

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Klasifikasi dan morfologi *Tetraselmis chuii*

Menurut Pujiono (2013), *Tetraselmis chuii* merupakan mikroalga yang dikenal dengan istilah flagellata berklorofil dengan klasifikasi sebagai berikut:

Divisi	: Chlorophyta
Kelas	: Chlorophyceae
Ordo	: Volvocales
Sub ordo	: Chlamidomonacea
Genus	: Tetrasemis
Spesies	: <i>Tetraselmis chuii</i>

*Tetraselmis* termasuk alga hijau, mempunyai sifat selalu bergerak berbetuk oval elips, mempunyai empat buah flagella pada ujung depannya yang berukuran 0.75-1.2 kali panjang badan dan berukuran 10x6x5 mikrometer. Sel *Tetraselmis chuii* berupa sel tunggal yang berdiri sendiri. Ukurannya 7-12 mikrometer, berklorofil sehingga berwarna hijau cerah. *Tetraselmis* dapat bergerak seperti hewan karena memiliki flagella. Pigmen klorofil *Tetraselmis* terdiri dari 2 macam yaitu karotin dan xantofil. Inti sel jelas dan berukuran kecil serta dinding sel mengandung bahan selulosa dan pektosa (Wibawa, 2009).

Kisaran pH yang dibutuhkan oleh *Tetraselmis chuii* untuk pertumbuhannya ada pada kisaran 7-8 sedangkan untuk intensitas cahaya juga turut memegang peranan penting dalam proses pertumbuhannya karena berpengaruh dalam proses fotosintesa bagi *Tetraselmis chuii*. Intensitas cahaya yang diperlukan *Tetraselmis chuii* dengan kekuatan 3000 lux untuk menghasilkan perumbuhan yang baik terhadap alga *Tetraselmis chuii* (Konio, 2006).

## 2.2 Kegunaan *Tetraselmis chuii*

*Tetraselmis chuii* memiliki peran yang besar dalam hal penyediaan pakan untuk larva ikan maupun non ikan. *Tetraselmis chuii* memiliki nilai gizi yang baik mengandung protein sebesar 48,42% dan lemak 9.70%. *Tetraselmis chuii* dapat digunakan untuk memproduksi pakan rotifer (*Branchionus plicatilis*) secara masal ataupun dapat juga dikonsumsi secara langsung oleh larva ikan hias, larva udang, larva teripang, dan cukup bagus digunakan sebagai pakan dalam budidaya biomassa artemia. *Tetraselmis chuii* mampu meningkatkan kandungan lemak tak jenuh pada konsumennya, misal dalam hal ini adalah kerang totok (Supriyatini *et al.*, 2007).

Menurut Suminto (2005), *Tetraselmis chuii* merupakan salah satu spesies mikroalga yang dapat dijadikan sebagai sumber mikro nutrien, vitamin, minyak dan elemen mikro untuk komunitas perairan, selain itu juga kaya akan sumber makro nutrient seperti protein, karbohidrat, dan khususnya asam lemak esensial. Mengandung pigmen esensial seperti astaxanthin, zeaxanthin, chlorofil, phycocianin dimana akan dapat memperkaya pewarnaan dan kesehatan di dalam kehidupan ikan dan invertebrate. *Tetraselmis chuii* adalah sumber makanan yang populer untuk mengkultur rotifer, kerang, dan larva udang. Berikut komposisi asam lemak dan komponen nutrient dari *Tetraselmis chuii* dibandingkan dengan pakan alami lainnya dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

**Tabel 1. Komposisi Asam Lemak *Tetraselmis chuii***

Spesies Alga	EPA	DHA	Total Omega 3 HUFA
<i>Nannochloropsis oculata</i>	30.5	12.2	42.7
<i>Paviova lutheri</i>	13.8	9.7	23.5
<i>Skeletonema costratum</i>	13.8	1.7	15.5
<i>Phaeodactylum tricorntutum</i>	8.6	1	9.6
<i>Tetraselmis chuii</i>	6.4	1.7	8.1
<i>Isochysis galbana</i>	3.5	19	22.5
<i>Isochysis aff galbana</i>	0.5	2.8	3.3

Sumber : Suminto (2005)

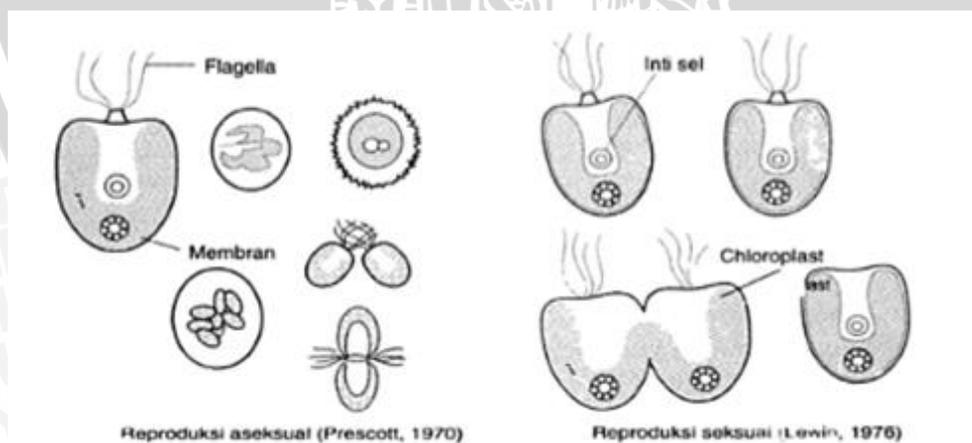
**Tabel 2. Komponen Nutrient *Tetraselmis chuii***

Spesies	Protein Nitrogen	Lemak	Karbohidrat	Abu
<i>Chetoceros muelleri</i>	34,75-38,50	33.15	19.4	14.7
<i>Dicteria sp.</i>	38,06	29.09	22.45	10.4
<i>Isochysis galbana</i>	41,53-46,81	22.54	22.54	8.4
<i>Pavlova viridis</i>	58,51-62,25	15.31	15.04	7.4
<i>Tetraselmis chuii</i>	30,06	5.16	26.68	38.1
<i>Tetraselmia subcordifosmis</i>	46,38	5.09	27.43	21.1

Sumber : Suminto (2005)

### 2.3 Siklus Hidup dan Reproduksi *Tetraselmis chuii*

Reproduksi *Tetraselmis chuii* terjadi secara vegetatif aseksual dan seksual. Bagan reproduksi *Tetraselmis chuii* secara aseksual dimulai dari sel vegetatif, kemudian membentuk 4 buah zoospora. Ketika keempat zoospora telah terbentuk maka akan berlanjut pada penemuan letak gamet. Setelah letak gamet ditentukan maka unit-unit gamet mengalami pembelahan. Unit-unit gamet tersebut berkembang mejadi zygospora. Reproduksi secara seksual (isogami) diawali dari terjadinya fusi antara gamet jantan dan gamet betina, kemudian kloroplas bersatu dan terbentuk zygot baru (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995) siklus hidup dan cara reproduksi *Tetraselmis chuii* bisa dilihat pada Gambar 1.



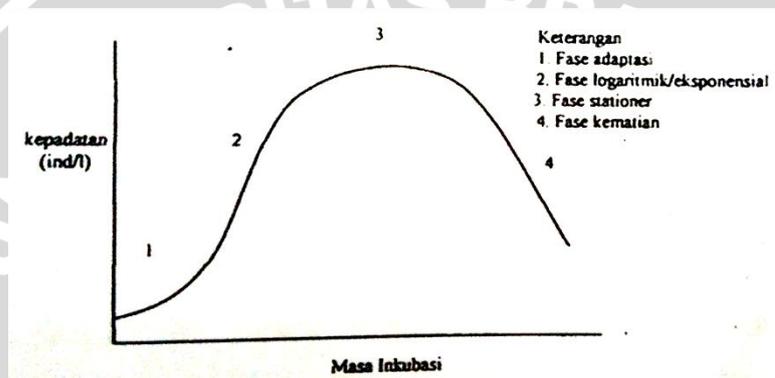
Gambar 1. Siklus hidup dan cara reproduksi *Tetraselmis chuii* (Rostini, 2007)

Pada gambar terlihat bahwa sebelah kiri merupakan reproduksi secara aseksual melalui zoospora yang bersatu menentukan letak gamet kemudian unit

gamet mengalami pembelahan. Pada sebelah kanan merupakan reproduksi secara seksual melalui fusi antara gamet jantan dan gamet betina kemudian kloroplas bersatu terbentuk zygote baru.

## 2.4 Fase Pertumbuhan *Tetraselmis chuii*

Pertumbuhan *Tetraselmis chuii* pada media kultur ditandai dengan pertambahan ukuran sel serta jumlah sel. Kurva pertumbuhan mikroalga disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pola pertumbuhan mikroalga (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995)

Keterangan :

a. Fase Lag (Adaptasi)

Setelah penambahan inokulum pada media kultur, populasi tidak langsung mengalami sebuah perubahan. Ukuran sel belum mengalami peningkatan pada fase ini. Organisme mengalami proses metabolisme namun proses pembelahan sel belum terjadi sehingga kepadatan sel belum terjadi penambahan.

b. Fase Logaritmik (eksponensial)

Setelah organisme melakukan adaptasi, fase ini berlangsung yang ditandai dengan pembelahan sel dan laju pertumbuhan organisme yang tetap (konstan). Pada kondisi kultur yang optimum, laju pertumbuhan pada fase ini dapat berlangsung maksimal.

c. Fase Stasioner

Pada fase ini, pertumbuhan organisme mengalami penurunan dibandingkan dengan fase sebelumnya. Laju reproduksi yang terjadi sama dengan laju kematian. Sehingga dapat dikatakan penambahan maupun pengurangan jumlah sel relatif sama atau seimbang sehingga kepadatan alga tersebut adalah tetap.

d. Fase Kematian

Fase dimana organisme tidak lagi tumbuh melainkan laju kematian yang semakin meningkat, lebih cepat dibandingkan dengan laju reproduksinya sehingga jumlah sel yang ada juga menurun.

## 2.5 Limbah

Limbah adalah sisa suatu usaha atau kegiatan, yang mengandung bahan berbahaya atau beracun yang karena sifat, konsentrasi, atau jumlahnya, baik secara langsung atau tidak langsung akan dapat membahayakan lingkungan, kesehatan, kelangsungan hidup manusia atau makhluk hidup lainnya (Mahida,1984).

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Limbah cair adalah limbah berupa cairan yang berasal dari hasil buangan bahan-bahan yang telah terpakai dari suatu proses produksi industri, domestik (rumah tangga), pertanian, serta laboratorium yang tercampur (tersuspensi) dan terlarut di dalam air. Limbah cair disebut juga sebagai pencemar air, karena komponen pencemaran air pada umumnya terdiri dari bahan buangan padat, bahan buangan organik dan bahan buangan anorganik.

Berdasarkan sumber atau asal limbah, maka limbah dapat dibagi ke dalam beberapa golongan yaitu :



1. Limbah *domestic*, yaitu semua limbah yang berasal dari kamar mandi, dapur, tempat cuci pakaian, dan lain sebagainya, yang secara kuantitatif limbah tadi terdiri atas zat organik baik padat maupun cair, bahan berbahaya dan beracun (B-3), garam terlarut, lemak.
2. Limbah *nondomestic*, yaitu limbah yang berasal dari pabrik, industri, pertanian, peternakan, perikanan, dan transportasi serta sumber-sumber lainnya. Limbah pertanian biasanya terdiri atas pestisida, bahan pupuk dan lainnya (Kristianto, 2002).

Menurut Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, limbah industri adalah sisa suatu kegiatan dan/atau proses produksi. Limbah industri atau pertambangan seperti batubara biasanya tercemar asam sulfat dan senyawa besi yang dapat mengalir ke luar daerah pertambangan. Air yang mengandung kedua senyawa ini dapat berubah menjadi asam. Limbah pertambangan yang bersifat asam bisa menyebabkan korosi dan melarutkan logam-logam sehingga air yang dicemari bersifat racun dan dapat memusnahkan kehidupan akuatik.

## 2.6 Limbah Pengolahan Ikan

Produksi perikanan laut Indonesia dari tahun - ketahun semakin meningkat dan berkembang. Disamping kekayaan ikan di kawasan Indonesia yang berlimpah serta usaha untuk meningkatkan hasil tangkapan yang terus-menerus dilaksanakan, ternyata baru mencapai nilai 35% saja yang dapat di capai. Dari data yang dapat dikumpulkan, setiap musim masih terdapat antara 25-30% hasil tangkapan ikan laut yang akhirnya harus menjadi sisa atau ikan buangan yang disebabkan karena berbagai hal.

1. Keterbatasan pengetahuan dan sarana para nelayan di dalam cara pengolahan ikan, misalnya hasil tangkapan tersebut masih terbatas

sebagai produk untuk dipasarkan langsung (ikan segar), atau diolah menjadi ikan asin, pindang, terasi serta hasil-hasil olahannya.

2. Tertangkapnya jenis-jenis ikan lain yang kurang berharga ataupun sama sekali belum mempunyai nilai di pasaran, yang akibatnya ikan tersebut harus dibuang.

Diantara bahan alami, ikan tercatat sebagai bahan yang sangat cepat membusuk. Karenanya begitu ikan tertangkap, maka proses pengolahan dalam bentuk pengawetan dan pengolahan harus segera dilakukan. Juga selama pengolahan ikan, masih banyak bagian-bagian dari ikan, baik kepala, ekor, maupun bagian-bagian yang tidak dimanfaatkan akan dibuang. Tidak mengherankan kalau sisa ikan dalam bentuk buangan dan bentuk-bentuk lainnya berjumlah cukup banyak, apalagi kalau ditambah dengan jenis-jenis ikan lainnya yang tertangkap tetapi tidak mempunyai nilai ekonomi. Ditambah lagi, ikan-ikan sisa dan yang terbuang tersebut secara langsung maupun tidak langsung banyak membawa problem lingkungan di kawasan pesisir, minimal dalam bentuk gangguan terhadap kebersihan, sanitasi dan kesehatan lingkungan (Selvy, 2013).

Komponen tubuh ikan yang terdiri dari daging, kulit, sirip, enzim, hormon, darah, sel – sel hati, ginjal dan jeroan yang hampir seluruhnya mengandung protein. Elemen – elemen yang terkandung dalam protein terdiri dari berbagai unsur dengan komposisi kimia adalah C (50 – 53%), H (6 – 7%), O (19 – 24%), N (13 – 19%) dan S (0 – 4%). Disamping itu unsur P, Fe, Cu, I, Mn, Zn, dan lain – lain (Stansby, 1963 ; Kleimenov, 1983 *dalam* Windy dan Dody, 2010).

Tingginya erosi tanah menyebabkan kelarutan hara pada air semakin tinggi sehingga terjadi rantai makanan dari unsur hara mikroorganisme, fitoplankton dan ikan. Ikan merupakan mikroorganisme yang mengandung nilai organik tinggi, baik organik N, P, dan K yang terkandung didalam tubuh ikan mempunyai

kelebihan kalau dibandingkan dengan bahan-bahan lainnya. Juga didalam ikan terkandung unsur lainnya, seperti unsur mikro (Handoko, 2009).

Ikan mengandung 18-30 % protein dan sejumlah mineral diantaranya K, Cl, P, S, Mg, Ca, Fe, Zn, dll (Afrianto dkk, 1989). Protein mengandung berbagai macam jenis asam amino. Dalam air cucian ikan mengandung triptopan yang merupakan salah satu bentuk asam amino. Triptopan selama ini dikenal sebagai bahan dasar pembentuk zat pengatur tumbuh golongan auksin (Wijaya, 2006).

## 2.7 Pupuk Organik

Bahan organik yang berasal dari sisa tumbuhan dan binatang yang secara terus menerus mengalami perubahan bentuk karena dipengaruhi oleh proses fisika, kimia, dan biologi. Bahan organik tersebut terdiri dari karbohidrat, protein kasar, selulose, hemiselulose, lignin, dan lemak. Penggunaan pupuk organik cair dapat memperbaiki struktur tanah dan mendorong perkembangan populasi mikro organisme tanah. Bahan organik secara fisik mendorong granulasi, mengurangi plastisitas dan meningkatkan daya pegang air (Brady, 1990).

Dekomposisi merupakan proses perombakan senyawa yang kompleks menjadi senyawa yang sederhana dengan bantuan mikroorganisme (Nina, 2009). Kualitas bahan organik sangat menentukan laju dekomposisi. Bahan organik yang baik harus mempunyai C/N ratio serendah mungkin (dibawah 50). Apabila C/N ratio dari bahan yang tersedia tinggi, C/N ratio dapat diperkecil dengan penambahan bahan yang kaya dengan nitrogen. Proses pembuatan kompos akan menurunkan C/N ratio hingga 12-15 (Novizan, 1986). Dekomposisi bahan organik bersifat mikrobiologis, dengan pelaku bakteri dan jamur, keduanya aktif dalam kondisi aerob dan kelembapan yang harus seimbang (Indranada, 1986).

## 2.8 Parameter Kualitas Air

### 2.8.1 Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor penting yang sangat berpengaruh terhadap kehidupan dan laju pertumbuhan fitoplankton. Suhu secara langsung mempengaruhi efisiensi fotosintesis dan merupakan faktor yang menentukan dalam pertumbuhan fitoplankton. Kondisi laboratorium, perubahan suhu air dipengaruhi oleh suhu ruangan dan intensitas cahaya, sedangkan kondisi di luar ruangan dalam kultur skala massal, suhu dipengaruhi oleh keadaan cuaca (Coutteau, 1996).

Lakitan (2007), menjelaskan didalam reaksi kimia kenaikan suhu akan menaikkan kecepatan reaksi. Setiap kenaikan  $10^{\circ}\text{C}$  dapat mempercepat reaksi 2-3 kali lipat. Didalam proses metabolisme terjadi suatu rangkaian reaksi kimia maka kenaikan suhu sampai pada batas nilai tertentu, dapat mempercepat proses metabolisme, tetapi pada suhu tinggi yang melebihi suhu maksimum akan menyebabkan denaturasi protein dan enzim. Hal ini akan menyebabkan terhentinya proses metabolisme dalam sel. Menurut pendapat Dwijo Seputro (1994) temperatur tinggi  $40^{\circ}\text{C}$  dapat menon-aktifkan atau mematikan enzim di dalam tubuh organisme. Kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan fitoplankton umumnya adalah  $25^{\circ}\text{C} - 32^{\circ}\text{C}$ .

### 2.8.2 Salinitas

Salinitas merupakan salah satu faktor yang membatasi pertumbuhan dan perkembangan fitoplankton. Kenaikan salinitas secara langsung menimbulkan perubahan tekanan osmosis di dalam sel fitoplankton. Salinitas yang terlalu tinggi maupun rendah, menyebabkan tekanan osmosis didalam sel menjadi rendah atau bahkan bisa lebih tinggi, sehingga aktifitas sel akan terganggu. Hal ini juga dapat mempengaruhi pH sitoplasma sel serta menurunkan kerja enzim dalam

sel. Pada umumnya, fitoplankton air laut tumbuh optimal pada kisaran salinitas 25-35‰ (Rusyani *et al.*, 2007).

Menurut Hirata (1981), beberapa mikroalga laut dapat mentolelir kondisi lingkungan yang relatif bervariasi, pertumbuhan optimal pada mikroalga laut dengan salinitas berkisar 25-34 ppt, sementara salinitas 15 ppt dapat mempengaruhi penghambatan pertumbuhan, sedangkan pada salinitas 0 ppt dan 60 ppt dapat menyebabkan kematian. Fitoplankton laut mampu mentolerir perubahan salinitas yang berlebih, pada umumnya spesies alga dapat tumbuh dengan baik pada salinitas rendah dari tempat asalnya, dimana hal ini dapat dilakukan dengan melakukan penambahan air tawar (Ekawati, 2005).

### 2.8.3 pH

Nilai pH merupakan parameter yang sangat penting dalam pemantauan kualitas perairan. Nilai pH dipengaruhi oleh beberapa parameter, antara lain aktivitas biologi, suhu, kandungan oksigen terlarut, dan adanya ion-ion (Nur, 2006). Kegagalan yang biasa terjadi dalam budidaya alga disebabkan oleh kegagalan dalam mempertahankan pH pada media budidaya tersebut (Ekawati, 2005). Kestabilan pH disuatu perairan perlu dipertahankan. Karena pH berpengaruh terhadap pertumbuhan organisme air, ketersediaan unsur P dalam air, serta daya racun amoniak dan H<sub>2</sub>S dalam air (Subarjanti, 2000).

Nilai pH berhubungan dengan nilai karbondioksida dan alkalinitas. Semakin tinggi nilai pH, semakin tinggi nilai alkalinitas dan semakin rendah kadar karbondioksida yang terkandung. Nilai pH juga mempengaruhi daya toksisitas senyawa kimia seperti proses nitrifikasi yang berhenti apabila kondisi pH rendah. Pada umumnya organisme perairan peka terhadap perubahan pH dan cenderung optimal pada kisaran pH 7-8,5 (Effendi, 2003).

#### 2.8.4 Oksigen Terlarut

Sumber oksigen terlarut diperairan dapat berasal dari difusi dan aktifitas fotosintesis. Fluktuasi harian oksigen dapat mempengaruhi parameter kimia yang lain, terutama pada saat kondisi tanpa oksigen, yang dapat mengakibatkan perubahan sifat kelarutan beberapa unsur kimia diperairan (Effendi, 2003). Hal ini sesuai dengan pernyataan Hendrawati *et al*, (2007) bahwa kelarutan oksigen dalam air dipengaruhi oleh faktor suhu dan kadar garam, jika kelarutan oksigen dalam air menurun, maka suhu dan kadar garam meningkat. Fitoplankton memiliki kisrah suhu dan salinitas untuk pertumbuhannya, dengan meningkatnya suhu dan salinitas secara drastis maka dapat menyebabkan kematian pada fitoplankton itu sendiri.

Oksigen terlarut merupakan faktor penting yang berpengaruh dalam kehidupan fitoplankton, karena oksigen mempengaruhi parameter perairan lainnya. Menurut Hutagalung dan Rozak (1997), penguraian bahan organik oleh mikroorganisme memerlukan oksigen dalam jumlah yang banyak. Apabila oksigen tersebut tidak cukup maka oksigen diambil dari senyawa nitrat yang pada akhirnya senyawa nitrat diubah menjadi senyawa nitrit. Wardoyo (1981) menambahkan, bila kondisi medium anaerob, nitrat direduksi menjadi nitrit selanjutnya menjadi ammonia.

#### 2.8.5 Karbondioksida

Karbon merupakan unsur utama dalam proses fotosintesis yang dibutuhkan oleh fitoplankton dan tumbuhan air. Keberadaan karbondioksida diperairan sangat dibutuhkan oleh tumbuhan baik yang besar maupun yang kecil untuk proses fotosintesis (Kordi, 2004). Karbondioksida memang diperlukan mikroalga untuk proses fotosintesis dan berkembang biak, namun kadar karbondioksida yang dibutuhkan oleh mikroalga hanya sekitar 1-2 % (Hermanto, 2011).

Penambahan karbondioksida secara tepat pada mikroalga dapat menaikkan laju pertumbuhan (Noxbawa *et al.*, 2013).

Konsentrasi CO<sub>2</sub> tinggi hampir selalu disertai dengan konsentrasi DO rendah (respirasi tinggi) aerasi yang digunakan untuk meningkatkan DO rendah akan membantu membuang kelebihan CO<sub>2</sub> dengan meningkatkan difusi balik ke atmosfer. Level CO<sub>2</sub> yang kronis dapat ditreatment secara kimia dengan Ca(OH)<sub>2</sub> kira-kira 1 ppm Ca(OH)<sub>2</sub> akan membuang 1 ppm CO<sub>2</sub>. Apabila Ca(OH)<sub>2</sub> diberikan ke perairan dengan konsentrasi ammonia tinggi pH tinggi meningkatkan toksisitas ammonia (wurts and Durbaraw).

#### **2.8.6 Nitrat**

Pertumbuhan alga yang baik membutuhkan kisaran nitrat sebesar 0,9 – 3,5 ppm (Andarias, 1992). Hal ini sesuai dengan pernyataan Tambaru dan Samawi (1996) bahwa kebutuhan nitrat oleh setiap alga sangat beragam. Apabila kadar nitrat dibawah 0,1 atau diatas 45 mg/l, maka nitrat merupakan faktor pembatas dan bersifat toksik. Perubahan nitrogen dalam medium pada kondisi aerob adalah ammonia akan dioksidasi menjadi nitrit dan selanjutnya menjadi bentuk nitrat. Bentuk nitrat inilah yang dapat diserap oleh fitoplankton. Bila kondisi medium anaerob, nitrat direduksi menjadi nitrit selanjutnya menjadi ammonia (Wardoyo, 1981).

Nitrogen dianggap sebagai faktor yang penting dalam perkembangbiakan fitoplankton yaitu sebagai salah satu unsur hara yang diperlukan untuk produksi klorofil. Pembentukan klorofil ini akan terhenti dengan cepat jika kekurangan unsur nitrogen (Dwidjoseputro, 1990). Nitrogen juga merupakan komponen utama pembentukan asam amino yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan fitoplankton. Bila terjadi kekurangan nitrogen, maka akan dapat mengakibatkan pertumbuhan yang lambat (Agustina, 1990).

### 2.8.7 Orthofosfat

Fosfor diperairan dibedakan atas 3 bentuk, yakni Orthophospat, Metaphospat, Polyphospat. Namun hanya orthophospat yang dapat dimanfaatkan oleh alga. Kadar fosfat dalam perairan berkisar antara 0.005-0.02 mg/l. Kadar fosfat total dalam perairan alami jarang sekali melebihi 1 mg/l. Berdasarkan kadarnya dalam perairan, orthophospat dibagi menjadi 3: oligotrofik dengan kisaran fosfat 0.003 mg/l-0.001 mg/l, mesotrofik dengan kisaran fosfat 0.001—0.02 mg/l, eutrofik dengan kisaran fosfat 0.031-0.1 mg/l (Effendi, 2003).

Fosfor juga merupakan unsur yang esensial untuk pertumbuhan organisme perairan dan dapat disebut juga sebagai unsur pembatas dari produktivitas badan perairan. Fosfor dalam bentuk ortofosfat diperlukan dalam pertumbuhan dan perkembangan sel-sel alga, terutama reaksi-reaksi transportasi energi seperti pembentukan senyawa berenergi tinggi antara lain ADP dan ATP (APHA, AWWA, dan WPCF, 1985).

