

Biokonversi Serat Buah Sawit menjadi Bioetanol dengan Variabel Konsentrasi

Saccharomyces cerevisiae

Masroah Tuljannah¹⁾, Adrianto Ahmad²⁾, Sri Rezeki Muria²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia

Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

adri@unri.ac.id

ABSTRACT

Indonesia was the largest producer and exporter of palm oil in the world. As the plantation area expands, the increasing number of palm oil process industries results in large amounts of waste product. The biggest waste was of palm fruit fiber (fiber cake). It was known that 1 ton of fresh fruit bunches (FFB) of palm oil will produced 13% or 130 kg of fiber cake. By look at the potential that can be generated from the fruit fiber of palm oil (fiber cake) coming from the CPO process industry has a value that to use as the main ingredients in the making of alternative bioethanol fuel. The purposes of this study were to synthesize bioethanol from the raw material of palm fruit fibers, to determine the influence of the amount of Saccharomyces cerevisiae weight on bioethanol, and to determine the optimum time of bioethanol production from the raw material of palm fruit fibers by separation hydrolysis and fermentation (SHF) method. The stages of this study were delignification used KOH solution obtained from the extract of Palm Empty Cluster Ash, then the purification process using 3% H₂O₂ solution. Then the hydrolysis process using 2 M H₂SO₄ for 3 hours at 100°C. The last process was fermentation. In the fermentation process, variations of Saccharomyces cerevisiae concentration were 4, 6, 8 and 10 gr/L and fermentation time were 24, 48, 72, 96, and 120 hours. In acid hydrolysis, a maximum sugar concentration of 131 gr/L was produced. The research results show that the best Saccharomyces cerevisiae concentration was 4 gr/L at the best fermentation time of 96 hours with the obtained bioethanol content of 7% or 55.25 g/L.

Keywords: bioethanol, fermentation, hydrolysis, palm fruit fiber, *Saccharomyces cerevisiae*

1. Pendahuluan

Bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara dan gas alam menjadi sumber utama untuk memenuhi permintaan energi dunia. Namun, secara bertahap bahan bakar ini akan habis karena merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Selain itu, masalah lingkungan dan ekologi yang serius terus meningkat karena eksploitasi dan penggunaan bahan bakar fosil tersebut (Kumneadklang dkk., 2015). Sumber energi alternatif sudah waktunya untuk segera dikembangkan di Indonesia. Hal ini sejalan dengan meningkatnya konsumsi bahan bakar konvensional (minyak bumi), dan harganya cenderung mahal karena tidak ada keseimbangan permintaan (*demand*) dan penawaran (*supply*). Terbatasnya sumber energi fosil menyebabkan perlunya

pengembangan energi terbarukan dan konservasi energi. Salah satu sumber energi alternatif tersebut adalah bioetanol (Ni'mah dkk., 2015).

Berdasarkan data BPS (2015) luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia selama enam tahun terakhir cenderung menunjukkan peningkatan, naik sekitar 2,77 sampai dengan 11,33 persen pertahun. Tahun 2014 luas lahan perkebunan kelapa sawit Indonesia yaitu 10,75 juta hektar. Pada tahun 2015 diperkirakan luas areal perkebunan kelapa sawit meningkat sebesar 5,07 persen dari tahun 2014 menjadi 11,30 juta hektar.

Seiring semakin luasnya lahan perkebunan, maka semakin banyaknya industri pengolahan sawit yang mengakibatkan jumlah limbah yang dihasilkan juga besar. Salah satu limbah di

hasilkan adalah limbah serat buah kelapa sawit (*fiber cake*). Diketahui untuk 1 ton tandan buah segar (TBS) kelapa sawit akan mampu menghasilkan limbah serabut (*Fiber*) 13% atau 130 kg (Mandiri, 2012). Dengan melihat potensi limbah yang dapat dihasilkan, serat buah kelapa sawit (*fiber cake*) yang berasal dari industri pengolahan CPO memiliki nilai guna yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan utama pembuatan bioetanol.

Komposisi senyawa lignoselulosa yang ada di dalam serat buah sawit dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Komposisi Kimia Serat Buah Sawit

Parameter	Kadar (%)
Lignin	29,02
Selulosa	27,49
Hemiselulosa	31,13

(Padil dan Aziz, 2009)

Selulosa merupakan komponen terbesar dalam biomassa dan berfungsi sebagai struktur dinding sel tanaman. Struktur kimia selulosa adalah polisakarida linear yang tersusun dari pengulangan unit β -D-glukopironosa, dengan ikatan glioksida atom karbon 1 dan 4 dari dua unit glukosa. Selulosa dapat dikonversi menjadi etanol dengan cara hidrolisis sehingga menghasilkan glukosa dan selanjutnya difermentasi untuk menghasilkan etanol. Reaksi hidrolisis dapat dilakukan secara kimiawi maupun secara enzimatik (Kardono, 2010).

Tujuan dari tahap *pretreatment* adalah untuk menguraikan lignin dan hemiselulosa, mengurangi kristal selulosa, dan meningkatkan porositas material. *Pretreatment* harus memenuhi persyaratan sebagai berikut, yaitu meningkatkan pembentukan gula atau kemampuan untuk selanjutnya membentuk gula dengan hidrolisa enzimatik, mencegah degradasi atau hilangnya karbohidrat, mencegah pembentukan produk samping yang menghambat proses hidrolisis dan fermentasi, dan biaya efektif (Sun dan Cheng, 2002).

Delignifikasi merupakan suatu proses pembebasan lignin dari suatu senyawa

kompleks. Proses ini penting dilakukan sebelum hidrolisis bahan selulotik, sebab lignin dapat menghambat penetrasi asam atau enzim sebelum hidrolisis berlangsung. (Gunam dkk., 2011).

Proses *bleaching* digunakan untuk mendegradasi sisa lignin yang masih terdapat dalam *pulp*. Bahan kimia yang biasa digunakan adalah klorin, ozon, klorin dioksida, asam perasetat, dan hidrogen peroksida (Harpendi, 2013).

Hidrolisis adalah proses perubahan atau pemecahan molekul selulosa, hemiselulosa ataupun karbohidrat menjadi gula sederhana (glukosa). Menurut Kardono (2010), bioetanol dapat diproduksi secara fermentasi dari bahan baku yang mengandung selulosa yang terlebih dahulu mengalami proses hidrolisis dan dilanjutkan dengan proses fermentasi. Dalam memproduksi bioetanol, proses fermentasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

a. Mikroorganisme

Mikroorganisme mampu menguraikan karbohidrat dan glukosa menjadi alkohol (Indriyati, 2018). Mikroorganisme yang digunakan dalam fermentasi bioetanol ini adalah *Saccharomyces cerevisiae*. *Saccharomyces cerevisiae* dapat tumbuh optimum pada suhu 27°C, dan pada pH 4,5-5 (Mahreni dan Suhenry, 2011).

b. Konsentrasi *S. cerevisiae*

Secara umum, proses pembuatan bioetanol diperlukan konsentrasi *S. cerevisiae*. Konsentrasi *S. cerevisiae* mulai dari 1% (b/v). (Setiawati dkk., 2013).

c. Media yang digunakan

Media yang digunakan dalam proses fermentasi harus steril dan mengandung nutrisi seperti unsur C (faktor karbohidrat), unsur N dan P (terdapat dalam pupuk) serta mineral-mineral dan vitamin lainnya. Nutrisi digunakan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhannya (Restuti, 2014).

d. pH

Kondisi pH optimum untuk pertumbuhan mikroorganisme tergantung pada mikroorganisme yang dipilih. Bakteri umumnya tumbuh pada rentang pH 4 hingga 8. *S. cerevisiae* tumbuh pada

rentang pH 3 hingga 8 dan jamur (fungi) tumbuh pada rentang pH 3 hingga 7 dan sel-sel eukariot mampu tumbuh pada rentang pH 6,5 hingga 7,5 (Ahmad, 2009).

e. Suhu

Pertumbuhan mikroorganisme yang maksimum berdasarkan suhu proses fermentasi. Suhu optimum bagi pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* adalah berkisar antara 25-35° C.

f. Pengadukan

Pengadukan adalah perlakuan dengan gerakan terinduksi terhadap suatu bahan di dalam bejana.

Secara umum sintesis bioetanol yang berasal dari biomassa terdiri dari dua tahap utama, yaitu hidrolisis dan fermentasi. Pada metode terdahulu proses hidrolisis dan fermentasi dilakukan secara terpisah atau *Separated Hydrolysis and Fermentation* (SHF) dan yang terbaru adalah proses *Simultaneous Saccharification and Fermentation* (SSF). Keuntungan dari SHF adalah hidrolisis oleh enzim selulase dan fermentasi oleh mikroorganisme dapat dilakukan pada masing-masing kondisi optimum (Tahezadeh dan Karimi, 2007). Namun, bioetanol dan CO yang terbentuk dapat menghambat proses fermentasi/*end-product inhibition* (Samsuri dkk., 2007).

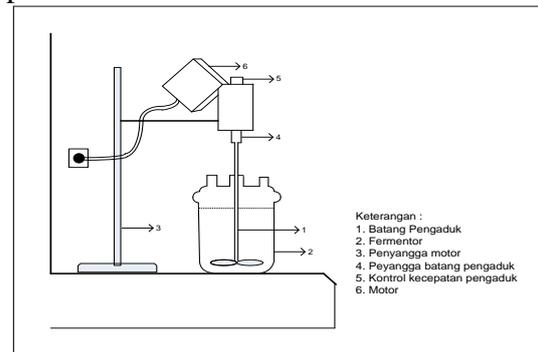
Penelitian ini ditujukan untuk mengembangkan bioetanol dengan bahan baku dari limbah industri *crude palm oil* (CPO) yaitu dari serat buah sawit sebagai sumber energi alternatif untuk menghasilkan bioetanol dengan menggunakan metode *Separated Hydrolysis and Fermentation* (SHF).

2. Metode Penelitian

2.1 Alat yang Digunakan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah bioreaktor, *autoclave*, *shaker*, labu didih leher tiga, *water bath*, *rotary evaporator*, oven, mantel pemanas, erlenmeyer, gelas ukur, kondensor, cawan penguap, tabung reaksi, termometer, pH meter, neraca analitik, kapas, ayakan 40 mesh dan 80 mesh, serta *vortex mixer*, spektrofotometer UV-Vis, alkoholmeter,

dan *gas chromatography* (GC). Rangkaian alat untuk proses fermentasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Alat Fermentasi

2.2 Bahan yang Digunakan

Bahan baku utama yang digunakan pada penelitian ini adalah serat buah sawit. Bahan lainnya yang digunakan adalah abu tandan kosong sawit (TKS), H₂O₂, H₂SO₄, NaOH, *Saccharomyces cerevisiae*, KH₂PO₄, MgSO₄.7H₂O, dan (NH₄)₂SO₄.

2.3 Variabel Penelitian

Variabel tetap pada penelitian ini antara lain ialah volume fermentasi : 2 liter, waktu inokulasi: 24 jam (Amalia, 2014), Suhu fermentasi: suhu ruang, pH fermentasi 4,5 (Jeckson, 2014). Variabel berubah pada penelitian ini adalah konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae* yaitu 4, 6, 8, dan 10 gr/L, dan waktu fermentasi yaitu 24, 48, 72, 96, dan 120 jam.

2.4 Rancangan Percobaan

Pelaksanaan pembuatan bioetanol dari serat buah sawit dengan metode *separate hydrolysis and fermentation* (SHF) dilakukan dengan dua tinjauan variabel yaitu konsentrasi berat *Saccharomyces cerevisiae* dan waktu fermentasi.

2.5 Prosedur Penelitian

2.5.1 Pengolahan Serat Buah Sawit

Bahan baku pada penelitian ini yaitu serat buah sawit yang berasal dari Pabrik CPO Sei Galuh, Kampar, Riau. Serat buah sawit yang akan digunakan dicuci dengan air bersih. Bahan kemudian dijemur dan dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C sampai berat serat konstan (Firmanto, 2014). Kemudian serat tersebut di blender untuk memperkecil ukuran serat menjadi sebesar 40 mesh (Saragih, 2013).

2.5.2 Penyiapan Larutan Pemasak

Pembuatan larutan pemasak menggunakan ekstrak abu TKS (tandan kosong sawit) dengan cara pencampuran antara akuades dengan abu TKS. Tahapan awal abu TKS disaring menggunakan saringan berukuran 40 mesh. kemudian ditambahkan akuades dengan perbandingan massa abu dan akuades 1:4. larutan tersebut diaduk selama 15 menit, setelah itu didiamkan selama 48 jam. Filtrat abu TKS dipisahkan dari padatan. Filtrat tersebut digunakan sebagai larutan pemasak (Saragih, 2013).

2.5.3 Delignifikasi Serat Buah Sawit

Delignifikasi bertujuan untuk mengurangi kadar lignin yang ada dalam serat sawit. Delignifikasi dilakukan dengan menggunakan larutan pemasak dengan temperatur pada suhu 100°C, nisbah bahan baku terhadap larutan 1:10, dengan waktu selama 1 jam. Setelah waktu operasi selesai, filtratnya dibuang dan residu dicuci dengan akuades hangat (suhu 60°C) dan diperas. Serabut di bilas dengan menggunakan hangat sampai air cucian tidak berwarna cokelat pekat. Kemudian serat sawit di keringkan dan simpan untuk digunakan pada proses selanjutnya (Harpendi, 2013).

2.5.4 Proses Bleaching Serat Buah Sawit

Proses *bleaching* menggunakan larutan H₂O₂ 3% dengan perbandingan serat buah sawit dan H₂O₂ adalah 1:5. Serat dipanaskan dengan temperatur 90°C selama 60 menit pH larutan 9 (Harpendi, 2013). Kemudian sampel didinginkan, disaring dan dicuci sampai pH netral dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 105°C (Irfanto, 2011).

2.5.5 Hidrolisis Serat Buah Sawit

Serat dari proses *bleaching* dikecilkan ukurannya menjadi 80 mesh dan selanjutnya dihidrolisis oleh H₂SO₄ 2 M dengan perbandingan padatan dan asam 1:20 pada suhu 100°C selama 3 jam (Kardono, 2010). Hasil hidrolisis di saring, dan di ambil filtratnya, sedangkan residunya di buang. Larutan glukosa selanjutnya dinetralkan dengan NaOH 50% hingga pH 4,5 (Ni'mah, 2015).

2.5.6 Pembuatan Inokulum

Tahap inokulasi bertujuan untuk memperpendek fase lag yaitu dengan cara mengadaptasikan sel kedalam inokulum. Pembuatan inokulum dilakukan dalam Erlenmeyer dengan cara *Saccharomyces cerevisiae* diinokulasi kedalam medium stater sebanyak 10% dari volume fermentasi, kemudian ditambahkan nutrisi 0,02 gr KH₂PO₄, 0,02 gr MgSO₄.7H₂O dan 0,02 gr (NH₄)₂SO₄. Sebelum di inokulasi, medium disterilisasi kedalam *autoclave* dengan temperatur 121°C selama 15 menit (Firmanto, 2014). Setelah temperatur medium inokulum mencapai temperatur ruang, *S. cerevisiae* dimasukkan dengan variasi 4 gr/L, 6 gr/L, 8 gr/L dan 10 gr/L, lalu diinokulasikan selama 24 jam dan diaduk dengan kecepatan 200 rpm (Amalia, 2014).

2.5.7 Fermentasi

Cairan hasil proses hidrolisis dimasukkan kedalam unit fermentor. Substrat untuk fermentasi sebanyak 2 liter. Kemudian ditambahkan nutrisi (0,18 gram KH₂PO₄, 0,18 gram MgSO₄.7H₂O dan 0,18 gram (NH₄)₂SO₄) kedalam fermentor. setelah itu medium fermentasi yang terdapat didalam fermentor ditutup dengan kapas dan kain kasa, lalu disterilisasi ke dalam *autoclave* pada temperatur 121°C selama 15 menit. Medium di fermentasikan dengan kecepatan pengadukan diatur 200 rpm. Kemudian dilakukan pengambilan sampel sebanyak 150 ml pada waktu fermentasi 24, 48, 72, 96, dan 120 jam. Kemudian sampel dipanaskan di *waterbath* (Firmanto, 2014).

2.5.8 Pemisahan

Hasil fermentasi yang didapat kemudian diambil 120 ml yang akan dipisahkan bioetanol dengan pengotor menggunakan *rotary vacuum evaporator*. Untuk pengukuran kadar bioetanol, campuran bioetanol yang berada di dalam substrat hasil fermentasi dipisahkan dari mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae*, nutrisi dan larutan gula sisa, dengan cara menguapkan campuran bioetanol dan air pada suhu 80-85 °C dengan menggunakan *rotary evaporator*, kemudian kadar

bioetanol diukur dengan menggunakan alkoholmeter (Akbar, 2015).

2.5.9 Analisa Hasil

Pada penelitian ini parameter yang di analisa yaitu konsentrasi bioetanol dan konsentrasi gula substrat. Konsentrasi gula substrat berupa kadar gula awal dan kadar gula akhir dianalisa dengan metode antron. kemudian bioetanol yang terdapat di dalam campuran bioetanol dan air, diukur dengan menggunakan alkoholmeter dan analisa GC (*Gas Chromatography*).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hidrolisis Serat Buah Sawit

Hidrolisis adalah proses dekomposisi kimia dengan menggunakan pelarut berair untuk memecahkan ikatan kimia dari substansinya (Arianie dan Idiawati, 2011). Konsentrasi larutan glukosa awal pada hasil hidrolisis serat buah sawit dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Konsentrasi Larutan Gula Awal Hasil Hidrolisis Asam

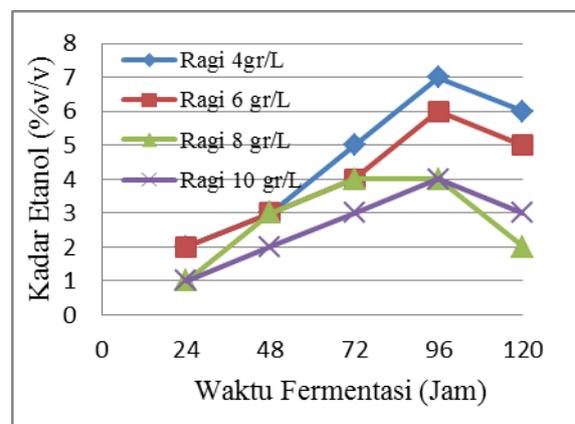
Perlakuan	Konsentrasi Glukosa (gr/L)
Perlakuan 1	129,62
Perlakuan 2	132,72
Perlakuan 3	130,66
Perlakuan 4	131,00

Dari Tabel 2 di atas menunjukkan konsentrasi larutan gula yang diperoleh dari proses hidrolisis serat buah sawit yang akan digunakan sebagai medium fermentasi. Hasil konsentrasi gula yang didapatkan beragam dikarenakan pada proses awal *pre treatment* tidak dilakukan perhitungan selulosa murni yang diperoleh, dan pengecilan serat sawit dengan ukuran 80 mesh tidak seragam, dimana semakin kecil ukuran serat maka semakin cepat bahan yang terhidrolisis menjadi glukosa. Komponen lain seperti hemiselulosa dan lignin yang masih terdapat pada fraksi selulosa juga ikut terhidrolisis membentuk gula-gula non pereduksi. Menurut Subekti (2006), asam bersifat tidak spesifik dan memotong secara acak ikatan glikosidik sehingga menghasilkan gula yang tidak seragam (disakarida dan monosakarida).

Selulosa akan menghasilkan glukosa sedangkan hemiselulosa akan menghasilkan xilosa, manosa, galaktosa dan glukosa.

3.2 Pengaruh Konsentrasi *S. cerevisiae* terhadap Bioetanol yang Dihasilkan

Bioetanol merupakan produk akhir yang ingin diperoleh pada penelitian ini. Bioetanol diperoleh dari proses metabolisme mikroba, bioetanol merupakan produk metabolit primer. Fermentasi yang menghasilkan bioetanol terjadi dalam kondisi anaerob. Hubungan antara konsentrasi *S. cerevisiae* terhadap kadar bioetanol yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Hubungan konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae* terhadap bioetanol yang dihasilkan

Berdasarkan Gambar 2 di atas didapatkan hasil bioetanol yang maksimal pada penambahan *S. cerevisiae* sebanyak 4 gr/L pada waktu 96 jam yakni sebesar 7% v/v. Pada penggunaan *S. cerevisiae* 6 gr/L, 8gr/L, dan 10 gr/L persentase hasil yang diperoleh semakin menurun. Hal ini disebabkan banyaknya jumlah *S. cerevisiae* yang ditambahkan dalam substrat yang tetap menyebabkan terjadi persaingan hidup yang ketat sehingga metabolisme glukosa menjadi bioetanol kurang optimal, pada kondisi tersebut terjadi kanibalisme sehingga jumlah sel yang hidup semakin sedikit dan aktivitas *S. cerevisiae* untuk mengkonversi glukosa menjadi bioetanol semakin berkurang (Mukti dan Aryani, 2016). Selain itu, hal ini dikarenakan jumlah nutrisi yang tersedia tidak sebanding

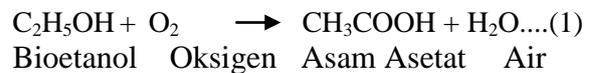
dengan jumlah *S. cerevisiae* yang lebih banyak, sehingga *S. cerevisiae* kekurangan makanan yang mengakibatkan kinerja *S. cerevisiae* menurun dan mengakibatkan rendemen bioetanol yang dihasilkan juga akan menurun (Nasrun dan Mahfuddhah, 2015).

3.3 Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Konsentrasi Bioetanol

Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan hubungan antara waktu fermentasi terhadap konsentrasi bioetanol yang diperoleh pada masing – masing variasi konsentrasi *S. cerevisiae*. Pada waktu fermentasi 24 jam sampai 96 jam terjadi peningkatan kadar bioetanol. Konsentrasi bioetanol tertinggi yaitu 7% (v/v) pada waktu fermentasi 96 jam dengan konsentrasi *S. cerevisiae* 4 gr/L. Pada konsentrasi *S. cerevisiae* 6 gr/L, 8 gr/L dan 10 gr/L konsentrasi bioetanol yang di peroleh pada waktu fermentasi 96 jam berturut-turut yaitu 6% (v/v), 4% (v/v), dan 4% (v/v).

Waktu fermentasi optimum untuk setiap variasi konsentasi *S. cerevisiae* yaitu pada jam ke-96. Hal ini menjelaskan bahwa *S. cerevisiae* berada pada fase stasioner yaitu fase dimana pertumbuhan mikroorganismen mencapai keadaan yang maksimum dan mikroba yang aktif dan mati relatif seimbang karena sumber makanan dan nutrisi relatif sedikit (Siburian, 2015). Aktifitas mikroorganismen menurun setelah jam ke-96 pada konsentarsi *S. cerevisiae* 4 gr/L, 6 gr/L, 8 gr/L, dan 10 gr/L menunjukkan bahwa *S. cerevisiae* mengalami fase kematian. Semakin lama waktu fermentasi, konsentrasi bioetanol yang dihasilkan juga semakin meningkat. Akan tetapi, setelah kondisi optimum tercapai, konsentrasi bioetanol yang diperoleh cenderung menurun, karena nutrisi yang ada sebagai makanan mikroba juga semakin menurun (Kunaepah, 2008). Selain itu konsentrasi bioetanol yang menurun dipengaruhi oleh konsentrasi glukosa yang semakin berkurang, sehingga *S. cerevisiae* kehabisan nutrisi untuk bertahan hidup dan mengalami fase kematian. Selanjutnya bioetanol yang

dihasilkan terkonversi menjadi asam – asam organik lainnya akibat terjadi reaksi oksidasi bioetanol (Purwoko, 2007). Hal tersebut ditunjukkan oleh reaksi di bawah ini:



3.4 Hasil Pengukuran Bioetanol dengan Menggunakan Analisa GC (*Gas Chromatography*)

Pada penelitian ini, diperoleh kadar bioetanol tertinggi yaitu 7% pada konsentrasi *S. cerevisiae* 4 gr/L yaitu 7% (v/v) yang sebelumnya telah di ukur menggunakan alkoholmeter. Selanjutnya sampel yang kadar bioetanol tertinggi tersebut di analisa menggunakan gas kromatografi di lab. Penelitian dan Pengujian Terpadu UGM, Yogyakarta. Hasil analisa bioetanol menggunakan analisa GC dapat di lihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil Analisa Kadar Bioetanol dengan Analisa GC

No.	Sampel (Jam)	Hasil Bioetanol (%)
1.	24	0,64
2.	48	1,22
3.	72	1,76
4.	96	2,38

Tabel 3 di atas menunjukkan hasil analisa GC untuk mengetahui kadar bioetanol yang lebih akurat. Dari hasil uji GC dapat dikatakan bahwa kadar bioetanol yang dihasilkan kecil di dibandingkan pada pengujian menggunakan alkoholmeter. Hal ini di sebabkan oksidasi bioetanol menjadi asetaldehid dan selanjutnya dioksidasi menjadi asam asetat. Kondisi ini akan mengakibatkan media fermentasi semakin asam (terjadi perubahan pH) sehingga membuat kadar bioetanol menjadi kecil. Selain itu, hal yang dapat menyebabkan kecilnya kadar bioetanol yang didapat adalah karena sifat bioetanol sendiri yang mudah menguap hal ini dapat terjadi ketika pada saat pengemasan sampel dan pengiriman sampel (Ni'mah dkk., 2015).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan :

1. Glukosa yang dihasilkan pada proses hidrolisis menggunakan larutan H₂SO₄ 2 M yaitu sebanyak ± 131 gr/L.
2. Konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae* terbaik yaitu 4 gr/L dengan kadar bioetanol tertinggi yaitu sebesar 7 % v/v.
3. Pada konsentrasi *S. cerevisiae* 4, 6, 8, dan 10 gr/L menghasilkan kadar bioetanol terbaik pada waktu optimum 96 jam.

4.2 Saran

Saran pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk menghasilkan serat yang lebih halus dan lebih seragam, perlu alat penghancur serat sehingga hasil *pretreatment* dan hidrolisis lebih optimal.
2. Pada penelitian selanjutnya, sebaiknya menggunakan konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae* yang lebih rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A. 2009. Teknologi Fermentasi. *Diktat*. Fakultas Teknik. Universitas Riau.
- Akbar, M. A. 2015. Pengaruh Kecepatan Pengadukan pada Pembuatan Bioetanol dari Pelepah Sawit Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Skripsi*. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Amalia, Y. 2014. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Padat Sagu Menggunakan Enzim Selulase dan *Saccharomyces cerevisiae* dengan Proses *Simultaneous Sacharification and Fermentation* (SSF) dengan Variasi Konsentrasi Substrat dan Volume Inokulum. *Skripsi*. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Arianie, L., dan N. Idiawati. 2011. Penentuan Lignin dan Kadar Glukosa dalam Hidrolisis Organosolv dan Hidrolisis Asam. *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 2 (5), 140-150.
- BPS. 2015. *Statistik Kelapa Sawit Indonesia*. Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Firmanto. 2014. Pengaruh waktu inokulasi inokulum dalam pembuatan bioetanol dari limbah serabut buah sawit. *Skripsi*. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Fitriani, S. Bahri, dan Naurhaeni. 2013. Produksi Bioetanol Tongkol Jagung (*Zae mays*) dari Hasil Proses Delignifikasi. *Jurnal of natural science*, 2 (3), 66-74.
- Gunam, I. W., W. R. Aryanta, dan I. B. Darma. 2011. Produksi selulase kasar dari kapang *Trichoderma viride* dengan perlakuan konsentrasi substrat ampas tebu dan lama fermentasi. *Jurnal Biologi*, 2 (15), 29-33.
- Harpendi, R. 2013. Proses Pemurnian Selulosa Pelepah Sawit sebagai Bahan Baku Nitrolesulosa dengan Variasi pH dan Konsentrasi H₂O₂. *Skripsi*. Universitas Riau.
- Honsono, N. 2012. Analisis *Lifecycle* Bioetanol Berbasis Singkong dan Tandan Kosong Kelapa Sawit di Indonesia. *Skripsi*. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- Indriyati, R. 2018. Pengaruh Perbedaan Konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae* terhadap Kadar Etanol pada Bioetanol dari Kulit Nanas Madu (*Ananas comosus L. Merr*). *Skripsi*. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
- Irfanto, H. 2012. Proses Bleaching Pelepah Sawit Hasil Hidrolisis sebagai Bahan Baku Nitroselulosa dengan Variasi Suhu dan Waktu Reaksi. *Skripsi*. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Jeckson, E. 2014. Pengaruh Laju Pengadukan dalam Pembuatan Bioetanol dari Limbah Serabut Buah Sawit Menggunakan *Saccharomyces*

- cerevisiae*. *Skripsi*. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Kardono, B. 2010. Teknologi Pembuatan Bioetanol Berbasis Lignoselulosa Tumbuhan Tropis untuk Produksi Biogasoline. *Laporan Akhir Program Intensif Peneliti dan Rekayasa LIPI Tahun 2010*.
- Kumneadklang, S., S. Larpkiattaworn, C. Niyasom, dan S. O-Thong. Bioethanol Production from Oil Palm Frond by Simultaneous Saccharification and Fermentation. 2015. *Energy Procedia*, 9 (7), 784 – 790.
- Kunaepah, U. 2008. Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Glukosa terhadap Aktivitas Antibakteri, Polifenol Total dan Mutu Kimia Kefir Susu Kacang Merah. *Disertasi*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Mahreni dan S. Suhenry. 2011. Kinetika pertumbuhan sel *Saccharomyces cerevisiae* dalam media tepung kulit pisang. *Prosiding Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*. Yogyakarta.
- Mandiri. 2012. *Manual Pelatihan Teknologi Energi Terbarukan*. Jakarta.
- Mukti, L. N., dan W. Aryani. 2016. Pengaruh Waktu Fermentasi dan Jumlah Ragi terhadap Persentase Hasil dalam Pembuatan Bioetanol dari Buah Talok (*Kersen*) menggunakan Ragi Tape dan Ragi Roti (*Saccharomyces cerevisiae*). Institut Sains dan Teknologi AKPRIND Yogyakarta. Yogyakarta.
- Nasrun, J., dan Mahfuddhah. 2015. Pengaruh Jumlah Ragi dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol yang Dihasilkan dari Fermentasi Kulit Pepaya. *Jurnal Teknologi Kimia*, 2 (4), 1-10.
- Ni'mah, L., A. Ardianto, dan M. Zainuddin. 2015. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Serat Kelapa Sawit melalui Proses Pretreatment, Hidrolisis asam dan Fermentasi menggunakan Ragi Tape. *Info Teknik*, 2 (16), 227-242.
- Padil, dan Y. Aziz. 2009. Produksi Nitroselulosa sebagai Bahan Baku Propelan yang Berbasis Limbah Padat Sawit. *Laporan Penelitian Hibah Penelitian Stranas Batch II*. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Purwoko, T. 2007. *Fisiologi Mikroba*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Restuti, T. Y. 2014. Pengaruh konsentrasi H_2SO_4 , lama waktu hidrolisis dan fermentasi terhadap kadar bioetanol yang dihasilkan rumput laut *Eucheuma cottonii*. *Skripsi*. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
- Samsuri, M., M. Gozan, R. Mardias, M. Baiquni, H. Hermansyah, A. Wijanarko, B. Prasetya, dan N. Nasikin. 2007. Pemanfaatan Selulosa Bagas untuk Produksi Etanol melalui Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak dengan Enzim Xylanase. *Jurnal Makara Teknologi*, 1 (11), 17-24.
- Saragih, E. 2013. Pembuatan nitroselulosa dari selulosa hasil pemurnian pelepah sawit dengan hidrogen peroksida (H_2O_2) sebagai bahan baku propelan. *Skripsi*. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Setiawati, D. Restu, A. Sinaga, dan Tri, K. D. 2013. Proses Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kapok. *Jurnal Teknik Kimia*, 1 (19), 9-15.
- Siburian, R. 2015. Pengaruh Waktu Inokulasi Inokulum Dalam Pembuatan Bioetanol Dari Pelepah Sawit Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. *Skripsi*. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Subekti, H. 2006. Produksi Bioetanol dari Hidrolisat Fraksi Selulosa Tongkol Jagung oleh *Saccharomyces cerevisiae*. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sun, Y., dan J. Cheng. 2002. Hydrolysis Of Lignocellulosic Materials For Ethanol Production: A Review. *BioResource Technology Journal*, 1 (83), 1-11.

Taherzadeh, M. J., dan K. Karimi. 2007.
Process for ethanol from
lignocellulosic materials 1: Acid-
based hydrolysis processes.
BioResources, 2 (4), 707-738.