

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Mikroalga

Mikroalga merupakan mikroorganisme atau jasad renik dengan tingkat organisasi sel yang termasuk dalam kategori tumbuhan tingkat rendah. Mikroalga dikelompokkan dalam filum Talofita karena tidak memiliki akar, batang dan daun sejati, akan tetapi memiliki suatu zat pigmen yang disebut dengan klorofil, yang membantu dalam melakukan fotosintesis (Kurniati, 2003).

Mikroalga adalah organisme tumbuhan paling primitif berukuran seluler yang umumnya dikenal dengan sebutan nama fitoplankton. Habitat hidupnya 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 di laut dikenal dengan istilah *marine microalgae* atau mikroalga laut. Mikroalga laut berperan penting dalam jaringan makanan di laut 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* (Kawaroe, 2010).

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).

Keanekaragaman mikroalga sangat tinggi. Diperkirakan ada sekitar 200.000-800.000 spesies mikroalga yang ada di bumi, dimana baru sekitar 35.000 spesies saja yang telah diidentifikasi. Beberapa contoh spesies mikroalga diantaranya yaitu *Spirulina*, *Nannochloropsis* sp, *Botryococcus braunii*, *Chlorella* sp, *Dunaliella primolecta*, *Nitzschia* sp, *Tetraselmis suecia*, *Scenedesmus* sp dan lain-lain (Kawaroe, 2010).

Sel-sel mikroalga tumbuh dan berkembang pada suspensi air, sehingga mempunyai tingkat efisiensi yang lebih tinggi dalam hal penggunaan air, karbondioksida dan nutrisi lainnya bila dibandingkan dengan tanaman tingkat tinggi (Widjaja, 2009). Pertumbuhan mikroalga itu sendiri terdiri dari tiga fase utama, yaitu fase lag, eksponensial dan stasioner. Kebanyakan spesies mikroalga menghasilkan produk yang khas seperti karotenoid, antioksidan, asam lemak, enzim, polimer, peptida, toksin dan sterol (Beacker, 1994).

Mikroalga kebanyakan hidup di air, karena 70% permukaan bumi terdiri dari air, maka diperkirakan banyak karbon yang terfiksasi melalui fotosintesis oleh mikroalga sama jumlahnya seperti flora daratan. Mikroalga mempunyai peranan penting bagi organisme lain (Isnansetyo & Kurniastuti, 1995).

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). Sedangkan menurut Yani (2003) dalam Gunawan (2010), terdapat beberapa kelas mikroalga yang ditemukan di sumber air panas seperti *Cyanophyceae*, *Chlorophyceae*, *Bacillariophyceae*, *Chrisophyceae*, *Cryptophyceae* dan *Xanthophyceae*.

Selama ini mikroalga sudah dikenal luas sebagai bahan obat-obatan dan telah dimanfaatkan untuk mengobati dan mencegah berbagai macam penyakit. Mikroalga mengandung protein, lemak, asam lemak tak jenuh, pigmen, dan vitamin. Kandungan yang ada di dalam mikroalga tersebut sangat berguna untuk kesehatan manusia sebagai sumber gizi penting. Beberapa jenis mikroalga yang sudah sangat luas pemanfaatannya adalah *Chlorella* yang mengandung protein sekitar 40-60% (berat kering). Selain itu, mikroalga ini juga mengandung asam lemak tak jenuh Omega-3, Eikosa-pentaenoat (EPA), dan Dokosaheksaenoat (DHA) yang berfungsi untuk menurunkan kolesterol dalam darah (Kawaroe, 2010).

Keanekaragaman mikroalga di bumi sangat tinggi, tingginya keragaman mikroalga tersebut memungkinkan kita untuk mendapatkan mikroalga yang potensial untuk menghasilkan minyak dalam jumlah besar. Pada (Tabel 2.1) menunjukkan kandungan kimia dari berbagai spesies mikroalga, strain dari *Scenedesmus* sp. memiliki kadar lipid tertinggi sekitar 1-40% dibandingkan dengan kadar lipid yang dimiliki oleh strain-strain mikroalga yang lain (Becker, 1994).

Tabel 2.1. Kandungan kimia berbagai spesies mikroalga dalam biomasa kering (%)

Strain	Protein	Karbohidrat	Lipid	Asam nukleat
<i>Scenedesmus</i> sp.	8-18	21-30	1-40	--
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	48	17	21	--
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	51-58	12-17	14-22	4-5
<i>Chlorella pyrenoidos</i>	57	26	2	--
<i>Spyrogyra</i> sp.	6-20	33-64	11-21	--
<i>Dunaliella bioculata</i>	49	4	8	--
<i>Dunaliella salina</i>	57	32	6	--
<i>Euglena viridis gracilis</i>	39-61	14-18	14-20	--
<i>Prymnesium parvum</i>	28-45	25-33	22-38	1-2
<i>Tetraselmis maculate</i>	52	15	3	--
<i>Porphyridium cruentum</i>	28-39	40-57	9-14	--
<i>Spirulina platensis</i>	46-63	8-14	4-9	2-5
<i>Spirulina maxima</i>	60-71	13-16	6-7	3-5
<i>Synechoccus</i> sp.	63	15	11	5
<i>Anabaena cylindrical</i>	43-56	25-30	4-7	--

Sumber: (Becker, 1994).

Kandungan lemak (lipid) dan asam lemak (*fatty acid*) yang ada di dalam mikroalga merupakan sumber energi. Kandungan ini dihasilkan dari proses fotosintesis yang merupakan hidrokarbon, dan diduga dapat menghasilkan energi yang belum digali dan dimanfaatkan sepenuhnya (Kawaroe, 2010).

Kandungan lemak pada mikroalga merupakan sumber energi. Kandungan lemak dihasilkan dari proses fotosintesis yang merupakan hidrokarbon, dan diduga dapat menghasilkan energi yang belum digali dan dimanfaatkan sepenuhnya (Goswami dan Kalita, 2011). Kandungan asam lemak dari berbagai mikroalga dapat dilihat (Tabel 2.2), total asam lemak tertinggi terdapat pada spesies *Scenedesmus* sp.

Tabel 2.2. Kandungan asam lemak dari berbagai spesies mikroalga

Nama senyawa	<i>Scenedesmus</i> sp.	<i>Chlorella</i>	<i>Isocrysis</i>	<i>Nannochloropsis</i>
Asam kapriat	0,07	-	-	0,30
Asam laurat	0,22	0,02	-	0,99
Asam myristat	0,34	-	0,33	7,06
Asam stearat	13,85	29,50	20,21	-
Asam palmitat	20,29	8,09	0,93	12,25
Asam oleat	-	2,41	37,63	-
Asam volerat	-	10,06	0,77	-
Asam margarit	-	-	34,25	42,32
Asam palmitoleat	9,78	2,15	-	-
Asam palmitolineat	-	-	2,06	2,47
Asam linoleat	25,16	45,07	-	-
Asam linolenat	16,16	11,49	-	-
Gliserol trilaurat	3,73	-	-	-
Vinil laurat	35,52	-	-	-
Total asam lemak	125,12	108,78	96,24	63,39

Sumber: (Kawaroe, 2010).

Penggunaan mikroalga sebagai bahan baku biofuel mempunyai beberapa keuntungan jika dibandingkan dengan tanaman pangan, diantaranya yaitu pertumbuhan yang cepat, produktivitas tinggi, dapat menggunakan air tawar maupun air laut, tidak berkompetisi dengan bahan pangan, konsumsi air dalam jumlah sedikit serta menggunakan biaya produksi yang relatif rendah (Basmal, 2008).

Melalui beberapa proses seperti biofotolisis maupun fermentasi, mikroalga mampu menghasilkan hydrogen. Hasil ini sangat mudah dikonversi menjadi panas, listrik, bahan bakar dan tanpa menghasilkan senyawa beracun sebagai hasil samping seperti halnya bahan bakar yang ada saat ini. Akumulasi lemak yang terjadi di dalam tubuh mikroalga memiliki kecenderungan untuk mengalami peningkatan jika organisme tersebut berada pada kondisi lingkungan yang mengalami tekanan. Dan pada kondisi Indonesia yang sedang mengalami krisis

energi, maka alternatif potensi kandungan bahan bakar *biofuel* yang berasal dari mikroalga (*oil algae*) ini menjadi sangat menjanjikan untuk dimanfaatkan (Kawaroe, 2010).

Penggunaan mikroalga sebagai bahan baku biofuel mempunyai beberapa keuntungan jika dibandingkan dengan tanaman pangan, diantaranya yaitu pertumbuhan yang cepat, produktivitas tinggi, dapat menggunakan air tawar maupun air laut, tidak berkompetisi dengan bahan pangan, konsumsi air dalam jumlah sedikit serta menggunakan biaya produksi yang relatif rendah (Guerrero, 2010).

2.2 Kondisi Lingkungan yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mikroalga

Pertumbuhan mikroalga dipengaruhi oleh beberapa faktor umum seperti faktor eksternal (lingkungan) yang biasa dikenal. Faktor-faktor lingkungan tersebut berpengaruh terhadap laju pertumbuhan dan metabolisme dari makhluk hidup mikro (Fachrullah, 2011). Menurut Irianto (2011) dan Fachrullah (2011) Faktor-faktor tersebut antara lain:

2.2.1 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau pH digambarkan sebagai keberadaan ion hidrogen. Variasi pH dalam media kultur dapat mempengaruhi metabolisme dan pertumbuhan kultur mikroalga antara lain mengubah keseimbangan karbon anorganik, mengubah ketersediaan nutrisi dan mempengaruhi fisiologi sel. Kisaran pH untuk kultur alga biasanya antara 7-9, kisaran optimum untuk alga

laut berkisar antara 7,8-8,5. Secara umum kisaran pH yang optimum untuk kultur mikroalga adalah antara 7–9.

2.2.2 Salinitas

Kisaran salinitas yang berubah-ubah dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroalga. Beberapa mikroalga dapat tumbuh dalam kisaran salinitas yang tinggi tetapi ada juga yang dapat tumbuh dalam kisaran salinitas yang rendah. Namun, hampir semua jenis mikroalga dapat tumbuh optimal pada salinitas sedikit dibawah habitat asal. Pengaturan salinitas pada media yang diperkaya dapat dilakukan dengan pengenceran dengan menggunakan air tawar. Kisaran salinitas yang paling optimum untuk pertumbuhan mikroalga adalah 25-35‰.

2.2.3 Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi pertumbuhan mikroalga. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses kimia, biologi dan fisika. Peningkatan suhu dapat menurunkan suatu kelarutan bahan dan dapat menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi mikroalga di perairan. Secara umum suhu optimal dalam kultur mikroalga berkisar antara 20-30°C. Suhu dalam kultur diatur sedemikian rupa bergantung pada media yang digunakan. Suhu di bawah 16°C dapat menyebabkan kecepatan pertumbuhan turun, sedangkan suhu diatas 36°C dapat menyebabkan kematian.

2.2.4 Cahaya

Cahaya merupakan sumber energi dalam proses fotosintesis yang berguna untuk pembentukan senyawa karbon organik. Intensitas cahaya sangat menentukan pertumbuhan mikroalga yaitu dilihat dari lama penyinaran dan panjang gelombang yang digunakan untuk fotosintesis. Cahaya berperan penting dalam pertumbuhan mikroalga, tetapi kebutuhannya bervariasi yang disesuaikan dengan kedalaman kultur dan kepadatannya.

2.2.5 Karbondioksida

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.

2.2.6 Nutrien

Mikroalga memperoleh nutrien dari air laut yang sudah mengandung nutrien yang cukup lengkap. Namun pertumbuhan mikroalga dalam kultur dapat mencapai optimum dengan mencampurkan air laut dengan nutrien yang tidak terkandung dalam air laut tersebut. Nutrien tersebut dibagi menjadi makro nutrien dan mikro nutrien. Unsur makro nutrien terdiri atas N (meliputi nitrat), P (Posfat), K (Kalium), C (Karbon), Si (silikat), S (Sulfat) dan Ca (Kalsium). Unsur mikro nutrien terdiri atas Fe (Besi), Zn (Seng), Cu (Tembaga), Mg (Magnesium), Mo (*Molybdate*), Co (Kobalt), B (Boron), dan lainnya.

2.2.7 Aerasi

Aerasi dalam kultivasi mikroalga digunakan dalam proses pengadukan media kultur. Pengadukan sangat penting dilakukan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya pengendapan sel, nutrisi tersebar dengan baik sehingga mikroalga dalam kultur mendapatkan nutrisi yang sama, mencegah stratifikasi suhu, dan meningkatkan pertukaran gas dari udara menuju ke media.

Menurut Irianto (2011) Pertumbuhan mikroalga dalam media kultur dapat ditandai dengan bertambah besarnya ukuran sel atau bertambah banyaknya jumlah sel. Kepadatan sel dalam kultur *Scenedesmus* sp. digunakan untuk mengetahui pertumbuhan jenis mikroalga hijau tersebut. Kecepatan tumbuh dalam kultur ditentukan dari media yang digunakan dan dapat dilihat dari hasil pengamatan kepadatan *Scenedesmus* sp. yang dilakukan setiap 24 jam.

2.3 Fase Pertumbuhan Mikroalga

Pertumbuhan mikroalga dapat diamati dengan melihat pertumbuhan besar ukuran sel mikroalga atau dengan mengamati pertumbuhan jumlah sel dalam satuan tertentu. Cara kedua sering digunakan untuk mengetahui pertumbuhan mikroalga, yaitu dengan menghitung kelimpahan atau kepadatan sel mikroalga dari waktu ke waktu (Gunawan, 2010). Menurut Isnansetyo dan Kuniastuty (1995) terdapat dua cara penghitungan kepadatan mikroalga yaitu dengan menggunakan *Sedgwick rafter* dan menggunakan *haemocytometer*. Penggunaan *haemocytometer* lebih sering digunakan dibandingkan dengan *sedgwick rafter* karena kemudahan dalam penggunaannya. Selama pertumbuhan mikroalga dapat

mengalami beberapa fase pertumbuhan menurut Becker (1994), Isnansetyo dan Kurniastuty (1995) yaitu:

(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. Menurut Isnansetyo dan Kurniastuty (1995) *Scenedesmus* sp. dapat mencapai fase ini dalam waktu 4-7 hari.

(3) Fase Penurunan Laju Pertumbuhan

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

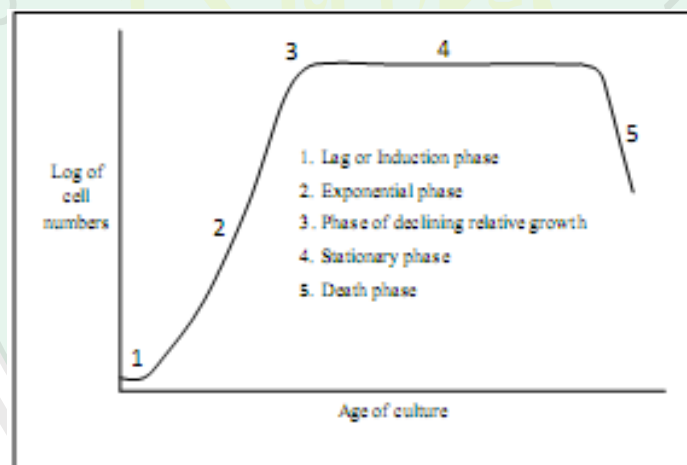
(4) Fase Stasioner

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. menurut Becker (1994), Gambar 2.2 adalah kurva pertumbuhan dari mikroalga.



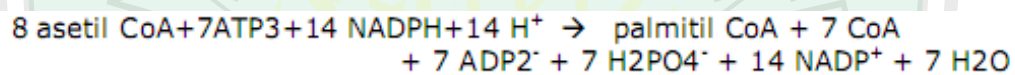
Gambar 2.1. Kurva pertumbuhan mikroalga (Fachrullah, 2011).

2.4 Biosintesis Asam Lemak

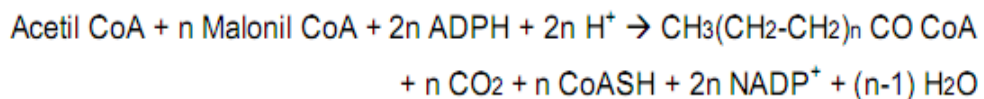
Pengubahan karbohidrat menjadi lemak memerlukan produksi asam lemak dan gliserol sebagai rangka sehingga asam teresterifikasi. Asam lemak dibentuk oleh kondensasi berganda unit asetat dari asetil CoA. Sebagian besar reaksi sintesis asam lemak terjadi hanya di kloroplas, daun, serta di proplastid biji dan

akar. Asam lemak yang disintesis pada kedua organel ini terutama adalah asam palmitat dan asam oleat. Asetil CoA yang digunakan untuk membentuk lemak di kloroplas, kloroplas sering dihasilkan oleh piruvat dehidrogenase dengan menggunakan piruvat yang dibentuk pada glikolisis di sitosol. Sumber lain asetil CoA pada kloroplas beberapa tumbuhan adalah asetat bebas dari mitokondria. Asetat ini diserap oleh plastid dan diubah menjadi asetil CoA, untuk digunakan membentuk asam lemak dan lipid lainnya (Salisbury dan Ross, 1995).

Rangkuman reaksi sintesis asam lemak dengan contoh asam palmitat dapat diberikan sebagai berikut.

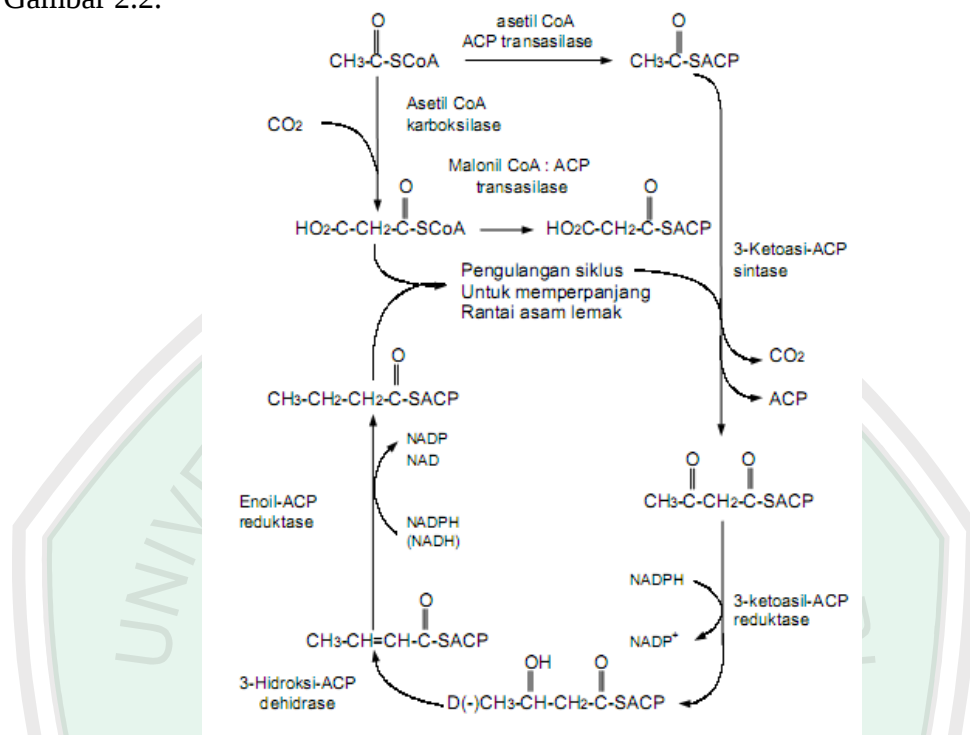


Pada reaksi sintesa asam lemak, enzim CoA dan protein pembawa asil (ACP) mempunyai peranan penting. Enzim-enzim ini berperan membentuk rantai asam lemak dengan menggabungkan secara bertahap satu gugus asetil turunan dari asetat dalam bentuk asetil CoA dengan sebanyak N gugus malonil turunan dari malonat dalam bentuk malonil CoA, seperti ditunjukkan pada reaksi berikut (Rosita, 2003):



Sintesa asam lemak berlangsung bertahap dengan siklus reaksi perpanjangan rantai asam lemak hingga membentuk rantai komplek C16 dan C18.

Tahapan reaksi ini dapat ditunjukkan dalam bentuk lintasan biosintesis pada Gambar 2.2.



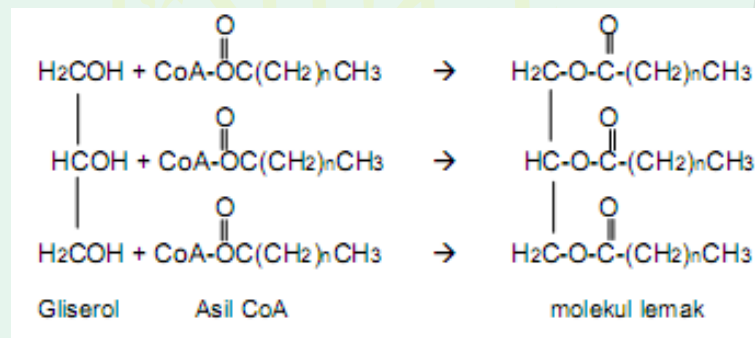
Gambar 2.2. Lintasan Biosintesis Asam lemak (Weete,1980 dalam Rosita, 2003)

Bahan utama yang digunakan pada biosintesis asam lemak adalah senyawa asetil CoA dan senyawa malonil CoA. Malonil CoA disintesis dari asetil CoA dengan penambahan CO_2 oleh asetil CoA karboksilase. Reaksi pertama pada biosintesis asam lemak adalah pemindahan gugus asetil dan gugus malonil dari CoA ke ACP dengan katalis asetil-CoA; ACP transilase dan malonil-CoA;ACP transilase. Reaksi berikutnya adalah pengkondensasian gugus malonil membentuk asetoasetil-ACP dengan melepaskan CO_2 . Setelah penkondensasian asetil dengan malonil, tahapan selanjutnya terdiri dari urutan reaksi reduksi dengan katalis 3-ketoasil ACP reduktase, reaksi dehidrasi. dengan katalis 3-hidroksi ACP dehidrase, dan reaksi reduksi dengan katalis enoil ACP reduktase. Urutan reaksi-reaksi ini merupakan siklus lintasan pembentukan dan penambahan panjang rantai

asam lemak. Hasil sintesa dari urutan reaksi ini adalah molekul asam lemak yang terikat dengan ACP (Salisbury dan Ross, 1995).

Hasil sintesa awal adalah asam lemak rendah dengan jumlah atom karbon sebanyak 4. Hasil sintesis ini selanjutnya kembali memasuki siklus ‘kondensasi-reduksi-dehidrase-reduksi’ untuk menambah panjang rantai asam lemak dengan 2 atom karbon. Bila panjang rantai molekul asam lemak hasil sintesis belum cukup, sintesis lanjut berlangsung kembali melalui siklus yang sama (Rosita, 2003).

Hasil sintesis asam lemak terdapat terikat dengan ACP dan CoA. Kemudian CoA akan terhidrolisis dan keluar bila asam lemak bergabung dengan gliserol selama pembentukan lemak atau lipid membran sebagai berikut (Rosita, 2003):



Pada reaksi pembentukan asam lemak dibutuhkan banyak energi, di mana dua pasang elektron (2NADPH) dan satu ATP diperlukan untuk tiap gugus asetil. Kebutuhan energi ini di daun dapat tersedia dari fotosintesis yang menyediakan sebagian besar NADPH dan ATP sehingga pembentukan asam lemak pada keadaan terang dapat berlangsung lebih cepat daripada pembentukan pada keadaan gelap. Pada tempat gelap di proplastid biji dan akar, NADPH dapat tersedia dari lintasan respirasi pentosa fosfat, dan ATP dari glikolisis piruvat yang

merupakan senyawa asal dari asetil CoA. Lintasan pembentukan asam lemak dari piruvat melalui tahapan pembentukan asetil CoA dan malonil CoA pada plastid .

Sebagian besar asam lemak terbentuk di ER walaupun asam oleat dan asam palmitat dibentuk di plastid. Asam lemak yang disintesis di proplastid biji dan akar terutama adalah asam palmitat dan asam oleat. Pada biji, asam lemak yang diproduksi dapat langsung diesterifikasi dengan gliserol membentuk oleosom. Kemungkinan lainnya ialah asam lemak diangkut balik ke proplastid untuk membentuk oleosom. Asam lemak dapat diubah menjadi fosfolipid di ER semua sel sebagai bahan untuk pertumbuhan membran ER dan membran sel lainnya. Di ER pada daun, asam linoleat dan asam linolenat yang disintesis kemudian diangkut dari ER ke kloroplas dan ditimbun sebagai lipid di membran tilakoid.

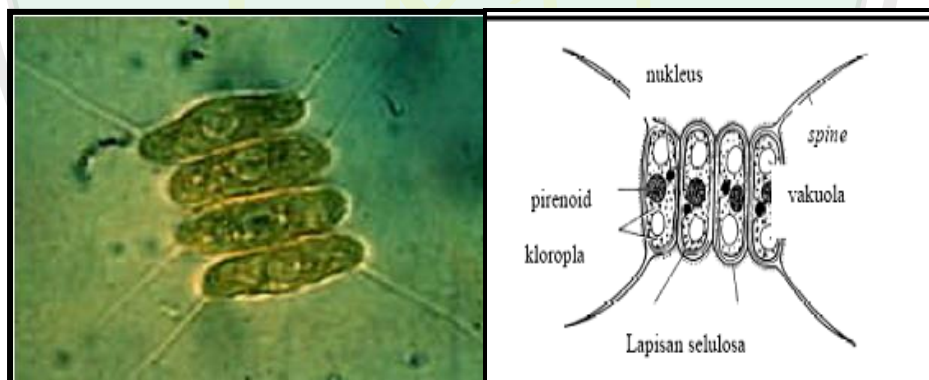
Pada berbagai tumbuhan, timbunan lemak terdapat beragam sesuai dengan lingkungannya, terutama dengan suhu sebagai faktor pengendali utama. Pada suhu rendah, asam lemak cenderung lebih tidak jenuh dibandingkan pada suhu tinggi sehingga membran lebih cair dan membentuk oleosom. Kecenderungan ini dapat dijelaskan dengan peningkatan kelarutan oksigen di air sejalan dengan turunnya suhu. Hal ini akan menyediakan O_2 sebagai penerima esensial atom hidrogen bagi proses ketidakjenuhan di ER sehingga menyebabkan lebih banyak asam lemak tidak jenuh (Salisbury dan Ross, 1995).

2.5 Biologi *Scenedesmus* sp.

Scenedesmus sp. adalah salah satu spesies ganggang hijau uniseluler yang berkoloni. Sel-selnya mempunyai kloroplas yang berwarna hijau yang

mengandung klorofil-a dan klorofil-b, serta karotenoid. Pada kloroplas terdapat butiran padat yang disebut pirenoid yang berfungsi untuk pembentukan tepung dan minyak. Organisme ini tumbuh subur di lingkungan perairan yang kaya akan nutrisi. Sel *Scenedesmus* sp. berbentuk silindris dan umumnya membentuk koloni (Gambar 2.2). Koloninya umumnya terdiri dari 2 atau 4 sel yang berbentuk silindris. Masing-masing selnya mempunyai panjang 5-30 mm (Bold, 1980).

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.



Gambar 2.3. Morfologi dan struktur *Scenedesmus* sp. (Prihantini, 2007).

Scenedesmus adalah salah satu spesies ganggang hijau uniseluler yang berkoloni. Sel-selnya mempunyai kloroplas yang berwarna hijau, mengandung klorofil-a dan klorofil-b, serta karotenoid. Pada kloroplas terdapat pirenoid, hasil asimilasi berupa tepung dan minyak. Organisme ini tumbuh subur di lingkungan

perairan yang kaya akan nutrisi. Berikut adalah taksonomi dari *Scenedesmus* sp. menurut Kwaroe (2010):

Divisi : Chlorophyta

Kelas : Chlorophyceae

Ordo : Sphaeropleales

Famili : Scenedesmaceae

Genus : Scenedesmus

Spesies : *Scenedesmus* sp.

Scenedesmus sp. dapat melakukan reproduksi secara asexual maupun seksual. Reproduksi asexual autospora dengan 2-32 per sporangium, reproduksi seksual oleh *Scenedesmus* sp. Beberapa spesies *Scenedesmu* sp., dapat melakukan reproduksi seksual dengan pembentukan zoospora biflagel dan isogami (Hori, 1993).

Scenedesmus sp. dapat melakukan reproduksi secara asexual maupun seksual. Reproduksi asexual 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 (Iranto, 2011).

Karbohidrat, protein, dan lemak bila diuraikan menjadi monomer-monomer penyusunnya, pada akhirnya akan menjadi asetil KoA. Selanjutnya, asetil KoA

masuk ke dalam siklus Krebs, dilanjutkan dengan rantai transpor elektron yang akan menghasilkan ATP. Energi yang terkandung dalam ATP tersebut digunakan untuk pertumbuhan dan pembelahan sel *Scenedesmus* (Kawaroe, 2010).

Scenedesmus sp. mengandung 8-56% protein, 10-52% karbohidrat, 2-40% lemak serta 3-6% *nucleic acid*. Asam lemak pada *Scenedesmus* sp. 25,161% berupa Linoleat, 23,459% Oleat, serta 20,286% adalah Palmitat. Kandungan asam lemak yang terkandung dalam *Scenedesmus* sp. diantaranya adalah Asam kapriat (0,07%), Asam laurat (0,22%), Asam myristat (0,34%), Asam stearat (13,85%), Asam palmitat (20,29%), Asam palmitoleat (9,78%), Asam linolenat (16,16%), Gliserol trilaurat (3,73%) dan Vanil 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).

2.6 Limbah Cair Tapioka

Limbah adalah buangan yang kehadirannya pada suatu dan tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomi. Limbah yang mengandung bahan polutan yang memiliki sifat racun dan berbahaya dikenal dengan limbah B-3, yang dinyatakan sebagai bahan yang dalam jumlah relative sedikit tetapi berpotensi untuk merusak lingkungan hidup dan sumber daya (Kristanto, 2002).

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

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

Limbah cair tapioka merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan, baik dari pencucian bahan baku sampai pada proses pemisahan pati dari airnya atau proses pengendapan (Prayetno, 2008).

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 organ dan, 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 rnenyebar keluar dari ekosistem akuatik;
5. Peningkatan derajat keasaman dinyatakan dengan pH akan merusak keseimbangan ekosistem akuatik atau perairan terbuka.

Kandungan dari limbah tersebut diantaranya padatan tersuspensi, kasar dan halus terbanyak serta senyawa organik. Pemekatan dan pencucian pati dengan

sentrifus menghasilkan limbah cukup banyak juga dengan kandungan padatan tersuspensi halus yang cukup tinggi kehadiran zat-zat tersebut dalam limbah cair dapat menimbulkan gangguan-gangguan sebagai berikut (Santoso, 2011):

- a. Menyebabkan perubahan rasa dan bau yang tidak sedap
- b. Menimbulkan penyakit: misalnya gatal-gatal
- c. Mengurangi estetika sungai.

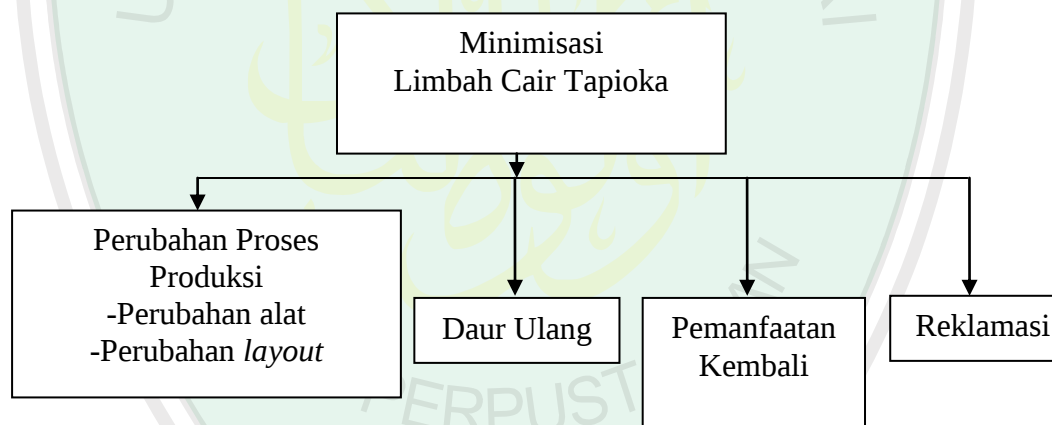
Menurut Sumiyati (2009), limbah tapioka dapat mengakibatkan komunitas lingkungan air disungai terancam kepunahan, karena limbah cair tapioka mengandung senyawa racun CN atau HCN (sianida) yang sangat tinggi. Pembuangan limbah ke lingkungan air tidak mengalami pengolahan terlebih dahulu. Dampak negatif dari limbah cair mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan, diantaranya bau yang tidak sedap dan beberapa sumur warga yang tidak layak untuk dikonsumsi. Limbah cair tapioka memiliki kandungan bahan organik diantaranya glukosa sebesar 21,067 mg%, karbohidrat sebesar 18,900 % dan vitamin C sebesar 51,040 mg%.

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).

Limbah cair tapioka secara garis besar berasal dari pengolahan singkong menjadi tepung tapioka. Terbentuknya tepung tapioka melalui beberapa rangkaian proses yang diawali dengan pengupasan umbi singkong, pencucian umbi kupasan, pamarutan, pemerasan, penyaringan, pengendapan, pengeringan dan terakhir penggilingan (Bapedal, 1996).

Cara-cara minimisasi limbah dalam setiap kegiatan industri sangat bervariasi dan tergantung pada kondisi yang dihadapi (Bapedal, 1996). Adapun upaya minimisasi limbah pada industri tapioka disajikan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Skema Cara Minimisasi Limbah Cair Industri Tapioka (Sumber: Retnani, 1999)

Limbah cair tapioka (LCT) dapat dimanfaatkan kembali, dengan pengolahan yang lebih lanjut sebelum dibuang ke lingkungan sekitar industri tapioka. Salah satu metode yang saat ini berkembang adalah bioremediasi, yaitu dengan memanfaatkan mikroorganisme baik dari golongan mikroalga yang dapat mengurangi kandungan bahan pencemar, baik zat berbahaya ataupun logam berat yang terdapat dalam limbah tersebut.

2.7 Pemanfaatan Limbah Sebagai Media Pertumbuhan Mikroalga

Limbah organik mengandung unsur hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroalga seperti: S, P dan K sehingga alga dapat tumbuh subur. Tetapi unsur hara disini ada yang berbentuk sebagai kompleks organik sehingga harus dioksidasi terlebih dahulu menjadi bentuk anorganik yang dapat diserap seperti NO_2 , NH_3 , SO_4 dan lain-lain. Oksidasi ini dilakukan oleh aktifitas simbiosis alga dan bakteri. Oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi pada lapisan aerob diperoleh melalui reaerasi pada permukaan air tetapi sebagian besar diperoleh dari hasil fotosintesis alga yang tumbuh secara alami pada kolam jika terdapat sinar matahari dan nutrisi yang cukup (Kataraman, 1969).

Menurut Effendi (2003) tumbuhan air dan mikroalga dapat menyerap logam dalam limbah industri. Penyerapan logam oleh tumbuhan air dan mikroalga ini lebih banyak terjadi pada pepsirasi dengan pH rendah. Mikroalga bersifat lebih toleran terhadap logam berat dibandingkan dengan ikan dan mamalia.

Manfaat dari penggunaan air limbah adalah sebagai sumber nitrogen dan fosfor untuk mikroalga sehingga mengurangi masukan dari bahan kimia berbahaya ke dalam lingkungan. Mikroalga membutuhkan masukan nutrisi dan gas karbondioksida yang cukup, sehingga bisa memaksimalkan produksi biomassa dalam pertumbuhannya (Kawaroe, 2010).

Media air limbah dapat diolah secara biologis oleh mikroalga sekaligus memberikan nutrisi untuk pertumbuhannya. Mikroalga bisa memanfaatkan senyawa anorganik yang terkandung dalam limbah tersebut melalui proses

fotosintesis menjadi senyawa organik dengan bantuan klorofil dan energi cahaya (Kawaroe, 2010).

Unsur-unsur yang terkandung dalam limbah dibutuhkan dalam pertumbuhan mikroalga. Unsur besi (Fe) dibutuhkan oleh mikroalga untuk menyusun sitokrom dan klorofil, selain itu berperan dalam system enzim dan transfer elektron pada proses fotosintesis. Namun kadar besi yang tinggi dapat menghambat unsur fiksasi unsur lainnya (Effendi, 2003).

2.8 Pemanfaatan Mikroalga Sebagai Bahan Baku Biofuel

Selama ini mikroalga dimanfaatkan sebagai pakan larva ikan pada kegiatan budidaya. Dengan maraknya penelitian untuk mencari sumber energi alternatif, mikroalga diyakini sebagai salah satu bioenergi sebagai bahan baku penghasil biofuel. Mikroalga dipilih karena memiliki kemampuan tumbuh dengan cepat serta tidak memakan area yang luas untuk kegiatan produksi. Disamping itu mikroalga mempunyai kemampuan untuk menyerap karbondioksida sehingga dapat mengurangi efek rumah kaca (Widjaja, 2009). Secara ekonomi, mikroalga dipilih karena ketersediannya serta biaya produksinya yang cukup rendah (Hossain *et al*, 2008).

Mikroalga merupakan mikroorganisme dengan kemampuan seperti pabrik biofuel. Hal ini dikarenakan, ada beberapa biofuel yang dapat dihasilkan dari mikroalga, yaitu hidrogen, biodiesel (yang diperoleh melalui proses transesterifikasi), bioetanol (yang diperoleh melalui proses fermentasi) dan biogas. Namun demikian, ada beberapa hal penting terkait dengan pemanfaatan mikroalga sebagai bahan baku biofuel, yaitu proses produksi mikroalga, proses

pemanenan mikroalga dan proses konversi biomassa menjadi biofuel (Basmal, 2008).

Chisti (2007) mengatakan bahwa biodiesel dapat dihasilkan dari berbagai jenis tanaman. Saat ini yang umum digunakan sebagai sumber biodiesel adalah minyak sawit, jarak, jagung sebagai campuran solar. Pada (Tabel 2.3) menunjukkan berbagai jenis tanaman dan volume biodiesel yang dapat diproduksinya.

Tabel 2.3. Produksi minyak dari berbagai jenis tanaman

Tanaman	Produksi minyak (Liter/Hektar)	Kebutuhan Lahan Produksi (Hektar)
Jagung	172	93.625.000
Soybean	446	36.106.000
Biji bunga matahari	1.190	13.532.000
Jarak	1.892	8.511.000
Kelapa	2.689	5.989.000
Kelapa sawit	5.950	2.706.000
Mikroalga 30% *	58.700	274.000

Keterangan: * Asumsi kandungan minyak 30% dalam biomasa basah (Chisti, 2007).

Apabila dilihat dari (Tabel 2.3) di atas, sebagian besar tanaman penghasil biodiesel adalah jenis tanaman pangan. Hal ini kurang baik karena dikhawatirkan permintaan pasar akan biodiesel tersebut akan berkompetisi dengan permintaan pasar untuk tanaman pangan, sehingga stabilitas pangan dunia dapat terganggu. Solusinya, biodiesel sebaiknya diproduksi bukan dari tanaman pangan (Chisti, 2007).

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk memanfaatkan mikroalga sebagai bahan baku biofuel. Penelitian yang telah dilakukan cenderung untuk memanfaatkan mikroalga sebagai bahan baku biodiesel (Patil *et al*, 2008;Widjaja, 2009). Hal ini dilakukan mengingat kandungan lipid yang ada pada mikroalga cukup tinggi. Namun demikian, mikroalga juga mengandung karbohidrat yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol (Skill, 2007).

2.9 Lipid

Sel mikroalga *Scenedesmus* mempunyai kloroplas yang berwarna hijau yang mengandung klorofil a dan b serta karotinoid. Pada kloroplas terdapat butiran padat yang disebut pirenoid yang berfungsi untuk pembentukan tepung dan minyak (Gunawan, 2010).

Lipid mikroalga secara umum berbentuk esterglisierol dan asam lemak dengan panjang rantai C_{14} - C_{22} . Asam lemak dalam mikroalga termasuk molekul intraseluler karena terdapat dalam sel yaitu dalam kloroplas (Gunawan, 2010). Kimbal (1991) dalam Gunawan (2010) berpendapat bahwa ada hubungan metabolisme antara karbohidrat, protein dan lemak yaitu kompetisi Asetil ko-A, yang merupakan precursor pada beragam jalur biosintesis seperti lemak, protein dan karbohidrat.

Pada kondisi lingkungan yang stress yaitu konsentrasi nitrogen rendah dengan suhu terlalu rendah maupun suhu terlalu tinggi, mikroalga akan cenderung membentuk lipid sebagai cadangan makanan daripada membentuk karbohidrat. Hal ini disebabkan karena mikroalga lebih banyak menggunakan atom karbon

untuk membentuk lipid daripada karbohidrat, sebagai akibat meningkatnya aktifitas enzim Asetil ko-A karboksilase (Gunawan,2010).

Lipid merupakan kelompok senyawa yang kaya akan karbon dan hidrogen. Senyawa yang termasuk lipid adalah lemak dan minyak. Lipid juga berperan penting dalam komponen struktur membran sel. Lemak dan minyak dalam bentuk trigliserol yang berfungsi sebagai sumber energi, lapisan pelindung dan insulator organ-organ sel. Beberapa jenis lipid berfungsi sebagai sinyal kimia dan pigmen. Selain ketersediaan unsur hara, intensitas cahaya dan suhu, laju pertumbuhan dan produksi lipid mikroalga juga berhubungan dengan proses biokimia yang terjadi di dalam sel mikroalga (Gunawan,2010).

2.10 Keanekaragaman Tumbuhan Dalam Prespektif Alqur'an

Salah satu keanekaragaman tumbuh-tumbuhan dengan sifat yang berbeda-beda tentunya merupakan tanda-tanda akan kekuasaan Allah bagi orang yang beriman. Allah berfirman dalam surat Al-An'am ayat 99 yang berbunyi:

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مَنِ طَلْعُهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِّنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ ۚ انْظُرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ ۚ إِنَّ فِي ذَٰلِكُمْ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

Artinya: “dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu segala macam tumbuh-tumbuhan Maka Kami keluarkan dari tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami

keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman” (Q.s Al-An’am: 99).

Surat Al-An’am ayat 99 menjelaskan bahwa Allah telah menurunkan air hujan dan menumbuhkan bermacam-macam jenis tumbuh-tumbuhan yang beraneka warna, rasa, bau, dan keistimewaannya. Firman Allah ini sebagai penyempurna dari ucapan Musa dan peringatan bagi penduduk Mekah yang belum mengenal Allah beserta hak-haknya dalam tauhid. Diturunkannya air hujan dan menumbuhkan beragam tumbuh-tumbuhan yang menjadi makanan bagi manusia dan hewan, terdapat tanda-tanda kekuasaan Allah, pengetahuannya hikmah dan kasih sayangnya (Al-Jazairi, 2007).

Tafsir Muyassar menjelaskan tentang kandungan surat Al-An’am ayat 99 bahwasannya hanya Allah semata yang menumbuhkan setiap tumbuhan hijau dalam air hujan dan mengeluarkan setiap yang tertanam. Kemudian mengeluarkan biji yang bersusun dari tanaman itu, sebagiannya di atas sebagian yang lain. Setiap biji ditata sedemikian rupa dengan bijinya dalam keindahan yang menakjubkan dan ciptaan yang mantap. Allah SWT mengeluarkan kurma basah yang indah lagi mudah dipetik, nikmat rasanya, indah warnanya, bertata seperti permata, manis seperti madu dari mayang kurma. Dengan air, Allah SWT menumbuhkan kebun-kebun anggur, zaitun dan delima yang beraneka warna yang menakjubkan cita rasa yang bervariasi. Semua itu menunjukkan kebijaksanaan Allah yang merancang, kekuasaannya-Nya Yang membuatnya. Meskipun warna-warna

tidak jauh berbeda, namun rasanya bervariasi. Terkadang, ada yang sama dalam sebagian bentuk, namun rasa dan warnanya berbeda (Al-Qarni, 2008).

Surat al-An'am ayat 99 juga menggambarkan morfologi tumbuhan yang berupa daun yaitu pada ayat *fa akhrajna minhu khadliran* = kami keluarkan arinya daun-daun yang hijau yaitu Allah swt mengeluarkan dari tanaman tersebut daun yang menghijau (Ash-Shiddiqy, 2000).

As-Syanqithi (2007) dalam buku tafsir *Adwa'ul bayan* tentang surat Al-An'am ayat 99, mengatakan bahwa apa yang Diya (Allah) tumbuhkn dengan air berupa biji-bijian dan buahbuahan yang dimakan manusia merupakan salah satu dari nikmat-Nya yang terbesar kepada manusia. Hal itu juga termasuk tanda-tanda-Nya yang sangat jelas yang menunjukkan bahwa hanya Dia (Allah) saja yang berhak disembah.

Keberadaan tumbuhan di bumi ini merupakan sebuah elemen penting yang tidak bias dihindarkan dari kehidupan selain hewan. Dalam Al-Qur'an, tumbuh tumbuhan disebutkan dalam surat An-Naml ayat: 60 dan An-Nahl ayat:10-11.

أَمْنَ خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ وَأَنْزَلَ لَكُمْ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَنْبَتْنَا بِهِ حَدَائِقَ
ذَاتِ بَهْجَةٍ مَا كَانَ لَكُمْ أَنْ تُنْبِتُوا شَجَرَهَا ۗ أَلَيْسَ اللَّهُ بِلَهُمْ قَوْمٌ
يَعْدِلُونَ ﴿٦٠﴾

Artinya: “Atau siapakah yang telah menciptakan langit dan bumi dan yang menurunkan air untukmu dari langit, lalu Kami tumbuhkan dengan air itu kebun-kebun yang berpemandangan indah, yang kamu sekali-kali tidak mampu menumbuhkan pohon-pohonnya? Apakah disamping Allah ada Tuhan (yang lain)? bahkan (sebenarnya) mereka adalah orang-orang yang menyimpang (dari kebenaran)” (Q.S An-Naml: 60).

Tafsir Al-Maraghi menjelaskan kata (*Hadaaiq*) adalah bentuk jamak dari (*Hadyqah*) yang berarti taman. Ibnu Katsir mengartikan dengan kebun. Surat An-Naml ayat 60 ini mengisyaratkan bahwa Allah yang menjadikan kebun-kebun yang berpandangan indah dan berbentuk megah. Allah yang menciptakan tumbuh-tumbuhan dan tanam-tanaman yang indah dari berbagai bentuk dan warna maupun khasiat, rasa dan baunya. Tumbuhan yang diciptakan Allah SWT di antaranya ada yang menjadi makanan dan ada pula yang dijadikan obat, kosmetik, dan sebagainya. Semua kebesaran ini tidak dapat diketahui kecuali bagi orang-orang yang beriman dan berilmu. Selanjutnya surat An-Nahl ayat 10-11 menyebutkan rincian tentang aneka nikmat Allah yang berupa tumbuh-tumbuhan.

هُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً لَكُمْ مِنْهُ شَرَابٌ وَمِنْهُ شَجَرٌ فِيهِ تُسِيمُونَ ﴿١٠﴾
يُنْبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿١١﴾

Artinya; “10. Dia-lah, yang telah menurunkan air hujan dari langit untuk kamu, sebahagiannya menjadi minuman dan sebahagiannya (menyuburkan) tumbuh-tumbuhan, yang pada (tempat tumbuhnya) kamu menggembalakan ternakmu.

11. Dia menumbuhkan bagi kamu dengan air hujan itu tanam-tanaman; zaitun, korma, anggur dan segala macam buah-buahan. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memikirkan” (Q.S An-Nahl: 10-11).

Menurut Shihab (2002), kata (*Syajara*) biasa digunakan dalam arti pohon yang kokoh bukan yang merambat dan merupakan tempat menggembalakan ternak. Tumbuh-tumbuhan merupakan makanan dan perlindungan bagi hewan, begitu

juga sebaliknya. Dengan adanya tumbuh-tumbuhan, maka hiduplah binatang dan berbagai jenis hewan lainnya, dengan adanya tumbuhan dan binatang itu, maka hiduplah manusia dan seterusnya. Semua itu adalah berkat kebesaran dan kekuasaan Allah SWT.

Penjelasan tentang keanekaragaman tumbuhan yang terkandung dalam surat Al-An'am ayat 99 dari berbagai jenis tumbuhan yang disebut seperti pohon korma, anggur dan zaitun memiliki manfaat untuk makhluk hidup lainnya, akan tetapi, selain tumbuhan-tumbuhan yang disebutkan dalam Al-Qur'an masih terdapat berbagai jenis tumbuhan yang belum kita ketahui. Tumbuhan tingkat rendah (Mikroalga) merupakan tumbuhan terkecil yang tidak mampu kita lihat secara langsung tanpa bantuan alat pembesar (Mikroskop). Mikroalga merupakan mikroorganisme yang memiliki potensi yang dapat dikembangkan seperti halnya tumbuhan tingkat tinggi. Mikroalga yang berukuran kecil memiliki manfaat yang sangat banyak, baik bagi kehidupan di suatu ekosistem lingkungan, perairan maupun bagi kehidupan manusia. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memikirkan demikian.