

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Mikroalga

Mikroalga merupakan kelompok tumbuhan berukuran renik yang termasuk dalam kelas alga, diameternya antara 3-30 μm , baik sel tunggal maupun koloni yang hidup di seluruh wilayah perairan tawar maupun laut, yang lazim disebut fitoplankton. Di dunia mikrobia, mikroalga termasuk eukariotik, umumnya bersifat fotosintetik dengan pigmen fotosintetik hijau (klorofil), coklat (fikosantin), biru kehijauan (fikobilin), dan merah (fikoeritrin). Morfologi mikroalga berbentuk uniseluler atau multiseluler tetapi belum ada pembagian tugas yang jelas pada sel-sel komponennya. Hal itulah yang membedakan mikroalga dari tumbuhan tingkat tinggi (Romimohtarto, 2004).

Mikroalga merupakan sumber bahan baku alternatif untuk produksi biodiesel. Biodiesel dapat dibuat dari berbagai macam sumber, seperti minyak nabati, lemak hewani, dan sisa dari minyak atau lemak (misalnya sisa minyak penggorengan). Walaupun lemak hewani dapat digunakan, akan tetapi minyak nabati merupakan bahan baku yang paling banyak dimanfaatkan untuk biodiesel (Raharjo, 2007). Dalam hasil penelitian yang dilakukan oleh Chisti (2007), mikroalga merupakan satu-satunya sumber bahan terbarukan untuk biodiesel yang mampu memenuhi permintaan global untuk bahan bakar transportasi, dan berpotensi untuk menggantikan penggunaan bahan bakar fosil secara penuh. Menurut Anonymous (2012) tanaman penghasil biodisel, diantaranya adalah alga,

kemiri sunan, tanaman nyamplung, jarak, sawit, kedelai, kelapa. Tanaman-tanaman penghasil biodiesel tersebut memiliki bagian tertentu yang digunakan sebagai penghasil biodiesel. Selain tanaman-tanaman yang diatas, biodiesel juga dapat dihasilkan oleh organisme bakteri. Bakteri yang kita kenal sebagai bakteri merugikan, menyebabkan penyakit, kini bisa dimanfaatkan dalam pembuatan biodisel. Bakteri ikut berperan dalam menghasilkan biofuel tersebut adalah *Eschericia coli* atau yang sering disebut sebagai bakteri *E. coli*. Namun *E. coli* tidak digolongkan dalam kingdom Plantae, tetapi animalia, maka berikut ini hanya akan diuraikan beberapa contoh tanaman penghasil biodiesel (Tabel 2.1)

Tabel 2.1. Perbandingan Potensi Bahan Baku untuk Memproduksi Biodiesel

Jenis Tanaman	Potensi Minyak yang dihasilkan (Liter/Hektar)
Jagung	172
Kedelai	446
Kanola	1190
Jarak	1892
Kelapa	2689
Kelapa Sawit	5950
Mikroalga ^{a)}	136.900
Mikroalga ^{b)}	58.700

Keterangan : a) 70% minyak (Basis Basah) dalam biomas

b) 30% minyak (Basis Basah) dalam biomas

Sumber : Chisti (2007).

Biomassa mikroalga terkandung bahan-bahan penting yang sangat bermanfaat, misalnya protein, karbohidrat, lemak dan asam nukleat. Persentase keempat komponen tersebut bervariasi tergantung jenis alga. Sebagai contoh, mikroalga *Chlorella vulgaris* memiliki kandungan protein sebesar 51 – 58%, karbohidrat 12 - 17%, lemak 14 – 22% dan asam nukleat 4 – 5%. (Becker, 1994).

Manfaat lainnya dari mikroalga adalah (1) sebagai salah satu sumber makanan sehat, dimana mikroalga ini menghasilkan senyawa tertentu yang berguna untuk tubuh, (2) sebagai biofilters untuk menghilangkan nutrisi dan polutan lainnya dari air limbah dan (3) sebagai indikator perubahan lingkungan. Mikroalga juga dibudidayakan secara komersial untuk kepentingan farmasi, kosmetik dan akuakultur. Mikroalga merupakan biota yang lebih baik karena (1) Memiliki laju pertumbuhan tinggi (2) Kandungan lipid dapat disesuaikan dengan mengubah komposisi media untuk tumbuh (3) Dapat dipanen lebih dari satu kali dalam satu tahun (4) Dapat menggunakan air laut atau air limbah (Borowitzka, 1999).

2.2 *Chlorella* sp.

2.2.1 Deskripsi *Chlorella* sp.

Chlorella sp. adalah alga hijau satu sel yang tidak mempunyai kemampuan bergerak. *Chlorella* sp. termasuk ke dalam mikroorganisme tingkat rendah karena bentuknya mikroskopik dan tidak memiliki akar, batang dan daun sejati (*thallus*) (Kabinawa *et al.* 1989). *Chlorella* sp. dikelompokkan kedalam phylum *Thallophyta*. Pigmen yang dimilikinya terdiri atas klorofil, karotenoid dan xanthofil. Klorofil yang terdapat pada *Chlorella* sp. adalah klorofil a dan b sebagai pigmen utama dan terdapat pula klorofil c dan e. *Chlorella* sp. merupakan mikroorganisme fotosintetik yang muncul sejak masa pre-cambrian $\pm$ 2,5 milyar tahun lalu (Becker, 1994).

Klasifikasi *Chlorella* sp. menurut Bold dan Wynne (1985) dalam Prabowo (2009) adalah sebagai berikut:

Divisi : Thallophyta

Sub Divisi : Algae

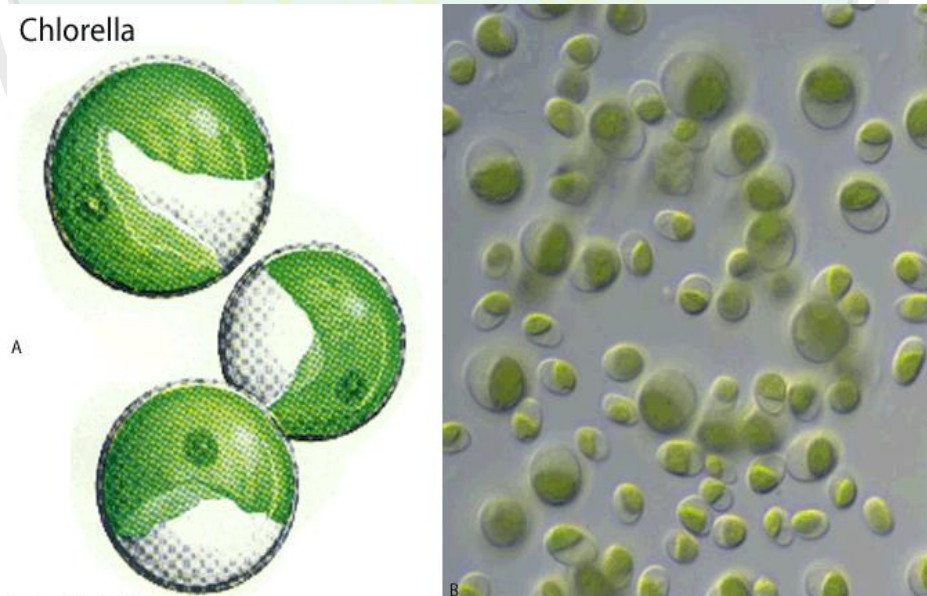
Kelas : Chlorophyceae

Famili : Oocystaceae

Marga : *Chlorella*

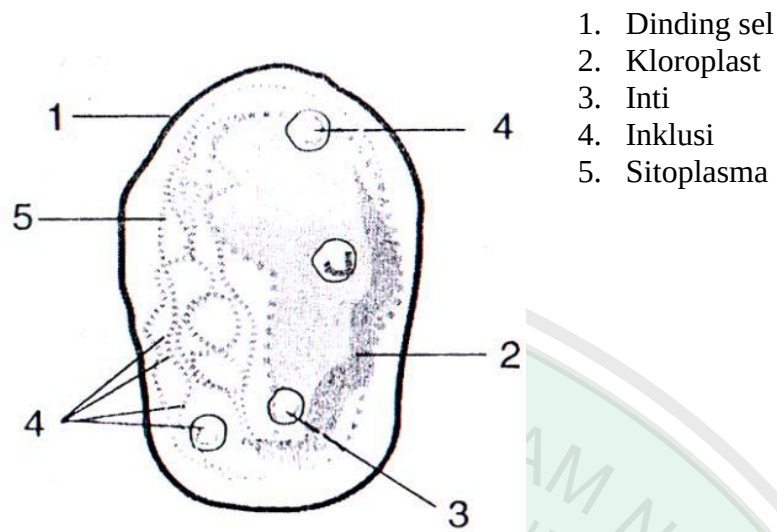
Jenis : *Chlorella* sp.

Chlorella sp. berpotensi sebagai sumber protein non konvensional karena mikroalga ini mengandung profil asam amino yang memadai baik esensial, semi esensial dan non esensial hampir setara dengan telur. Pada saat ini *Chlorella* sp. banyak digunakan sebagai makanan kesehatan bagi manusia (Steenblock, 1996). Menurut Kwaroe (2010) sel *Chlorella* sp. mengandung 50% protein, lemak serta vitamin A, B, D, E dan K, disamping banyak terdapat pigmen hijau (klorofil) yang berfungsi sebagai katalisator dalam proses fotosintesis.



Gambar 2.1. Bentuk umum *Chlorella* sp. (Sumber: <http://www.rbgsyd.nsw.gov.au>,

12 Maret 2012



Gambar 2.2. Struktur morfologi *Chlorella* sp. (Alim dan Kurniastuti, 1995)

Sel *Chlorella* sp. berbentuk bulat, hidup soliter, berukuran 2-8 μm . berwarna hijau karena klorofil merupakan pigmen yang dominan. Warna hijau pada mikroalga ini disebabkan selnya mengandung klorofil a dan b dalam jumlah yang besar, di samping karotin dan xantofil. Dinding selnya keras terdiri dari selulosa dan pektin. Sel ini mempunyai protoplasma yang berbentuk cawan. *Chlorella* sp. dapat bergerak tetapi sangat lambat sehingga pada pengamatan seakan-akan tidak bergerak. Struktur morfologi *Chlorella* sp. dapat dilihat pada Gambar 2.2 (Alim dan Kurniastuty, 1995).

Kultur mikroalga dalam skala laboratorium biasanya memerlukan kondisi lingkungan yang terkendali. Pertumbuhan mikroalga sangat erat kaitannya dengan ketersediaan hara makro dan mikro serta dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroalga, antara lain cahaya, suhu, pH air, dan salinitas (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

a. Unsur hara

Unsur hara yang dibutuhkan mikroalga terdiri atas unsur hara makro (N, P, K, S, Fe, Mg, Si dan Ca) dan unsur hara mikro (Mn, Zn, Co, Bo, Mo, B, Cu, dan lain-lain). Setiap unsur hara mempunyai fungsi-fungsi khusus yang ditunjukkan pada pertumbuhan dan kepadatan yang dicapai. Unsur N, P, dan S penting untuk pembentukan protein. Nitrogen yang dibutuhkan untuk media kultur dapat diperoleh dari: KNO_3 , NaNO_3 , NH_4Cl , dan lain-lain. Fosfor juga merupakan bahan dasar pembentuk asam nukleat, enzim, dan vitamin. Unsur fosfor dapat diperoleh dari KH_2PO_4 , NaH_2PO_4 , Ca_3PO_4 dan unsur sulfur dapat diperoleh dari NH_4SO_4 , CuSO_4 (Tjahjo *et al*, 2002).

Unsur K berfungsi dalam metabolisme karbohidrat dan juga sebagai kofaktor untuk beberapa koenzim. Unsur kalium dapat diperoleh dari KCl, KNO_3 , KH_2PO_4 . Unsur Fe berperan dalam pembentukan klorofil dan sebagai komponen esensial dalam proses oksidasi. Unsur ini dapat diperoleh dari FeCl_3 , FeSO_4 , FeCaH_5O_7 . Unsur Si dan Ca merupakan bahan untuk pembentukan dinding sel atau cangkang. Vitamin B_{12} banyak digunakan untuk memacu pertumbuhan melalui rangsangan fotosintetik (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

Unsur hara mikro dibutuhkan untuk menjalankan berbagai fungsi dalam pertumbuhan mikroalga, misalnya Mn, Zn diperlukan untuk fotosintesis, unsur Mo, Bo, Co diperlukan untuk metabolisme nitrogen, serta unsur Mn, B, Cu untuk fungsi metabolik lainnya. Unsur hara mikro dibutuhkan dalam jumlah kecil tetapi harus ada dan untuk menstabilkan fungsi hara mikro biasanya ditambahkan senyawa sitrat atau EDTA (Kabinawa, 1999).

b. Cahaya

Mikroalga merupakan organisme autotrof yang mampu membentuk senyawa organik dari senyawa anorganik melalui proses fotosintesis. Keberadaan cahaya menentukan bentuk kurva pertumbuhan bagi mikroalga yang melakukan fotosintesis. Cahaya matahari dapat diganti dengan sinar lampu TL dan kisaran optimum intensitas cahaya bagi mikroalga antara 2000-8000 lux. Pada mikroalga hijau, pigmen yang menyerap cahaya adalah klorofil a, disamping pigmen lain seperti karotenoid dan xantofil (Tjahjo *et al*, 2002).

c. Suhu

Suhu secara langsung mempengaruhi efisiensi fotosintesis dan faktor yang menentukan dalam pertumbuhan. Pada kondisi laboratorium, perubahan suhu air dipengaruhi oleh temperatur ruangan dan intensitas cahaya. Suhu optimum untuk kultur mikroalga di laboratorium antara 25-32°C. Kenaikan temperatur akan meningkatkan kecepatan reaksi. Umumnya setiap kenaikan 10°C dapat mempercepat reaksi 2-3 kali lipat. Akan tetapi, temperatur tinggi yang melebihi temperatur maksimum akan menyebabkan proses metabolisme sel terganggu (Tjahjo *et al*, 2002).

d. pH

Proses fotosintesis mengambil karbondioksida terlarut dari dalam air, yang berakibat penurunan kandungan CO₂ terlarut di air. Penurunan ini akan meningkatkan pH berkaitan dengan kesetimbangan CO₂ terlarut, bikarbonat (HCO₃⁻) dan ion karbonat (CO₃²⁻) dalam air. Oleh karena itu, laju fotosintesis akan

terbatas oleh penurunan karbon dalam hal ini karbondioksida. Umumnya pH optimum bagi pertumbuhan mikroalga adalah 7-8 (Krisanti, 2003).

e. Salinitas

Fluktuasi salinitas secara langsung menyebabkan perubahan tekanan osmosis di dalam sel mikroalga. Salinitas yang tinggi atau rendah dapat menyebabkan tekanan osmosis di dalam sel juga menjadi lebih rendah atau lebih tinggi sehingga aktivitas sel menjadi terganggu. Hal ini dapat mempengaruhi pH sitoplasma sel dan menurunkan kegiatan enzim di dalam sel. Salinitas optimum bagi pertumbuhan mikroalga antara 25-35‰ (Tjahjo *et al.* 2002).

2.2.2 Habitat dan Ekologi

Menurut Prihantini (2005) *Chlorella* sp. merupakan mikroalga kosmopolit yang sebagian besar hidup di lingkungan akuatik baik perairan tawar, laut maupun payau, juga ditemukan di tanah dan di tempat lembab. Menurut Isnansetyo dan Kurniastuty (1995) *Chlorella* sp. tumbuh optimal pada salinitas 25-34 ppt sementara pada salinitas 15 ppt tumbuh lambat dan tidak tumbuh pada salinitas 0 ppt dan 60 ppt. Contoh *Chlorella* sp. yang hidup di air laut adalah *Chlorella* *svulgaris*, *Chlorella* *pyrenoidosa*, *Chlorella* *virginica* dan lain-lain. *Chlorella* sp. bersifat planktonis yang melayang di dalam perairan, namun beberapa jenis *Chlorella* sp. juga ditemukan mampu bersimbiosis dengan hewan lain misalnya *Hydra* dan beberapa *ciliata* air tawar seperti *Paramecium* *bursaria*.

2.2.3 Reproduksi *Chlorella* sp.

Reproduksi *Chlorella* sp. adalah aseksual dengan pembentukan autospora yang merupakan bentuk miniatur dari sel induk. Sel *Chlorella* sp. memiliki tingkat reproduksi yang tinggi, setiap sel *Chlorella* sp. mampu berkembang menjadi 10.000 sel dalam waktu 24 jam . Tiap satu sel induk (*parent cell*) akan membelah menjadi 4, 8, atau 16 autospora yang kelak akan menjadi sel-sel anak (*daughter cell*) dan melepaskan diri dari induknya (Kawaroe, 2010).

Pertumbuhan mikroalga dalam kultur dapat ditandai dengan bertambah besarnya ukuran sel atau bertambah banyaknya jumlah sel. Sampai saat ini kepadatan sel digunakan secara luas untuk mengetahui pertumbuhan mikroalga (Isnansetyo dan Kurniastuty 1995). Pertumbuhan mikroalga dibagi dalam lima fase pertumbuhan, yaitu fase lag, fase logaritmik atau eksponensial, fase penurunan laju pertumbuhan, fase stasioner, dan fase kematian (Kawaroe, 2010). Kurva pertumbuhan mikroalga dapat dilihat pada Gambar 2.3.

1. Fase lag

Fase ini ditandai dengan peningkatan populasi yang tidak nyata. Fase ini disebut juga sebagai fase adaptasi karena sel mikroalga sedang beradaptasi terhadap media tumbuhnya. Lamanya fase lag tergantung pada umur inokulum yang dimasukkan. Sel-sel yang diinokulasikan pada awal fase lag akan mengalami fase lag yang singkat. Inokulum yang berasal dari kultur yang sudah tua akan mengalami fase lag yang lama, karena membutuhkan waktu untuk menyusun enzim-enzim yang tidak aktif. Ukuran sel pada fase lag ini pada umumnya

meningkat. Organisme mengalami metabolisme, tetapi belum terjadi pembelahan sel sehingga kepadatan sel belum meningkat.

2. Fase logaritmik atau eksponensial

Fase ini diawali oleh pembelahan sel dan ditandai dengan naiknya laju pertumbuhan hingga kepadatan populasi meningkat. Laju pertumbuhannya meningkat dengan pesat dan selnya aktif berkembang biak. Ciri metabolisme pada fase ini adalah tingginya aktivitas fotosintesis yang berguna untuk pembentukan protein dan komponen-komponen penyusun plasma sel yang dibutuhkan dalam pertumbuhan.

3. Fase Pengurangan Pertumbuhan

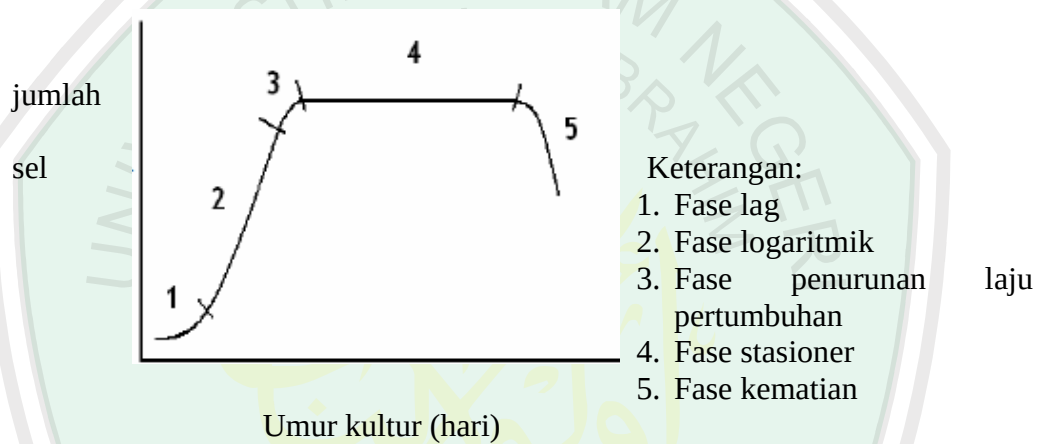
Berupa titik puncak dari fase eksponensial sebelum mengalami fase stasioner. Dimana penambahan jumlah individu mulai berkurang dan ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya berkurangnya sumber nutrisi yang ada di dalam media sehingga mikrobia tidak akan bisa meningkatkan jumlahnya.

4. Fase stasioner

Pada fase ini mengalami pengurangan sumber nutrisi. Artinya, sumber nutrisi yang ada untuk mikrobia mengalami kehabisan atau tidak ada yang menambahi sehingga mikrobia tidak bisa melakukan pertumbuhan namun juga tidak secara langsung mengalami kematian. Maka dari itu kurva grafik mendatar, artinya tidak naik karena tidak adanya pertumbuhan dan tidak turun karena tidak secara langsung mengalami kematian.

5. Fase Kematian

Pada fase ini grafik menunjukkan penurunan secara tajam karena merupakan akhir dari suatu jumlah individu yang kembali ke titik awal. Ini disebabkan mikrobia sudah tidak mampu bertahan hidup selama stasioner (yang tidak mendapatkan sumber nutrisi).



Gambar 2.3. Kurva pertumbuhan mikroalga (Becker, 1994).

Terjadinya penurunan kecepatan pertumbuhan yang berhubungan dengan umur suatu kultur pada mikroorganisme sering dihubungkan dengan bahan penghambat yang berasal dari produk metabolisme sel yang terakumulasi. Pada alga, karena tingginya kapasitas sintetik dan tingkat ekskresi yang rendah, maka pengaruh akan menghambat (inhibitor) menjadi kurang penting (Gunawan, 2010)

Pertumbuhan *Chlorella* sp. dapat diukur dengan cara mengamati dan menghitung perkembangan jumlah sel dari waktu ke waktu antara menumbuhkan *Chlorella* sp. dengan menggunakan media pertumbuhan *Chlorella* sp. untuk

mengetahui terjadinya perubahan nutrisi dan kondisi sel dari *Chlorella* sp. selama masa penyimpanan (Prabowo, 2009).

2.2.4 Kandungan Senyawa *Chlorella* sp.

Chlorella sp. mengandung gizi yang cukup tinggi, yaitu protein 42,2%, lemak kasar 15,3%, nitrogen dalam bentuk ekstrak, kadar air 5,7%, dan serat 0,4%. Untuk setiap berat kering yang sama, *Chlorella* sp. mengandung vitamin A, B, D, E, dan K, yaitu 30 kali lebih banyak dari pada vitamin yang terdapat dalam hati anak sapi, serta empat kali vitamin yang terkandung dalam sayur bayam, kecuali vitamin C (Kawaroe, 2010).

Kandungan gizi *Chlorella* sp. secara garis besar terdiri dari 4 komponen utama yang istimewa (Kadek, 1999):

1. Dinding sel sebagian besar tersusun dari serat, dinding sel *Chlorella* sp. sangat kuat untuk melindungi dari berbagai kondisi ekstrim. Untuk memecahkan dinding sel agar bisa dicerna oleh usus manusia, *Chlorella* sp. mengalami pemecahan dinding sel. Dinding sel bermanfaat untuk meningkatkan daya tahan tubuh, mengikat racun dalam tubuh serta membantu menjaga kesehatan saluran pencernaan.
2. *Betakaroten*, kandungan *betakaroten* dalam *Chlorella* sp. lebih tinggi dibandingkan dengan wortel, pepaya atau tomat. *Betakaroten* dikenal sebagai antioksidan, penangkal radikal bebas dan pencegah kanker, merangsang sistem kekebalan tubuh serta sumber vitamin A.

3. Klorofil, kandungan klorofilnya 7%, persentase tertinggi di antara tumbuhan hijau. Klorofil yang fungsinya dalam tanaman sebagai pembentuk bahan makanan, akan bermanfaat jika dikonsumsi untuk membuang racun (detoksifikasi), merangsang pembentukan hemoglobin, sebagai antioksidan, mempercepat penyembuhan luka, mengurangi aroma tubuh yang tidak sedap serta membantu memperbaiki pencernaan.

2.2.5 Kultur *Chlorella* sp.

Chlorella sp. merupakan jenis mikroalga yang pertama kali dikembangkan dalam kultur murni. Pertumbuhan kultur *Chlorella* sp. sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: nutrient, karbondioksida dan cahaya. Faktor nutrisi, karbondioksida dan cahaya masih terdapat faktor lingkungan yang menentukan keberhasilan kultur *Chlorella* sp. diantaranya suhu, pH, oksigen dan salinitas. Semua komponen lingkungan ini harus dalam kondisi optimal agar tercapai pertumbuhan maksimum. Unsur *nutrien* yang dibutuhkan alga hijau dalam jumlah besar (makronutrien) adalah C, H, O, N, S, P, K dan Mg yang dibutuhkan untuk pembentukan sel *Chlorella* sp., sedangkan unsur mikronutrien seperti Fe, Mn, Co, Na, Cu, dan Ca digunakan sebagai katalis proses biosintesis (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995)

Sumber nitrogen yang umum digunakan untuk kultur alga adalah garam ammonium, nitrat dan urea. Jika ammonium atau nitrat digunakan sebagai sumber nitrogen, maka pH medium berubah dengan adanya pertumbuhan alga. Absorpsi ion nitrat (NO_3) menaikkan pH medium, sedangkan konsentrasi ion NH_4^+ dapat

menurunkan pH. Urea hanya sedikit menyebabkan perubahan pH medium untuk jenis pertumbuhan autotrof dan heterotrof (Prihantini, 2005)

Cahaya berperan penting dalam proses fotosintesis, dimana energi cahaya diubah menjadi energi kimia oleh aktifitas klorofil. Di alam sumber cahaya berasal dari matahari yang mampu dimanfaatkan oleh organisme autotrof. Reaksi yang terjadi adalah (Gunawan, 2012)



Menurut Gunawan (2012) pengaruh intensitas cahaya terhadap pertumbuhan alga berbanding terbalik dengan suhu. Jika suhu meningkat, intensitas cahaya sebaiknya diturunkan. Begitu pula sebaliknya, bila suhu air turun maka intensitas cahaya harus dinaikkan. Di dalam laboratorium, pengkulturan *Chlorella* sp. biasanya menggunakan lampu sebagai sumber cahaya dengan intensitas berkisar 2000-5000 lux dan lama pencahayaan 12 jam terang 12 jam gelap.

Pengembangbiakan *Chlorella* sp. dapat dilakukan di dalam (*indoor*) atau dalam ruangan terpisah yang tertutup untuk menjamin kebersihan dan kesterilan, tetapi proses tersebut lebih banyak membutuhkan biaya dan dapat mengakibatkan rendahnya mutu komponen yang berguna terutama klorofil dan faktor pertumbuhan (Kabinawa, 1989).

Budidaya sistem *outdoor* merupakan sistem yang sangat kompleks, tergantung pada interaksi berbagai faktor *eksternal* dan *internal* (Kabinawa, 1999). Berdasarkan *input* yang diberikan untuk mendapatkan biomassa alga terdapat 2 macam sistem sebagai berikut (Becker, 1994):

1. *Clean process* (kultur murni). Sistem ini menggunakan air bersih, mineral dan penambahan sumber karbon. Alga yang dihasilkan terutama digunakan sebagai *food supplement*.
2. Sistem yang menggunakan air limbah industri sebagai media kultur tanpa penambahan mineral dan karbon eksternal. Pada sistem ini terdapat simbiosis nutrisi antara alga dan bakteri. Biomassa yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk pakan.

2.2.6 Pigmen-Pigmen Pada *Chlorella* sp.

Pigmen merupakan gabungan beberapa warna yang direfleksikan pada panjang gelombang tertentu pada cahaya tampak. Bunga, karang, dan kulit binatang memiliki pigmen yang berbeda-beda. Tumbuhan hijau, alga, dan Cyanobakteria dapat melakukan fotosintesis (Alim dan Kurniastuty, 1995).

Fotosintesis terjadi akibat interaksi antara pigmen dengan cahaya yang diserap oleh pigmen tersebut. Cahaya yang diserap oleh pigmen klorofil berbeda-beda tergantung pada warna yang ada dalam pigmen tersebut. Klorofil dapat menyerap panjang gelombang pada cahaya *visible*, kecuali hijau. Cahaya hijau direfleksikan sehingga klorofil terlihat berwarna hijau. Klorofil terdapat dalam

membran yang dinamakan sebagai kloroplas. *Chlorella* sp. merupakan alga hijau yang memiliki klorofil serta pigmen-pigmen yang lain seperti xantofil, neoxantin, dan violaxantin. Pigmen fotosintesis pada dasarnya dapat diklasifikasikan menjadi 3 yakni sebagai berikut (Alim dan Kurniastuty, 1995):

1. *Chlorophylls*, merupakan pigmen hijau yang mengandung jaringan Porphyrin. Klorofil dapat dibagi menjadi beberapa jenis yakni klorofil-a sebagai tempat melakukan fotosintesis. Tumbuhan hijau, alga, dan Cyanobacteria dapat melakukan fotosintesis karena mengandung klorofil-a. Klorofil-b merupakan klorofil yang hanya terdapat pada alga hijau dan tumbuhan hijau. Klorofil-c hanya ditemukan pada Chromista misalnya Dinoflagellata.
2. *Carotenoid*, merupakan pigmen yang berwarna merah, orange, atau kuning. *Carotenoid* mengandung carotene yang memberi warna orange. *Fucocanthin* merupakan salah satu contoh pigmen *carotenoid*. *Fucocanthin* berwarna coklat dan terdapat pada alga coklat misalnya Diatom.
3. *Phycobilins*, merupakan pigmen bening yang terdapat pada sitoplasma atau stroma kloroplas. *Phycobilin* terdapat pada Cyanobacteria dan Rhodophyta. Pigmen *phycobilin* dibagi menjadi dua yakni, *phycocyanin* dan *phycoerythrin*. *Phycocyanin* berwarna kebiruan terdapat pada Cyanobacteria, dan *phycoerythrin* yang memberi warna merah pada alga merah.

2.2.7 Peranan *Chlorella* sp.

2.2.7.1 Peranan dalam budidaya perikanan

Kegunaan *Chlorella* sp. secara tidak langsung mulai berkembang. *Chlorella* sp. merupakan makanan hidup bagi jenis-jenis tertentu golongan ikan

sehingga seringkali sangat diperlukan dalam budidaya. Penyediaan makanan alami berupa plankton nabati dan plankton hewani yang tidak cukup tersedia, seringkali menyebabkan kegagalan dalam mempertahankan kelangsungan hidup larva pada pemeliharaan larva udang Penaeid. Seperti halnya *Chlorella* sp. juga sangat penting untuk menunjang budidaya perikanan, terutama sebagai pakan yang baik pada larva ikan maupun udang. (Mujiman, 1984).

2.2.7.2 Peranan bagi manusia

Menurut Prescott dalam Prabowo (2009) jasad renik dengan kesanggupannya tumbuh dan berkembang biak dengan cepat serta bergizi tinggi, merupakan potensi sumber bahan makanan yang dapat membantu mengatasi masalah kebutuhan protein bagi kehidupan manusia baik secara langsung maupun tidak langsung. *Chlorella* sp. ternyata jenis mikroalga memenuhi syarat untuk dipergunakan sebagai bahan makanan manusia, karena mengandung *Chloropyll*, protein (diatas 53 %), Vitamin A yang mantap, Vitamin C dan E, Biotin dan *Chlorellin* maka *Chlorella* memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia, antara lain: (a) Sumber makanan baru (b) Obat-obatan untuk berbagai penyakit (c) Bahan kosmetik.

2.2.8.2 Peranan *Chlorella* sp. Sebagai Biodisel

Menurut penelitian Rachmaniah, dkk (2010) bahwa minyak alga *Chlorella* sp. ini sangatlah berpotensi untuk dijadikan biodiesel sesuai dengan standar mutu biodiesel. Menurut Pangabea (2010) Biodiesel merupakan *fatty acid methyl*

yang berasal dari minyak nabati dan lemak lipid hewani. Biodiesel yang berasal dari proses transesterifikasi ini dapat dipakai secara langsung untuk dicampur dengan bahan bakar diesel lain untuk digunakan di dalam mesin. Biodiesel dapat dihasilkan dari berbagai jenis tumbuhan. Saat ini yang umum digunakan adalah penggunaan minyak sawit, jarak, jagung sebagai campuran solar. Pada (Tabel 2.1) adalah berbagai jenis tanaman dan volume biodiesel yang dapat diproduksinya. Apabila dilihat dari (Tabel 2.1) di atas, sebagian dari 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.

2.3 Pengertian Lipid

Lipid adalah nama suatu golongan senyawa organik yang meliputi sejumlah senyawa yang terdapat di alam yang semuanya dapat larut dalam pelarut-pelarut organik tetapi sukar larut atau tidak larut dalam air. Pelarut organik yang dimaksud adalah pelarut organik non polar, misalnya benzene, pentane, dietil eter dan karbon tetraklorida. Dengan pelarut-pelarut tersebut lipid dapat diekstrak dari sel dan jaringan tumbuhan ataupun hewan (Page, 1989).

Lipid juga dapat dikelompokkan berdasarkan gugus polar dan non polar. Lipid yang hanya mengandung gugus non polar disebut lipid non polar atau lipid netral, sebagai contoh kelompok lemak (*fat*). Lipid non polar berperan dalam metabolisme, khususnya sebagai cadangan energi. Lipid yang mengandung gugus

polar dan gugus non polar disebut lipid polar, sebagai contoh fosfolipid. Lipid polar berperan di dalam membran sel dan membran organel untuk melindungi isi sel dan organel dari lingkungan luar sel (Page, 1989).

Triasilgliserol (TAGs) merupakan lipid yang terdiri atas gliserol polihidroksi alkohol dan asam karboksilat berantai panjang (asam lemak) dan banyak ditemukan di alam. Triasilgliserol yang banyak mengandung asam lemak jenuh, berbentuk padat pada suhu ruang, dan memiliki titik cair tinggi disebut lemak. Triasilgliserol yang banyak mengandung asam lemak tidak jenuh, berbentuk cair pada suhu ruang, dan memiliki titik cair rendah disebut minyak (Ngali, 2009).

Fosfolipid merupakan lipid kompleks yang terbentuk dari gliserol, asam lemak, alkohol amino, dan gugus fosfat. fosfolipid berperan dalam permeabilitas membran sel. Sfingolipid merupakan lipid kompleks yang terbentuk dari sfingosin, asam lemak, alkohol kolin, dan gugus fosfat. Sfingolipid berperan dalam kestabilan struktur sel. Sterol merupakan lipid dengan tiga cincin sikloheksana yang bergabung dengan satu cincin siklopentana dan asam lemak. Jenis sterol adalah ergosterol yang berperan dalam menjaga permeabilitas membran sel (Page, 1989).

2.3.1 Asam Lemak

Sebagian besar lipid tersusun atas asam lemak. Asam lemak merupakan asam monokarboksilat berantai lurus dengan jumlah atom karbon sebanyak 4--36 (Page 1989). Asam lemak memiliki gugus karboksil tunggal sebagai “*head*” dan rantai hidrokarbon sebagai “*tail*”. Gugus karboksil (-COOH) merupakan gugus

polar sehingga bersifat hidrofil, sedangkan rantai hidrokarbon merupakan gugus non polar sehingga bersifat hidrofob. Rantai hidrokarbon asam lemak dapat atau tidak memiliki ikatan rangkap karbon-karbon (Ngali, 2009).

Asam lemak dapat dibagi menjadi dua berdasarkan ada tidaknya ikatan rangkap karbon-karbon, yaitu asam lemak jenuh dan tidak jenuh. Asam lemak jenuh tidak memiliki ikatan rangkap karbon-karbon. Asam lemak tidak jenuh memiliki ikatan rangkap karbon-karbon (Poedjiadji, 2007).

Asam lemak disintesis di dalam sitoplasma. Prekursor asam lemak adalah asetil KoA yang memiliki dua atom karbon. Hal tersebut menyebabkan sebagian besar asam lemak memiliki jumlah atom karbon genap. Sumber asetil KoA dalam sintesis asam lemak dapat berasal dari degradasi karbohidrat atau asam lemak. Glukosa merupakan sumber utama untuk pembentukan asetil KoA yang digunakan dalam sintesis asam lemak. Glukosa diubah menjadi asam piruvat melalui proses glikolisis. Asam piruvat masuk ke dalam siklus Krebs di mitokondria. Pada mikroorganisme asam sitrat yang merupakan senyawa antara siklus Krebs banyak diakumulasi dalam mitokondria. Asam sitrat dikeluarkan dari mitokondria ke sitoplasma untuk diubah menjadi asetil KoA dengan bantuan enzim *ATP* (Boyer, 2002).

2.4. Kualitas Air

2.4.1. Pengertian Air Limbah

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Limbah tidak dikehendaki oleh lingkungan sekitar, karena tidak memiliki nilai ekonomi dan banyak mengandung

bahan polutan. Limbah yang mengandung bahan polutan yang memiliki sifat racun dan berbahaya dikenal dengan limbah B-3 (berbahaya, bau, dan beracun), yang dinyatakan sebagai bahan yang dalam jumlah relatif sedikit tetapi berpotensi untuk merusak lingkungan hidup dan sumber daya. Bila ditinjau secara kimiawi, bahan-bahan limbah terdiri dari bahan kimia organik dan anorganik (Kristanto, 2002).

Air limbah tersebut mengandung bahan organik, bila langsung dibuang ke badan air penerima tanpa adanya proses pengolahan maka akan menimbulkan pencemaran, seperti menimbulkan rasa dan bau yang tidak sedap dan berkurangnya oksigen yang terlarut dalam air sehingga mengakibatkan organisme yang hidup didalam air terganggu karena kehidupannya tergantung pada lingkungan sekitarnya. Pencemaran yang dilakukan terus menerus akan mengakibatkan matinya organisme yang ada dalam air, mengingat air berubah kondisinya menjadi anaerob (Agung, 2010).

Menurunnya kadar oksigen yang terlarut dalam air menyebabkan pencemaran didalam air semakin meningkat, maka diperlukan pencegahan pencemaran akibat limbah cair tahu agar habitat dan kehidupan air yang ada disekitar lingkungan tetap terlindungi (Farid, 2008). Menurut Wardhana (1995) ada 2 cara yang digunakan untuk menentukan kadar oksigen dalam air, yaitu secara kimia dengan COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*). Makin besar nilai BOD makin tinggi pula tingkat pencemarannya.

Menurut Sastrawijaya (1996) cara pencegahan dan penanggulangan pencemaran air dapat dilakukan sebagai berikut: 1) Cara pemakaian peptisida sesuai aturan yang ada. 2) Sisa air buangan pabrik dinetralkan lebih dahulu sebelum dibuang ke sungai. 3) Pembuangan air limbah pabrik tidak boleh melalui daerah pemukiman penduduk. Hal ini bertujuan untuk menghindari keracunan yang mungkin terjadi karena penggunaan air sungai oleh penduduk. 4) Setiap rumah hendaknya membuat septi tank yang baik.

2.4.2 Warna dan Bau

Menurut Kristanto (2002) air normal tidak berwarna sehingga tampak bersih, bening dan jernih. Jika kondisi air warnanya berubah, maka hal tersebut merupakan salah satu indikasi bahwa air tersebut telah tercemar. Akan tetapi, tidak semua air yang bening dan jernih dapat dipastikan tidak tercemar, karena banyak zat-zat beracun tidak mengakibatkan perubahan warna. Warna air yang terdapat di alam sangat bervariasi, misalnya air di rawa-rawa berwarna kuning, coklat atau kehijauan, air sungai biasanya berwarna kuning kecoklatan karena mengandung lumpur, dan air buangan yang mengandung besi/tinin dalam jumlah tinggi berwarna coklat kemerahan. Menurut Fardiaz (1992). Warna air yang tidak normal biasanya menunjukkan adanya polusi. Warna air dapat dibedakan atas dua macam yaitu warna sejati (*true color*) yang disebabkan bahan-bahan terlarut, warna semu (*apparent color*), yang selain disebabkan oleh adanya bahan-bahan tersuspensi, termasuk diantaranya yang bersifat koloid.

Bau air dapat disebabkan oleh bahan-bahan kimia, ganggang, plankton, atau tumbuhan. Bau yang tidak normal pada air, pada umumnya mempunyai rasa yang tidak normal pula. Adanya rasa pada air umumnya terjadi karena perubahan pH air dari kondisi normal (Fardiaz, 1992).

2.4. 3 Limbah cair Tahu

Limbah tahu terdiri dari dua jenis, yaitu limbah cair dan padat. Dari kedua jenis limbah tersebut, limbah cair lebih berpotensi mencemari lingkungan dari pada limbah padat. Limbah padat berupa kotoran hasil pembersih kedelai (batu, tanah dan kulit kedelai dan benda padat lain yang menempel pada kedelai) dan sisa saringan bubur kedelai yang sering disebut dengan ampas tahu. Limbah padat yang berupa kotoran berasal dari proses awal (pencucian) bahan baku kedelai dan pada umumnya limbah padat yang terjadi tidak begitu banyak (0,3 % dari bahan baku kedelai). Sedangkan limbah padat yang berupa ampas tahu terjadi pada proses penyaringan bubur kedelai. Ampas tahu yang terbentuk besarnya berkisar antara 25-35% dari produk tahu yang dihasilkan. Limbah padat industri tahu belum dirasakan dampaknya karena limbah padat industri tahu bisa dimanfaatkan sebagai pakan ternak (Kaswinarni, 2007).

Limbah cair tahu mengandung bahan-bahan organik kompleks yang tinggi terutama protein dan asam-asam amino dalam bentuk padatan tersuspensi maupun terlarut. Adanya senyawa-senyawa organik tersebut menyebabkan limbah cair industri tahu mengandung BOD, COD dan TSS yang tinggi, apabila dibuang

kedalam perairan tanpa pengolahan terlebih dahulu dapat menyebabkan pencemaran (Husin, 2008).

Limbah cair tahu adalah limbah yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu maupun pada saat pencucian kedelai. Limbah cair tahu memiliki beban pencemar yang tinggi. Pencemaran limbah cair tahu berasal dari bekas pencucian kedelai, perendaman kedelai, air bekas pembuatan tahu dan air bekas perendaman tahu (Hermana, 1985).

Menurut Handajani (2006) hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian limbah cair tahu dengan dosis yang berbeda memberikan pengaruh berbeda sangat nyata terhadap laju pertumbuhan relatif populasi *Spirullina*. Perlakuan terbaik adalah pemberian limbah cair tahu dosis 31 mg/l dimana kandungan N dan P pada media kultur sebesar 21,04 ppm dan 2,098 ppm.

Berdasarkan penelitian Triawati (2010) terhadap tiga sampel limbah cair tahu mengandung Nitrogen berturut-turut 16,59%, 16,74%, dan 17,04%. Menurut Sugiharto (1994), syarat komposisi N dan P yang diperlukan untuk pupuk cair yakni sebesar kurang dari 5%. Komposisi limbah tahu dapat memenuhi persyaratan pupuk cair tersebut.

Limbah cair tahu didefinisikan sebagai air sisa penggumpalan tahu yang dihasilkan selama proses pembuatan tahu. Pabrik tahu di Indonesia mengalami kesulitan dalam mengelola limbahnya. Bahkan, tidak jarang pengusaha industri tersebut membuang limbah cair mereka tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Hal ini tentu saja merugikan lingkungan. Akan tetapi limbah cair tahu mengandung unsur-unsur yang dibutuhkan mikroalga. Unsur-unsur tersebut dapat

dijadikan alternatif baru untuk digunakan sebagai media mikroalga, karena di dalam limbah cair tahu tersebut memiliki ketersediaan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman (Handajani, 2006).

2.4.4 Karakteristik Limbah Cair

Bahan-bahan organik terkandung di dalam buangan limbah cair tahu pada umumnya sangat tinggi. Senyawa-senyawa organik didalam air buangan tersebut dapat berupa protein, karbohidrat lemak, dan minyak besar (Nurhasan dan Pramudyanto, 1991). Di antara senyawa-senyawa tersebut, protein mencapai 40-60%, karbohidrat 25-50% dan lemak 10% (Sugiharto, 1994). Semakin lama jumlah dan jenis bahan organik ini semakin banyak, dalam hal ini akan menyulitkan pengelolaan limbah, karena beberapa zat sulit diuraikan oleh mikroorganisme didalam air limbah tahu tersebut (Nurhasan dan Pramudyanto, 1991).

Menurut Sarwono dan Saragih (2006), sifat limbah cair dari pengolahan tahu antara lain :

1. Limbah cair mengandung zat-zat organik terlarut yang cenderung membusuk kalau dibiarkan tergenang sampai beberapa hari di tempat terbuka.
2. Suhu air limbah tahu rata-rata berkisar 40-60° C. Suhu ini lebih tinggi dibandingkan suhu rata-rata air lingkungan. Pembuangan secara langsung, tanpa proses dapat membahayakan kelestarian lingkungan.
3. Air limbah tahu bersifat asam karena proses penggumpalan protein kedelai membutuhkan bahan penggumpal yang bersifat asam. Keasaman limbah dapat

membunuh mikroorganisme. mikroorganisme tumbuh optimal pada pH 6,5-8,5. Agar aman, limbah perlu diolah hingga mempunyai pH 6,5.

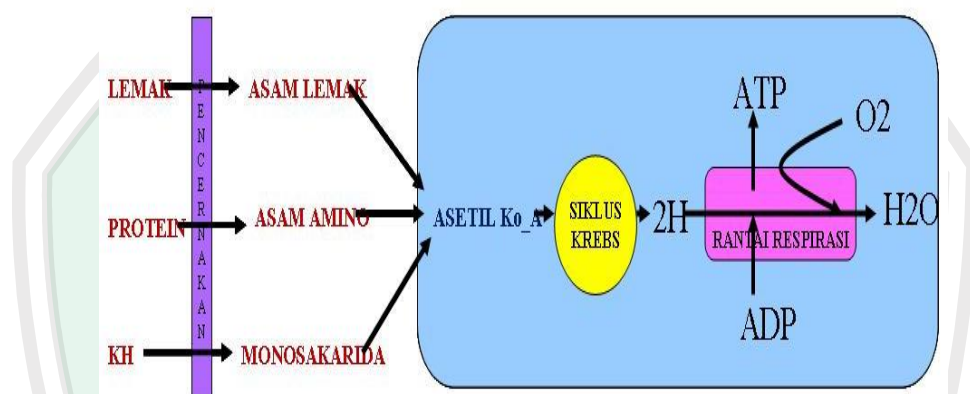
2.4.5 Bahaya Limbah Cair Tahu

Limbah cair yang dihasilkan mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut, akan mengalami perubahan fisika, kimia, dan biologis yang akan menghasilkan zat beracun atau menciptakan media untuk tumbuhnya kuman dimana kuman ini dapat berupa kuman penyakit atau kuman lainnya yang merugikan baik pada tahu sendiri ataupun tubuh manusia. Bila dibiarkan dalam air limbah akan berubah warnanya menjadi coklat kehitaman dan berbau busuk. Bau busuk ini akan mengakibatkan sakit pernapasan. Apabila air limbah ini merembes ke dalam tanah yang dekat dengan sumur maka air sumur itu tidak dapat dimanfaatkan lagi. Apabila limbah ini dialirkan ke sungai maka akan mencemari sungai dan bila masih digunakan maka akan menimbulkan penyakit gatal, diare, dan penyakit lainnya (Nurhasan dan Pramudyanto, 1991).

2.4.6 Hubungan Limbah Cair Tahu dengan Pertumbuhan Mikroalga

Limbah cair tahu mengandung bahan organik yang tinggi seperti protein, karbohidrat dan lemak (Nurhasan dan Pramudyanto, 1997). Menurut Poedjiadi (2007) pada proses respirasi karbohidrat, protein, dan lemak diuraikan menjadi monomer-monomer penyusunnya, glukosa akan dipecah menjadi piruvat melalui proses glikolisis kemudian didekarboksilasi menghasilkan Asetil KoA. Protein diuraikan menjadi asam amino selanjutnya menjadi asam piruvat melalui proses

transaminasi kemudian menghasilkan asetil KoA. Sedangkan lemak dipecah menjadi komponen penyusunnya yaitu asam lemak melalui proses lipolisis. Asam lemak dapat dioksidasi menjadi asetil KoA. Selanjutnya asetil KoA masuk dalam siklus Krebs, dilanjutkan dengan rantai transpor elektron yang akan menghasilkan ATP. Energi yang terkandung dalam ATP tersebut digunakan untuk pertumbuhan dan pembelahan sel. Pada gambar 2.3 menunjukkan proses respirasi:



Gambar 2.4. Proses respirasi (Suparyanto. 2010)

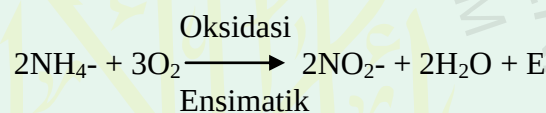
Pada penelitian Gunawan (2010) dengan mikroalga jenis lain, kepadatan sel tertinggi dihasilkan pada taraf konsentrasi nitrogen tertinggi. Nitrogen merupakan bahan penting penyusun asam amino, amida dan nukleoprotein, serta esensial untuk pembelahan sel dan pembesaran sel, dengan kata lain unsur ini penting untuk pertumbuhan mikroalga.

Pada limbah cair tahu terdapat senyawa N dalam bentuk N-organik, N-nitrit (NO_2^-), N-nitrat (NO_3^-), N-ammonium (NH_4^+). Senyawa nitrat (NO_3^-) inilah yang dapat diserap langsung oleh mikroalga untuk memenuhi kebutuhan nutrisi pertumbuhannya. Kemudian untuk ammonium (NH_4^+) dan (NO_2^-) akan

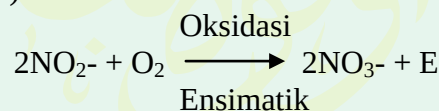
dirubah melalui proses nitrifikasi menjadi bentuk senyawa nitrat (NO_3^-) dapat diserap oleh mikroalga (Zulkifli, 2001) .

Nitrifikasi adalah pemberian oksigen pada amonia untuk diubah menjadi nitrat dan nitrit oleh mikroorganisme (Sugiharto, 1994). Proses nitrifikasi dibutuhkan dalam pengolahan limbah cair tahu, selain untuk mengurangi jumlah amonia dalam limbah cair tahu juga untuk mengurangi penyebab terjadinya proses eutrofikasi. Menurut (Darjamuni, 2003), reaksi dari proses nitrifikasi dapat diuraikan sebagai berikut:

Tahap pertama (nitrifikasi)



Tahap kedua (nitrifikasi)



2.4.7 Hubungan Limbah Cair Tahu dengan Kadar Lipid Mikroalga

Unsur-unsur lipid terdiri dari C, H, O. Lipid mempunyai fungsi cadangan utama sebagai sumber energi. Cadangan ini merupakan salah-satu bentuk penyimpanan energi yang penting bagi pertumbuhan. Pada umumnya lipid yang diakumulasi oleh mikroorganisme adalah *Triasilgliserol* (TAG) karena TAG adalah lipid netral digunakan sebagai cadangan energi dalam sel (Pangabea, 2010).

Menurut Agung (2010) limbah cair tahu mempunyai kandungan organik yaitu karbohidrat, protein dan lemak yang bisa mencemari lingkungan. Menurut Campbell (2002) lipid disintesis dari karbohidrat, protein dan lemak. Karbohidrat menjadi monomer yang lebih kecil. Sebagian besar pertemuannya berlangsung melalui siklus (daur) Krebs. Karbohidrat merupakan sumber energi utama untuk pembentukan asetil KoA yang digunakan dalam biosintesis asam lemak.

Biosintesis lipid mikroalga dimulai oleh kondensasi gliserol dengan tiga molekul asam lemak dengan bantuan katalis enzim lipase. Gliserol berasal dari α -gliserofosfat yang dihilangkan gugus fosfatnya oleh reaksi fosforilasi, sedangkan biosintesis asam lemak membutuhkan beberapa asetil KoA, dua pasang elektron (2NADPH) dan satu energi ATP (Gualiteri, dan Barsanti, 2006). Kebutuhan energi ini di klorofil dapat tersedia dari hasil fotosintesis yaitu glukosa melalui proses glikolisis akan dipecah menjadi ATP, NADH dan Asam Piruvat. NADPH dapat tersedia dari lintasan respirasi pentosa fosfat, dan ATP dari glikolisis piruvat yang merupakan senyawa asal dari asetil KoA (Esteti, 1995).

2.4.8 Pemanfaatan Karbondioksida (CO₂) oleh Mikroalga

Karbondioksida adalah hasil akhir dari organisme yang mendapatkan energi dari penguraian gula, lemak dan asam amino dengan oksigen sebagai bagian dari metabolisme dalam proses yang dikenal sebagai respirasi sel. Pada mikroalga karbondioksida diserap dari proses fotosintesis, dalam proses ini mikroalga dapat mengurangi kadar karbondioksida dengan melakukan proses fotosintesis yang disebut juga dengan asimilasi karbon dengan menggunakan

cahaya untuk memproduksi materi organik dengan mengkombinasi karbondioksida dengan air (Borowitzka, 1988).

Karbondioksida diperlukan oleh mikroalga untuk membantu proses fotosintesis. Karbondioksida yang berlebihan dapat menyebabkan pH berkurang kurang dari batas maksimum sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroalga. Kelarutan CO₂ dalam media dapat dilakukan dengan pengadukan, selain itu juga bermanfaat untuk meratakan unsure-unsur hara dan mencegah pengendapan sel-sel mikroalga, salah satunya dengan cara pengadukan yang efektif yaitu dengan cara aerasi (Borowitzka, 1988).

2.4.9 Mekanisme Penyerapan Limbah Cair Tahu

Penyerapan limbah cair tahu oleh mikroalga dibantu dengan aktivitas enzimatik bakteri yang mengurai bahan organik limbah cair tahu menjadi molekul yang sederhana. (Darmono, 2001). Bahan organik yang ada pada limbah cair tahu terjadi perombakan terutama protein, karbohidrat, dan lemak yang dibantu oleh mikroorganisme pengurai menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu menjadi asam amino, glukosa dan asam lemak (Nurhasan dan Pramudiyanto, 1997). Proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme dapat berlangsung karena adanya nutrisi dalam air limbah dan mengandung O₂ terlarut (Sitaresmi, 2012).

Senyawa-senyawa organik yang ada pada limbah cair tahu akan diserap oleh mikroalga melalui proses respirasi. Menurut Salibury (1995) substrat yang dibutuhkan dalam proses respirasi adalah pati, frukta, sukrosa, atau gula lainnya,

lemak, asam organik dan bahkan protein dapat bertindak sebagai substrat. Proses respirasi ditunjukkan pada gambar 2.3.

2.5 Kajian Keislaman

2.5.1 Lingkungan dalam Prespektif Islam

Lingkungan hidup terdiri dari dua komponen yaitu komponen biotik dan komponen abiotik. Komponen biotik meliputi makhluk hidup seperti manusia, hewan, dan tumbuhan. Komponen abiotik meliputi benda-benda mati seperti air, tanah, udara, cahaya matahari dan lain sebagainya. Komponen tersebut merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan dan membentuk suatu sistem kehidupan yang disebut ekosistem. Suatu ekosistem akan menjamin keberlangsungan kehidupan apabila lingkungan tersebut dalam keadaan seimbang (Anonymous, 2012). Allah berfirman dalam Al-Qur'an surat Al-Jatsiyah ayat 13:

وَسَخَّرَ لَكُم مَّا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ جَمِيعًا مِّنْهُ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ
يَتَفَكَّرُونَ ﴿١٣﴾

Artinya: *Dan dia Telah menundukkan untukmu apa yang di langit dan apa yang di bumi semuanya, (sebagai rahmat) daripada-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berfikir.*

Ayat di atas menerangkan bahwa Allah menciptakan alam semesta ini untuk manusia, dengan demikian manusia harus bersyukur atas segala karunia yang diberikan termasuk alam semesta dan isinya. Tanpa karunia Allah SWT tidak ada

kehidupan di muka bumi ini. Rasa syukur tersebut diwujudkan dengan menjaga dan melestarikan lingkungan hidup (Hariani dan Minarno, 2011)

2.5.2 Kerusakan Lingkungan dalam Prespektif Islam

Kerusakan yang terjadi dimuka bumi ini sebagian besar karena ulah tangan manusia itu sendiri. salah satu kerusakan dimuka bumi ini adalah kerusakan pada kualitas air yang menyebabkan terjadinya kerusakan pada sistem ekologi dalam suatu bentuk yang akan mengurangi kemampuannya dalam menjalani peran alamnya. (Suprpti, 2005). Dalam firman Allah telah dijelaskan bahwa:

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, supay Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”*. (Qs. Ar-Ruum [30] : 41).

Ayat diatas menjelaskan tentang kerusakan alam yang disebabkan oleh perbuatan manusia sendiri, salah satunya yaitu air limbah atau air buangan. Air limbah atau air buangan adalah sisa air yang dibuang yang berasal dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lainnya, dan pada umumnya mengandung bahan-bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan bagi kesehatan manusia serta mengganggu lingkungan hidup. Batasan lain mengatakan bahwa air

limbah adalah kombinasi dari cairan dan sampah cairan yang berasal dari daerah pemukiman, perdagangan, perkantoran dan industri (Notoatmodjo, 2003).

Industri rumah tangga seperti industri tahu di Indonesia khususnya di Pulau Jawa maka makin besar pula potensi pencemaran air yang diakibatkan oleh buangan limbah cair pabrik tersebut. Industri tahu berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan, karena pada umumnya karakteristik limbah industri ini mempunyai suhu yang tinggi ($32,0 - 38,6^{\circ}\text{C}$), bersifat asam ($4 - 5$), berbau, mengandung zat organik yang tinggi (Winarsih, 2002).

Menurut Winarsih (2002), pencemaran lingkungan dapat menyebabkan berbagai dampak pada lingkungan perairan, yang menyebabkan tercemarnya suatu badan air misalnya limbah industri pengolahan pangan. Komponen limbah cair industri pangan sebagian besar adalah bahan organik antara lain karbohidrat, protein, lemak, garam-garam mineral serta sisa-sisa bahan kimia yang digunakan dalam proses pengolahan dan pembersihan. Pada umumnya limbah industri pangan tidak membahayakan kesehatan masyarakat secara langsung. Tetapi kandungan bahan organiknya yang tinggi dapat bertindak sebagai pertumbuhan mikroalga yang akan berkembangbiak dengan cepat dan mereduksi oksigen yang terlarut dalam air. Jika kadar oksigen terlarut dalam air dibawah normal, akan menyebabkan kematian ikan dan biota perairan lainnya. Bila oksigen terlarut dalam air rendah dan kadar bahan organiknya tinggi, maka akan timbul bau busuk dan warna air menjadi gelap.

Menurut Warlina (2004), pengamatan secara fisik yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan tingkat kejernihan air (kekeruhan), perubahan suhu,

warna dan adanya perubahan warna, bau dan rasa. Pengamatan secara kimiawi, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan zat kimia yang terlarut, dan perubahan pH. Sedangkan pengamatan secara biologis, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan mikroorganisme yang ada dalam air, terutama ada tidaknya bakteri patogen. Upaya untuk mengolah air limbah harus dilakukan bila limbah tersebut akan dibuang ke badan air penerima (sungai, danau, selokan, drainase, laut dan lain sebagainya). Salah satu alternatif pengolahan air limbah adalah dengan mendaur ulangnya. Saat ini banyak digunakan tumbuhan air untuk mendaur ulang limbah, tujuannya adalah untuk menurunkan sifat limbah baik secara fisik, kimia, biologis yang terdapat dalam limbah dan pemanfaatan tumbuhan air sebagai tumbuhan biodisel.

Penelitian ini menggunakan *Chlorella sp* karena sifat pertumbuhannya yang sangat cepat dipilih sebagai menghasilkan kadar lipid yang tinggi. Menurut penelitian Rachmaniah, dkk (2010) menyatakan bahwa minyak alga *Chlorella sp.* ini sangatlah berpotensi untuk dijadikan biodiesel sesuai dengan standar mutu biodiesel yang ada.). Menurut Pangabea (2010) Biodiesel merupakan *fatty acid methyl* yang berasal dari minyak nabati dan lemak lipid hewani.

Dalam surat an-Nahl ayat 14 Allah berfirman:

وَهُوَ الَّذِي سَخَّرَ الْبَحْرَ لِتَأْكُلُوا مِنْهُ لَحْمًا طَرِيًّا وَتَسْتَخْرِجُوا مِنْهُ حِلْيَةً تَلْبَسُونَهَا وَتَرَى الْفُلْكَ مَوَاحِرَ فِيهِ وَلِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ وَلِعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ﴿١٤﴾

Artinya: “*Dan Dia-lah, Allah yang menundukkan lautan (untukmu), agar kamu dapat memakan daripadanya daging yang segar (ikan), dan kamu mengeluarkan dari lautan itu perhiasan yang kamu pakai; dan kamu melihat bahtera berlayar padanya, dan supaya kamu mencari (keuntungan) dari karunia-Nya, dan supaya kamu bersyukur.*”

Makna dari firman Allah SWT *sakhkhara al-bahra* menerangkan bahwa laut juga ditundukkan sebagai sumber daya alam yang tak ternilai harganya. Laut adalah lambang dari kesuburan sekaligus kemakmuran. Di laut terdapat beraneka ragam potensi sumber daya alam yang dapat diperbaharui (*renewable resources*) seperti gas dan minyak bumi, mineral dan beraneka ragam serta ramah lingkungan (Shihab, 2002).

Salah satu sumber daya alam laut yang dapat dimanfaatkan adalah *Chlorella* sp. *Chlorella* sp. adalah alga hijau satu sel yang tidak mempunyai kemampuan bergerak. *Chlorella* sp. termasuk ke dalam mikroorganisme tingkat rendah karena bentuknya mikroskopik dan tidak memiliki akar, batang dan daun sejati (*thallus*) (Kabinawa *et al.* 1999). Alga merupakan salah satu sumber devisa Negara. mikroalga ini bisa digunakan sebagai bahan bakar, obat-obatan dan kosmetik.

2.4.3 Peran Air dalam Kehidupan

Air merupakan karunia Allah SWT, di bumi ini yang sangat berlimpah, baik di laut, danau, sungai, mata air, maupun air yang turun dari atmosfer (langit). Air merupakan salah satu kebutuhan primer bagi kehidupan makhluk hidup di bumi (Hude dkk, 2002). Dalam ilmu biologi, air merupakan unsur paling mendasar dan paling vital bagi semua makhluk hidup. Air juga merupakan

komponen terpenting bagi sel-sel tubuh. Dalam ilmu kimia, air sangat menentukan setiap reaksi kimia yang terjadi didalam tubuh. Air berperan sebagai medium reaksi, zat dalam reaksi, atau hasil dari reaksi (Abdushshamad, 2003).

Menurut Abdushshamad (2003) air adalah unsur yang mutlak diperlukan oleh semua makhluk hidup. Tidak perlu jenis atau ukuran tubuhnya, mulai dari makhluk hidup yang paling kecil hingga yang paling besar, mulai dari mikroba yang berukuran mikroskopis sampai ikan paus dan gajah, dua makhluk hidup terbesar di laut dan di darat. Tanpa air yang Allah berikan, tidak akan ada burung-burung, binatang melata, tumbuhan, dan tiram yang bersemayam di dasar lautan. Allah SWT telah menyatakan hal ini dalam Al-Qur'an :

وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ ﴿٢١﴾

Artinya : ” Dan dari air Kami jadikan segala sesuatu yang hidup. “ (Qs. Al-Anbiyaa’ [21] : 30).

Menurut Shihab (2002) Salah satu konsep islam tentang pemeliharaan lingkungan yang telah berlangsung beberapa abad dan masih membuat manusia modern merasa kagum adalah pemeliharaan setiap makhluk hidup dari kebinasaan dan kepunahan. Sebab pada dasarnya Allah SWT tidak sekali-kali menciptakan sesuatu kecuali untuk hikmah tertentu. Sebagaimana yang terkandung dalam Al Qur'an surat Al-Imran ayat 191 yang bercerita tentang sekelompok manusia yang selalu mengingat Allah (zikir) dalam segala kondisi baik ketika berdiri, duduk dan

berbaring dan merenungi penciptaan langit dan bumi serta memikirkan rahasia dibalik ciptaan-Nya.

Menurut Shihab (2002) menyatakan bahwa salah satu ciri khas orang yang berakal yaitu apabila ia memperhatikan sesuatu selalu memperoleh manfaat dan faedah, ia selalu mengagungkan kebesaran Allah SWT, mengingat dan mengenang kebijaksanaan, keutamaan dan banyaknya nikmat Allah kepadanya. Ia selalu mengingat Allah disetiap waktu dan keadaan, baik di waktu berdiri, duduk atau berbaring, tidak ada satu waktu dan keadaan dibiarkan berlalu begitu saja kecuali diisi dan digunakan untuk memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi, memikirkan keajaiban-keajaiban yang terdapat didalamnya yang menggambarkan kesempurnaan alam dan kekuasaan Allah SWT. Salah satu ciptaan-Nya yang bisa memberikan manfaat untuk mempertahankan kehidupan dan kelestarian hewan ternak adalah pemanfaatan limbah cair tahu sebagai media mikroalga *Chlorella* sp. Sebagian besar masyarakat memandang limbah sebagai bahan sisa yang harus dibuang. Akan tetapi, jika kita kaji lebih dalam limbah sekalipun masih bisa dimanfaatkan.

Limbah cair tahu adalah limbah yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu maupun pada saat pencucian kedelai. Limbah yang dihasilkan berupa limbah padat dan cair. Limbah padat industri tahu belum dirasakan dampaknya karena limbah padat industri tahu bisa dimanfaatkan sebagai pakan ternak (Nuraida, 1985). Apabila limbah cair tahu ini tidak ditangani secara tepat dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Diantara kerusakan yang ditimbulkan dari limbah adalah pencemaran air yang telah diciptakan Allah dalam keadaan suci.