

## BAB II KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Mikroalga

Mikroalga merupakan salah satu biota perairan yang memiliki potensi sebagai penghasil bahan aktif kimia yang bermanfaat untuk industri farmasi, kimia, kosmetik, pertanian dan lainnya. Namun di Indonesia, pemanfaatan mikroalga masih terbatas sebagai pakan alami (Styaningsih, 2004).

Menurut Kawaroe dkk (2010) mikroalga adalah organisme tumbuhan paling primitif berukuran seluler yang umumnya dikenal dengan sebutan nama fitoplankton. Habitat hidupnya adalah wilayah perairan di seluruh dunia. Habitat hidup mikroalga adalah di perairan atau tempat-tempat lembab. Organisme ini merupakan produsen primer perairan yang mampu berfotosintesis seperti layaknya tumbuhan tingkat tinggi lainnya. Mikroalga yang hidup dilaut dikenal dengan istilah *marine microalgae* atau mikroalga laut. Mikroalga laut berperan penting dalam jaring-jaring makanan dilaut dan merupakan materi organik dalam sedimen laut, sehingga diyakini sebagai salah satu komponen dasar pembentukan minyak bumi di dasar laut yang dikenal sebagai *fossil fuel*. Mikroalga yang banyak ditemukan berasal dari kelas *Bacillariophyceae* (diatom), *Chrysophyceae* (alga coklat keemasan), *Chlorophyceae* (alga hijau), dan kelas *Cyanophyceae* (*blue green algae*/ alga biru-hijau). Berdasarkan pigmen yang dimiliki mikroalga dikelompokkan menjadi lima filum, yaitu:

1. *Chlorophyta* (alga hijau).
2. *Chrysophyta* (alga keemasan).
3. *Pyrophyta* (alga api).

4. *Euglenophyta*.

5. *Cyanophyta* (*alga biru-hijau*).

Kemampuan bertahan hidup pada kondisi tertentu juga terdapat pada beberapa jenis mikroalga. Hal ini disebabkan oleh adanya lapisan musilagenous yang dapat melindungi organ sel yang ada dalam tubuh, sehingga dapat melindungi diri dari pengaruh kondisi lingkungan yang ekstrim. Mikroalga yang sering dijumpai pada perairan air tawar dengan penyebaran yang sangat luas pada umumnya adalah mikroalga divisi Chlorophyta, sedangkan pada perairan yang ekstrim banyak dijumpai mikroalga divisi Cyanophyta (Hariyati, 1994).

Mikroalga merupakan spesies uniseluler yang dapat hidup soliter maupun berkoloni. Berdasarkan spesiesnya, ada berbagai macam bentuk dan ukuran mikroalga. Tidak seperti tanaman tingkat tinggi, mikroalga tidak mempunyai akar, batang dan daun. Mikroalga merupakan mikroorganisme fotosintetik yang memiliki kemampuan untuk menggunakan sinar matahari dan karbondioksida untuk menghasilkan biomassa serta menghasilkan sekitar 50% oksigen yang ada di atmosfer (Widjaja, 2009).

Mikroalga mengandung banyak senyawa yang sangat potensial untuk dijadikan produk. Misalnya untuk farmasi produk: *Eicosapentaenoic acid* (EPA) berguna untuk status vascular tubuh manusia, *docosahexaenoic acid* (DHA) untuk jaringan saraf otak, b-carotene sebagai pro-vitamin A dan astaxanthin sebagai anti oksidan. Dua produk terakhir telah dikomersialkan dalam skala besar. Karena mikroalga juga merupakan sarana fotosintetik yang baik, maka mikroalga juga kaya akan pigment. Mikroalga akhir-akhir ini dieksplorasi untuk penggunaannya dalam bidang bioenergi dikarenakan

mikroalga juga mempunyai kandungan karbon dan lipid yang tinggi. Beberapa jenis mikroalga berpotensi sebagai sumber minyak dengan kadar yang bervariasi tergantung jenis mikroalganya (Hadiyanto, 2010).

## **2.2 *Scenedesmus* sp.**

### **2.2.1 Klasifikasi *Scenedesmus* sp.**

Klasifikasi *Scenedesmus* sp. yang termasuk dalam kelas alga hijau adalah sebagai berikut: (Kawaroe, 2010).

Philum : Chlorophyta

Kelas : Chlorophyceae

Ordo : Chlorococcales

Famili : Scenedesmaceae

Genus : *Scenedesmus*

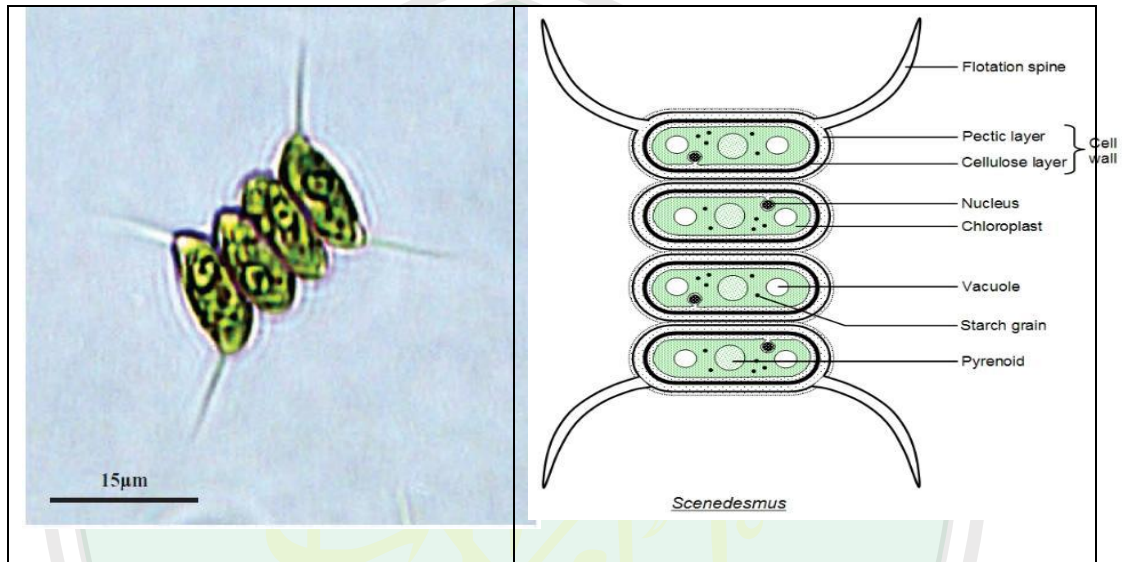
Spesies : *Scenedesmus* sp.

### **2.2.2 Morfologi *Scenedesmus* sp.**

*Scenedesmus* berasal dari kata *Scene* dan *Desmus*, *Scene* dalam bahasa latin berarti pengikat dan *Desmus* berarti rantai, sehingga *Scenedesmus* adalah alga yang hidup berkoloni dimana antara sel satu dengan sel yang lainnya membentuk semacam rantai pengikat. Koloni *Scenedesmus* dicirikan dengan bentuk sel pipih elips sampai panjang yang tersusun secara parallel, tipe koloni yang terbentuk disebut *coenobium* (Kamalluddin, 1991).

*Scenedesmus* sp. merupakan mikroalga yang bersifat kosmopolit dan sebagian besar dapat hidup di lingkungan akuatik seperti perairan tawar dan payau. Sel *Scenedesmus* sp. memiliki warna hijau (Gambar 2.1) dan tidak motil.

Pada umumnya *Scenedesmus sp.* membentuk koloni, koloni *Scenedesmus sp.* yang terdiri atas 2, 4, 8 dan 16 sel. *Scenedesmus* berbentuk silindris dan umumnya membentuk koloni berukuran lebar 12-14  $\mu\text{m}$  dan panjang 15-20  $\mu\text{m}$ . Selnya berbentuk elips hingga lanceolate (panjang dan ramping) dan beberapa spesies memiliki duri atau tanduk (Irianto, 2011).



Gambar 2.1. *Scenedesmus sp.* (sumber: Irianto, 2011).

Menurut Kamalluddin (1991) bahwa bentuk permukaan sel *Scenedesmus* berbeda-beda tergantung dari spesiesnya ada yang mulus, bergurat-gurat, berbintil, dan pada bagian sisinya ada yang dilengkapi duri atau cambuk. Pada sel yang masih muda terdapat khloroplas yang berisi pirenoid, yang tampak berupa belahan memanjang, sedangkan pada sel yang sudah tua, khloroplas biasanya telah mengisi seluruh rongga sel.

Ukuran sel bervariasi, panjang sekitar 8-20 $\mu\text{m}$  dan lebar sekitar 3-9 $\mu\text{m}$ . Struktur sel *Scenedesmus* sederhana. Sel *Scenedesmus* diselubungi oleh dinding yang tersusun atas tiga lapisan, yaitu lapisan dalam yang merupakan lapisan selulosa, lapisan tengah yang merupakan lapisan tipis yang strukturnya seperti

membran, dan lapisan luar yang menyelubungi sel dalam koloni. Lapisan luar berupa lapisan seperti jaring yang tersusun atas pektin dan dilengkapi oleh *bristle*. *Scenedesmus* dapat melakukan reproduksi aseksual maupun seksual. Reproduksi aseksual terjadi melalui pembentukan autokoloni, yaitu setiap sel induk membentuk koloni anakan yang dilepaskan melalui sel induk yang pecah terlebih dahulu. Beberapa species *Scenedesmus* dapat melakukan reproduksi seksual dengan pembentukan zoospora biflagel dan isogami (Prihantini, 2007).

### **2.2.3 Reproduksi *Scenedesmus* sp.**

*Scenedesmus* sp. dapat melakukan reproduksi aseksual maupun seksual. Reproduksi aseksual terjadi melalui pembentukan autokoloni, yaitu setiap sel induk membentuk koloni anakan yang dilepaskan melalui sel induk yang pecah terlebih dahulu. Beberapa spesies *Scenedesmus* dapat melakukan reproduksi seksual dengan pembentukan zoospora biflagel dan isogami (Kawaroe, 2010).

*Scenedesmus* sp. dapat melakukan reproduksi secara aseksual maupun seksual. Reproduksi aseksual dengan membelah diri melalui pembentukan autokoloni, setiap sel induk membentuk koloni anakan yang dilepaskan melalui sel induk yang pecah terlebih dahulu, sedangkan reproduksi seksual dengan membentuk autospora, melalui pembelahan protoplasma, pembelahan protoplasma terjadi secara melintang dan membujur, protoplasma dari sel induk membelah secara melintang membentuk sel anak. Kemudian protoplasma dari sel anak yang terbentuk membelah lagi secara membujur, pembelahan membujur ini dapat berlangsung satu atau dua kali. Autospora yang terbentuk menyatu secara lateral satu sama lain setelah terjadi pemecahan dinding sel (Irianto, 2011).

#### 2.2.4 Habitat *Scenedesmus* sp.

*Scenedesmus* sp. merupakan mikroalga yang bersifat kosmopolit dan sebagian besar dapat hidup di lingkungan akuatik seperti perairan tawar dan payau. *Scenedesmus* sp. juga ditemukan di tanah atau tempat yang lembab. Fisiologi dan biokimianya relatif seragam, dengan 28 buah strain diketahui memiliki hidrogenase dan menghasilkan karoten sekunder dalam kondisi nitrogen yang sedikit dan setiap spesiesnya berbeda dalam kemampuan menghidrolisis pati. Spesiesnya bertoleransi atau lebih memilih air eutrofik dengan pH rendah. Suhu optimal untuk *Scenedesmus* sp. adalah pada rentang 28-30°C (Prihantini, 2007).

#### 2.2.5 Kandungan *Scenedesmus* sp.

*Scenedesmus* sp. mengandung 8-56% protein, 10-52% karbohidrat, 2-40% lemak serta 3-6% nucleic acid. Asam lemak pada *Scenedesmus* 25,61% berupa linoleat, 23,459% oleat serta 20,286% adalah palmiat. Berdasarkan hasil penelitian Kawaroe dkk (2009), kandungan asam lemak yang terkandung dalam *Scenedesmus* sp, asam myristat (0,34%), asam stearat (13,85%), asam palmiat (20,29%), asam palmitoleat (9,78%), asam linoleat (25,16%), asam linolenat (16,16%), gliserol trilaurat (3,73), dan Vinil laurat (35,52%) (Kawaroe, 2010).

*Scenedesmus* dapat dimanfaatkan sebagai makanan tambahan dalam bentuk PST (Protein Sel Tunggal), pakan alami, dan pakan ternak karena memiliki kandungan gizi tinggi. *Scenedesmus* mengandung 55% protein, 13% karbohidrat, asam-asam amino, vitamin, dan serat. *Scenedesmus* juga

mengandung vitamin seperti vitamin B1, B2, B12, dan vitamin C (Prihantini, 2007).

### **2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan *Scenedesmus sp.***

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga sebagai faktor tumbuh (*growth factor*). Faktor tumbuh tersebut selanjutnya diklasifikasikan sebagai faktor sumber daya dan faktor pendukung. Faktor sumber daya meliputi faktor yang terdiri dari sumberdaya yang secara langsung dipergunakan oleh sel-sel alga untuk pertumbuhannya, seperti unsur hara, cahaya, CO<sub>2</sub>. Sementara faktor pendukung terdiri dari faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi proses metabolisme dalam sel mikroalga, antara lain suhu dan pH (Chrismadha, 2006).

Beberapa faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroalga di kultur terbuka antara lain: cahaya, temperature, pH, salinitas, unsur hara dan aerasi.

#### **2.3.1 Cahaya**

Cahaya merupakan sumber energi untuk melakukan fotosintesis. Cahaya matahari yang diperlukan oleh mikroalga dapat digantikan dengan lampu TL atau tungsten. Seperti halnya semua tanaman, mikroalga juga melakukan proses fotosintesis, yaitu mengasimilasi karbon anorganik untuk dikonversi menjadi materi organik. Bersama dengan cahaya yang merupakan sumber energi sangat berperan dalam proses fotosintesis pada alga. Oleh karena itu intensitas cahaya memegang peranan yang sangat penting, namun intensitas cahaya yang diperlukan tiap-tiap alga untuk dapat tumbuh secara maksimum berbeda-beda. Intensitas

cahaya yang diperlukan tergantung volume kultivasi dan densitas alga(Irianto, 2011).

Menurut Lavens dan Sogeloss (1996) dalam Kowaroe ( 2010) intensitas cahaya yang diperlukan bergantung volume kultivasi dan densitas mikroalga. Semakin tinggi densitas dan volume kultivasi semakin tinggi pula intensitas cahaya yang diperlukan. Intensitas cahaya yang diperlukan untuk kultivasi pada erlenmeyer adalah 1000 lux, sedangkan untuk volume kultivasi yang lebih besar diperlukan intensitas cahaya 500 – 10.000lux.

### **2.3.2 Suhu**

Suhu optimal untuk kultivasi mikroalga antara 24-30 °C, dan bisa berbeda-beda bergantung lokasi, komposisi media yang digunakan serta jenis mikroalga yang dikultivasi. Namun sebagian besar mikroalga dapat mentoleransi suhu antara 16-35 °C. Temperature dibawah 16 °C dapat memperlambat pertumbuhan dan suhu diatas 35 °C dapat menimbulkan kematian pada beberapa spesies mikroalga(Kowaroe, 2010).

### **2.3.3 pH**

Proses fotosintesis merupakan proses penyerapan karbon dioksida yang terlarut dalam air, dan berakibat pada penurunan CO<sub>2</sub> terlarut dalam air. Penurunan ini akan meningkatkan pH. Oleh karena itu, laju fotosintesis akan terbatas oleh penurunan karbon, dalam hal ini CO<sub>2</sub>, perubahan bentuk karbon yang ada di perairan dan tingginya nilai pH (Kowaroe, 2010).

Derajat keasaman yang optimum dapat melarutkan CO<sub>2</sub> adalah kisaran 6,5 sampai 9,5. Jika pH dibawah kisaran tersebut, maka CO<sub>2</sub> tetap berbentuk CO<sub>2</sub>



artinya dapat cepat lepas ke atmosfer dengan demikian tidak terserap oleh mikroalga. Sebaliknya, apabila kondisi pH diatas kisaran tersebut, maka CO<sub>2</sub> menjadi bikarbonat yang tidak dapat oleh mikroalga (Kowaroe, 2010).

#### **2.3.4 Salinitas**

Salinitas air adalah salah satu faktor yang berpengaruh terhadap organisme air dalam mempertahankan tekanan osmotik yang baik antara protoplasma organisme dengan air sebagai lingkungan hidupnya. Beberapa jenis mikroalga yang mengalami perubahan salinitas akibat pemindahan dari lingkungan bersalinitas rendah ke lingkungan yang bersalinitas tinggi akan mendapatkan hambatan dalam proses fotosintesis. Perubahan salinitas juga dapat terjadi ketika turun hujan. Mikroalga laut mempunyai toleransi yang besar terhadap perubahan salinitas. Salinitas 20-24‰ merupakan salinitas yang optimal (Kowaroe, 2010).

Salinitas adalah jumlah keseluruhan garam yang terlarut dalam volume air tertentu. Salinitas ini dinyatakan sebagai bagian garam per seribu bagian air (‰). Salinitas rata-rata air laut dalam samudra adalah 35‰. Salinitas menggambarkan padatan total di dalam air, setelah semua karbonat dikonversi menjadi oksida, semua bromida dan iodida digantikan oleh klorida, dan semua bahan organik telah dioksidasi (Effendi, 2003).

#### **2.3.5 Unsur Hara**

Unsur hara yang dibutuhkan mikroalga terdiri dari mikronutrien dan makronutrien. Makronutrien antara lain C, H, N, P, K, S, Mg, dan Ca. Sedangkan

mikronutrien yang dibutuhkan antara lain adalah Fe, Cu, Mn, Zn, Co, Mo, Bo, Vn, dan Si. Diantara nutrien tersebut, N dan P sering menjadi faktor pembatas pertumbuhan mikroalga. Khusus bagi mikroalga yang memiliki kerangka dinding sel yang mengandung silikat, misalnya diatom, unsur Si berperan sebagai faktor pembatas. Secara umum defisiensi nutrien pada mikroalga mempengaruhi penurunan kandungan protein, pigmen fotosintesis dan kandungan produk karbohidrat serta lemak (Kowaroe, 2010).

Konsentrasi mikroalga yang dikultivasi secara umum lebih tinggi daripada yang di alam, sehingga diperlakukan penambahan nutrien untuk mencukupi kekurangan pada media kultivasi. Dalam kultivasi mikroalga ditambahkan nutrien antara lain nitrat, fosfat, dan silikat untuk memenuhi nutrien pada air laut. Nutrien yang diberikan kepada mikroalga bergantung jenis mikroalga dan kebutuhannya (Kowaroe, 2010).

Nutrien digunakan untuk pertumbuhan mikroalga terdiri dari unsur hara makro dan mikro, unsur hara mikro seperti N (nitrogen), K (kalium), Mg (magnesium), S (sulfur), P (fosfor) dan Cl (klorida). Unsur hara mikro adalah Fe (besi), Cu (tembaga), Zn (seng), Mn (mangan), B (boron), dan Mo (molibdinum). Unsur hara tersebut diperoleh dalam bentuk persenyawaan dengan unsur hara lain. Mikroalga yang memiliki kerangka dinding sel yang mengandung silikat, misalnya diatom, unsur Si (silikon) berperan sebagai faktor pembatas. Secara umum defisiensi nutrien pada mikroalga mempengaruhi penurunan protein, pigmen fotosintesis serta kandungan produk karbohidrat dan lemak. Konsentrasi mikroalga yang dikultivasi secara umum lebih tinggi dari pada yang di alam.

Dalam kultivasi alga ditambahkan nutrien antara lain nitrat, fosfat dan silikat untuk memenuhi nutrien pada media kultivasi (Nyoman, 2006).

### 2.3.6 Aerasi

Aerasi dibutuhkan untuk mencegah terjadinya sedimentasi pada sistem kultivasi mikroalga, selain itu juga untuk memastikan bahwa semua sel mikroalga mendapat cahaya dan nutrisi yang sama dimanapun berada, untuk menghindari stratifikasi suhu dan tercampurnya air dengan suhu yang berbeda, terutama pada kultivasi diluar laboratorium, dan untuk meningkatkan pertukaran cahaya antara medium kultivasi dan udara. Udara merupakan sumber karbon untuk fotosintesis dalam bentuk CO<sub>2</sub>. Untuk kultivasi yang sangat padat, CO<sub>2</sub> yang berasal dari udara (0,003% CO<sub>2</sub>) tidak mencukupi pertumbuhan optimal bagi mikroalga, sehingga perlu ditambahkan dengan CO<sub>2</sub> murni (rata-rata 1% dari volume udara) (Kowaroe, 2010).

Menurut Chrismadha (2005), karbondioksida diperlukan oleh mikroalga untuk membantu proses fotosintesis. Karbondioksida dengan kadar 1-2% biasanya sudah cukup digunakan dalam kultur mikroalga dengan intensitas cahaya yang rendah. Kadar karbondioksida yang berlebih dapat menyebabkan pH kurang dari batas optimum sehingga akan berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroalga.

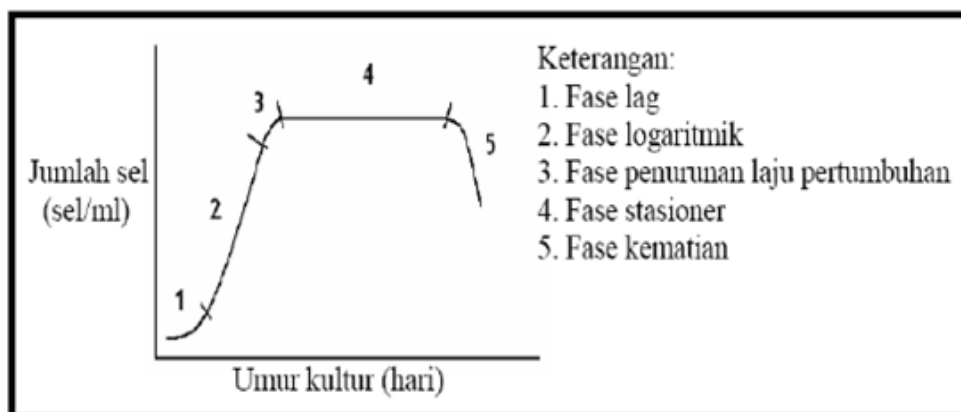
Kultivasi alga dalam medium memerlukan kandungan CO<sub>2</sub> yang cukup untuk proses fotosintesis, mikroalga menjadi lebih cepat jika dialirkan CO<sub>2</sub> dengan dilarutkan kedalam media kultur. Kelarutan CO<sub>2</sub> dalam media kultur dapat dilakukan dengan pengadukan, selain itu pengadukan juga bermanfaat untuk meratakan penyebaran unsur hara, cahaya dan mencegah pengendapan sel-sel

alga, salah satu cara pengandukan yang efektif adalah dengan cara aerasi (Ghufran dan Kordi, 2010).

#### 2.4 Fase Pertumbuhan *Scenedesmus sp.*

Menurut Kawaroe (2010) dan Irianto (2011) pola pertumbuhan mikroalga pada sistem kultivasi terbagi menjadi 5 tahap, yaitu (gambar 4):

1. Fase lag.
2. Fase eksponensial.
3. Fase penurunan pertumbuhan.
4. Fase stasioner.
5. Fase kematian



Gambar 2.2: Kurva pertumbuhan mikroalga (Sumber: Irianto, 2011)

##### (1) Fase Lag (Istirahat)

Fase ini dimulai setelah penambahan inokulan ke dalam media kultivasi hingga beberapa saat setelahnya. Metabolisme berjalan tetapi pembelahan sel belum terjadi sehingga kepadatan sel belum meningkat karena mikroalga masih beradaptasi dengan lingkungan barunya.

## **(2) Fase logaritmik (log) atau Eksponensial**

Fase ini dimulai dengan pembelahan sel dengan laju pertumbuhan yang meningkat secara intensif. Bila kondisi kultivasi optimum maka laju pertumbuhan pada fase ini dapat mencapai nilai maksimum. Pada fase ini merupakan fase terbaik memanen mikroalga untuk keperluan pakan ikan atau industri.

## **(3) Fase Penurunan Laju Perumbuhan**

Fase ini ditandai oleh pembelahan sel tetap terjadi, namun tidak sentensif pada fase sebelumnya sehingga laju pertumbuhannya pun menjadi menurun dibandingkan fase sebelumnya.

## **(4) Fase Stasioner**

Fase ini ditandai oleh laju reproduksi dan laju kematian relatif sama sehingga peningkatan jumlah sel tidak lagi terjadi atau tetap sama dengan sebelumnya (stasioner). Kurva kelimpahan yang dihasilkan dari fase ini adalah membentuk suatu garis datar, garis ini menandai laju produksi dan laju kematian sebanding.

## **(5) Fase Kematian (Mortalitas)**

Fase ini ditandai dengan angka kematian yang lebih besar dari pada angka pertumbuhannya sehingga terjadilah penurunan jumlah kelimpahan sel dalam wadah kultivasi. Fase ini ditandai dengan perubahan kondisi media seperti warna, pH dan temperatur dalam medium. Gambar 2.2 adalah kurva pertumbuhan mikroalga menurut (Becker, 1994 dalam Irianto, 2011).

## 2.5 Media Pertumbuhan

Media kultur merupakan salah satu faktor yang penting untuk pemanfaatan mikroalga. Media kultur mengandung makronutrien dan mikronutrien yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroalga. Komposisi nutrien yang lengkap dan konsentrasi nutrien yang tepat menentukan produksi biomassa dan kandungan gizi mikroalga. Media yang umum digunakan untuk kultur mikroalga adalah media sintetik dan alami. Media sintetik terdiri dari senyawa-senyawa kimia yang komposisi dan jumlahnya telah ditentukan. Medium Basal Bold (MBB) merupakan media sintetik yang umum digunakan dalam kultur mikroalga Chlorophyta. Sedangkan media alami dibuat dari bahan-bahan alami, seperti air kelapa. Media alami juga dapat diperoleh dari limbah pembuatan produk tertentu, seperti limbah pengolahan produk kacang kedelai, limbah minuman teh, limbah cair tahu dan tapioka (Prihantini, 2005).

## 2.6 Mikroalga Sebagai Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar mesin atau motor diesel yang terdiri atas ester monoalkil dari asam-asam lemak. Ester adalah istilah ilmu kimia yang berarti senyawa yang terbentuk dari kondensasi alkohol dengan asam lemak. Diantara alkohol-alkohol monohidrik yang menjadi sumber atau pemasok gugus alkil, methanol (metil alkohol) adalah yang paling umum digunakan, karena harganya murah dan reaktivitasnya paling tinggi. Jadi, di sebagian besar dunia ini, biodiesel identik dengan ester metil asam-asam lemak (fatty acids methyl ester, FAME) (Triantoro, 2008).

Biodiesel merupakan bahan kimia yang dipakai sebagai chemical additive untuk minyak diesel atau sebagai energi alternatif yang ramah lingkungan karena berasal dari minyak tumbuh-tumbuhan. Menurut Sony (2005) Kelebihan biodiesel dibandingkan solar adalah:

1. Merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan karena menghasilkan emisi yang jauh lebih baik (free sulphur, smoke number rendah).
2. Cetane number lebih baik.
3. Memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin
4. Biodegradable(dapat terurai).
5. Merupakan renewable energy karena terbuat dari bahan alam yang dapat diperbaharui.

Mikroalga adalah tumbuhan rendah prokariot yang sangat produktif dan dapat mengungguli tanaman lain seperti kelapa sawit, jarak, jagung dan lain-lain sebagai sumber biodiesel. Mikroalg dapat dikulturkan secara massal dan biomasnya diolah menjadi sumber energi terbarukan, yaitu biodiesel. Mikroalga sebagai alternatif sumber energi terbarukan telah menjadi pusat perhatian dunia dan teknologinya sedang terus dikembangkan ( Li *et al* , 2008 dalam Panggabean, 2010).

Menurut Panggabean (2010), mikroalga dapat dijadikan alternatif pengembangan dan sangat potensial dijadikan bahan baku biodiesel, karena mengandung minyak (lipid) hingga 70% Bila dibandingkan dengan tanaman dan material berkayu lain mempunyai kelebihan karena :

1. Efisiensi fotosintesis yang tinggi
2. Menghasilkan biomassa yang lebih banyak

3. Pertumbuhan lebih cepat
4. Tidak berkompetisi dengan produksi pangan
5. Dapat menggunakan air hasil daur ulang sehingga menghemat sumber daya air (water recycling)
6. Mengurangi emisi gas rumah kaca (*CO<sub>2</sub> recycling*)
7. Dapat mempergunakan limbah tertentu sebagai sumber nutrisi (N, P, Si)
8. Mempunyai komponen sampingan lain selain lipid (misalnya protein dan pigmen yang mempunyai nilai ekonomi yang tinggi).
9. Dapat mengubah CO<sub>2</sub>
10. Menjadi biomassa melalui proses fotosintesis
11. Dapat bertahan di dalam salinitas tinggi
12. Sesuai dengan iklim Indonesia

## **1.7 Lipid**

### **1.7.1 Deskripsi Lipid**

Lipid didefinisikan sebagai senyawa yang tak larut dalam air yang diekstrak dari organisme hidup menggunakan pelarut yang kepolarannya lemah pelarut non polar. Lipid dalam makanan manusia yang utama adalah triasilgliserol, sterol, dan membran fosfolipid yang berasal dari hewan dan tumbuhan. Proses metabolisme lipid membentuk dan mendegradasi simpanan lipid dalam jaringan tertentu (Ngili, 2009).

Lipid terdapat dalam semua bagian tubuh manusia terutama dalam otak, mempunyai peran yang sangat penting dalam proses metabolisme secara umum. Sebagian besar lipid sel jaringan terdapat sebagai komponen utama membran sel



dan berperan mengatur jalannya metabolisme di dalam sel. Trigliserida merupakan senyawa lipid utama yang terkandung dalam bahan makanan lipid utama yang terkandung dalam bahan makanan. Lipid tumbuhan mengandung lebih banyak asam lemak tak jenuh dan sedikit senyawa gliserol (Wirahadikusumah, 1985).

Beberapa peranan biologi yang penting dari lipid adalah sebagai: (1) komponen struktur membran; (2) lapisan pelindung pada beberapa jasad; (3) bentuk energi cadangan; (4) komponen permukaan sel yang berperan dalam proses interaksi sel dengan senyawa kimia di luar sel, seperti dalam proses kekebalan jaringan; (5) sebagai komponen dalam proses pengangkutan melalui membran (Wirahadikusumah, 1985).

Lemak dan minyak adalah senyawa yang serupa secara kimia, tapi pada suhu ruangan lemak berbentuk padat sedangkan minyak berbentuk cair. Keduanya terdiri dari asam lemak berantai panjang, diesterifikasi oleh gugus karboksil tunggalnya menjadi hidroksil dari alkohol tiga-karbon *gliserol*. Ketiga gugus hidroksi dari gliserol diesterifikasi, sehingga lemak dan minyak sering disebut trigliserida (Salisbury, 1995).

### **2.7.2 Penggolongan Lipid**

Lipid mempunyai sifat fisik sebagai berikut: (1) tidak larut dalam air, tetapi larut dalam satu atau lebih dari satu pelarut organik misalnya eter, aseton, kloroform, benzena yang sering juga disebut “pelarut lemak”; (2) ada hubungan asam-asam lemak atau esternya; (3) mempunyai kemungkinan digunakan oleh makhluk hidup (Poedjiadi, 1994).

Senyawa-senyawa yang termasuk lipid ini dapat dibagi dalam beberapa golongan. Lipid dibagi menjadi tiga golongan besar yaitu:

1. Lipid sederhana, yaitu ester asam lemak dengan berbagai alkohol, contohnya lemak atau gliserida dan lilin.
2. Lipid gabungan yaitu ester asam lemak yang mempunyai gugus tambahan, contohnya fosfolipid, serebrosida.
3. Derivat lipid, yaitu senyawa yang dihasilkan oleh proses hidrolisis lipid, contohnya asam lemak, gliserol, dan sterol.

Disamping itu berdasarkan sifat kimia yang penting, lipid dapat dibagi dalam dua golongan yang besar, yakni lipid yang dapat disabunkan, yakni dapat dihidrolisis dengan basa, contohnya lemak, dan lipid yang tidak dapat disabunkan, contohnya steroid (Poedjiadi, 1994).

Asam lemak adalah asam organik yang terdapat sebagai ester trigliserida atau lemak, baik yang berasal dari hewan atau tumbuhan. Asam ini adalah asam karboksilat yang mempunyai rantai karbon panjang. Asam lemak adalah asam lemah, apabila dapat larut dalam air molekul asam lemak akan terionisasi sebagian dan melepaskan ion  $H^+$  (Poedjiadi, 1994).

Lemak adalah suatu ester asam lemak dengan gliserol. Gliserol ialah suatu trihidroksil alkohol yang terdiri atas tiga atom karbon. Jadi tiap atom karbon mempunyai gusus  $-OH$ . Satu molekul gliserol dapat mengikat satu, dua atau tiga molekul asam lemak dalam bentuk ester, yang disebut monogliserida, digliserida atau trigliserida. Pada lemak, satu molekul gliserol mengikat tiga molekul asam lemak, oleh karena itu lemak adalah suatutrigliserda (Poediadi, 1994).

Lemak hewan pada umumnya berupa zat padat pada suhu ruangan, sedangkan lemak yang berasal dari tumbuhan berupa zat cair. Lemak yang mempunyai titik lebur tinggi mengandung asam lemak jenuh, sedangkan lemak cair atau yang biasa disebut minyak mengandung asam lemak tidak jenuh (Poedjiadi, 1994).

### **2.7.3 Sintesis Lipid**

Sintesis lipid dibagi dalam tiga bagian, yaitu pembentukan gliserol, sintesis asam lemak, dan penggabungan gliserol dengan asam lemak (Sasmitamihardja, 1990).

#### **2.7.3.1 Pembentukan Gliserol**

Gliserol terbentuk dari senyawa perantara glikolisis, yaitu dihidroksiaseton fosfat yang akan direduksi oleh  $\text{NADH}_2$  membentuk  $\alpha$ -gliserofosfat. Senyawa gliserofosfat inilah yang menyediakan unit gliserol yang terdapat dalam lemak dan minyak (Sasmitamihardja, 1990).

#### **2.7.3.2 Sintesis Asam Lemak jenuh**

Malonil-SkoA merupakan donor karbon yang utama bagi sintesis asam lemak. Untuk mensintesis malonil-SkoA diperlukan Asetil-SkoA. Malonil-SkoA memberikan satu gugus asetil melalui reaksi reduksi, membebaskan  $\text{CO}_2$  dan KoA tereduksi. Mula-mula malonil-SkoA akan berkondensasi dengan asetil-SkoA. Tetapi sebelum berkondensasi, gugus asetil dan gugus malonil(gugus asil) harus dipindahkan dahulu ke suatu protein khusus yang disebut protein pembawa

asil/ACP. Setelah dipindahkan ke ACP baru gugus asetil dan gugus malonil berkondensasi, satu molekul  $\text{CO}_2$  yang semula diikatnya akan dibebaskan. Dengan menambahkan malonil-SACP kepada butiril-SACP berkarbon 6, demikian seterusnya setiap kali ditambahkan malonil SACP sehingga diperoleh asam lemak yang diinginkan (Sasmitamihardja, 1990).

### **2.7.3.3 Penggabungan Gliserol Dengan Asam Lemak**

Tahap terakhir sintesis lipid adalah penggabungan  $\alpha$ -gliserol fosfat dengan tiga molekul asam lemak-SACP/KoASH membentuk trigliserida. Setelah asam lemak disintesis menurut reaksi yang telah diuraikan, asam lemak bebas tidak menumpuk dalam sel tetapi segera bereaksi dengan gliserol fosfat membentuk lemak/minyak. Pada waktu bereaksi terjadi asam lemak tetap berikatan dengan -SACP atau -SkoA (Sasmitamihardja, 1990).

## **2.8 Kandungan Lipid dalam Mikroalga**

Mikroalga memiliki kuantitas lemak dan minyak yang penting dengan komposisi yang sama dengan dengan minyak nabati lainnya. Dalam kondisi tertentu, mikroalga telah diketahui memiliki lebih dari 85% berat kering lipid, jumlah ini melebihi hasil yang dimiliki oleh tumbuhan darat. Kandungan lipid rata-rata berurutan dari 20% sampai 40% berat kering dan paling tidak satu jenis mikroalga, *Botryococcus braunii*, juga memproduksi jumlah besar hidrokarbon  $\text{CO}_{15}$  sampai  $\text{CO}_{33}$ . Kandungan lipid dalam beberapa species mikroalga juga termasuk kaya akan asam lemak esensial seperti  $\text{CO}_{18}$  linoleat dan asam  $\gamma$ -linoleat

serta turunan dari CO<sub>20</sub>, seperti asam eikosapentanoat dan asam arachidoneat (Kawaroe, 2010).

Mikroalga mengandung minyak nabati yang sangat tinggi, bahkan beberapa diantaranya mempunyai kandungan minyak lebih dari 50%. Kandungan minyak nabati yang besar mengidentifikasi tingginya kandungan asam lemak dalam alga. Semakin banyak kandungan asam lemak dalam suatu bahan maka semakin besar pula potensi bahan tersebut untuk dapat menghasilkan biodiesel (Rachmaniah dkk, 2010).

## **2.9 Pemanfaatan Lipid Sebagai Bahan Baku Biodiesel**

Mikroalga merupakan tumbuhan tingkat rendah yang memiliki potensi sebagai penghasil bahan baku biodiesel. Berdasarkan beberapa penelitian, mikroalga mempunyai kemampuan yang sangat besar untuk menghasilkan minyak alami (lipid), lebih kurang 60% dari berat kering. Pertumbuhan yang relatif cepat dan tidak memerlukan lahan yang luas untuk menghasilkan biomassa dan lipid (Chisti, 2007).

Mikroalga mengandung minyak nabati yang sangat tinggi, bahkan beberapa diantaranya mempunyai kandungan minyak lebih dari 50%. Kandungan minyak nabati yang besar mengidentifikasi tingginya kandungan asam lemak dalam alga. Semakin banyak kandungan asam lemak dalam suatu bahan maka semakin besar pula potensi bahan tersebut untuk dapat menghasilkan biodiesel (Rachmaniah, 2010).

## 2.10 Limbah Tapioka

Menurut Sunaryo (2004) dalam Sumiyati (2009), menyatakan bahwa limbah tapioka dapat mengakibatkan komunitas lingkungan air disungai terancam kepunahan, karena limbah cair tapioka mengandung senyawa racun CN atau HCN yang sangat tinggi. Dimana dalam pembuangan limbah ke lingkungan air tidak mengalami pengolahan terlebih dahulu. Dampak negatif dari limbah cair mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan, diantaranya bau yang tidak sedap dan beberapa sumur warga yang tidak layak untuk dikonsumsi. Salah satu jalan yang bisa ditempuh untuk mengatasi limbah cair sebelum dimanfaatkan untuk pengairan sawah dan ladang adalah perlu adanya pengolahan terlebih dahulu.

Berdasarkan karakteristiknya, limbah industri dapat digolongkan menjadi tiga bagian (Kristanto, 2002):

- a. Limbah cair
- b. Limbah gas dan partikel
- c. Limbah padat

Menurut Soeriatmadja (1984), mengatakan bahwa limbah yang dibiarkan terbuang di perairan terbuka akan menimbulkan 5 perubahan kualitas air yang tercemarinya :

1. Peningkatan zat padat berupa senyawa organik, sehingga timbul kenaikan limbah padatan, tersuspensi maupun terlarut;
2. Peningkatan kebutuhan oksigen oleh mikroba-pernbusuk senyawa organik, dinyatakan dengan BODS;
3. Peningkatan kebutuhan proses kimiawi dalam air, dinyatakan dalam COD;

4. Peningkatan senyawa zat racun dalam air dan pembawa bau busuk dan menyebar keluar dari ekosistem akuatik;
5. Peningkatan derajat keasaman dinyatakan dengan pH akan merusak keseimbangan ekosistem akuatik atau perairan terbuka.

Proses pembuatan tapioka memerlukan air untuk memisahkan pati dari serat. Pati yang larut dalam air harus dipisahkan. Teknologi yang ada belum mampu memisahkan seluruh pati yang terlarut dalam air, sehingga limbah cair yang dilepaskan ke lingkungan masih mengandung pati. Limbah cair akan mengalami dekomposisi secara alami di badan-badan perairan dan menimbulkan bau yang tidak sedap. Bau tersebut dihasilkan pada proses penguraian senyawa mengandung nitrogen, sulfur dan fosfor dari bahan berprotein (Zaitun, 1999, dalam Hanifah dkk, 2001).

Limbah yang dihasilkan dari pembuatan tepung tapioka ada dua macam yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat masih dapat digunakan untuk keperluan lain misalnya makanan ternak dan asam cuka, tapi limbah cair dibuang begitu saja ke lingkungan. Limbah cair dari industri tepung tapioka mengandung senyawa-senyawa organik tersuspensi seperti protein, lemak, karbohidrat yang mudah membusuk dan menimbulkan bau tak sedap maupun senyawa anorganik yang berbahaya seperti CN, nitrit, ammonia, dan sebagainya. Hal inilah yang sering menjadi keluhan terutama bagi masyarakat yang berada di sekitar industri tersebut karena dapat membahayakan kesehatan serta merusak keindahan (Riyanti, 2010).

## 2.11 Kerusakan Alam dalam Kajian Keislaman

Selain oksigen, material lain yang sangat penting dan vital bagi penunjang kehidupan manusia, hewan dan tumbuhan adalah air bersih. Allah Swt telah menegaskan pentingnya air bagi makhluk hidup di dunia ini. Sebagian besar air di bumi berasal dari samudra yang luas, melalui siklus hujan, maka air merembes ke sumur, sebagian mengalir ke lembah dan sungai (Dyayadi, 2008).

Pada kondisi saat ini minimnya ketersediaan air bersih pada lingkungan sekitarnya disebabkan oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yang sering terjadi adalah pembuangan limbah secara terus menerus dari limbah pabrik. Hal ini menyebabkan kandungan air yang bersih menjadi tercemar karena tercampurnya senyawa kimia dari limbah pabrik tersebut. Dalam hal ini Allah telah menegaskan pada QS. Ar-Ruum: 41 secara tersurat memerintah kepada manusia agar selalu menjaga alam sekitarnya.

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ  
يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

*Artinya: "Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)".*

Dalam tafsir Muyassar/ Aidh al-Qarni (2007) menyatakan bahwa makna yang terkandung dalam ayat ini adalah: kerusakan telah tampak di daratan dan lautan, seperti paceklik, penyakit, kemiskinan, kelaparan, wabah, musibah dan bala bencana akibat dosa-dosa umat manusia. Allah menguji mereka akibat dosa-dosa yang mereka agar mereka kembali kepada Tuhanya dengan benar-benar bertobat serta menjauhi dosa. Dengan demikian, kenikmatan akan langgeng, bencana akan lenyap, keadaan menjadi baik dan harapan kembali kenyataan.



An-Nuhas juga mengatakanya secara makna. Ada dua pendapat tentang makna ayat ini:

1. Maknanya adalah, telah nampak kekeringan di daratan, yakni di lembah-lembah dan desa-desa dan di lautan, di kota-kota pesisir laut. Seperti firman Allah Swt, pada Qs. Yusuf: 82 yang artinya “ *Dan tanyalah (penduduk) negeri*”. Maksudnya telah nampak sedikit hujan dan tingginya harta. Selanjutnya Allah swt berfirman “*Disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebagian siksaan orang yang berbuat*”. Kemudian siksaan itu dihilangkan.
2. Maknanya adalah, telah nampak kemaksiatan berupa perampokan dan kedzaliman, sebab inilah kerusakan yang hakiki (Imam, 2009).

Selain ayat diatas Allah juga menegaskan dalam ayat lainnya yaitu pada Qs. Al-A'raaf ayat 56.

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

Artinya : “*Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah Amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik*”.

Allah ta'ala melarang hambaNya melakukan perusakan dan hal-hal yang membahayakanya, setelah dilakukan perbaikan atasnya. Karena jika berbagai macam urusan sudah berjalan dengan baik dan setelah itu terjadi perusakan, maka yang demikian itu lebih berbahaya bagi umat manusia. Maka Allah ta'ala melarang hal itu, dan memerintahkan hamba-hambaNya untuk beribadah, berdo'a dan merendahkan diri kepadaNya. Maka Allah pun berfirman “*Dan berdo'alah kepadaNya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan*

*dikabulkan*). Maksudnya, takut memperoleh apa yang ada disisinya berupa siksaan dan berharap pada pahala yang banyak (Abdullah, 2007).

Kemudian Allah berfirman “*Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik*”. Artinya, rahmatNya diperuntukan bagi orang-orang yang berbuat baik yang mengikuti berbagai perintahNya (Abdullah, 2007).

Sedangkan menurut Faqih (2004) dalam Tafsir Nurul Qur'an menyatakan bahwa ayat ini menunjukkan syarat-syarat kesempurnaan dalam berdo'a kepada Allah SWT, begitu pula ucapan-ucapan do'a dan keadaan atau kondisi yang diperlukan untuk diterimanya do'a tersebut. Beberapa diantaranya adalah sebagai berikut:

*Pertama*, sebaiknya disertai dengan kerendahan hati. *Kedua*, berdo'a seharusnya dilakukan secara tersembunyi dan terlepas dari kemunafikan dan kepura-puraan. Dan *ketiga*, berdo'a haruslah dilakukan dengan perasaan takut dan harap, dan tanpa melanggar batas-batas kebenaran. Artinya seseorang harus secara sadar membersihkan dirinya dari perbuatan dosa dalam hidup kesehariannya. Ayat ini mengatakan, “*Dan janganlah kamu membuat kerusakan di bumi.....*”..

*Janganlah kamu melakukan kerusakan di bumi sesudah diperbaikinya*, yang artinya adalah janganlah kamu membuat kerusakan di bumi setelah diperbaiki dengan diciptakannya berbagai macam makhluk didalamnya dan cara-cara memanfaatkannya. Membuat kerusakan di bumi meliputi usaha memusnahkan manusia dengan pembunuhan dan penganiayaan, usaha merusak harta dengan mencuri dan merampas, merusak agama dengan kufur dan melakukan maksiat, serta merusak akal dengan minum yang membahayakan (Muhammad, 2000).

*Dan serulah (berdo'alah) kepada Allah karena takut dan penuh harap* artinya adalah berdo'alah kepada Allah dalam keadaan takut dan berharap. Takut akan tertimpa sesuatu yang tidak disukai dan berharap akan bisa memperoleh sesuatu yang diinginkan. Serulah Dia dalam keadaan takut kepada azabNya dan dalam keadaan mengharapkan pahalaNya (Muhammad, 2000).

*Sesungguhnya rahmat Allah dekat kepada orang-orang yang muhsin* artinya adalah sesungguhnya rahmat Allah itu dekat kepada orang yang muhsin (berbuka baik), yang mengerjakan amal dengan tulus ikhlas dan dilakukan dengan sebaik-baiknya (Muhammad, 2000).

