Pemanfaatan Mikroalga dari Limbah Cair Kelapa Sawit Menjadi Bioetanol dengan Variasi Konsentrasi Asam Sulfat

Diana Aprila[1)], Shinta Elystia[2)], Sri Rezeki Muria[3)]
[1)]Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, [2)]Dosen Teknik Lingkungan [3)]Dosen Teknik Kimia
Laboratorium Bioproses
Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293
Email: dianaaprila28@gmail.com

ABSTRACT

Combustion of fossil fuels is the main cause of global warming. The high dependence of fuel resource will influence the depletion of fossil resource (oil, natural gas, and coal). Therefore, it is important to develop alternative energy source continuously and environmentally friendly such as bioethanol. Green microalgae like Chlorella purenoidosa has a carbohydrate content in the cellulose and hemicellulose form in its cell wall which can be utilized for bioethanol production. In this research was conducted the conversion of microalgae Chlorella pyrenoidosa to bioethanol as renewable energy. This research aimed to study the effect of acid concentration and temperature on hydrolysis of microalgae and the effect of fermentation time to bioethanol from microalgae hydrolisate. Hydrolysis process conducted for 75 minutes with sulphuric acid concentration 1%, 2%, 3% and 4% (v/v) at 100 ^{o}C. The glucose produced was analyzed with Nelson-Somogyi method. Hydrolysis condition that produces highest glucose yield was used to make a substrate for fermentation. Fermentation process conducted for 3 days. Measurement of bioethanol concentration using refractometer. The result showed the highest glucose concentration obtained was 3.51 mg/ml and this was achieved when the hydrolysis occurred at 1% (v/v) sulphuric acid concentration. Fermentation time 3 days provide bioethanol concentration about 0,24875%.

Keywords*: Chlorella pyrenoidosa, hydrolysis, fermentation, bioethanol.*

1. PENDAHULUAN

Pemanasan global telah menjadi salah satu isu internasional di bidang lingkungan (Sulistyono, 2012). Suhu bumi yang cenderung meningkat serta terjadinya perubahan iklim yang drastis merupakan dampak dari pemanasan global yang diakibatkan karena meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca (Jamilatun, 2010). CO_2 merupakan gas rumah kaca yang kontribusinya paling tinggi terhadap pemanasan global, yakni mencapai lebih dari 60% dari total gas rumah kaca yang ada (Jamilatun, 2010).

Dari kelima sektor pengguna energi, sektor transportasi menjadi penghasil emisi CO_2 terbesar kedua yakni mencapai 137,94 juta ton CO_2 (KESDM, 2016). Emisi CO_2 yang dihasilkan pada sektor transportasi berasal dari pembakaran bahan bakar fosil oleh kendaraan bermotor. Bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan batu bara merupakan sumber energi utama di Indonesia (Hambali dkk, 2007). Produksi minyak mentah (*crude oil*) di Indonesia adalah 834,4 ribu barrel per hari, maka cadangan minyak bumi di Indonesia sebesar 7,4 milyar barrel kemungkinan akan habis pada tenggang waktu 24 tahun (KESDM, 2016).

Untuk mengurangi emisi CO_2 di atmosfer serta menangani permasalahan krisis energi, dapat dilakukan dengan mengganti sumber energi fosil dengan sumber energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan (Sulistyono, 2012). Salah satu energi *renewable* yang dapat dijadikan pengganti bahan bakar fosil adalah bioetanol. Bioetanol sebagai bahan bakar alternatif memiliki keunggulan antara lain kandungan oksigen lebih tinggi (35%) sehingga terbaar lebih sempurna, bernilai oktan tinggi (118), dan lebih ramah lingkungan karena mengandung emisi gas karbon monoksida lebih rendah yakni sebesar 19-25% dibandingkan BBM (Jamilatun, 2010).

John, dkk (2011) menyatakan bahwa alga sebagai bahan baku pembuatan bioetanol generasi ketiga dapat menjadi alternatif pengganti bahan baku generasi pertama dan kedua, karena produktivitasnya yang tinggi, kemudahan dalam kultivasi dan waktu pemanenan yang singkat. Alga yang berpotensi sebagai sumber bahan baku produksi bioetanol sangat beragam, terutama jenis alga yang berukuran mikro.

Alga membutuhkan media yang mengandung nutrisi untuk pertumbuhannya. Menurut Loebis dan Tobing (1989), limbah cair pabrik pengolahan kelapa sawit mengandung unsur hara yang tinggi seperti N, P, K, Mg, dan Ca, sehingga limbah cair tersebut berpeluang untuk digunakan sebagai sumber hara bagi pertumbuhan berbagai jenis alga yang bernilai ekonomis tinggi. Berdasarkan uraian tersebut, maka digunakan mikroalga (*Chlorella pyrenoidosa*) yang tumbuh di limbah cair kelapa sawit sebagai bahan baku untuk pembuatan bioetanol.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui konsentrasi asam sulfat terbaik dan pengaruh konsentrasi asam sulfat terhadap konsentrasi glukosa yang dihasilkan dari proses hidrolisis mikroalga.
2. Mengetahui konsentrasi bioetanol yang dihasilkan dengan pengaruh variasi konsentrasi asam sulfat

2. METODE PENELITIAN

A. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari mikroalga yang diperoleh dari kolam 10 limbah cair industri kelapa sawit PTPN V Sei Pagar, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau, ragi *Saccharomyces cerevisiae*, aquades, H_2SO_4 dan NaOH, Pottasium

Pospat (KH_2PO_4), Magnesium Sulfatheptahidrat ($MgSO_4.7H_2O$), *yeast extract*, dan Reagen Nelson-Somogyi.

B. Alat dan Instrumentasi

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi plankton net, jerigen 5 liter sebagai wadah sampel mikroalga, *autoclave*, *incubator*, *shaker*, *magnetic stirrer*, *erlenmeyer*, oven, pH meter, cawan porselin, timbangan analitik, ayakan, tabung reaksi dan rak, gelas ukur, labu ukur, gelas kimia, pipet tetes, batang pengaduk, mortar, kertas saring, dan corong.

C. Variabel Penelitian

Variabel tetap pada penelitian ini adalah massa mikroalga 20 gram (Erlangga dkk, 2015), rasio massa mikroalga dan volume H_2SO_4 1:10 (Erlangga dkk, 2015), suhu hidrolisis 100 ºC, waktu hidrolisis 75 menit (Erlangga dkk, 2015), waktu fermentasi 3 hari (Erlangga dkk, 2015), konsentrasi ragi 20% dari massa mikroalga (Karta dkk, 2015). Variabel bebas pada penelitian ini adalah konsentrasi asam sulfat 1%, 2%, 3%, dan 4% (v/v).

D. Prosedur Penelitian

Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam produksi bioetanol ini adalah mikroalga yang diperoleh dari kolam 10 PTPN V Sei Pagar, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Mikroalga diidentifikasi dan diketahui jenis mikroalganya yaitu *Chlorella pyrenoidosa*. Selanjutnya, mikroalga dikeringkan dengan oven selama 5 jam pada suhu 105 ^{o}C sehingga kadar air maksimal 10%. Mikroalga kemudian diayak menggunakan ayakan berukuran 100 mesh dan ditimbang massanya sebanyak 20 gram.

Hidrolisis

Mikroalga sebanyak 20 gram dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan larutan H_2SO_4 dengan konsentrasi sesuai dengan variabel penelitian, yakni sebesar 1%, 2%, 3%, dan 4% (v/v) dengan rasio 1:10. Larutan sampel dihidrolisis pada temperatur 100 ^{0}C selama 75 menit. Setelah pemanasan, masing-masing sampel didinginkan. Larutan hasil hidrolisis kemudian dianalisa kadar glukosa awal menggunakan metode Nelson-Somogyi dan diketahui konsentrasinya dengan menggunakan spektrofotometer sinar tampak.

Persiapan *Starter* (Inokulum)

Larutan hasil hidrolisis yang telah dianalisa kadar glukosa awalnya, kemudian ditambahkan NaOH 4 M hingga pH larutan menjadi 5. Pembuatan *starter* yaitu dengan menggunakan larutan hasil hidrolisis yang telah dianalisa kadar glukosa awalnya sebanyak 10% dari volume medium fermentasi sebagai media tumbuh *yeast*. Selanjutnya ditambahkan 0,1 gr/L KH_2PO_4, 0,05 gr/L $MgSO_4.7H_2O$ dan 1 gr/L *yeast extract* sebagai nutrisi ke dalam medium *starter*. Setelah semua bahan dimasukkan, dihomogenkan terlebih dahulu dengan *shaker* kemudian disterilisasi dengan *autoclave* pada suhu 121 ^{0}C selama 15 menit.

Selanjutnya *starter* didinginkan hingga mencapai suhu ruang. Setelah *starter* mencapai suhu ruang, ditambahkan ragi *Saccharomyces cerevisiae* ke dalam *starter* dengan konsentrasi 20% dari massa alga. Selanjutnya diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam.

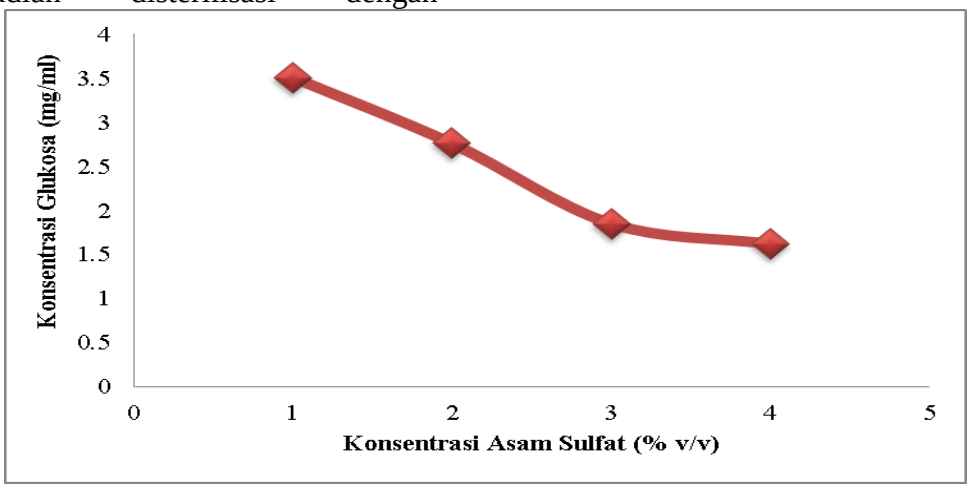
Proses Fermentasi

Kondisi terbaik yang menghasilkan kadar glukosa tertinggi dari tahap hidrolisis digunakan untuk pembuatan media untuk proses fermentasi. Larutan hasil hidrolisis ditambahkan 0,1 gr/L KH_2PO_4, 0,05 gr/L $MgSO_4.7H_2O$ dan 1 gr/L *yeast extract* sebagai nutrisi, lalu dihomogenkan menggunakan *shaker* kemudian disterilisasi dengan *autoclave* pada suhu 121 ^{0}C selama 15 menit. Medium fermentasi didinginkan hingga mencapai suhu ruang. Selanjutnya medium fermentasi dimasukkan ke dalam fermentor dan ditambahkan *starter* ke dalam fermentor. Fermentasi dilakukan selama 3 hari. Selanjutnya, dilakukan analisa konsentrasi bioetanol yang dihasilkan menggunakan refraktometer.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh Konsentrasi Asam dan Terhadap Perolehan Glukosa

Pada Gambar 1 dapat dilihat pengaruh konsentrasi asam sulfat terhadap perolehan glukosa awal pada proses hidrolisis.



Gambar 1. Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Terhadap Konsentrasi Glukosa Awal

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat pengaruh konsentrasi asam sulfat terhadap konsentrasi glukosa yang dihasilkan. Pada penelitian ini dapat dilihat bahwa pada variasi konsentrasi asam sulfat 1%, 2%, 3%, dan 4% (v/v) diperoleh konsentrasi glukosa masing-masing sebesar 3,51 mg/ml, 2,76 mg/ml, 1,85 mg/ml, dan 1,62 mg/ml. Konsentrasi glukosa tertinggi dihasilkan pada proses hidrolisis dengan konsentrasi asam 1% (v/v) pada suhu 100 ^{0}C, yaitu sebesar 3,51 mg/ml. Pada penelitian ini,

konsentrasi glukosa semakin menurun seiring meningkatnya konsentrasi asam sulfat. Pada penelitian Erlangga, dkk (2015) konsentrasi glukosa yang dihasilkan menurun dari konsentrasi asam sulfat 4% hingga 6% yaitu sebesar 27,90% menjadi 14,90%. Penurunan nilai konsentrasi glukosa ini disebabkan karena konsentrasi asam yang terlalu tinggi akan menyebabkan glukosa yang terbentuk terdegradasi lebih lanjut menjadi senyawa turunan glukosa dan juga terbentuknya produk samping (Erlangga dkk, 2015). Penelitian yang dilakukan Jeong, dkk (2012) juga menghasilkan produk samping berupa asam levulinat dan asam formiat yang terus meningkat seiring meningkatnya konsentrasi asam sulfat. Menurut Xiang, dkk (2004) larutan asam dengan konsentrasi 1-2% (v/v) dan suhu maksimal 100 ^{0}C merupakan kondisi ideal untuk mendegradasi biomassa menjadi monomer glukosa, sedangkan pada konsentrasi asam melebihi 2% (v/v) dan suhu diatas 100 ^{0}C, asam sulfat akan lebih cepat mendegradasi senyawa glukosa yang diawali dengan pembentukan senyawa 5-hidroksimetilfurfural.

B. Konsentrasi Bioetanol yang Dihasilkan

Konsentrasi glukosa tertinggi yang dihasilkan dari proses hidrolisis digunakan sebagai substrat pada proses fermentasi. Proses fermentasi dilakukan selama 3 hari dengan menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 20% dari massa mikroalga dan menghasilkan bioetanol dengan konsentrasi sebesar 0,24875%.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Konsentrasi asam sulfat terbaik untuk menghidrolisis karbohidrat yang terkandung di dalam mikroalga menjadi glukosa adalah konsentrasi asam sulfat 1 % (v/v) dengan konsentrasi glukosa yang dihasilkan sebesar 3,51 mg/ml. Konsentrasi glukosa semakin menurun seiring meningkatnya konsentrasi asam sulfat.
2. Konsentrasi bioetanol yang dihasilkan adalah sebesar 0,24875%.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan agar dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memvariasikan faktor-faktor yang mempengaruhi hidrolisis dan fermentasi seperti suhu, waktu hidrolisis, dan waktu fermentasi.

DAFTAR PUSTAKA

Erlangga, A.Y. C, Nugroho. S, Miskah. (2015). Pembuatan Bioetanol dari Mikroalga dengan Variasi Konsentrasi Asam, Waktu Hidrolisis, dan Fermentasi, *Jurnal Teknik Kimia*.

Hambali E, Mudjadlipah S, Tambunan AH, Pattiwiri AW, dan Hendroko R. 2007. Teknologi Bioenergi. Jakarta: Agromedia Pustaka.

Jamilatun, M. (2010). Rekayasa Metabolik Mikroorganisme untuk Tujuan Produksi Bioetanol. *Jurnal EKOSAINS*. 2 (2), 32-41.

Jeong, T.S., Choi, C.H., Lee, J.Y., dan Oh, K.K. (2012). Behaviors of Glucose Decomposition During Acid-Catalyzed Hydrothermal Hydrolysis Of Pretreated *Gelidium Amansii*. *Elsevier Bioresource Technology*, 116, 435–440.

John R.P. G.S, Anisha. K.M, Nampoothiri, A, Pandey. (2011). Micro and Macroalgal Biomass: A Renewable Source for Bioethanol. *Elsevier Bioresource Technology Journal*, 102, 186-193.

Karta, I.W., Puspawati, N.M., dan Ciawi, Y. (2015). Pembuatan Bioetanol dari Alga *Codium Geppiorum* dan Pemanfaatan Batu Kapur Nusa Penida Teraktivasi untuk Meningkatkan Kualitas Bioetanol. *Jurnal Cakra Kimia*, 3 (12), 23-31.

Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral.. (2016). *Statistik minyak bumi*. Jakarta. Direktorat Jenderal Minyak Dan Gas.

Loebis, B dan P.L, Tobing. (1989). Potensi Pemanfaatan Limbah Pabrik Kelapa Sawit. *Buletin Perkebunan BPP Medan*. 19, 49-56.

Miranda, G. 2014. Hidrolisis Mikroalga *Tetraselmis chuii* dengan Variasi Konsnetrasi Asam Sulfat dan Temperatur. Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru.

Mustofa, A. 2009. Studi tentang Aktivitas *Zymomonas mobilis* pada produksi etanol dari buah smeu jambu mete (Anacardium occoidentale) dengan Variasi Sumber Nitrogen. Tesis, Program Pasca Sarjana, Universitas Sebelas Maret.

Sulistyono. (2012). Pemanasan Global (*Global Warming*) dan Hubungannya dengan Penggunaan Bahan Bakar Fosil. *Jurnal Forum Teknologi*. 2 (2), 47-56.

Xiang, Q., Lee, Y., and Torget, R., (2004), Kinetics of Glucose Decomposition During Dilute-AcidHydrolysis of Lignocellulosic Biomass, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, Humana Pers. Inc.,113, pp. 1130-1133.