

Penggunaan Limbah Cair Tahu untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Biodisel dari Mikroalga *Scenedesmus* sp

Mohamad Agus Salim

Abstrak

Penelitian yang dilaksanakan bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian limbah cair tahu terhadap kerapatan sel dan produksi biodisel dari mikroalga *Scenedesmus* sp. Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan sepuluh ulangan. Perlakuan terdiri dari enam konsentrasi limbah cair tahu yaitu 0% (kontrol), 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Pada puncak populasi, kerapatan sel tertinggi pada perlakuan limbah cair tahu 20% sebanyak 8.996.125 sel.ml⁻¹ pada hari ketujuh dan kerapatan sel terendah terjadi pada pemberian limbah cair tahu 50% sebanyak 225.367 sel.ml⁻¹ pada hari ke tigabelas. Berat basah, berat kering dan hasil minyak tertinggi terjadi pada pemberian limbah cair tahu 20% dan terendah pada pemberian limbah cair tahu 50%. Produksi biodisel tertinggi terjadi pada pemberian limbah cair tahu 20% sebanyak 32.33%-berat.

Kata Kunci : limbah cair tahu, Lipida, *Scenedesmus* sp

Abstract

The research has been conducted to know the influences of provide of tofu waste water to cell density and biodiesel production of *Scenedesmus* sp microalgae. The experiment design was completely randomized design with ten replications. The treatments comprising of 6 concentrations of tofu waste water : 0% (control), 10%, 20%, 30%, 40% and 50%. At peak population, the highest cell density for treatment of tofu waste water 20% was 8.996.125 cell.ml⁻¹ at the day of seven and the lowest cell density for the treatment of tofu waste water 50% was 225.367 cell.ml⁻¹ at the day of thirteen. The highest fresh weight, dry weight and oil production were occurred in treatment of tofu waste water 20% and the lowest was occurred in treatment of tofu waste water 50%. The highest biodiesel production (32.33%-berat) was occurred in treatment tofu waste water 20%.

Key words : Lipid, *Scenedesmus* sp, Tofu waste water.

PENDAHULUAN

Produksi minyak Indonesia akhir-akhir ini terus menurun. Sebaliknya pada saat produksi yang menurun ini justru harga minyak dunia terus meningkat. Pemerintah bukan hanya tidak bisa mendapatkan keuntungan, namun juga harus mengimpor minyak, karena produksi minyak Indonesia kurang dari 1 juta barel perhari. Penurunan produksi sekitar 30% padahal sebelumnya pada tahun 1999 produksi minyak Indonesia sebesar 1,4 juta barel perhari (Kurtubi, 2004). Disisi lain kebutuhan bahan bakar minyak meningkat sangat tajam, pertumbuhan konsumsi bahan bakar meningkat sangat cepat hingga mencapai diatas 10% (Rahayuningsih, 2005).

Segala usaha untuk mengatasi keadaan ini perlu segera dilakukan untuk mencari sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui sehingga ketergantungan kepada sumber energi dari minyak bumi dapat dikurangi. Sumber

energi alternatif yang paling sesuai dengan kondisi wilayah Indonesia salah satunya adalah biodiesel. Biodiesel diusulkan sebagai salah satu energi alternatif pengganti bahan bakar minyak diesel. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mencari beragam bahan baku biodiesel. Pada penelitian tersebut berhasil mengembangkan biodiesel dari berbagai bahan baku diantaranya adalah biodiesel dari minyak jelantah, minyak goreng, CPO (*crude palm oil*), minyak jarak keypar dan minyak jarak pagar (Zuhdi dan Sukardi, 2005).

Asam lemak merupakan produk dari mikroalga yang berupa minyak nabati. Mikroalga mengandung minyak nabati yang sangat besar. Menurut Briggs (2004), mikroalga mengandung minyak lebih dari 50% beratnya. Salah satu jenis mikroalga yang diteliti oleh Sheehan dkk (1998) kandungan minyaknya bahkan dapat mencapai lebih dari 50%. Minyak nabati dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel (Rahayu, 2005;

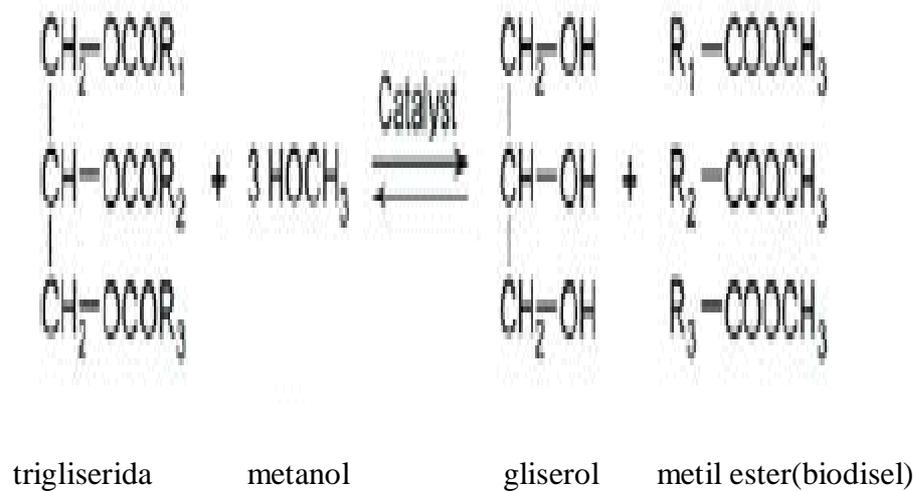
Zuhdi, 2002; Zuhdi dkk, 2003; Rahman, 1995).

Biomassa terbaik penghasil biodisel adalah mikroalga. Mikroalga merupakan organisme yang mampu berfotosintesis meskipun ukuran diameternya kurang dari 2 mm. Mikroalga mengandung banyak minyak, disamping itu mikroalga dapat tumbuh lebih cepat dan mudah. Mikroalga dapat menghasilkan beberapa macam bahan bakar biologi yang terbarukan seperti metana yang dihasilkan melalui reaksi anaerob biomassa alga, biodisel diperoleh dari minyak mikroalga dan biohidrogen yang diperoleh secara fotobiologi (Fedorov, *et al.*, 2005).

Ide menggunakan mikroalga sebagai sumber bahan bakar bukan hal yang baru, namun saat ini menjadi perhatian besar sejak naiknya harga minyak bumi dan pemanasan global yang dihubungkan dengan pembakaran bahan bakar fosil. Dilaporkan oleh para ilmuwan biologi bahwa mikroalga merupakan satu-

satunya yang terbaik sebagai sumber biodisel. Pada kenyataannya mikroalga adalah penghasil biodisel paling tinggi. Mikroalga dapat menghasilkan minyak sampai 250 kali dari kedelai. Produksi biodisel dari mikroalga akan menjadi satu-satunya cara untuk menghasilkan bahan bakar kendaraan yang cukup untuk menggantikan penggunaan solar saat ini. Mikroalga menghasilkan 7 sampai 31 kali lebih banyak minyak dibandingkan minyak sawit disamping itu cara mengekstraknya sangat sederhana.

Pada pembuatan biodisel, trigliserida bereaksi dengan metanol di dalam reaksi yang disebut transesterifikasi atau alkoholisis. Transesterifikasi menghasilkan metil ester dari asam lemak, yaitu biodisel, dan gliserol (Gambar 3). Reaksi terdiri dari beberapa tahap: trigliserida pertama kali diubah menjadi digliserida, kemudian menjadi monogliserida dan akhirnya menjadi gliserol (Gavrilescu dan Chisti, 2005).



Gambar 3. Transesterifikasi Minyak menjadi Biodisel. (R_{1-3} adalah gugus hidrokarbon).

Transesterifikasi memerlukan 3 mol alkohol untuk setiap mol trigliserida untuk menghasilkan 1 mol gliserol dan 3 mol metil ester (Gambar 3). Reaksi adalah kesetimbangan. Proses industri menggunakan 6 mol metanol untuk setiap mol trigliserida. Metanol yang berlebihan agar reaksi benar-benar mengarah ke pembentukan metil ester yaitu biodisel. Hasil dari metil ester lebih dari 98% dari berat dasar. Transesterifikasi dikatalisis oleh asam, alkali dan enzim lipase. Transesterifikasi yang dikatalis alkali sekitar 4000 kali lebih cepat dari reaksi yang dikatalis asam. Akibatnya, alkali

seperti natrium dan kalium hidroksida umum digunakan sebagai katalis yg komersial pada konsentrasi sekitar 1% dari berat minyak. Alkoksida seperti natrium metoksida katalis yang lebih baik dari pada natrium hidroksida dan sekarang meningkat digunakan (Gavrilescu dan Chisti, 2005).

Perbanyakkan biomassa *Scenedesmus* sp dapat dimanipulasi menggunakan teknik kultur. Pertumbuhan mikroalga membutuhkan optimasi berbagai faktor pendukung hidup untuk memperoleh biomassa yang tinggi. Keberhasilan teknik kultur tergantung pada kesesuaian antara

jenis mikroalga yang dibudidayakan dan beberapa faktor lingkungan. Upaya untuk meningkatkan produksi biomassa dapat dilakukan dengan memanipulasi faktor lingkungan seperti cahaya, kadar CO₂, suhu, pH, salinitas dan nutrisi.

Adanya nutrisi merupakan salah satu faktor utama kebutuhan pertumbuhan dan perkembangan mikroalga. Pertumbuhan mikroalga sangat membutuhkan tiga faktor utama yaitu cahaya, nutrisi dan gas karbondioksida. Namun dalam pelaksanaan kultur mikroalga, pemberian nutrisi sering diabaikan dibandingkan dengan dua faktor yang lain. Oleh sebab itu dengan mencukupi kebutuhan nutrisi diharapkan biomassa mikroalga akan meningkat akibat pertumbuhannya yang maksimal. Biomassa mikroalga yang tinggi diharapkan akan dapat meningkatkan kandungan minyak yang

tinggi pula dan akhirnya produksi biodiesel dari mikroalga pun dapat meningkat

Alga hijau adalah salah satu kelompok alga yang besar dalam hal jumlah spesies dan luas persebaran serta dapat beradaptasi pada habitat ekstrim seperti alga biru. Spesies dengan bentuk tubuh lebih kecil sering ditemukan di air tawar atau terestrial dengan siklus hidup meiosis zigotik, meskipun beberapa spesies unisel motil adalah anggota fitoplankton laut. Sel-sel dari kelas Chlorophyceae mempunyai kloroplas berwarna hijau, mengandung klorofil-a dan -b serta karotenoid. Kloroplas terdiri atas pirenoid tepung dan minyak (Ardiles, 2011). Salah satu mikroalga yang termasuk kedalam divisio ini yaitu *Scenedesmus* sp. Mikroalga ini merupakan salah satu mikroalga yang belum diketahui secara luas potensinya.



Gambar 1. Mikroalga *Scenedesmus* sp.

Mikroalga hijau (Chlorophyta) seperti jenis *Scenedesmus* sp memiliki struktur tubuh yang sederhana berdiameter kurang dari 2 mm namun kecepatan pertumbuhannya tinggi dan memiliki kandungan minyak yang dapat dijadikan sebagai biodisel. Pertumbuhan mikroalga membutuhkan tiga faktor utama yaitu : sinar matahari, nutrisi dan karbondioksida. Oleh sebab itu dalam penelitian ini akan dilakukan pemberian nutrisi dari limbah cair tahu, agar pertumbuhan dari mikroalga jenis *Scenedesmus* sp dapat maksimal dan tentunya diharapkan akan menghasilkan

minyak yang akan dikonversi ke biodisel dalam jumlah yang banyak pula.

Kegunaan penelitian ini adalah untuk memperoleh bahan bakar alternatif yang dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil yaitu biodisel dari mikroalga jenis *Scenedesmus* sp. Biodisel yang dihasilkan ini memiliki sifat yang unggul yaitu ramah lingkungan (mengurangi efek rumah kaca), *biodegradable*, *renewable* dan tidak beracun. Selain itu kegunaan penelitian ini adalah untuk mengurangi limbah cair yang dihasilkan oleh pabrik tahu. Mikroalga mampu menggunakan nutrisi berupa

limbah cair tahu bersama dengan karbondioksida dalam proses fotosintesis untuk menghasilkan karbohidrat dan gas O₂. Selanjutnya karbohidrat diubah oleh mikroalga tersebut menjadi lipida. Lipida merupakan bahan untuk pembuatan biodisel.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini sepenuhnya dilaksanakan di Laboratorium Biologi Jurusan Sains, Fakultas Saintek, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung. Isolat mikroalga *Scenedesmus* sp hasil koleksi Laboratorium Biologi dikulturkan di dalam Medium Basal Bold (MBB) dengan perlakuan 0, 10, 20, 30, 40 dan 50% limbah cair tahu. Kultur tunggal *Scenedesmus* sp sebanyak 250 ml yang

dipelihara dalam botol Erlenmeyer 500 ml dikultur dan disimpan di ruang kultur dengan menata faktor lingkungan yang dibutuhkan seperti : suhu, kelembaban, intensitas cahaya, fotoperioda.

Karakter pertumbuhan mikroalga *Scenedesmus* sp dianalisa dengan kurva pertumbuhan mikroalga yang dibuat berdasarkan data yang didapatkan persatuan waktu. Dari data tersebut dapat diperhitungkan waktu generasi (*generated/doubling time*) dan pertumbuhan relatif berbagai dari mikroalga *Scenedesmus* sp hasil kultur. Perhitungan kerapatan sel dilakukan secara periodik setiap 24 jam selama 14 hari, menggunakan Haemocytometer. Laju pertumbuhannya dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Chrimadha, *et al.*, 2006) :

$$\mu = \frac{\ln (X_t / X_o)}{t}$$

Keterangan : μ = Laju pertumbuhan (pembelahan sel. hari⁻¹), X_t = kerapatan sel pada waktu t , X_o = kerapatan sel awal, t = waktu (hari).

Cuplikan sebanyak 1 gr dibungkus dalam selongsong kertas yang di alasi dengan kapas kemudian selongsong kertas berisi cuplikan tersebut disumbat dengan kapas, dikeringkan dalam oven pada suhu tidak lebih dari 80°C selama kurang lebih 1 jam lalu dimasukkan dalam alat soxhlet yang telah dihubungkan dengan labu berisi batu didih yang telah dikeringkan dan telah diketahui bobotnya. Selanjut diekstrak dengan heksana selama kurang lebih 6 jam. Ekstrak minyak dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C . Produksi biodisel dilakukan melalui proses transesterifikasi dengan mencampurkan minyak hasil ekstraksi dengan campuran NaOH dan metanol.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Jumlah Sel

Terlihat pada Tabel 1. terjadi pertumbuhan jumlah sel *Scenedesmus* sp

pada setiap perlakuan limbah cair tahu. Pertumbuhan jumlah sel yang cepat terjadi pada pemberian konsentrasi limbah cair tahu 20% diikuti oleh pemberian pada konsentrasi 10%, 30%, 0%, 40% dan paling lambat pada pemberian konsentrasi 50%. Walaupun terjadi perlambatan pertumbuhan pada pemberian limbah cair tahu pada konsentrasi 40% dan 50% bila dibandingkan dengan 0% (kontrol), namun secara keseluruhan perlakuan menunjukkan adanya pertumbuhan. Pada hari kedua dari pengamatan jumlah sel *Scenedesmus* sp terjadi penambahan dari jumlah sel awal 10^4 sel/ml. Hal tersebut menunjukkan bahwa sel *Scenedesmus* sp tidak memerlukan lagi adaptasi terhadap berbagai faktor lingkungan untuk pertumbuhannya. Penggunaan medium Basal Bold pada kultur tunggal yang sama dengan medium yang digunakan untuk isolasi jenis *Scenedesmus* sp memungkinkan sel dari spesies ini dengan cepatnya bereproduksi.

Table 1. Pertumbuhan rata-rata jumlah sel *Scenedesmus* sp (sel/ml) pada perlakuan beberapa konsentrasi limbah cair tahu selama 14 hari kultur.

Hari	Konsentrasi Limbah Cair Tahu (%)					
	0	10	20	30	40	50
1	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
2	144.553	223.000	576.820	151.000	99.135	79.122
3	345.125	817.545	1.155.867	512.876	101.223	95.554
4	518.173	1.322.154	2.987.554	1.105.132	125.775	98.122
5	789.155	2.765.865	4.997.335	1.355.155	157.257	100.988
6	885.552	3.221.546	6.912.275	1.601.112	178.583	112.431
7	912.373	4.395.575	8.996.125 *)	1.687.237	245.265	126.631
8	1.101.003	5.712.556*)	8.495.886	1.775.489	347.127	128.227
9	1.178.857	3.998.511	8.178.545	2.187.123	457.025	131.253
10	1.156.525	2.965.122	7.116.345	2.565.125*)	553.275	155.725
11	1.256.755(*)	2.617.135	6.945.435	2.399.875	567.165	177.895
12	957.487	2.365.667	6.661.255	2.210.575	775.452(*)	195.124
13	882.135	2.127.656	6.316.224	1.884.122	556.225	225.367(*)
14	799.595	1.544.754	5.875.125	1.662.355	275.668	187.267

Keterangan: (*) = populasi puncak

Pertumbuhan jumlah sel pada perlakuan pemberian konsentrasi *Scenedesmus* sp pada perlakuan limbah cair tahu 20% mencapai puncak pada hari ke-7 dengan jumlah sel sebanyak 8.996.125 sel/ml. Berikutnya pertumbuhan jumlah sel *Scenedesmus* sp pada perlakuan konsentrasi limbah cair tahu 10% mencapai puncak pada hari ke-8 dengan jumlah sel sebanyak 5.712.556 sel/ml. Sedangkan jumlah sel *Scenedesmus* sp pada perlakuan pemberian konsentrasi limbah cair tahu 30% mencapai puncak pada hari ke-10 dengan jumlah sebanyak 2.565.125 sel/ml. Pertumbuhan jumlah sel *Scenedesmus* sp pada perlakuan pemberian konsentrasi limbah cair tahu 40% dan 50% berada di bawah perlakuan 0% (kontrol) yaitu mencapai puncak pada hari ke-12 dan ke-13 sebesar 775.452 sel/ml dan 225.367 sel /ml. Sedangkan pada kontrol

populasi mencapai puncak pada hari ke-11 sebesar 1.256.755 sel/ml.

Pencapaian puncak populasi yang lebih cepat pada perlakuan limbah cair tahu pada konsentrasi yang tepat memungkinkan sel *Scenedesmus* sp melaksanakan fotosintesis yang lebih cepat sehingga menghasilkan biomasa yang lebih banyak. Ketersediaan unsur hara pada medium yang terbatas menyebabkan tidak mendukung terhadap pertumbuhan jumlah sel. Begitupun ketersediaan unsur hara yang berlebihan dapat menurunkan jumlah sel karena unsur hara dari limbah cair tahu dapat menyebabkan keracunan bagi sel *Scenedesmus* sp sehingga setelah mencapai puncak maka segera pertumbuhan jumlah sel *Scenedesmus* sp menurun.

2. Berat Basah dan Berat Kering

Biomassa yang dihitung setelah dilakukan pemanenan pada pengamatan

terakhir baik berat kering maupun berat basah menunjukkan peningkatan yang nyata berdasarkan uji statistik pada selang kepercayaan 95% terhadap kontrol. Berat basah terbesar dicapai oleh kultur yang diberi perlakuan konsentrasi limbah cair tahu 20%, yang diikuti oleh perlakuan konsentrasi 10%, 30%, 0% (kontrol), kemudian 40% dan terakhir 50%. Begitupun berat kering sama seperti berat basah yang menunjukkan perlakuan konsentrasi limbah cair tahu 20% yang paling tinggi. Berat kering pada semua perlakuan menunjukkan sekitar 10 % terhadap berat basahnya.

Biomassa yang lebih besar pada perlakuan pemberian limbah cair tahu konsentrasi 20% sejalan dengan jumlah sel *Scenedesmus* sp yang tinggi pula pada perlakuan tersebut. Limbah cair tahu yang diinduksikan ke dalam medium telah dimanfaatkan oleh sel *Scenedesmus* sp untuk pertumbuhan dan reproduksi.

Table 2. Berat basah dan berat kering rata-rata *Scenedesmus* sp. pada perlakuan beberapa konsentrasi limbah cair tahu pada hari ke-14.

Perlakuan (%)	Berat Basah (gram)	Berat Kering (gram)
0	130,72 (c)	12,65 (c)
10	198,45 (b)	18,04 (b)
20	267,55 (a)	24,56 (a)
30	177,23(b)	17,13(b)
40	125,25(c)	12,65(c)
50	112,87(c)	11,25(c)

Ket : Nilai pada kolom yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% dengan Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT).

Penelitian ini memperlihatkan nilai biomassa yang berbeda pada setiap media kultur pada pemberian beberapa konsentrasi limbah cair tahu. Sel mikroalga dapat memanfaatkan substrat organik yang terdapat pada medium pertumbuhannya, reaksi reduksi dan biosintesis ATP hingga respirasi seluler yaitu glikolisis, siklus krebs dan transfer elektron berjalan lebih cepat. Laju fosforilasi oksidatif dan pembentukan energi menjadi lebih banyak dan lebih cepat sehingga terjadi peningkatan biomassa. Peningkatan biomassa dari fase

pertumbuhan hingga eksponensial pengkulturan makin meningkat sejalan dengan reduksi senyawa organik pada medium, sehingga proses metabolisme menjadi lebih cepat (Yang *dkk.*, 2000).

3. Hasil Minyak dan Kadar Air

Ekstraksi menggunakan pelarut etanol p.a sangat efektif karena dapat menghasilkan minyak yang cukup tinggi lebih dari 20%. Jumlah minyak yang lebih tinggi diperoleh pada semua perlakuan limbah cair tahu, kecuali perlakuan limbah

cair tahu pada konsentrasi 50%. sebesar 19,976%-berat.

Minyak hasil ekstraksi dengan etanol p.a ini memberikan warna agak hijau. Hal ini menunjukkan terekstraksinya klorofil *Scenedesmus* sp oleh etanol. Menurut Fajardo *et al.* (2007) kandungan air pada fase hidroalkoholik sebesar 40% memberikan hasil minyak yang optimal.

Pada perlakuan limbah cair tahu 20% memiliki kadar air yang mencapai 39,54 %, sehingga menghasilkan minyak yang paling tinggi yaitu 37,18%-berat. Hasil minyak yang terendah dicapai oleh perlakuan limbah cair tahu 50% sebesar 19,97%-berat dengan kadar air terendah 27,99%.

Table 3. Hasil minyak (%) dan kadar air (%) rata-rata dari *Scenedesmus* sp. Dengan ekstraksi pelarut ethanol (99.8%).

Perlakuan (%)	Produksi minyak (%-berat)	Kadar air (%) (fase hidroalkoholik)
0	21,02 (c)	28,56 (a)
10	25,65 (b)	31,23(b)
20	37,18 (a)	39,54 (a)
30	24,98(b)	31,33(b)
40	20,12(c)	28,75(c)
50	19,97(c)	27,99(c)

Ket : Nilai pada kolom yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% dengan Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT).

Limbah cair tahu mengandung karbohidrat yang besar dapat dihidrolisis menjadi molekul yang lebih sederhana diantaranya glukosa sehingga mudah diserap oleh *Scenedesmus* sp. untuk

menghasilkan energi kemudian mensintesis lipid. Menurut Garcia *dkk.*, (2010) sumber karbon organik yang paling optimum digunakan untuk pengkulturan mikroalga adalah glukosa dibandingkan

karbohidrat lainnya dan asam-asam organik. Glukosa memiliki kandungan energi mencapai 2,8 kJ/mol.

Menurut Yang *dkk.* (2000), pada proses glikolisis dihasilkan asam piruvat dan ATP, kemudian pada siklus asam sitrat dihasilkan NADH, FADH₂ dan Asetil KoA. Asetil KoA membentuk asam lemak jenuh dalam proses lipogenesis, kemudian asam lemak jenuh tersebut akan bereaksi dengan gliserol yang berasal dari proses glikolisis sehingga membentuk trigliserida. CO₂ di atmosfer dan karbon organik di lingkungan keduanya diperlukan untuk menghasilkan ATP pada sel mikroalga. Karbon organik lebih efektif dan cepat dimanfaatkan oleh mikroalga dalam kondisi heterotrof untuk biosintesis lipid dibandingkan karbon dari proses fotosintesis.

Johnson (2009) menyatakan bahwa proses sintesis trigliserida pada mikroalga yang pada kulturnya diberi senyawa organik akan lebih cepat. Ferrell *dkk.*, (2010) menyatakan bahwa proses

biosintesis trigliserida berawal dari asam lemak yang dirombak di stroma plastid dengan menggunakan energi berupa ATP yang terbentuk dari perombakan 16 hingga 18 atom karbon sebagai prekursor. Trigliserida adalah penggabungan dari asam lemak dengan gliserol dengan mentransferkan tiga gugus asil dari asetil KoA di retikulum endoplasma.

Dalam penelitian ini, *Scenedesmus* sp. mengabsorpsi unsur karbon dari limbah cair tahu oleh selnya dibantu oleh oksigen, kemudian dirombak menjadi lipid pada proses respirasi selnya. Unsur karbon dari glukosa disintesis menjadi trigliserida, energi berupa ATP sangat diperlukan dalam proses ini. Unsur karbon dari glukosa akan diubah menjadi asetil KoA pada siklus asam sitrat, kemudian asetil KoA dibentuk menjadi asam lemak jenuh, kemudian terjadi proses esterifikasi dengan gliserol sehingga menghasilkan trigliserida.

Minyak mikroalga dapat diekstrak dengan hasil yang tinggi menggunakan

pelarut heksana (Hossain *dkk.*, 2008). Disamping itu, pertumbuhan mikroalga dapat ditumbuhkan pada bioreaktor mikroorganismenya biasa untuk meningkatkan produksi biomassa dan akumulasi lipid yang tinggi supaya dihasilkan biodisel yang tinggi pula (Miao *dkk.*, 2006).

4. Kadar Biodisel

Biodisel yang dihasilkan cukup tinggi dengan nilai lebih dari 70% dari

minyak yang dihasilkan. Jumlah biodisel yang tertinggi dicapai oleh perlakuan limbah cair tahu pada konsentrasi 20% sebesar 86,96% dari hasil minyak. Jumlah biodisel yang dihasilkan pada kultur *Scenedesmus* sp yang diberi perlakuan berbagai konsentrasi limbah cair tahu memiliki nilai yang tidak berbeda yaitu sekitar 80% dari hasil minyaknya.

Table 4. Kadar Biodisel (%) rata-rata dan perbandingan terhadap hasil minyak (%).

Perlakuan (%)	Biodisel (%-berat)	Perbandingan terhadap hasil minyak (%)
0	17,43 (c)	82,92
10	20,67 (b)	80,58
20	32,33 (a)	86,96
30	19,88(b)	79,58
40	17,01(c)	84,54
50	17,15(c)	85,87

Ket : Nilai pada kolom yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% dengan Uji Jarak Berganda Duncan (DMRT).

Minyak (trigliserida) yang diekstrak dari biomassa sebenarnya bisa langsung digunakan tanpa melalui proses transesterifikasi terlebih dahulu, namun pembakarannya kurang baik dan akan

menghasilkan karbonmonoksida (CO) yang beracun, selain itu masih terdapat kerak yang akan menyebabkan korosif. Minyak (trigliserida) yang dihasilkan kemudian dikonversi menjadi biodisel,

harus melalui proses transesterifikasi terlebih dahulu menggunakan katalis basa (Pranowo, 2010).

Pada penelitian ini proses transesterifikasi berjalan dengan baik. Data menunjukkan hasil yang sejalan dengan produksi minyak yang diekstrak. Menurut Xu *dkk.* (2007) metil ester asam lemak merupakan derivat untuk mesin disel (Xu *dkk.*, 2007). Minyak (trigliserida) mikroalga adalah bahan baku pembuatan biodisel, jadi jumlah biodisel akan sejalan dengan jumlah volume minyak (trigliserida).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Populasi puncak pada perlakuan pemberian limbah cair tahu 20% dicapai pada hari ke-7 sebesar 8.996.125 sel/ml. Populasi puncak terendah dicapai pada perlakuan pemberian limbah cair tahu 50% pada hari ke-13 sebesar 225.367 sel/ml.

Berat basah dan berat kering tertinggi dicapai oleh kultur *Scenedesmus* sp yang mendapat perlakuan pemberian limbah cair tahu 20% sebesar 267,55 gram dan 24,56 gram. Sedangkan berat basah dan berat kering terendah dicapai pada perlakuan pemberian limbah cair tahu 50% yaitu sebesar 112,87 gram dan 11,25 gram. Hasil minyak dan biodisel tertinggi dicapai oleh kultur *Scenedesmus* sp yang mendapat perlakuan pemberian limbah cair tahu 20% sebesar 37,18 %-berat dan 32,33%-berat, dengan efisiensi 86,96%.

Saran

Perlu adanya penerapan penelitian ini untuk jenis mikroalga air tawar yang lainnya dan perlu dilakukan optimasi pemberian limbah cair tahu untuk mengetahui konsentrasinya yang optimum bagi pertumbuhan dan kadar lipida mikroalga serta perlu segera dilakukan aplikasi di lapangan untuk mengurangi polutan limbah cair tahu di perairan dan menghasilkan biodisel sebagai bahan bakar

ramah lingkungan pengganti solar.

DAFTAR PUSTAKA

- Briggs, M. (2004). Widescale Biodiesel Production from Algae. available: [http://www.unh.edu/p2/biodiesel/article_algae.html.] *dikunjungi pada Pebruari 2005*
- Chrismadha, T., Mardiaty, Y, & Hadiansyah, D. 2006. Phytoplankton Response to Increasing of Air CO₂ Concentration. *Limnotek*. 13(1):26-32.
- Fajardo, A.R, L. Esteban Cerban, A. Robles Medina, F.G. Acien Fernandez, P.A.G. Moreno, and E. Molona Grima. 2007. Lipid extraction from the microalga *Phaeodactylum tricornutum*. *Eur.J.Lipid Sci.Technol*. 109 : 120 - 126
- Fedorov, A.S., S. Kosourov, M.L. Ghirardi and M. Seibert, 2005. Continuous H₂ photoproduction by *Chlamydomonas reinhardtii* using a novel two- stage, sulfate-limited chemostat system. *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 124: 403-12.
- Kurtubi. (2004). "Indonesia Net Oil Importer!". *Harian Pagi Kompas*. Bisnis&Investasi. Rabu, 26 Mei 2004.
- Rahayu, B.S. (2005). Analisa Emisi NOx dan Partikel Smoke Pada Motor Diesel Menggunakan Bahan Bakar Crude Palm Methyl Ester. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Rahayuningsih. (2005). "Energi Alternatif dan Kemauan Politik Pemerintah". *Bisnis Indonesia*. 24 Juni 2005
- Rahman, M. (1995). "Biodiesel, Alternatif Substitusi Solar Yang Menjanjikan bagi Indonesia". Lembaran Publikasi Lemigas No. 1/95
- Sheehan, J., T. Dunahay, J. Benemann, P. Roessler, (1998). A look Back at The U.S. Department of Energy's Aquatic Species Program: Biodiesel from Algae. National Renewable Energy Laboratory: Colorado USA
- Zuhdi, MFA. (2002). Aplikasi Penggunaan Waste Methyl Ester Pada High Speed Marine Diesel Engine. Seminar Nasional Teori aplikasi Teknologi Kelautan FTK ITS: Surabaya

Zuhdi, MFA., Gerianto, I., Budiono, T. (2003). Biodiesel Sebagai Alternatif Pengganti Bahan Bakar Fosil Pada Motor Diesel. Laporan Riset. RUT VIII Bidang Teknologi. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Kementerian Riset dan Teknologi RI

Zuhdi, MFA., Sukardi. (2005). Alga Sebagai Bahan Baku Biodiesel. available:
[<http://www.geocities.com/fathalaz/biodiesel.html>] *dikunjungi pada 15 April 2005*

