebut. Perbedaan kondisi kualitas air yang ada dapat menyebabkan adanya variasi nilai klorofil-a. Jika pada suatu perairan kandungan klorofil-a tinggi maka produktivitas primer pada perairan tersebut juga akan tinggi, hal ini karena klorofil-a dapat digunakan untuk pengukuran produktivitas primer di perairan.

2.3 Fotosintesis

Fotosintesis adalah proses fisiologis dasar pada tanaman yang sangat penting pada kehidupan tanaman. Fotosintesis pada umumnya terjadi di organ tumbuhan yaitu daun. Hal ini karena pada daun terdapat pigmen klorofil yang merupakan salah satu komponen penting dalam fotosintesis, dimana klorofil terletak di jaringan palisade (Muntoha, 2015). Menurut Romimohtarto *et al.* (2001), proses fotosintesis terjadi baik di atas permukaan lautan, di darat, di air

tawar maupun di dalam laut. Sinar matahari bergabung dengan komponen-komponen kimiawi dalam air untuk menghasilkan jaringan tumbuhan-tumbuhan hidup dengan reaksi kimia sederhana sebagai berikut:



Berdasarkan persamaan diatas menunjukkan bahwa proses tersebut adalah sebuah reaksi reduksi-oksidasi. Dimana CO_2 direduksi dan H_2O dioksidasi (Valiela, 1984 dalam Sunarto, 2008). Menurut Sasmitahardja dan Siregar (1996) dalam Ai (2012), proses fotosintesis dijelaskan seperti reaksi kimia sederhana di atas, dimana CO_2 dan H_2O merupakan gas dalam reaksi fotosintesis dengan bantuan cahaya matahari dan pigmen fotosintesis (berupa klorofil dan pigmen-pigmen lainnya) yang akan menghasilkan karbohidrat (glukosa) dan melepaskan oksigen. Atom O pada karbohidrat berasal dari CO_2 dan atom H pada karbohidrat berasal dari H_2O . Menurut Arifin (2009), bahwa proses fotosintesis dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya adalah ketersediaan air (H_2O), ketersediaan CO_2 , intensitas cahaya matahari, ketersediaan hara dan temperatur. Meningkatnya laju fotosintesis dipengaruhi oleh meningkatnya konsentrasi CO_2 , contohnya apabila stomata terbuka sebagai akibat mengalami kekeringan.

2.4 Fitoplankton

Fitoplankton berasal dari bahasa Yunani (*phyton* atau tumbuhan) yang hidup dekat permukaan air dimana ada cahaya yang cukup untuk dukungan fotosintesis. Fitoplankton merupakan organisme autotof yaitu organisme yang mampu menghasilkan bahan organik berasal dari bahan anorganik melalui proses fotosintesis dengan adanya bantuan cahaya matahari. Kelompok-

kelompok yang paling penting adalah chrysophyta (diatom), cyanobacteria, dinoflagellates dan coccolithophores (Sunarto, 2008). Menurut Nybakken (1992) dalam Asriyana dan Yuliana (2012), bahwa fitoplankton adalah organisme renik yang hidupnya melayang-layang dalam air dan pergerakannya selalu dipengaruhi oleh pergerakan massa air.

Menurut Nybakken (1988) dalam Widyorini (2009), mengungkapkan fitoplankton merupakan salah satu komponen penting dalam suatu ekosistem laut karena memiliki kemampuan untuk menyerap langsung energi matahari melalui proses fotosintesis guna membentuk bahan organik dari bahan-bahan anorganik yang dikenal dengan produktivitas primer. Menurut Hutabarat dan Evans (2012), bahwa fitoplankton sebagai tumbuhan yang mengandung pigmen klorofil memiliki peranan penting dalam suatu perairan yaitu sebagai produsen utama (*primary production*). Fitoplankton juga dapat melakukan fotosintesis dimana fotosintesis terjadi dengan mensintesis glukosa (karbohidrat) dari ikatan anorganik seperti karbondioksida (CO_2), air (H_2O) dan sumber energi yang berasal dari matahari lalu diabsorpsi oleh klorofil maka akan menghasilkan berupa zat tepung yang disimpan dalam cadangan makanan serta menghasilkan oksigen.

2.5 Pesisir

Menurut Kordi dan Tancung (2010), wilayah pesisir merupakan wilayah pertemuan antara darat dan laut dengan keadaan dimana wilayah daratan yang kering dan ada pula yang terendam air, sehingga masih dipengaruhi oleh sifat-sifat air laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air asin. Wilayah pesisir merupakan wilayah yang kaya akan unsur hara dan jasad renik sebagai pakan alami, sehingga sangat cocok digunakan untuk daerah pengasuhan dan tempat mencari makan bagi biota laut. Sedangkan menurut Fabianto (2014),

menyatakan ekosistem pesisir memiliki peranan penting jika ditinjau dari segi ekologis dan ekonomis. Macam-macam ekosistem alami di pesisir antara lain ekosistem terumbu karang, mangrove, padang lamun, pantai berpasir, pantai berbatu dan estuaria.

2.6 Parameter Kualitas Air

2.6.1 Suhu

Suhu dapat mempengaruhi fotosintesis di laut baik secara langsung maupun tidak langsung. Pengaruh langsung karena reaksi kimia enzimatik yang berperan dalam proses fotosintesis dikendalikan oleh suhu. Sedangkan pengaruh tidak langsung adalah suhu akan menentukan dimana fitoplankton itu berada (Asriyana dan Yuliana, 2012). Suhu merupakan energi panas yang dihasilkan dari proses penyerapan cahaya matahari dengan satuan derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$). Suhu perairan dipengaruhi oleh musim, lintang, ketinggian dari permukaan laut, waktu dalam satu hari, sirkulasi udara, penutupan awan dan aliran serta kedalaman dari badan air (Effendi, 2003). Organisme akuatik memiliki kisaran suhu tertentu (batas atas dan bawah) yang disukai bagi pertumbuhannya, misalnya alga akan tumbuh dengan baik pada kisaran suhu $30^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$ dari filum Chlorophyta, $20^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$ dari Diatom dan filum Cyanophyta dapat bertoleransi terhadap kisaran suhu yang lebih tinggi dari Chlorophyta dan Diatom (Haslam, 1995 *dalam* Madubun, 2008).

2.6.2 Kecerahan

Kecerahan perairan merupakan penetrasi cahaya yang masuk kedalam perairan sampai pada kedalaman tertentu (Asriyana dan Yuliana, 2012). Tingkat kecerahan suatu perairan dipengaruhi oleh penetrasi cahaya yang masuk kedalam perairan, kekeruhan dan warna air. Kecerahan yang tinggi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kelimpahan fitoplankton di suatu perairan

dan merupakan salah satu syarat untuk berlangsungnya proses fotosintesis. Proses fotosintesis oleh fitoplankton dapat berlangsung dengan baik jika mendapat cahaya yang optimal. Pada perairan dengan tingkat kecerahan yang rendah, proses fotosintesis tidak dapat berlangsung dengan baik sehingga hal ini akan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton (Berwick, 1983 *dalam* Paramitha, 2014). Menurut Effendi (2003), menyatakan bahwa klasifikasi tingkat kecerahan dapat mempengaruhi tingkat kesuburan perairan yaitu ultraoligotrofik (6m), oligotrofik (3m), mesotrofik (3-1,5 m), eutrofik (1,5-0,7m) dan hipertrofik (0,7m).

2.6.3 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau pH didefinisikan sebagai logaritma negatif dari aktivitas ion hidrogen yang menunjukkan derajat keasaman atau kebasaaan suatu perairan (Effendi, 2003). Kisaran derajat keasaman yang ideal untuk kehidupan fitoplankton di perairan adalah 6,5-8,0. Pada perairan yang berkondisi asam dengan pH yang kurang dari 6 maka fitoplankton tidak akan hidup dengan baik, sedangkan pH yang optimal pada perairan akan mendukung pertumbuhan dari fitoplankton (Handayani, 2006). Derajat keasaman air merupakan ukuran keasaman air yang dapat mempengaruhi kehidupan tumbuhan dan hewan di dalam perairan sehingga dapat digunakan untuk menyatakan baik buruknya kondisi suatu perairan sebagai lingkungan hidup (Odum, 1983 *dalam* Asriyana dan Yuliana, 2012).

2.6.4 Salinitas

Salinitas adalah konsentrasi seluruh larutan garam yang diperoleh dalam air laut yang dinyatakan dengan satuan satu per seratus (part per permil) yang disingkat dengan ppm dan ditulis dengan (‰). Adapun tujuh komposisi ion-ion utama dalam salinitas adalah Natrium (Na), Kalium (K), Kalsium (Ca),

Magnesium (Mg), Klorit (Cl), Sulfat (SO₄) dan bikarbonat (HCO₃). Sebaran salinitas di laut dipengaruhi oleh faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan dan curah hujan (Boyd, 1982 *dalam* Kordi dan Tancung, 2010). Salinitas merupakan salah satu faktor yang sangat penting bagi organisme akuatik dalam mempertahankan tekanan osmotik yang layak antara organisme dengan air sebagai lingkungan hidupnya (Soedar dan Stengel, 1974 *dalam* Irawati, 2014). Salinitas pada berbagai tempat di lautan terbuka yang jauh dari daerah pantai variasinya sempit biasanya berkisar antara 34 ‰ – 37 ‰. Namun pada umumnya salinitas pada perairan laut adalah sebesar 35 ‰ (Nybakken, 1992).

2.6.5 Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut adalah konsentrasi gas oksigen yang terlarut di dalam air. (Effendi, 2003). Oksigen sendiri adalah salah satu jenis gas yang dapat larut dalam air dengan jumlah melimpah. Oksigen terlarut merupakan salah satu faktor yang sangat mendukung kehidupan organisme perairan. Oksigen terlarut diperlukan oleh organisme perairan untuk menghasilkan energi yang penting bagi pencernaan makanan dan pemeliharaan keseimbangan osmotik. Jika persediaan oksigen terlarut di perairan jumlahnya sedikit maka tidak baik bagi pertumbuhan organisme tersebut (Kordi dan Tancung, 2010). Menurut Welch (1952) *dalam* Paramitha (2014), menyatakan oksigen terlarut berasal dari proses difusi oksigen yang terjadi di udara (sekitar 35%) dan proses fotosintesis tumbuhan hijau dalam air seperti fitoplankton. Oksigen terlarut di perairan bisa berkurang karena adanya proses respirasi dan penguraian bahan-bahan organik yang berasal dari limbah-limbah industri.

2.6.6 Nitrat

Nitrat merupakan bentuk utama dari nitrogen pada perairan dan merupakan nutrien utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga. Nitrat dihasilkan

dari oksidasi sempurna senyawa nitrogen. Kandungan nitrat yang sangat tinggi dapat menstimulasi pertumbuhan ganggang dan mengakibatkan perairan rendah oksigen terlarut sehingga mengakibatkan kematian pada ikan (Effendi, 2003). Nitrat merupakan faktor penting yang dibutuhkan fitoplankton sebagai sumber zat hara untuk menunjang dalam pertumbuhannya. Zat utama yang dibutuhkan fitoplankton untuk tumbuh adalah nitrat dan fosfat, dimana kandungan nitrat dalam perairan yang optimal untuk pertumbuhan fitoplankton adalah kisaran 0,9 – 3,5 mg/l. Nitrat sering menjadi faktor pembatas dalam produktivitas primer oleh fitoplankton, sehingga kadar nitrat dalam perairan harus dijaga dengan baik agar pertumbuhan fitoplankton sebagai produktivitas primer perairan tetap optimal (Asriyana dan Yuliana, 2012).

2.6.7 Orthofosfat

Orthofosfat merupakan salah satu bentuk fosfat yang ada didalam perairan. Setiap senyawa fosfat yang ada pada perairan berbentuk terlarut, tersuspensi dan terikat pada sel organisme dalam air. Orthofosfat merupakan nutrisi yang dapat menstimulasi pertumbuhan alga. Senyawa fosfor yang terdapat pada perairan berubah secara terus menerus, hal ini dikarenakan proses dekomposisi dan sintesis antara senyawa organik dan anorganik yang dilakukan oleh mikroba. Keberadaan fosfor dan nitrogen yang berlebihan dalam suatu perairan dapat memicu pertumbuhan algae yang berlebihan (Effendi, 2003). Menurut Asriyana dan Yuliana (2012), bahwa kandungan orthofosfat yang optimal untuk pertumbuhan fitoplankton adalah 0,27 – 5,51 mg/l. Jika kandungan orthofosfat hanya mencapai 0,02 mg/l maka akan menjadi faktor pembatas perairan.