

KULTIVASI MIKROALGA SEBAGAI METODE PENGOLAHAN DALAM MENYISIHKAN KADAR COD DAN AMONIUM PADA LIMBAH CAIR TAHU

Lira Anaida Simamora^{*)}, Sudarno^{**)}, Titik Istirokhatun^{**)}

Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia, 50275
email: liranaide@gmail.com

Abstrak

Industri tahu telah menjadi salah satu industri rumah tangga yang tersebar luas baik di kota-kota besar maupun kecil di Indonesia, sehingga limbah cair yang dibuang setiap harinya ke lingkungan berjumlah besar. Limbah cairnya yang berupa whey, mengandung kadar COD serta amonium yang cukup tinggi yang jika tidak ditangani secara tepat, dikhawatirkan akan menyebabkan terganggunya kualitas perairan di sekitar industri tahu. Salah satu cara untuk pengolahannya adalah dengan memanfaatkan mikroorganisme berupa mikroalga. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kepadatan sel yang tertinggi terjadi pada kultivasi mikroalga *Botryococcus braunii* pada hari kelima yaitu sebesar 1.570.000 sel/mL. Sedangkan kepadatan sel terendah terjadi pada kultivasi mikroalga *Spirulina platensis* di hari pertama sebesar 170.000 sel/mL. Selama kultivasi, mikroalga *Spirulina platensis* dapat menurunkan kadar COD sebesar 4624,33 mg/L dengan efisiensi sebesar 93,59% dan menurunkan kadar amonium sebesar 12,19 mg NH₄-N/L dengan efisiensi sebesar 71,42%. *Botryococcus braunii* menurunkan kadar COD sebesar 4791 mg/L dengan efisiensi sebesar 96,96% dan menurunkan kadar amonium sebesar mg NH₄-N/L mg/L dengan efisiensi sebesar 86,33%. Untuk mikroalga *Chlorella pyrenoidosa*, kadar COD yang dapat diturunkan sebesar 4707,67 mg/L (95,28%) dan kadar amonium yang diturunkan sebesar mg NH₄-N/L mg/L (78,48%). Sementara itu, mikroalga *Tetraselmis chuii* menurunkan kadar COD sebesar 4666 mg/L (94,44%) dan menurunkan 12,99 mg NH₄-N/L (76,13%) untuk kadar amoniumnya.

Kata kunci: Kultivasi mikroalga, limbah cair tahu, COD, amonium

Abstract

[Microalgae Cultivation as Treatment Method in Order to Remove COD and Ammonium of Tofu Wastewater]. Tofu industries has been known as one of household industries that spread all over big and small cities in Indonesia and that makes the big amount of wastewater being thrown into the environment. The wastewater such as whey contains high measure of COD and ammonium that can be hazardous if it doesn't reduced before throwing the tofu wastewater to the nearby environment. One of the treatments to reduce the high measure of COD and ammonium is to use microorganism such as microalgae as a treatment agent. The result of this study shows the highest cell density happened during *Botryococcus braunii* cultivation in the amount of 1.570.000 cell/mL. Whereas *Spirulina platensis* cultivation has the lowest cell density in the first day, only 170.000 cell/mL. During cultivation, *Spirulina platensis* can reduce 4624,33 mg/L COD with 93,59% efficiency removal and reduced 12, 19 mg NH₄-N/L ammonium with 71,42% efficiency removal. *Botryococcus braunii* reduced 4791



mg/L COD with 96,96% of efficiency removal and reduced 14,74 mg/L ammonium with 86,33 efficiency removal during 11-day cultivation phase. For Chlorella pyrenoidosa, 4706,67 mg/L of COD (95,28%) can be reduced and ammonium can be reduced in the amount of 13,40 mg/L (78,48%). Whereas Tetraselmis chuii can reduce 4666 mg/L (94,44%) of COD and reduced 12,99 mg/L (76,13%) of ammonium.

Keywords: *Microalgae cultivation, tofu wastewater, COD, ammonium*

PENDAHULUAN

Limbah cair tahu dapat berupa *whey* (air buangan) sisa proses penggumpalan tahu. Di dalam *whey* tahu masih terdapat sisa protein yang tidak menggumpal dan zat-zat lain yang larut dalam air, termasuk lesitin dan oligosakarida. *Whey* tahu yang tidak dimanfaatkan akan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan karena membusuknya senyawa-senyawa organik tersebut, sedangkan pemanfaatannya masih sangat terbatas (Hariyadi, 2002).

Buangan dalam limbah cair tahu masih banyak mengandung limbah zat organik, seperti protein, karbohidrat, lemak, zat terlarut yang mengandung zat padatan tersuspensi. Dalam limbah cair tahu terdapat unsur-unsur hara makro dan mikro yang dibutuhkan bagi pertumbuhan mikroalga seperti N, P, K, dan Mg (Hariyadi, 2002).

Limbah cair tahu dengan bahan-bahan organik tinggi dapat diolah dengan cara biologis yaitu memanfaatkan mikroorganisme sebagai dasar fungsional dalam penanganan. Contoh vegetasi yang sering diangkat sebagai agen pengolahan limbah adalah mikroalga.

Meskipun riset tentang kultivasi mikroalga sudah cukup banyak dilakukan, namun masih sedikit penelitian yang memanfaatkan medium limbah tahu sebagai media pertumbuhannya. Selain itu, penelitian-penelitian yang memanfaatkan limbah cair tahu seperti Rahmat et. al (2013) dan

Putnarubun et. al (2015) cenderung fokus kepada kultivasi satu jenis mikroalga saja, sehingga melahirkan beberapa pertanyaan, di antaranya apa yang terjadi ketika beberapa jenis mikroalga ditumbuhkan pada media yang sama, yaitu limbah cair tahu dan bagaimana pengaruh yang diberikan masing-masing mikroalga tersebut terhadap penurunan kadar COD dan amoniumnya.

Penelitian ini mencoba untuk memfokuskan kepada seleksi keempat spesies mikroalga yaitu *Spirulina platensis*, *Botryococcus braunii*, *Chlorella vulgaris*, dan *Tetraselmis chuii*. Dalam penelitian ini, keterbaruannya terletak pada pengkulturan 4 jenis mikroalga tersebut di dalam medium yang sama yaitu limbah cair tahu dan bagaimana setiap spesies mikroalga tersebut dapat mempengaruhi hasil kultivasi dari segi penurunan kadar COD dan amoniumnya..

METODOLOGI

Penelitian ini memiliki tujuan operasional sebagai berikut:

1. Menganalisis perbandingan laju pertumbuhan sel dari keempat jenis mikroalga yaitu *Spirulina platensis*, *Botryococcus braunii*, *Chlorella vulgaris*, dan *Tetraselmis chuii* selama kultivasi dalam medium limbah cair tahu.
2. Menganalisis kemampuan keempat jenis mikroalga tersebut dalam menurunkan kadar COD medium kultivasi.

3. Menganalisis kemampuan keempat jenis mikroalga tersebut dalam menurunkan kadar amonium medium kultivasi.

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di Laboratorium *Central of Biomassa and Renewable Energy (C-BIORE)* di Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro untuk kultivasi mikroalganya, sedangkan untuk analisis COD dan amoniumnya dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro Tembalang, Semarang pada 12 April – 12 Mei 2016.

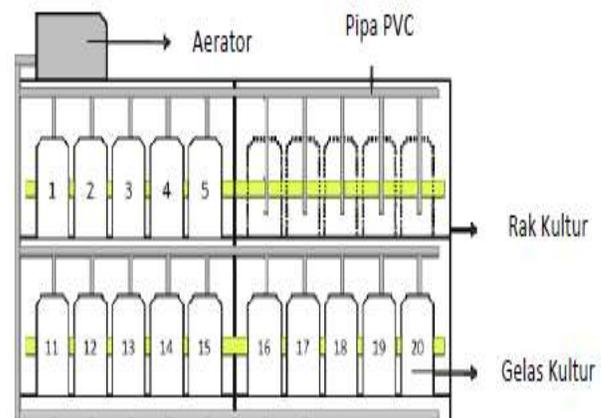
Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain: jerigen, toples, pipa PVC, aerator, selang, 2 lampu TL 36 watt, tali, *plastic wrapping*, kapas, saringan, mikroskop, *haemocytometer*, kaca objek, *hand counter*, pH meter, tabung reaksi, pipet hisap, pipet tetes, gelas ukur, kuvet, spektrofotometer, COD *reactor*. Bahan yang digunakan antara lain: limbah cair tahu yang diambil dari kawasan industri tahu di Kampung Tandang, Semarang, mikroalga *Spirulina platensis*, *Botryococcus braunii*, *Chlorella vulgaris*, dan *Tetraselmis chuii* yang diperoleh dari Balai Budidaya Air Payau Jepara, larutan $K_2Cr_2O_7$, larutan H_2SO_4 , larutan Nessler, garam *Seignette*, dan aquades.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian dengan 5 reaktor (4 reaktor untuk 4 jenis mikroalga + limbah tahu dan 1 reaktor untuk kontrol + aquades). Penelitian dilakukan secara duplo. Rancangan reaktor penelitian dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 1. Rak Kultur Penelitian



Rak kultur digunakan untuk menampung toples-toples kultur yang berisi campuran strain mikroalga dengan limbah cair tahu. Rak ini dibuat dari kayu, berbentuk balok dengan dimensi panjang 150 cm, lebar 70 cm, dan tinggi 60 cm.

Perhitungan Jumlah Sel

Cara menghitung sel dalam ruang hitung *haemocytometer* adalah sebagai berikut:

- ✓ Jumlah sel dihitung dalam ruang hitung pada hemasitometer yang ditutup kaca objek, dengan bantuan mikroskop.
- ✓ Suspensi diteteskan dengan pipet sebanyak 1 mL, sehingga

mengalir ke bawah kaca objek dan mengisi ruang hitung.

- ✓ Jumlah sel dihitung dalam 5 kotak sedang dalam satu kotak besar di tengah, yaitu pojok kanan dan kiri atas, pojok kanan dan kiri bawah dan tengah.
- ✓ Jumlah sel dalam setiap kotak tersebut dihitung dengan dibantu oleh alat *hand counter*.

Jumlah sel dalam 1 mL dalam 5 kotak sedang dihitung dengan rumus:

$$S = \frac{\sum n}{5}$$

Keterangan:

S= Jumlah sel

$\sum n = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5$ dimana,

n_1 = jumlah sel pada kotak sedang 1, dst.

Pengujian Parameter COD

Uji COD dilakukan dengan refluks tertutup secara spektrofotometri. Langkah-langkah pengerjaannya adalah sebagai berikut:

- ✓ Menyalakan reaktor COD dan menunggu hingga suhu mencapai 150 °C.
- ✓ Sembari menunggu, sampel yang akan diuji disiapkan. Dilakukan pengenceran sebesar 25 kali pada sampel agar hasil COD yang didapat bisa dimasukkan ke kurva absorbansi COD.
- ✓ Sampel yang sudah diencerkan kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 2,5 mL dan ditambahkan larutan $K_2Cr_2O_7$ sebanyak 1,5 mL serta

larutan pereaksi H_2SO_4 sebanyak 3,5 mL.

- ✓ Tabung reaksi ditutup dan dihomogenkan.
- ✓ Jika reaktor COD sudah menunjukkan suhu 150 °C, maka masukkan tabung reaksi ke reaktor tersebut dan panaskan selama 2 jam.
- ✓ Setelah mencapai 2 jam, tabung reaksi dikeluarkan dari reaktor COD dan didinginkan sebelum diukur absorbansinya dengan spektrofotometer yang memiliki panjang gelombang 600 nm.

Pengujian Parameter Amonium

Pengukuran kadar amonium dilakukan dengan metode Nessler. Langkah-langkah pengerjaannya adalah sebagai berikut:

- ✓ Dilakukan pengenceran sebesar 5 kali pada sampel uji agar nilai amonium yang didapat bisa dimasukkan ke kurva absorbansi amonium.
- ✓ Sampel yang sudah diencerkan kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 25 mL dan ditambahkan larutan Nessler sebesar 0,5 mL serta ditambah 2 tetes garam Seignette.
- ✓ Tabung reaksi ditutup dan dihomogenkan.
- ✓ Diamkan selama kira-kira 10 menit.
- ✓ Intensitas warna kuning kecoklatan yang terjadi diukur absorbansinya dengan spektrofotometer yang memiliki panjang gelombang 420 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kepadatan Sel Mikroalga

Perhitungan kepadatan mikroalga dimaksudkan untuk menggambarkan fase-fase pertumbuhan mikroalga *Spirulina platensis*, *Botryococcus braunii*, *Chlorella vulgaris*, dan *Tetraselmis chuii* dan kapan fase-fase tersebut terjadi selama hari kultivasi untuk masing-masing mikroalga. Dalam penelitian ini, fase lag terjadi kurang dari 24 jam untuk mikroalga *Botryococcus braunii*, *Chlorella vulgaris*, dan *Tetraselmis chuii*. Menurut Fogg & Thake (1987), lamanya fase lag bergantung pada jumlah dan umur inokulum serta substrat yang digunakan sebagai media.

Hasil pengamatan pada pertumbuhan *Spirulina platensis* menunjukkan bahwa mikroalga tersebut menyesuaikan diri dengan lingkungannya di hari ke-0 dan ke-1 setelah kultur ditambahkan limbah cair tahu. Kemudian pertumbuhannya mengalami fase eksponensial sedikit demi sedikit dimulai pada hari ke-2 hingga puncaknya di hari ke-7 dengan kepadatan sel sebesar 1.170.000 sel/mL. Pada hari ke-8, jumlah sel mengalami penurunan sehingga kepadatannya pun sedikit menurun yaitu sebesar 1.100.000 sel/mL. Mulai dari sini, kepadatan terus mengalami penurunan yang signifikan hingga pada hari ke-13, kondisi lingkungan sudah tidak menguntungkan dan *Spirulina platensis* mengalami fase kematian

yang ditandai dengan berkurangnya volume kultivasi dan tidak terjadi lagi pembelahan sel.

Hasil pengamatan pada media pertumbuhan *Botryococcus braunii*, mengalami fase eksponensial awal mulai hari ke-1 dengan kepadatan sebesar 280.000 sel/mL hingga mencapai puncaknya di hari ke-5 dengan kepadatan sel sebesar 1.570.000 sel/mL. Memasuki hari ke-6, mikroalga *Botryococcus braunii* mulai menurun kepadatannya menjadi sebesar 1.530.000 sel/mL. Kepadatan sel mengalami penurunan secara geometrik sampai hari ke-11.

Pada pertumbuhan media limbah cair tahu dengan mikroalga *Chlorella pyrenoidosa*, hari pertama mulai menunjukkan fase eksponensial awal dengan kepadatan sebesar 340.000 sel./mL sampai mencapai tahap fase eksponensial akhir dengan kepadatan tertinggi di hari ke-6, yaitu sebesar 1.420.000 sel/mL. Pada hari ke-7, mikroalga *Chlorella pyrenoidosa* mengalami penurunan kepadatan sebesar yang signifikan sebesar 1.200.000 sel/mL. Pada hari kesepuluh, mikroalga *Chlorella pyrenoidosa* tidak dapat lagi memproduksi sel karena sudah minimnya kandungan nutrisi pada media kultivasi, menandakan berakhirnya masa hidup kultur mikroalga tersebut.

Pada pertumbuhan media limbah cair tahu dengan mikroalga *Tetraselmis chuii*, di hari ke-0 kultur masih berada di fase lag/adaptasi. Dalam fase ini, mikroalga

Tetraselmis chuii mengalami metabolisme, namun pembelahan sel yang terjadi masih belum signifikan sehingga pertumbuhan belum secara nyata terlihat. Pada hari pertama, mikroalga mulai memasuki fase eksponensial awal dengan peningkatan kepadatan yang signifikan sebesar 300.000 sel/m. Fase eksponensial ini terus berlanjut hingga mencapai puncaknya pada hari ke 5 dengan kepadatan sebesar 1.270.000 sel/mL. Pembelahan sel tetap terjadi pada hari selanjutnya, namun tidak seintensif sebelumnya, sehingga kepadatan sel juga mengalami penurunan dibanding fase sebelumnya sebesar 1.160.000 sel/mL dan perlahan-lahan terus menurun sampai hari ke-9 dengan kepadatan sel sebesar 560.000 sel/mL. Hingga pada hari ke-10, kultur mikroalga tersebut berakhir.

2. Laju Pertumbuhan

Perhitungan laju pertumbuhan didasarkan pada hasil dari kepadatan sel untuk mengetahui waktu yang diperlukan untuk sekali pembelahan sel. Dalam penelitian ini, laju pertumbuhan diamati dan dihitung per hari selama kultivasi. Berdasarkan penelitian Wulandari (2011), laju pertumbuhan menggambarkan kecepatan pertambahan sel-sel mikroalga per satuan waktu yang dapat dipakai sebagai tolak ukur untuk mengetahui daya dukung medium atau nutrisi terhadap pertumbuhan dan pembelahan sel mikroalga.

Pada mikroalga *Spirulina platensis*, kecepatan pertumbuhan pada hari kedua lebih besar daripada hari pertama. Selama fase eksponensial yaitu pada pada hari ketiga hingga ketujuh, laju pertumbuhannya relatif sama dan masih berada di atas sumbu X. pada hari kedelapan, terlihat grafik mulai berada di bawah sumbu X. Hal ini dikarenakan pada hari kedelapan ini, mikroalga *Spirulina platensis* ini mulai mengalami fase penurunan laju pertumbuhan. Pada hari ke-10, laju pertumbuhan semakin turun dibanding hari-hari sebelumnya dan berlanjut sampai masa akhir kultivasi yaitu pada hari ketiga belas.

Pada mikroalga *Botryococcus braunii*, hari pertama menunjukkan laju pertumbuhan yang melonjak, namun pada hari kedua terlihat sedikit menurun karena kepadatan sel dari hari 0 ke hari pertama sedikit lebih besar dibanding dari hari pertama ke hari kedua. Pada hari ketiga dimana fase eksponensial sedang terjadi, laju pertumbuhan naik lagi dan mulai hari keempat mengalami penurunan geometris hingga pada hari keenam, grafik laju pertumbuhan menunjukkan nilai yang negatif. Setelah itu, mikroalga *Botryococcus braunii* mengalami penurunan laju pertumbuhan sampai hari ke-11 (masa akhir kultivasinya).

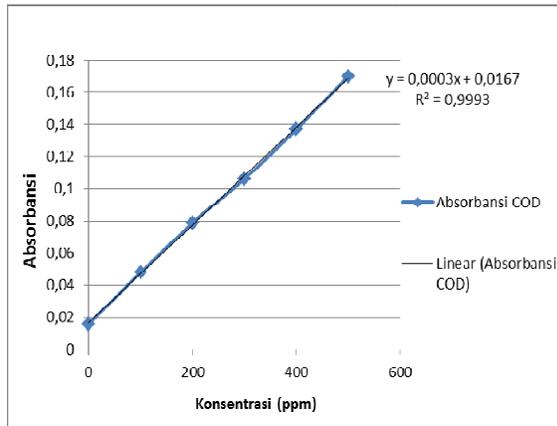
Laju pertumbuhan mikroalga *Chlorella pyrenoidosa* mengalami lonjakan pada hari pertama. Kemudian menurun pada hari kedua dan pada hari keempat sedikit naik, diduga karena ada beberapa sel

mikroalga yang hidup/membelah lagi. Namun setelah itu terus menerus mengalami penurunan hingga berada di bawah sumbu X pada hari ketujuh. Pada hari kesepuluh, laju pertumbuhannya menurun seiring semakin sedikitnya persediaan nutrisi dan semakin dekatnya mikroalga tersebut ke fase kematian.

Pada mikroalga *Tetraselmis chuii*, laju pertumbuhan hari pertama dan hari kedua relatif sama. Di hari ketiga kecepatan pertumbuhannya menurun hingga pada hari keenam laju pertumbuhannya bernilai negatif yang artinya mikroalga sudah mencapai fase penurunan pertumbuhan. Penurunan pertumbuhan ini berlanjut sampai ke akhir masa hidup mikroalga *Tetraselmis chuii*.

100	0,048
200	0,079
300	0,106
400	0,137
500	0,17

Hubungan antara konsentrasi larutan standar COD dengan absorbansi digambarkan pada kurva kalibrasi berikut:



Gambar 2 Kurva Kalibrasi COD

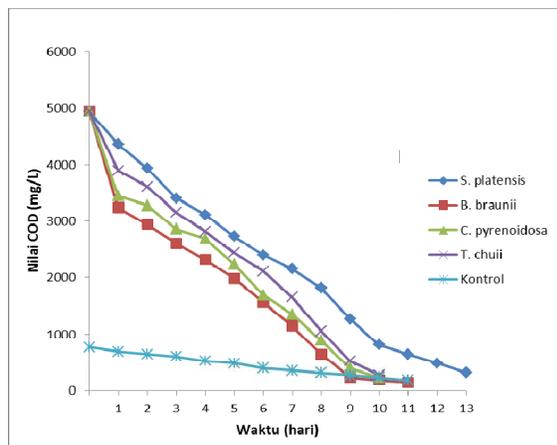
3. Penyisihan COD

Setelah melakukan uji analisis COD di laboratorium didapat nilai absorbansi dari pembacaan spektrofotometer dengan panjang gelombang 600 nm. Untuk mendapatkan hubungan antara absorbansi dengan nilai COD (mg/L) diperlukan suatu kurva kalibrasi. Kurva kalibrasi dibuat dari larutan standar COD 0, 100, 200, 300, 400, dan 500 ppm dan diukur absorbansinya.

Rata-rata nilai analisis COD dalam kultur biakan selama waktu kultivasi disajikan dalam gambar berikut.

Tabel 2
Absorbansi Larutan Standar COD

ppm	Absorbansi
0	0,016



Gambar 3 Grafik COD

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa setelah dilakukan interaksi limbah dengan mikroalga, terjadi penurunan nilai COD yang berbeda-beda. Rata-rata nilai analisis COD tertinggi yang didapat adalah pada perlakuan limbah dengan mikroalga *Spirulina platensis* sebesar 316,67 mg/L, dan yang terendah adalah pada perlakuan mikroalga *Botryococcus braunii*, yaitu sebesar 150 mg/L. Jenis mikroalga yang paling efektif dalam menurunkan COD adalah *Botryococcus braunii* dengan masa kultivasi selama 11 hari. Kemudian diikuti dengan *Chlorella pyrenoidosa*, *Tetraselmis chuii*, dan *Spirulina platensis*. Secara umum, semua perlakuan 9abl menurunkan nilai COD sampai batas tertentu.

Efisiensi penyisihan total nilai COD pada masing-masing mikroalga disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 3 Efisiensi Removal COD

Mikroalga	COD (mg/L)		Efisiensi Removal (%)
	Awal	Akhir	
Perlakuan 1	4358,33	316,67	93,59
Perlakuan 2	3233,33	150,00	96,96
Perlakuan 3	3441,67	233,33	95,28
Perlakuan 4	3900	275,00	94,44
Perlakuan 5	775	1358,33	75,27

Keterangan:

Perlakuan 1 = bibit mikroalga *Spirulina platensis* + limbah tahu

Perlakuan 2 = bibit mikroalga *Botryococcus braunii* + limbah tahu

Perlakuan 3 = bibit mikroalga

Chlorella pyrenoidosa + limbah tahu

Perlakuan 4 = bibit mikroalga

Tetraselmis chuii + limbah tahu

Perlakuan 5 = aquades + mikroalga

Botryococcus braunii

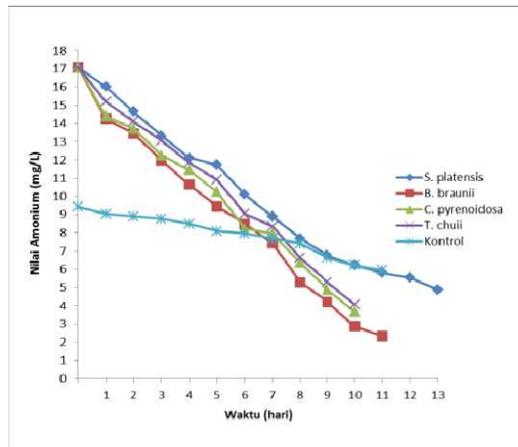
Tabel di atas menunjukkan bahwa kadar COD menurun selama kultivasi. Penurunan ini membuktikan kandungan yang dimiliki air limbah tahu khususnya senyawa organik dapat dimanfaatkan sebagai nutrisi dalam pertumbuhan *Spirulina platensis*, *Botryococcus braunii*, *Chlorella vulgaris*, dan *Tetraselmis chuii*. Ketersediaan nutrisi ini dimanfaatkan secara optimal untuk melakukan proses fotosintesis. Proses fotosintesis ini akan menghasilkan oksigen. Dapat dilihat dari tabel di atas, mikroalga *Botryococcus braunii* memiliki efisiensi paling tinggi yaitu sebesar 96,7%. Kemudian diikuti oleh *Chlorella pyrenoidosa* dan *Tetraselmis chuii* dengan selisih efisiensi yang berdekatan yaitu masing-masing sebesar 95,3% dan 94,4%. *Spirulina platensis* menyisihkan COD sebesar 93,6% dan perlakuan kontrol yaitu kultivasi *Botryococcus braunii* pada media aquades menurunkan COD sebesar 72,5 %.

4. Penyisihan Amonium

Setelah melakukan uji analisis amonium di laboratorium didapat nilai absorbansi dari pembacaan spektrofotometer dengan panjang gelombang 420 nm. Untuk mendapatkan hubungan antara

absorbansi dengan nilai amonium (mg/L) diperlukan suatu kurva kalibrasi. Dibuat larutan standar NH₄ 0 ppm, 1 ppm, 2 ppm, 3 ppm, 4 ppm, dan 5 ppm dengan mengencerkan larutan standar NH₄ 100 ppm. Kemudian hasil absorbansi dan konsentrasi (ppm) digunakan untuk membuat kurva kalibrasi.

Rata-rata nilai analisis amonium dalam kultur biakan selama waktu kultivasi disajikan dalam gambar berikut.



Gambar 4 Grafik Amonium

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa setelah dilakukan interaksi limbah dengan mikroalga, terjadi penurunan nilai amonium yang berbeda-beda. Rata-rata nilai analisis amonium tertinggi yang didapat adalah pada perlakuan kontrol sebesar 5,95 mg/L, dan yang terendah adalah pada perlakuan mikroalga *Botryococcus braunii*, yaitu sebesar 2,33 mg/L. Jenis mikroalga yang paling efektif dalam menurunkan amonium adalah *Botryococcus braunii* dengan masa kultivasi selama 11 hari. Kemudian

diikuti dengan *Chlorella pyrenoidosa*, *Tetraselmis chuii*, dan *Spirulina platensis*. Secara umum, semua perlakuan bisa menurunkan nilai amonium sampai batas tertentu.

Efisiensi penyisihan total nilai amonium pada masing-masing mikroalga disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 4 Efisiensi Removal Amonium

Mikroalga	COD (mg/L)		Efisiensi Removal (%)
	Awal	Akhir	
Perlakuan 1	17,07	4,88	71,42
Perlakuan 2	17,07	2,33	86,33
Perlakuan 3	17,07	3,67	78,48
Perlakuan 4	17,07	4,08	76,13
Perlakuan 5	9,43	5,95	36,89

Keterangan:

- Perlakuan 1 = bibit mikroalga *Spirulina platensis* + limbah tahu
- Perlakuan 2 = bibit mikroalga *Botryococcus braunii* + limbah tahu
- Perlakuan 3 = bibit mikroalga *Chlorella pyrenoidosa* + limbah tahu
- Perlakuan 4 = bibit mikroalga *Tetraselmis chuii* + limbah tahu
- Perlakuan 5 = aquades + mikroalga *Botryococcus braunii*

Tabel di atas menunjukkan bahwa kadar amonium menurun selama kultivasi. Amonium merupakan salah satu sumber nutrisi penting bagi mikroalga. Bentuk senyawa nitrogen yang lebih disukai oleh mikroalga adalah ammonium (NH₄⁺) karena proses transportasi dan asimilasi ion amonium oleh sel mikroalga membutuhkan energi yang

lebih sedikit dibandingkan dengan transportasi dan asimilasi ion nitrat (NO_3^-) (Ohama & Miyachi (1998) dalam Arifin (2012).

Penurunan ini membuktikan kandungan yang dimiliki air limbah tahu khususnya senyawa organik dapat dimanfaatkan sebagai nutrisi dalam pertumbuhan *Spirulina platensis*, *Botryococcus braunii*, *Chlorella vulgaris*, dan *Tetraselmis chuii*. Nitrogen yang dapat dimanfaatkan langsung adalah amonium dan nitrat untuk pembentukan asam amino, lemak, dan sel-sel vegetatif.

Dapat dilihat dari tabel di atas, mikroalga *Botryococcus braunii* memiliki efisiensi paling tinggi yaitu sebesar 86,33%. Kemudian diikuti oleh *Chlorella pyrenoidosa* dan *Tetraselmis chuii* dengan selisih efisiensi yang berdekatan yaitu masing-masing sebesar 78,48% dan 76,13%. *Spirulina platensis* menyisihkan amonium sebesar 71,42% dan perlakuan kontrol yaitu bibit mikroalga *Botryococcus braunii* yang dikultur pada media aquades dapat menurunkan amonium sebesar 36,89 %.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Pertumbuhan sel terpadat terjadi pada perlakuan kultivasi dengan mikroalga *Botryococcus b.* pada hari ke-5 yaitu sebesar 9.850.000 sel/mL. Sedangkan pertumbuhan sel paling rendah terjadi pada perlakuan dengan

mikroalga *Spirulina p.* pada hari ke-2 dengan kepadatan sel sebesar 170.000 sel/mL.

2. Penurunan kadar COD yang tertinggi terjadi pada kultivasi mikroalga *Botryococcus b.* pada medium limbah cair tahu dengan efisiensi sebesar 96,9%. Kemudian diikuti oleh *Chlorella p.* sebesar 95,28%, *Tetraselmis c.* sebesar 94,44%, dan *Spirulina p.* sebesar 93,59%. Sedangkan penurunan kadar COD paling rendah berada di perlakuan kontrol yaitu mikroalga *Botryococcus b.* pada medium aquades dengan efisiensi sebesar 75,27%.
3. Penurunan kadar amonium yang tertinggi terjadi pada kultivasi mikroalga *Botryococcus b.* pada medium limbah cair tahu dengan efisiensi sebesar 86,3%. Kemudian diikuti oleh *Chlorella p.* sebesar 78,48%, *Tetraselmis c.* sebesar 76,13%, dan *Spirulina p.* sebesar 71,42%. Sedangkan penurunan kadar amonium paling rendah berada di perlakuan kontrol yaitu mikroalga *Botryococcus b.* pada medium aquades dengan efisiensi sebesar 36,89%.

SARAN

1. Pengukuran sel sebaiknya tidak hanya dilakukan sekali dalam sehari karena menyebabkan tidak teramatinya fase stasioner selama masa kultivasi karena rentang waktu antara fase stasioner dan fase penurunan

umumnya terjadi dalam waktu yang relatif pendek pada mikroalga.

2. Dalam pengujian COD, perlu diperhatikan tinggi larutan pada uji duplo agar selalu sama karena sangat berpengaruh dalam mendapatkan hasil yang presisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amini, S. dan Susilowati, R. 2010. *Produksi Biodiesel dari Mikroalga Botryococcus braunii*. Balai Besar Riset Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, KKP
- Ariyanti, D. dan Handayani, N. A. 2010. *Mikroalga Sebagai Sumber Biomassa Terbarukan: Teknik Kultivasi dan Pemanenan*. Skripsi: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- Aspuranto. 1989. *Identifikasi dan Studi Peranan Mikroalga dalam Proses Stabilisasi Mikrobiologis Beberapa Jenis Limbah Cair*. Skripsi: Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor
- Basmi. 1995. *Planktonologi: Organisme Penyusun Plankton, Klasifikasi dan Terminologi, Hubungan antara Fitoplankton dan Zooplankton, Siklus Produksi umumnya di Perairan*. Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor
- Bold, H.C, dan Wynne, M.J. 1978. *Introduction To The Algae, Second Edition*, Prentice-Hall Mc. Engelwood Cliffs, New York
- Borowitzka, M. 1998. *Limits to growth, In: Wastewater treatment with algae*. Springer Verlag, pages 203 to 226.
- Bosma, R., van Spronsen, W.A., Tramper, J. and Wjffels, R.H. 2003. *Ultrasound, a New Separation Technique to Harvest Microalgae*. Journal of Applied Phycology, 15, 143-153
- Chrismadha, T., Mardiyati, Y, & Hadiansyah, D. 2006. *Phytoplankton Response to Increasing of Air CO₂ Concentration*. Limnotek. 13(1):26-32
- Coetteau, P. 1998. *Alga Production*. University of Gent, Rome
- Dahiyat. 1990. *Kandungan Limbah Cair Pabrik Tahu dan Pengolahannya dengan Eceng Gondok (Eicchornia crassipes (Mart) Solms)*. Tesis: Program Pasca Sarjana IPB, Bogor
- Darley, W.M. 1982. *Alga Biology: A Physiological Approach*. Black Well Scientific Publication: London
- Evelyana, A. D dan Jannah, F. 2013. *Pengaruh Logam Berat (Cu dan Cd) dan Salinitas*

- terhadap Peningkatan Kadar Lipid pada *Chlorella vulgaris* dan *Botryococcus braunii* serta Perannya dalam Penurunan Kadar COD pada Limbah Industri PT. SIER. Skripsi: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya
- Fadilla, Z. 2010. *Pengaruh Konsentrasi Limbah Cair Tahu Terhadap Pertumbuhan Mikroalga Scenedemus sp.* Skripsi : Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta
- Hadiyanto, dan Azim, M. 2012. *Mikroalga: Sumber Pangan dan Energi Masa Depan.* Center of Biomass and Renewable Energy (C-BIORE) Universitas Diponegoro
- Hariyadi, P. 2002. *Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Untuk Memproduksi Ingredien Pangan Fungsional.* Karya Ilmiah: IPB, Bogor
- Hongmei Gong et al. 2008. *Characterization of photosystem II in salt-stressed cyanobacterial Spirulina platensis cells*
- Isnansetyo, A. dan Kurniastuty. 1995. *Teknik Kultur Phytoplankton & Zooplankton Pakan Alami Untuk Pembenihan Organisme Laut.* Kanisius: Yogyakarta
- Mahdi, M. Z. et al. 2012. *Evaluasi Pertumbuhan Mikroalga dalam Medium POME: Variasi Jenis Mikroalga, Medium, dan Waktu Penambahan Nutrient.* Skripsi: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- Muthawali, D. I. 2013. *Analisa COD dari Campuran Limbah Domestik dan Laboratorium di Balai Riset dan Standarisasi Industri Medan.* Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sumatera Utara
- Moehnilabib, dkk. 1997. *Dasar – Dasar Metodologi Penelitian.* Lembaga Penelitian IKIP Malang
- Ohama, T. and Miyachi, S. 1992. *Chlorella.* In Borowitzka, M. A. dan Borowitzka, L. J. (eds.). *Micro-Algal Biotechnology.* Cambridge University Press 25 pp
- Panggabean, L et al. 2010. *Mikroalga Laut sebagai Produsen Biodiesel.* Laporan Akhir Program Insentif Peneliti dan Perekayasa LIPI: Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
- Pari, G. dan Hartoyo. 1983. *Beberapa Sifat Fisis dan Kimia Briket Arang dari Limbah Arang Aktif.* Puslitbang hasil Hutan: Bogor
- Prabowo, D. A. 2009. *Optimasi Pengembangan Media Untuk*



- Pertumbuhan Chlorella sp. Skala Laboratorium*. Skripsi: Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB
- Pujiono, A. E. 2013. *Pertumbuhan Tetraselmis chunii pada medium Air Laut dengan Intensitas Cahaya, Lama Penyinaran, dan Jumlah Inokulan yang Berbeda pada Skala Laboratorium*. Skripsi: Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Jember
- Putnarubun, C. et al. 2015. *Utilization of Tofu Waste As a Cultivation Media for Tetraselmis sp Microalgae in Preliminary Study of Biodiesel Production*. 151304-7979- IJBAS-IJENS @ August 2015 IJENS
- Rahmat, T. A., et al. 2013. *Kultivasi Botryococcus Braunii Memanfaatkan Air Dadih (Whey) Tahu sebagai Potensi Biodiesel*. Skripsi: Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- Silalahi, 2000. *Penelitian Pembuatan Briket Kayu dari Serbuk Gergajian Kayu*. Bogor: Hasil Penelitian Industri DEPERINDAG
- Suriawiria, U. 2005. *Mikrobiologi Air dan Dasar – Dasar Pengolahan Buangan Secara Biologis*. PT Alumni Bandung
- Sutomo, 2005. *Kultur Tiga Jenis Mikroalga (Tetraselmis sp., Chlorella sp. dan Chaetoceros gracilis) dan Pengaruh Kepadatan Awal Terhadap Pertumbuhan C. gracilis di Laboratorium*. Oseanografi Dan Limnologi Di Indonesia. No. 37: 43-58
- Sola, L. 1994. *Pengembangan dan Uji Coba Peralatan Pengolahan Air Limbah Industri Tempe dan Tahu*. Laporan Penelitian: Badan Penelitian dan Pengembangan Industri Ujung Pandang