

ANALISIS PROTEIN, KARBOHIDRAT, LEMAK, DAN PIGMEN FIKOBILIPROTEIN MIKROALGA *Spirulina platensis* YANG DIKULTIVASI PADA MEDIA LIMBAH CAIR PEMBUATAN TEMPE

Mellova Amir, Wayan Sri Agustini*, Qste Fatimah Caesar
Program Studi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta

*Laboratorium Bioproses 3 Pusat Penelitian Bioteknologi,
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Cibinong, Bogor
E mail : wayan_2002@yahoo.com, mellova.masrizal@gmail.com

ABSTRAK

Spirulina platensis merupakan mikroalga yang banyak mengandung protein yang berfungsi sebagai sumber makanan tambahan dan mengandung pigmen utama fikosianin berwarna biru yang dapat digunakan sebagai antioksidan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan protein, karbohidrat, lemak, dan pigmen fikobiliprotein dari mikroalga *Spirulina platensis* yang dikultivasi pada media limbah cair tempe. Biomassa *Spirulina platensis* merupakan sampel dari hasil sentrifugasi kultur menggunakan limbah cair tempe dengan konsentrasi 0% (kontrol), 25%, 50%, dan 75% yang diambil pada fase logaritmik dan fase stasioner. Analisis kandungan protein dilakukan menggunakan metode biuret, analisis kandungan karbohidrat dengan menggunakan metode fenol-sulfat, metode *Bligh and Drier* untuk analisis total lemak, serta analisis kandungan fikobiliprotein dengan menggunakan *Bennet and Bogorad*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya variasi konsentrasi limbah cair tempe sebagai media kultivasi mempengaruhi kandungan protein, karbohidrat, lemak, dan pigmen fikobiliprotein. Hasil analisis kandungan protein, karbohidrat, dan lemak paling tinggi dihasilkan pada *Spirulina platensis* yang dikultivasi dengan media limbah cair tempe 50% dengan kadar protein sebesar 58,11%, karbohidrat sebesar 31,22% dan lemak sebesar 4,00%. Hasil analisis kandungan fikobiliprotein paling tinggi dihasilkan pada kontrol dengan kadar fikosianin sebesar 3,69% dan allofikosianin sebesar 4,59%..

Kata kunci : *Spirulina platensis*, limbah cair pembuatan tempe, protein, karbohidrat, lemak, pigmen fikobiliprotein, fenol-sulfat, biuret, *bligh and drier*, fikosianin, allofikosianin, *Bennet and Bogorad*, BOD, COD, Nitrogen.

PENDAHULUAN

Potensi perkembangan obat-obatan berbasis tumbuhan di Indonesia sangat baik terutama pada biota laut, contohnya mikroalga yang banyak mengandung protein, lemak, asam lemak tak jenuh, pigmen, dan vitamin. Selain dapat digunakan sebagai bahan obat, *Spirulina platensis* adalah mikroalga yang dapat diolah menjadi suplemen makanan untuk kesehatan manusia sebagai sumber gizi penting.

Jenis mikroalga *Spirulina* dapat tumbuh baik di perairan tawar maupun laut dan pada perairan dangkal dengan alkalinitas tinggi serta bertahan hidup pada kandungan unsur hara yang tinggi. *Spirulina platensis* merupakan mikroalga penghasil pigmen fikosianin (pigmen biru) hingga mencapai 20% perberat kering yang berfungsi sebagai pewarna alami dan bahan terapeutik. Pemilihan pemanfaatan *Spirulina platensis* dibanding mikroalga lain karena memiliki kualitas tinggi yang menghasilkan protein

sampai 70% dan berpotensi sebagai sumber makanan tambahan.

Limbah cair banyak digunakan sebagai alternatif lain dalam upaya untuk memperbanyak produksi mikroalga *Spirulina platensis* ini, salah satunya dengan pemanfaatan air limbah agroindustri yang mengandung bahan organik dan nutrisi tinggi.

Tempe mempunyai peran yang besar dalam usaha meningkatkan gizi terutama bagi masyarakat golongan menengah kebawah di Indonesia, hal ini membuat usaha pembuatan tempe kedelai meningkat. Komposisi kedelai dan tempe sebagian besar berupa bahan organik, maka hampir disetiap limbah pembuatan tempe terkandung unsur tersebut. Akibat nyata dari polutan organik adalah penurunan konsentrasi oksigen dalam air karena dibutuhkan untuk proses penguraian zat-zat organik, jika limbah tersebut langsung dibuang ke perairan maka dalam waktu relatif singkat akan menimbulkan bau busuk dan perairan akan tercemar.

Limbah dari proses pembuatan tempe termasuk dalam limbah yang *biodegradable* yaitu merupakan limbah yang dapat dihancurkan oleh mikroorganisme (secara biologis), salah satunya dengan penggunaan mikroalga *Spirulina platensis*.

Pada penelitian ini media limbah cair tempe dengan variasi konsentrasi digunakan untuk kultivasi *Spirulina platensis* sehingga dapat diambil biomasnya dan digunakan untuk tambahan nutrisi dan pemanfaatan limbah. Analisis mengenai pertumbuhan *Spirulina platensis* dalam media limbah cair tempe belum diketahui sehingga perlu penelitian lebih lanjut mengenai kurva pertumbuhan dan kadar protein, karbohidrat, lemak, dan pigmen fikobiliprotein yang dihasilkannya.

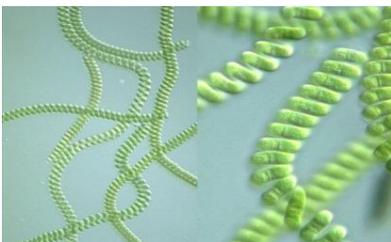
TINJAUAN PUSTAKA

Spirulina platensis merupakan mikroalga *cyanophyceae* atau alga biru hijau termasuk dalam filum *cyanophyta* yang memiliki kombinasi klorofil berwarna hijau dan pikosianin berwarna biru. Pada sistem taksonomi *Spirulina platensis* dimasukkan ke dalam Klasifikasi: Phylum (*Cyanophyta*) Class (*Cyanophyceae*) Subclass (*Synechococcophycideae*) Ordo (*Pseudanabaenales*) Family (*Pseudanabaenaceae*) Subfamily (*Pseudanabaenoideae*) Genus (*Spirulina*) Spesies (*Spirulina platensis*)

Tabel II.1 Kandungan Kimia Mikroalga *Spirulina platensis*

Jenis Nutrisi	(%)
Protein	55-70
Lemak	6-8
Karbohidrat	15-25
Mineral	7-13
Serat	8-10

Dari kandungan kimia tersebut diatas, *Spirulina platensis* banyak diolah menjadi makanan penambah nutrisi, obat-obatan, dan pewarna alami.



Gambar 1. *Spirulina platensis* (40x)

Tempe mempunyai peran yang besar dalam usaha meningkatkan gizi terutama bagi masyarakat golongan menengah kebawah di Indonesia, hal ini membuat usaha pembuatan tempe kedelai

meningkat. Namun sejumlah besar industri mengambil lokasi di sekitar sungai ataupun selokan guna memudahkan proses pembuangan limbahnya, karena kebanyakan industri tempe merupakan industri rumah tangga yang belum memiliki upaya penanggulangan limbah.

Akibat nyata dari polutan organik adalah penurunan konsentrasi oksigen dalam air untuk proses penguraian zat-zat organik, jika limbah tersebut langsung dibuang ke perairan maka dalam waktu relatif singkat akan menimbulkan bau busuk dari fermentasi limbah organik tersebut, disinilah terjadinya pencemaran air.

Pada umumnya air lingkungan yang telah tercemar kandungan oksigennya sangat rendah, hal itu karena oksigen yang terlarut dalam air diserap oleh mikroorganisme untuk memecah/mendegradasi bahan buangan organik sehingga menjadi bahan yang mudah menguap (ditandai dengan bau busuk). Dengan melihat kandungan oksigen yang terlarut di dalam air dapat ditentukan seberapa jauh tingkat pencemaran air lingkungan yang telah terjadi. Cara yang digunakan adalah dengan uji pengukuran BOD dan COD sebagai parameter dalam perairan terutama dalam menentukan kualitas air serta pencemaran yang terjadi.

METODELOGI PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah mikroalga *Spirulina platensis* kultur koleksi Laboratorium Mikroalga Air Tawar Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI Cibinong–Bogor. Dengan media kultur limbah cair tempe yang diambil dari produk agroindustri di Pondok Labu, Jakarta Selatan. Asam sulfat (pro analisis), Natrium klorida (Bratachem), Magnesium sulfat (Merck), Magnesium klorida, Kalsium klorida (Merck), EDTA (Merck), Kalium hidroksida (Merck), Kalium sulfat (Merck), Natrium bikarbonat (Merck), Ferri sulfat (Merck), Fenol 5%, Kloroform, Metanol, Aquadest.

Pembuatan Kultur Mikroalga *Spirulina platensis* pada Media Limbah Cair Pembuatan Tempe

Penggunaan limbah cair tempe sebagai media kultur *Spirulina platensis* dibuat dengan 3 variasi konsentrasi, yaitu 25%, 50%, dan 75% dalam kapasitas 1 liter dengan pengencer air. Dibuat juga

media kontrol sebagai pembanding kultur uji. Kultivasi dilakukan dengan mengambil biomassa dari stok kultur *Spirulina platensis* yang sudah mencapai fase logaritmik. Kepadatan awal sel yang diinginkan nilai serapan (OD) 1,00. Pengukuran kepadatan sel dilakukan dengan cara turbidimetri menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 680 nm. Sampel uji diambil pada fase logaritmik dan fase stasioner.

Analisis Kandungan *Spirulina platensis*

A. Analisis Protein dari *Spirulina platensis*

Pembuatan Reagen Biuret

Bahan berupa 0,3 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ /100 ml akuades dan 1,2 g Na-K-Tartat/100 ml akuades dicampur perlahan lalu ditambahkan 60 ml NaOH 10% dan larutkan kembali dengan akuades sampai menjadi 400 ml larutan standar BSA (Bovine Serum Albumin).

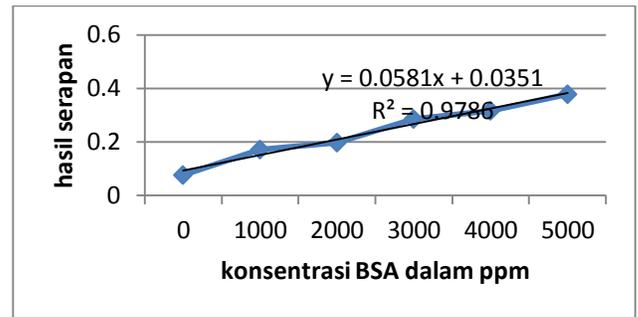
Pembuatan Kurva Standar Protein

Timbang seksama BSA (Bovine Serum Albumin) sebanyak 0,05 g yang kemudian dilarutkan dengan 10 ml akuades (5000 ppm). Buat deret standar protein yang dibuat yaitu 0, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 ppm. Sebanyak 0, 200, 400, 600, 800, 1000 μl larutan BSA dipipet kedalam tabung reaksi dan diencerkan dengan akuades hingga 1000 μl . Tambahkan 4 ml larutan biuret ke dalam tabung dan dikocok hingga homogen, kemudian didiamkan selama 30 menit. Diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV pada panjang gelombang 550 nm.

Tabel V.1. Nilai Serapan Baku Standar Protein (BSA)

Konsentrasi	Serapan
0 ppm	0,077
1000 ppm	0,172
2000 ppm	0,192
3000 ppm	0,287
4000 ppm	0,318
5000 ppm	0,378

Berdasarkan hasil serapan tersebut kemudian diperoleh persamaan regresi $y = 0,0581x + 0,0351$ dengan nilai $R = 0,9786$. Grafik persamaan linear dapat dilihat pada Gambar V.1



Gambar V.1. Grafik Persamaan Linear Baku Standar Protein (BSA)

Analisis Protein *Spirulina platensis* menggunakan metode Biuret

5 ml dari kultur *Spirulina platensis* dari media dengan berbagai konsentrasi limbah cair tempe disentrifus 4000 rpm selama 5 menit, endapannya ditambahkan dengan 4 ml larutan biuret, kocok dan sonikasi 40 Hz selama 5 menit. Inkubasi 30 menit lalu sentrifuse 4000 rpm selama 5 menit, hasil supernatan diambil dan diperiksa pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 550 nm. Nilai serapan yang diperoleh dari spektrofotometer diplotkan pada standar BSA yang sudah dibuat. Untuk menghitung kadar proteinnya yaitu sebagai berikut

$$\text{Kadar protein (\%)} = \frac{C \times V \times Fp}{B} \times 100\%$$

Keterangan : C = konsentrasi pengukuran sampel (mg/l)

V = volume (l)

Fp = faktor pengenceran

B = bobot zat uji (mg)

B. Analisis Karbohidrat *Spirulina platensis*

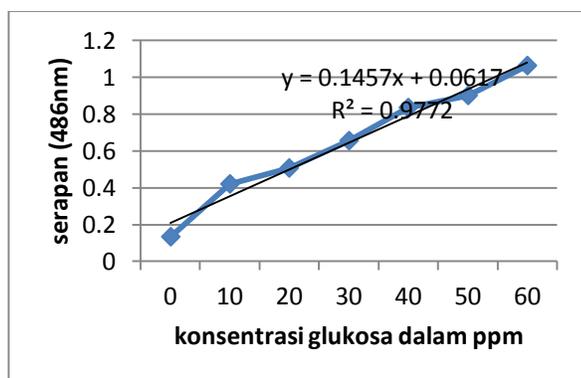
Pembuatan Kurva Standar Glukosa

Larutan standar glukosa 100 ppm dibuat dengan menimbang seksama 0.001 g glukosa yang dilarutkannya dengan 10 ml akuades. Deret standar glukosa yang dibuat yaitu 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 ppm. Sebanyak 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 μl dipipet kedalam tabung reaksi dan diencerkan dengan akuades hingga 1000 μl . Tambahkan 0,5 ml fenol 5% dan 2,5 ml asam sulfat pekat yang dilakukan di ruang asam, didiamkan dalam suhu ruangan selama 30 menit. Diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV pada panjang gelombang 485 nm.

Tabel V.2. Nilai Serapan Standar Glukosa

Konsentrasi	serapan
0 ppm	0,133
10 ppm	0,421
20 ppm	0,505
30 ppm	0,654
40 ppm	0,835
50 ppm	0,901
60 ppm	1,063

Berdasarkan hasil serapan yang diperoleh pada Tabel V.2. didapat persamaan regresi linear $y = 0,1457x + 0,0617$ dengan nilai $R = 0,9772$, grafik linear tertera pada Gambar V.2.



Gambar V.2. Grafik Persamaan Linear Baku Standar Glukosa

Analisis Karbohidrat dari *Spirulina platensis* menggunakan metode fenol-sulfat (*Fenol Sulfuric Acid*)

Spirulina platensis yang dikultur pada berbagai konsentrasi media limbah cair tempe disentrifuse dari 5 ml kultur, endapannya ditambah 500µl phenol 5% dan divortek serta segera tambahkan 2,5 ml H₂SO₄. Kemudian setelah diinkubasi pada suhu ruang selama 30 menit, periksa pada spektrofotometer dengan panjang gelombang 485 nm, hasilnya diplotkan pada standar kurva yang telah dibuat. Sedangkan untuk menghitung kadar karbohidratnya, yaitu :

$$\text{Kadar karbohidrat (\%)} = \frac{C \times V \times Fp}{B} \times 100\%$$

Keterangan : C = konsentrasi pengukuran sampel (mg/l)

V = volume (l)

Fp = faktor pengenceran

B = bobot zat uji (mg)

C. Analisis Lemak dari *Spirulina platensis* menggunakan metode *Bligh and Drier*

10 ml kultur yang telah disentrifuse, endapan diekstrak dengan metanol : kloroform : akuades (2 : 1 : 0,8) sebanyak 2,5 ml lalu disonifier 40 Hz selama 5 menit, kemudian disentrifus kembali 4000 rpm selama 5 menit, supernatan diambil bila endapan masih berwarna hijau diekstrak kembali sampai endapan berwarna pucat. Supernatan yang dikumpulkan dibuat volumenya 5-7 ml dengan metanol : kloroform : akuades (2 : 1 : 0,8) lalu ditambahkan 1,5 ml kloroform kemudian divortek dan tambahkan 1,5 ml akuades, divortek kembali. Setelah terjadi pemisahan, lapisan atas dibuang dan lapisan bawah diambil, keringkan di dalam oven, masukan ke dalam desikator hingga bobot stabil, kemudian timbang berat keringnya.

D. Analisis Fikobiliprotein dari *Spirulina platensis* menggunakan metode *Bennet and Bogorad*

10 ml kultur *Spirulina platensis* dari berbagai media limbah cair tempe yang telah disentrifuse, endapannya ditambahkan kalsium klorida 1% sebanyak 10 ml. Sampel dibekukan dalam freezer selama 24 jam, kemudian biarkan di ruang gelap pada suhu ruangan hingga mencair sempurna, sentrifus kembali dengan kecepatan 4000 rpm selama 5 menit. Supernatan yang didapatkan dipisahkan dari endapan. Supernatan tersebut merupakan ekstrak pigmen fikosianin.

Perhitungan kadar pigmen fikosianin dilakukan dengan mengukur serapan supernatannya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 565 nm untuk fikocitrin, 620 nm untuk fikosianin dan 650 nm untuk allopikosianin. Penetapan kadar fikobiliprotein dihitung dengan menggunakan rumus *Bennet and Bogorad* sebagai berikut :

$$\text{Pycocyanin (mg/ml)} = \frac{A_{620} - 0,7 \times A_{650}}{7,38}$$

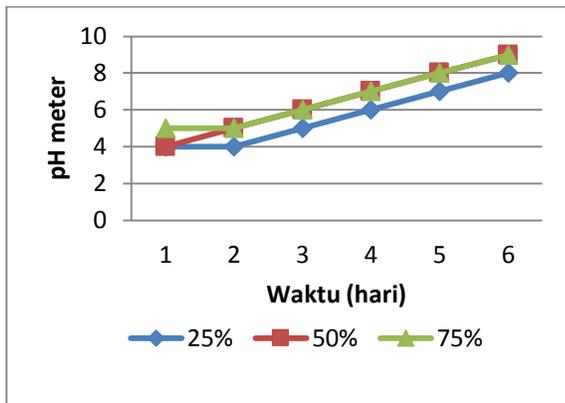
$$\text{Allopycocyanin (mg/ml)} = \frac{A_{650} - 0,19 \times A_{620}}{5,65}$$

$$\text{Phycocerythrocyanin (mg/ml)} =$$

$$\frac{A_{565} - (2,8 \times \text{pycocyanin}) - (1,34 \times \text{alopycocyanin})}{12,7}$$

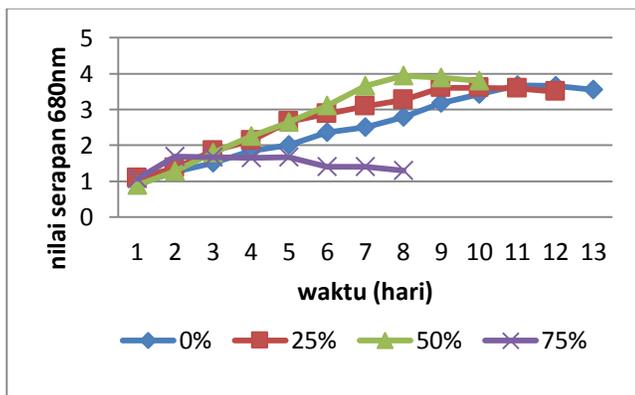
HASIL DAN PEMBAHASAN

Spirulina platensis yang Dikultivasi pada Media Limbah Cair Tempe Dengan Berbagai Konsentrasi



Gambar VI.1. Kurva Kenaikan pH Pada Media Limbah Cair Tempe Dengan Berbagai Konsentrasi

pH awal limbah cair tempe pada Gambar VI.1. adalah 4-5, peningkatan nilai pH menjadi 8-9 setelah dilakukan aerasi selama lima hari. Peningkatan pH ini terjadi karena adanya proses peruraian bahan organik yang terkandung dalam limbah oleh bakteri yang menghasilkan karbondioksida, air dan amoniak, kenaikan pH limbah juga dikendalikan oleh aktivitas bakteri. Menurut literatur, organisme yang merombak bahan organik akan menyesuaikan diri pada kisaran pH 6,5-8,3 sesuai dengan kondisi pertumbuhan mikroorganisme yang sangat tinggi pada pH antara 6-8, karena dalam kondisi asam yang kuat dapat menghambat aktivitas mikroorganisme.



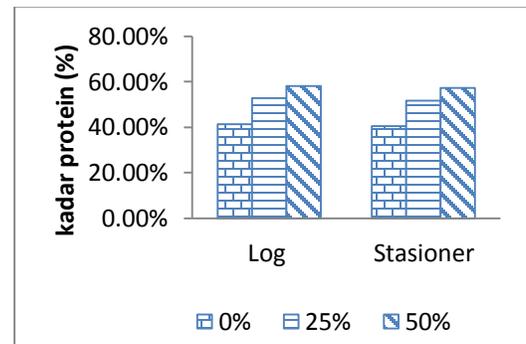
Gambar VI.2. Kurva pertumbuhan *Spirulina platensis* pada media limbah cair tempe dengan berbagai konsentrasi

Pada Gambar VI.2. yang terlihat pertumbuhan *Spirulina platensis* yang dikultur pada media limbah cair tempe 25% dan 50% lebih cepat dibanding kontrol, sedangkan kultur pada media

limbah cair tempe 75% menunjukkan tidak terjadi pertumbuhan *Spirulina platensis*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *Spirulina platensis* yang dikultivasi dalam media limbah cair tempe 75% tidak mampu tumbuh, sehingga analisis kadar protein, karbohidrat, lemak, dan pigmen fikobiliprotein tidak dapat dilanjutkan.

Kandungan Protein *Spirulina platensis*

Analisis protein menggunakan metode biuret untuk mengetahui ikatan peptida yang merangkai molekul protein di dalam biomassa. Dimana dalam suasana basa, protein akan bereaksi dengan Cu^{2+} membentuk kompleks berwarna ungu yang dapat diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV dengan panjang gelombang 550nm.



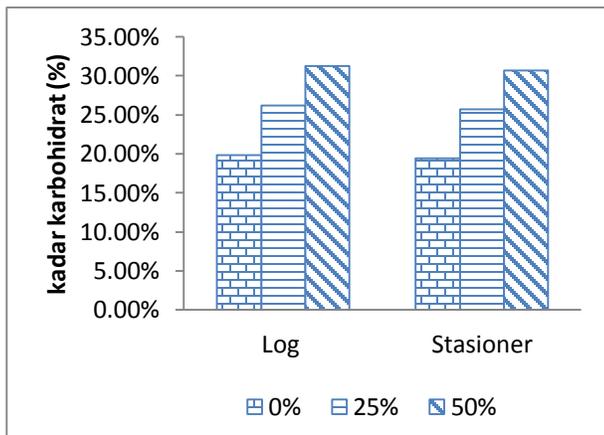
Gambar VI.3. Diagram Hasil Analisis Protein *Spirulina platensis* yang dikultur pada media limbah cair pembuatan tempe 0%, 25%, dan 50%

Hasil pengujian kadar protein pada biomassa *Spirulina platensis* yang menggunakan limbah cair tempe 50% dan 25% memiliki kadar protein lebih tinggi yaitu 58,11% dan 52,91% dibanding dengan kontrol yang memiliki kadar protein 41,34%. Kadar protein pada fase log lebih tinggi dibandingkan pada fase stasioner. Hal ini dikarenakan protein sebagai metabolit primer yang optimum dihasilkan pada fase log, dimana metabolit primer digunakan untuk kelangsungan hidup (proses tumbuh) yang sejalan dengan produksi proteinnya, saat kepadatan sel berkurang maka protein yang dihasilkan juga semakin menurun. Sedangkan jika dibandingkan dengan kontrol kadar protein *Spirulina platensis* yang dikultur dengan limbah cair tempe 50% dan 25% lebih tinggi, hal ini dikarenakan adanya unsur nitrogen yang terdapat pada limbah cair tempe. Nitrogen merupakan makromineral yang

mempengaruhi pertumbuhan *Spirulina platensis* dalam aktifitas metabolisme sel seperti katabolisme maupun asimilasi khususnya biosintesis protein. Nitrogen juga merupakan bahan penting penyusun asam amino, amida, nukleotida, dan nukleo protein, serta essensial untuk membelahan sel sehingga nitrogen penting untuk pertumbuhan. Sehingga nitrogen dapat membantu pertumbuhan *Spirulina platensis* dengan baik, yang ditunjukkan dengan tingginya kelimpahan sel serta kadar protein. Berdasarkan hasil analisis varian (ANOVA) dengan menggunakan SPSS 16 dengan taraf 0,05%, diperoleh nilai F hitung protein pada fase logaritmik sebesar 19.236 dan pada fase stasioner 145.731. Jika dibandingkan dengan F tabel sebesar 5.14. Nilai F hitung pada fase log dan fase stasioner tersebut lebih besar dibanding F tabel, menunjukkan bahwa adanya pengaruh antara penggunaan limbah cair tempe sebagai media kultur *Spirulina platensis* dalam memproduksi protein.

Kandungan Karbohidrat *Spirulina platensis*

Metode fenol-sulfat digunakan dalam analisis karbohidrat untuk menghitung total glukosa (*Total Sugar*) dimana fenol digunakan untuk mendeteksi gula sederhana yang merupakan penyusun karbohidrat dengan sulfat pekat akan menghasilkan warna jingga kekuningan yang dapat diukur absorbansinya dengan spektrometer UV pada panjang gelombang 485 nm.



Gambar VI.4. Hasil Analisis Karbohidrat *Spirulina platensis* yang dikultur pada media limbah cair pembuaatan tempe 0%, 25%, dan 50%

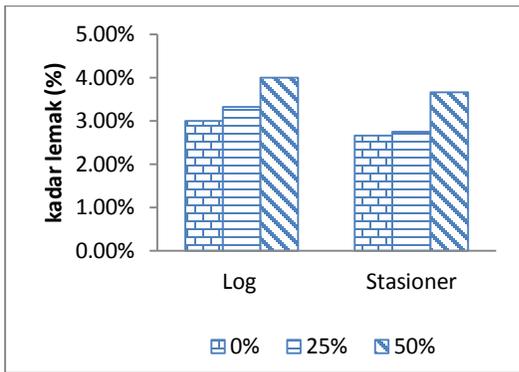
Hasil analisis *Spirulina platensis* yang dikultur pada limbah cair tempe 50% dan 25%

menghasilkan kadar karbohidrat lebih tinggi yaitu sebesar 31,22 dan 26,19% dibanding dengan kadar karbohidrat pada kontrol sebesar 19,80%. Kadar karbohidrat lebih tinggi pada fase logaritmik dibanding pada fase stasioner, karbohidrat merupakan metabolit primer dimana semakin tinggi pertumbuhan sel *Spirulina platensis* akan meningkatkan produksi karbohidrat yang maksimum dihasilkan pada fase logaritmik. Karbohidrat dalam bentuk glukosa merupakan hasil sintesis CO₂ dan H₂O dengan bantuan sinar matahari dan hijau daun (klorofil) melalui fotosintesis. Seperti halnya protein, menurut literatur adanya nitrogen yang terkandung dalam limbah cair tempe dapat membantu meningkatkan produksi kandungan *Spirulina platensis*, selain itu karbon pada limbah cair tempe dapat dimanfaatkan melalui proses fotosintesis dengan bantuan klorofil dan energi cahaya sehingga kadar karbohidrat yang dihasilkan lebih banyak saat dikultur dengan media limbah cair tempe 50% dan 25% dibanding kontrol.

Hasil yang didapat dari analisis varian (ANOVA) dengan taraf 0,05%, kadar karbohidrat diperoleh nilai F hitung sebesar 121.061 pada fase logaritmik dan 71.430 pada fase stasioner. Jika dibandingkan dengan F tabel, nilai F hitung pada fase log dan fase stasioner tersebut lebih besar menunjukkan bahwa ada pengaruh antara konsentrasi limbah cair tempe sebagai media kultur *Spirulina platensis* dalam memproduksi karbohidrat

Kandungan Lemak *Spirulina platensis*

Analisis kadar lemak *Spirulina platensis* yang dikultivasi pada variasi konsentrasi media limbah cair tempe dihitung sebagai total lemak dari masing-masing kulturnya dengan menggunakan pemisahan senyawa polar dan nonpolar dengan menggunakan metode *Bligh and Drier*. Air dan metanol sebagai senyawa polar dan kloroform sebagai senyawa non polar, senyawa lemak dari analisis akan ditarik oleh kloroform. Pemisahan terjadi dengan membentuk lapisan atas dan lapisan bawah, dimana lapisan atas berupa polar dan lapisan bawah berupa nonpolar, lapisan bawah (nonpolar) merupakan lemak yang terkandung dalam *Spirulina platensis* yang dihitung sebagai total lemak.



Gambar VI.5. Hasil Analisis Lemak *Spirulina platensis* yang dikultivasi pada Media Limbah Cair Pembuatan Tempe 0%, 25%, dan 50%

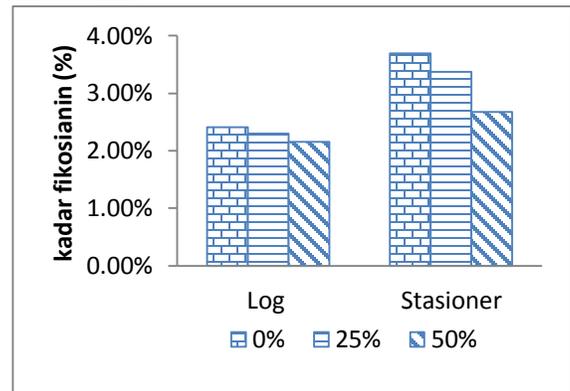
Total lemak dihitung setelah dipisahkan dari senyawa polar dan sudah dikeringkan, hasil dengan kadar total lemak paling tinggi terdapat di *Spirulina platensis* yang dikultivasi dengan media limbah cair tempe 50% sebesar 4,00% dan pada media limbah cair 25% kadar lemaknya 3,33% dibandingkan dengan kontrol yang menghasilkan kadar lemak 3,00%.

Hasil yang didapat dari analisis varian (ANOVA) dengan taraf 0,05%, pada lemak diperoleh nilai F hitung pada fase logaritmik sebesar 4.000 dan pada fase stasioner sebesar 3.244. Jika dibandingkan dengan F tabel sebesar 5.14. Kedua nilai F hitung tersebut lebih kecil dibanding F tabel, hal ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan antara penggunaan limbah cair tempe sebagai media kultur *Spirulina platensis* dalam memproduksi lemak. Besarnya kadar lemak yang dikultur dengan media limbah cair tempe 50% dan 25% dibanding kontrol disebabkan adanya perbedaan komposisi nutrisi dalam media kultur. Sesuai literatur, selain karena adanya komposisi nutrisi, sistem pencahayaan juga merupakan salah satu faktor penyebab rendahnya lemak pada *Spirulina plantesis*, karena kandungan lipid akan menurun bila intensitas cahaya cukup besar.

Kandungan Pigmen Fikobiliprotein *Spirulina platensis*

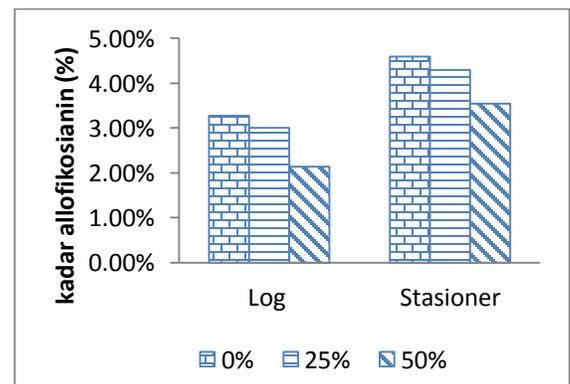
Fikosianin merupakan pigmen fikobiliprotein yang memberikan warna biru pada *Spirulina platensis* yang mengandung fikobilisom sebagai pigmen protein kompleks penangkap sinar matahari. Berdasarkan literatur fikobiliprotein berfungsi menstimulasi hematopoiesis, mempengaruhi hormon *erythropoietin* (EPO) dan juga mengatur produksi sel-sel darah putih, sebagai antioksidan dan pencernaan asam amino. Selain itu

zat warna biru pada fikosianin dapat digunakan sebagai bahan pewarna alami dalam pembuatan makanan, obat, ataupun kosmetik. Isolasi fikobiliprotein dilakukan dengan penambahan larutan kalium klorida 1% sebagai media melarutkan pigmen, karena pigmen fikobiliprotein dapat larut dalam air atau larutan garam. Kalium klorida 1% dapat merusak dinding sel *Spirulina platensis* sehingga pigmen fikobiliprotein yang sudah distreskan selnya dengan *freezing-thawing* dapat keluar dan larut dalam larutan tersebut. Identifikasi pigmen fikobiliprotein dari *Spirulina platensis* yang dikultivasi pada media limbah cair tempe dengan variasi konsentrasi berupa fikosianin dan allofikosianin.



Gambar VI.6. Diagram Hasil Analisis fikosianin *Spirulina platensis* yang dikultivasi pada media limbah cair pembuatan tempe 0%, 25%, dan 50%

Kadar fikosianin seperti yang terdapat pada Gambar VI.6. pada fase logaritmik produksi fikosianin belum maksimal, fikosianin merupakan metabolit sekunder yang esensial bagi pertumbuhan. Metabolit sekunder tidak selalu dihasilkan, tetapi pada saat dibutuhkan atau pada fase-fase tertentu saja senyawa ini diproduksi, fikosianin merupakan metabolit sekunder yang diproduksi secara maksimum pada fase stasioner.



Gambar VI.7. Diagram Hasil Analisis Allofikosianin *Spirulina platensis* yang dikultivasi pada media limbah cair pembuatan tempe 0%, 25%, dan 50%

Berdasarkan data Gambar VI.6. dan Gambar VI.7. kadar fikosianin dan allofikosianin paling tinggi dihasilkan pada kontrol sebanyak 3,69% fikosianin dan 4,59 allofikosianin, dibanding pada kultur dengan media limbah cair tempe 25% yang menghasilkan fikosianin 3,37% dan allofikosianin 4,29%, sedangkan pada kultur dengan media limbah cair 50% menghasilkan 2,67% fikosianin dan 3,55% allofikosianin.

Meningkatnya kadar fikosianin dan allofikosianin pada fase stasioner disebabkan karena pigmen merupakan metabolit sekunder yang terjadi pada saat sel dalam tahap diferensiasi menjadi sel yang lebih terspesialisasi, biasanya berfungsi untuk pertahanan diri suatu organisme. Hal ini dikarenakan fikosianin dan allofikosianin merupakan zat warna yang hanya dibentuk pada *Spirulina platensis*. Fikosianin merupakan protein yang bekerja sebagai pigmen pelengkap pada alga, berfungsi untuk membantu klorofil dalam menyerap cahaya pada proses fotosintesis. Kualitas cahaya berkaitan erat dengan panjang gelombang, dimana panjang gelombang ungu dan biru mempunyai gelombang cahaya yang lebih kuat. Adanya kekeruhan pada *Spirulina platensis* yang dikultivasi dengan media limbah cair tempe 25% dan 50% memungkinkan terhalangnya cahaya untuk dapat diserap oleh fikosianin sehingga produksi fikosianin pada kultur tersebut tidak optimal. Sedangkan kultur tanpa media limbah cair dapat menghasilkan fikosianin yang tinggi dibanding dengan kultur menggunakan limbah cair tempe karena tidak terjadi kekeruhan sehingga cahaya dapat diserap dengan baik.

Nilai BOD dan COD pada Limbah Cair Tempe

Sebagaimana yang didapat dari pengujian protein, karbohidrat, dan lemak hasil kultur *Spirulina platensis* yang dikultivasi dengan media limbah cair tempe menghasilkan kadar lebih tinggi dibanding yang dikultur tanpa media limbah cair tempe. Hal ini dapat disimpulkan sesuai literatur bahwa *Spirulina platensis* mampu menguraikan senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair tersebut dan memanfaatkannya sebagai nutrisi tambahan dalam pertumbuhannya. Sesuai dengan hasil yang didapat diperoleh data pada Tabel VI.6. dan Tabel VI.7.

Tabel VI.6. Hasil pengujian nilai BOD dan COD limbah cair pembuatan tempe sebelum dikultivasi dengan *Spirulina platensis*

Parameter	Satuan	Hasil	Metode Uji
BOD ₅	mg/L	4129	SNI. 06-6989-72-2009
COD	mg/L	29411	SNI. 06-6989-15-2004

Tabel VI.7. Hasil pengujian nilai BOD dan COD limbah cair pembuatan tempe setelah dikultivasi dengan *Spirulina platensis*

Parameter	Satuan	Hasil			Metode Uji
		25%	50%	75%	
BOD ₅	mg/L	1274	1448	1584	SNI. 06-6889-72-2009
COD	mg/L	1751	3318	4408	SNI. 06-6889-15-2004

Pengukuran BOD dan COD sebagai parameter dalam perairan terutama untuk menentukan kualitas air serta pencemaran air, didapatkan bahwa nilai BOD dan COD pada limbah cair tempe menurun setelah digunakan sebagai media kultivasi mikroalga *Spirulina platensis*. Penurunan BOD dan COD menunjukkan adanya penguraian bahan organik yang merupakan proses alami pada bakteri aerob, proses ini terjadi jika air mengandung oksigen yang cukup. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *Spirulina platensis* mampu memperbaiki kualitas limbah cair tempe sebelum dibuang ke perairan, sehingga pencemaran air di sekitar pabrik tempe dapat dikurangi.

KESIMPULAN

1. Kadar protein, karbohidrat, dan lemak *Spirulina platensis* tertinggi diperoleh pada kultur dengan media limbah cair tempe 50%, yaitu 58,11% protein, 31,22% karbohidrat, dan 4,00% lemak. Fikosianin dan allofikosianin dengan kadar paling tinggi berturut-turut 3,69% dan 4,59% dihasilkan *Spirulina platensis* yang dikultivasi tanpa menggunakan media limbah cair tempe (kontrol) pada fase stasioner.
2. *Spirulina platensis* mampu tumbuh dan beradaptasi dengan media limbah cair pembuatan

tempe berkonsentrasi paling tinggi 50% dan mampu menguraikan zat organik pada limbah cair tempe sehingga dapat memperbaiki kualitas limbah tersebut sebelum dibuang ke perairan.

yang Dikultur pada Media yang Berbeda” Jurnal Ilmu Kelautan Vol.13, No.3, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang, hal.167-170

14. Eko, M., Wibowo Romayanto, Wiryanto, Sajidan., 2006. “Pengolahan Limbah Domestik Dengan Aerasi Dan Penambahan Bakteri” Jurnal Bioteknologi 3 (2), Jurusan Biologi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, hal.43-48

DAFTAR PUSTAKA

1. Kawaroe, M., Tri P., dkk. 2010. “Mikroalga, Potensi dan Pemanfaatannya untuk Produksi Bio Bahan Bakar”, PT Penerbit IPB Press, Bogor, hal.14-20, 37-38,87-89, 120-124
2. Borowitzka, M.A. and Borowitzka, L.J., 1988. “Micro-algal Biotechnology”, Cambridge University Press, New York, hal.85-118
3. Becker, E.W., 1994. “Microalgae Biotechnology and Microbiology”, Cambridge University Press, hal.51-55
4. Andayani, F. Dewi., dkk, 2012. “Bioremediasi Limbah Cair Tempe Serta Perencanaan Unit Pengolahannya”, Udayana, Bali, hal 123-127
5. Mishra, Suman. Allan Hardacre. Monro, J., 1969. “Food Structure and Carbohydrate Digestibility, New Zealand, hal.34-40
6. Caetano, Suzana da Silva Lanne., 2004. “Structuring Fat Foods”, Journal of Biochemical-Pharmaceutical Technology, Pharmaceutical Sciences, Sao Paulo University, São Paulo, Brazil, hal.65-66
7. Glazer, A.N., 1982. “Phycobilisomes : structures and dynamincs”, Ann. Rev. Microbiology. 36:173-198
8. Hariyadi, Sigit., 2004. “BOD dan COD sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah”, IPB, Bogor, hal.27-32
9. Anonim., 1995. Pedoman Penetapan Baku Mutu Lingkungan (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. KEP-51/MENLH/10/1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri). Menteri Negara Lingkungan Hidup
10. Anonim., 2013. Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 69 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kegiatan dan/atau Usaha
11. Muti., 2010. Air Limbah “Aerasi di Dalam Pengolahan Limbah Cair”, <http://www.airlimbah.com> [25 Februari 2014]
12. Angraini, Nugrah., “Biosintesis Metabolisme Primer dan Metabolisme Sekunder”, <http://id.scribd.com> [25 Juni 2014]
13. Widianingsih., Ali R., Retno H., Harmoko., 2008. “Kandungan Nutrisi *Spirulina platensis*