

## Pembuatan Bioetanol Dari Alga Hijau *Spirogyra sp* Bioethanol Production From Green Algae *Spirogyra sp*

Danang Jaya<sup>a\*</sup>, Rahayu Setiyaningtyas<sup>a</sup>, Sudiyono Prasetyo<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Universitas Pembangunan Nasional (UPN) Veteran Yogyakarta, Jalan SWK 104 (Lingkar Utara), Condong Catur, Yogyakarta 55283 Indonesia

### Artikel histori :

Diterima 18 Mei 2018  
Diterima dalam revisi 28 Juni 2018  
Diterima 1 Juni 2018  
Online 30 Juni 2018

**ABSTRAK:** Bioetanol merupakan bahan bakar alternatif yang sangat berpotensi menggantikan BBM. Bahan baku bioetanol dapat berasal dari alga *Spirogyra sp* yang jarang dimanfaatkan. Kandungan karbohidrat yang tinggi dalam alga *Spirogyra sp* sangat berpotensi untuk dikembangkan menjadi etanol melalui proses kimia dan biologi. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu persiapan bahan baku, hidrolisis asam menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,2 M, dan fermentasi dengan bantuan mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* secara anaerob. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui waktu dan kadar yeast optimum pada proses fermentasi. Pada proses fermentasi, digunakan variasi waktu fermentasi 3, 4, 5, dan 6 hari serta variasi kadar khamir 0,5%; 0,75%; 1%; 1,25%; 1,5%; dan 1,75% dari volume filtrat. Hasil fermentasi dari masing-masing percobaan dianalisa untuk mengetahui kadar etanol dengan menggunakan perhitungan secara stoikiometri. Waktu optimum yang didapat dalam penelitian ini adalah 5 hari dan kadar khamir optimum yang didapat adalah 1 % volume filtrat. Kondisi operasi saat fermentasi yaitu pada pH 4,5 dan suhu dijaga pada 30<sup>0</sup>C. Mol alkohol yang terbentuk sebanyak 0,0613 mol.

**Kata Kunci:** Bioetanol, Fermentasi, *Saccharomyces cerevisiae*, *Spirogyra sp*

**ABSTRACT:** Bioethanol is an alternative fuel that has potential to replace the oil fuel. The bioethanol feedstock can be derived from the green algae *Spirogyra sp* that is rarely exploited. High carbohydrates content in the *Spirogyra sp* algae is highly potential to be developed into ethanol through chemical and biological processes. This research is done through several stages: preparation of raw material, hydrolysis using sulfuric acid 0,2 M, and fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* in an anaerob condition. The objective of this study is to find out the optimum reaction time and optimum quantity of *Saccharomyces cerevisiae* in the fermentation process. Variations of reaction time and yeast quantity are applied; those are 3, 4, 5 and 6 days for reaction time, and 0,5%; 0,75%; 1%; 1,25%; 1,5%; and 1,75% for yeast quantity. The stoichiometric calculation is used to analyse the result of this experiment. The result shows that the optimum duration for the fermentation is 5 days and the optimum quantity of yeast is 1% by weight. The condition of fermentation process must be held in pH of 4,5 and temperature of 30<sup>0</sup>C. The produced alcohol in those condition is 0,0613 mol.

**Keywords:** Bioethanol, Fermentation, *Saccharomyces cerevisiae*, *Spirogyra sp*

### 1. Pendahuluan

Penggunaan bahan bakar fosil saat ini dipandang tidak bisa berkelanjutan karena ketersediaannya yang semakin menipis dan akumulasi polusi udara (*greenhouse gas*) ke lingkungan yang memasuki kategori berbahaya yaitu 450 ppm CO<sub>2</sub> (Eshaq et al.,2010). Penggunaan minyak bumi mendominasi 52,5% pemakaian energi di Indonesia, sedangkan penggunaan gas bumi sebesar 19%, batu bara 21,5%, air 3,7%, panas bumi 3%, dan energi terbarukan hanya sekitar 0,2% dari total penggunaan energi (Hambali et al.,2007). Konsumsi bahan bakar fosil saat ini masih tinggi sehingga diperlukan alternatif baru untuk memproduksi bahan bakar berbasis non fosil seperti bioetanol.

Umumnya bioetanol dibuat dari tanaman berpati seperti singkong dengan kandungan karbohidrat sebanyak 98,4674% (Hapsari & Pramashinta,2013), ubi, dan jagung yang juga kaya karbohidrat. Akan tetapi, tanaman-tanaman tersebut memiliki nilai guna lain sebagai bahan pangan sehingga apabila tanaman tersebut digunakan sebagai bahan baku dalam memproduksi etanol secara komersial akan menimbulkan persaingan antara bahan pangan dan energi.

Berbagai hasil penelitian semakin menguatkan pendapat bahwa alga adalah sumber energi alternatif terbaik di dunia. Oleh karena itu, melalui penelitian ini penulis mengangkat alga hijau *Spirogyra sp* sebagai salah satu solusi alternatif dalam produksi bioetanol yang nantinya dapat menjadi bahan bakar alternatif. Hal ini

\*Corresponding Author: danangjaya@yahoo.co.id

karena alga hijau *Spirogyra sp* dapat hidup di air tawar dan tersebar luas serta memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi.

Menurut Sulfahri *et. al.* (2016), alga hijau *Spirogyra sp* dapat dikonversi menjadi bioetanol dengan kadar di atas 10% dengan kebutuhan substrat fermentasi yang sangat sedikit. Hasil perhitungan stoikiometri memperlihatkan bahwa dibutuhkan 1,3 kg alga *Spirogyra sp* kering agar dihasilkan 1 liter bioetanol. Khamir *Saccharomyces cerevisiae* dari fermipan digunakan pada proses fermentasi. Pemilihan tersebut berdasarkan penelitian oleh Febrianti *et al.*(2016) tentang efektivitas media pertumbuhan khamir untuk fermentasi bioethanol. Proses fermentasi berlangsung secara anaerob yaitu kondisi fermentasi yang dijalankan tanpa oksigen (Lieke,2013).

Sebelum proses fermentasi terdapat proses hidrolisis. Waktu yang diperlukan dalam proses hidrolisis asam berkisar antara 1 sampai 3 jam. Semakin lama waktu hidrolisis, maka warna dari pereaksi akan semakin keruh dan konversinya semakin besar (Dermibas 2010 dalam Osvaldo *et al.*,2013). Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Wibowo *et. al.* (2013) dinyatakan bahwa proses hidrolisis optimum adalah dengan menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.2 M selama 2 jam pada suhu 100<sup>o</sup>C.

Kandungan karbohidrat didalam alga hijau *Spirogyra sp.* dapat dilihat pada Tabel 1,

**Tabel 1.** Kandungan kimia dalam alga

Strain	Protein	Carbohydrates	Lipid
<i>Anabaena cylindrica</i>	43–56	25–30	4–7
<i>Botryococcus braunii</i>	40	2	33
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	48	17	21
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	57	26	2
<i>Chlorella vulgaris</i>	41–58	12–17	10–22
<i>Dunaliella bioculata</i>	49	4	8
<i>Dunaliella salina</i>	57	32	6
<i>Dunaliella tertiolecta</i>	29	14	11
<i>Euglena gracilis</i>	39–61	14–18	14–20
<i>Porphyridium cruentum</i>	28–39	40–57	9–14
<i>Prymnesium parvum</i>	28–45	25–33	22–39
<i>Scenedesmus dimorphus</i>	8–18	21–52	16–40
<i>Scenedesmus obliquus</i>	50–56	10–17	12–14
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	47	–	1.9
<i>Spirogyra sp.</i>	6–20	33–64	11–21
<i>Spirulina maxima</i>	60–71	13–16	6–7
<i>Spirulina platensis</i>	42–63	8–14	4–11
<i>Synechococcus sp.</i>	63	15	11
<i>Tetraselmis maculata</i>	52	15	3

Sumber : Dermibas, 2010\*

Alga hijau *Spirogyra sp* termasuk dalam kelompok alga hijau yang memiliki kandungan karbohidrat 33-64% sehingga sangat berpotensi untuk dijadikan bahan baku pembuatan bioetanol. Berbagai penelitian terdahulu telah dilakukan untuk mengetahui waktu fermentasi optimum. Akan tetapi, belum dilakukan penelitian tentang kadar *Saccharomyces cerviciae* optimum berdasarkan waktu fermentasi optimum yang didapat dari penelitian sebelumnya. Untuk itu, penelitian ini bertujuan untuk

mengetahui waktu fermentasi dan kadar *Saccharomyces cerevisiae* terbaik dalam menghasilkan bioetanol.

## 2. Metode Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alga hijau *Spirogyra sp* dari Tambak Bayan, Catur Tunggal, Depok, Sleman dan natrium hidroksida (NaOH) yang didapatkan dari CV.Chemix Pratama. Katalis yang digunakan adalah larutan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dari CV. Progo Mulya. Prosedur pelaksanaan dalam penelitian ini meliputi:

### 2.1 Persiapan Bahan

Alga hijau *Spirogyra Sp* basah yang diambil dari kolam Tambak Bayan dicuci kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama 2 hari. Alga yang sudah kering diambil dan dihaluskan dengan mesin penghalus.

### 2.2 Proses Hidrolisis

Serbuk *Spirogyra sp* kering dicampurkan dengan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.2 M dengan perbandingan 1 : 20 (m alga : V H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Perbandingan alga dengan asam sulfat yang digunakan merupakan hasil terbaik setelah sebelumnya dilakukan uji coba hidrolisis alga dengan perbandingan yang bervariasi. Selanjutnya campuran dipanaskan selama 2 jam pada suhu 100 °C dan diaduk dengan kecepatan 60 rpm. Setelah 2 jam hidrolisis dihentikan. Hasil hidrolisis disaring menggunakan filtrasi vakum. NaOH ditambahkan pada filtrat hasil penyaringan sehingga pH filtrat menjadi 4.5-6. Sebelum digunakan untuk fermentasi, kadar gula pada filtrat diukur menggunakan refraktometer sebagai kadar gula mula-mula.

### 2.3 Proses Fermentasi

#### 2.3.1 Variasi Waktu Fermentasi

Filtrat hasil hidrolisis sebanyak 70 ml dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml dan dicampurkan dengan fermipan sebanyak 0,7 gram (1% w/v), urea 0,7 gram (1% w/v), dan NPK 0,7 gram (1% w/v). Kemudian filtrat difermentasi dengan variasi waktu fermentasi: 3, 4, 5, dan 6 hari pada suhu kamar (30 °C) dan pH 4,5. Masing-masing erlenmeyer yang berisi substrat ditutup dengan karet penutup agar tidak ada kontaminan yang mengganggu fermentasi. Penutup karet dilengkapi dengan selang yang diteruskan pada wadah berisi air sebagai saluran pengeluaran gas hasil fermentasi. Setelah fermentasi selesai, kadar gula pada filtrat/substrat fermentasi diukur menggunakan refraktometer sebagai kadar gula akhir.

#### 2.3.2 Variasi Kadar Fermipan

Filtrat hasil hidrolisis sebanyak 70 ml dimasukkan dalam erlenmeyer 250 ml. Fermipan dengan variasi kadar 0,50% w/v, 0,75% w/v, 1% w/v, 1,25% w/v, 1,50% w/v, dan 1,75% w/v dari volume filtrat. Kemudian urea 0,7 gram (1% w/v) dan NPK 0,7 gram (1% w/v) dari volume filtrat dicampurkan ke dalam erlenmeyer dan difermentasi dengan

waktu fermentasi selama 5 hari (waktu optimum) pada suhu kamar (30 °C) dan pH 4,5.

### 2.4 Analisis Data

Persentase mol alkohol terbentuk dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :



Mula-mula	$n_{A0}$	-	-
Reaksi	$-n_{A0} \cdot x_A$	$2 n_{A0} \cdot x_A$	$2 n_{A0} \cdot x_A$
Sisa	$n_{A0}(1-x_A)$	$2 n_{A0} \cdot x_A$	$2 n_{A0} \cdot x_A$

$n_A = n_{A0}(1-x_A)$  ;  $n_B = 2 n_{A0} \cdot x_A$  ;  $n_C = 2 n_{A0} \cdot x_A$

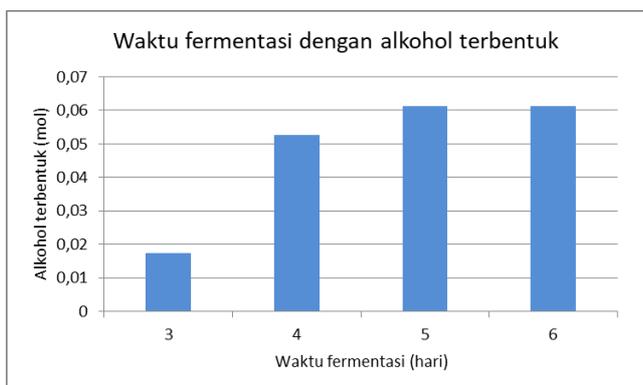
$$\text{Persentase mol alkohol (\%)} = \frac{2n_{A0}x_A}{n_{A0}(1-x_A)+2n_{A0}x_A+2n_{A0}x_A} \times 100\%$$

**Tabel 2.** Data pengaruh waktu fermentasi terhadap mol alkohol terbentuk

Hari	% brix awal	% brix akhir	% gula awal	% gula akhir	Mol gula awal	Mol gula akhir	Konversi	Mol alkohol
3	17	15	18,5719	16,3191	0,0722	0,0635	0,1213	0,0175
4	17	11	18,5719	11,8135	0,0722	0,0459	0,3639	0,0526
5	17	10	18,5719	10,6871	0,0722	0,0416	0,4246	0,0613
6	17	10	18,5719	10,6871	0,0722	0,0416	0,4246	0,0613

**Tabel 3.** Data pengaruh kadar yeast terhadap mol alkohol terbentuk

Kadar fermipan (%)	%Brix awal	Brix akhir	% gula awal	% gula akhir	Mol gula awal	Mol gula akhir	Konversi	Mol alkohol
0,50%	11	9,2	18,8135	9,5607	0,0459	0,0371	0,1906	0,0175
0,75%	11	8,6	18,8135	9,11014	0,0459	0,0354	0,2288	0,0210
1%	11	8,1	18,8135	8,54694	0,0459	0,0332	0,2765	0,0254
1,25%	11	9,4	18,8135	10,0112	0,0459	0,0389	0,1525	0,0140
1,50%	11	10	18,8135	10,6871	0,0459	0,0415	0,0953	0,0087
1,75%	11	10,2	18,8135	10,9123	0,0459	0,0424	0,0762	0,0070



**Gambar 1.** Hubungan waktu fermentasi (hari) dengan alkohol terbentuk (mol)

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 1 dapat dilihat bahwa pada hari ke-3 hingga hari ke-5, alkohol yang terbentuk mengalami kenaikan. Hal ini disebabkan pada

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Pengaruh Variabel Perbedaan Waktu Fermentasi Terhadap Alkohol Terbentuk

Volume Fermentasi: 70 ml  
 Volume Starter : 7 ml (10%)  
 Berat yeast : 0,7 g (1% dari volume fermentasi)  
 Berat NPK : 0,7 g (1% dari volume fermentasi)  
 Berat Urea : 0,7 g (1% dari volume fermentasi)  
 pH : 4,5  
 Suhu : 30 °C

Analisis etanol yang dihasilkan dari fermentasi alga *Spirogyra* sp dilakukan melalui perhitungan stoikiometri setelah sebelumnya dilakukan pengukuran kadar gula menggunakan alat refraktometer. Adapun hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

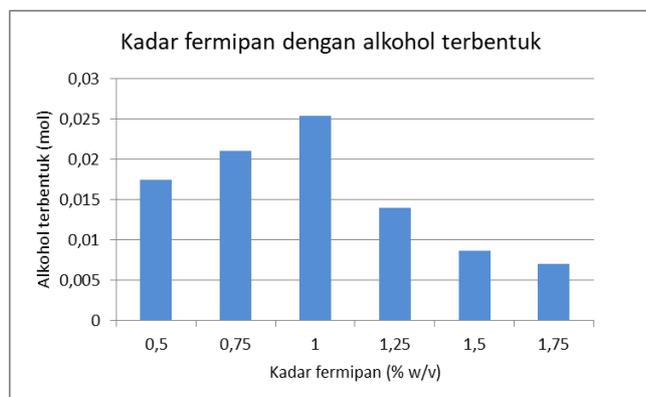
rentang waktu tersebut khamir berada pada fase pertumbuhan sehingga aktivitas perombakan gula menjadi alkohol terjadi secara maksimal. Kemudian pada hari ke-6 tidak terjadi penambahan jumlah etanol. Pada titik ini mikroba sudah memasuki fase stasioner dengan jumlah mikroba yang tumbuh sama dengan mikroba yang mati. Dengan kata lain tidak ada penambahan jumlah mikroba yang akan mengubah substrat menjadi etanol sehingga etanol yang dihasilkan cenderung konstan.

#### 3.2 Pengaruh variabel perbedaan waktu fermentasi terhadap alkohol terbentuk

Volume Fermentasi: 70 ml  
 Volume Starter : 7 ml (10%)  
 Waktu Fermentasi : 5 hari  
 Berat NPK : 0,7 g (1% dari volume fermentasi)  
 Berat Urea : 0,7 g (1% dari volume fermentasi)  
 pH : 4.5

Suhu : 30 °C

Analisis etanol yang dihasilkan dari fermentasi alga *Spirogyra sp* dilakukan dengan melakukan perhitungan berdasarkan stoikiometri, setelah sebelumnya dilakukan pengukuran kadar gula menggunakan alat refraktometer. Adapun hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 3.



**Gambar 2.** Hubungan kadar fermipan dengan alkohol terbentuk

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 2 dapat dilihat bahwa pada kadar khamir 0,5% - 1% terjadi kenaikan kadar etanol. Hal ini karena perbandingan kadar khamir dan nutrisi masih mencukupi untuk menghasilkan kadar etanol yang cenderung tinggi. Sedangkan pada kadar khamir 1,25% - 1,75% kadar etanol yang dihasilkan semakin menurun. Hal ini karena kadar khamir lebih banyak dibandingkan dengan nutrisi yang tersedia, sehingga mengakibatkan khamir hanya sedikit mengkonversi gula menjadi etanol. Gula lebih banyak digunakan khamir untuk bertahan hidup.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapat kondisi optimum fermentasi selama 5 hari dengan perbandingan kadar fermipan optimum 1% volume filtrat, pH fermentasi 4,5, suhu fermentasi 30°C, dan mol alkohol terbentuk yaitu 0,0613.

#### Daftar Pustaka

- Dermibas, Ayhan and Fatih Dermibas. 2010. *Algae Energy*. Taylor and Francis Group, New York.
- Eshaq, F. S., Ali, M. N., & Mohd, M. K. (2010). *Spirogyra* biomass a renewable source for biofuel (bioethanol) Production. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2(12), 7045–7054.
- Febriyanti, Anugerah Eka, Cut Nanda Sari, dan Adisyahputra. 2016. Efektivitas Media Pertumbuhan Khamir Komersial (*Saccharomyces cerevisiae*) untuk Fermentasi Bioetanol dari Eceng Gondok, *Jurnal Biologi Indonesia BIOMA* 12 (2) hal : 43-48

- Hambali, E., S. Musdalipah., S. H. Tambunan., A. W. Pattiwiri., dan R. Hendroko. 2007. *Teknologi Bioenergi*. Agromedia, Jakarta.
- Hapsari, Mira Amalia dan Pramashinta, Alice, 2013, Pembuatan Bioetanol dari Singkong Karet (*Manihott glaziovii*) Untuk Bahan Bakar Kompor Rumah Tangga Sebagai Upaya Mempercepat Konversi Minyak Tanah ke Bahan Bakar Nabati, *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, Vol. 2, No. 2 hal : 240-243.
- Riadi, Lieke, 2013. *Teknologi Fermentasi Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- S.Osvaldo Z., Panca Putra S., M. Faizal, 2012. Pengaruh Konsentrasi Asam dan Waktu pada Proses Hidrolisis dan Fermentasi Pembuatan Bioetanol dari Alang-Alang, *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 18, No. 2, Mei: 52-62.
- Sulfahri, Mohamad Amin, Sutiman Bambang Sumitro & Murni Saptasari (2016) Bioethanol production from algae *Spirogyra hyaline* using *Zymomonas mobilis*, *Biofuel*, 7:6, 621-626.
- Wibowo, Atmanto Heru., Lailatul Mubarakah., dan Adhitasari Suratman., 2013, The Fermentation of Green Algae (*Spyrogyra majuscuke kuetz*) using Immobilization, Technique of Ca-Alginate for *Sacharomyces cerevisiae* Entrapment, *Jurnal Indo J. Chem* halaman 7-13