

Pengaruh Waktu Inokulasi Inokulum dalam Pembuatan Bioetanol Dari Pelepah Sawit Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*

Roy Ronald Siburian¹⁾, 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

adriantounri@gmail.com

ABSTRACT

*Palm frond is one of the solid waste generated by the activities of oil palm plantations. Indonesia is one of the countries which has the wide land areas in the world. Palm frond is lignocellulosic compound that consist of lignin, cellulose, and hemicellulose. Therefore, palm fronds can be used as raw material to produce bioethanol, production of bioethanol from palm fronds can be done through the fermentation process. The microorganisms that used in this research was *Saccharomyces cerevisiae*. The purpose of this research was to determine the effect of inoculation time of *Saccharomyces cerevisiae* on fermentation process to produce bioethanol from palm fronds. Stages of the process that done in this research include delignification, purification powder palm frond, hydrolysis and fermentation. In the fermentation process, the inoculation inoculum's time varied for 12 hours, 24 hours, 36 hours and 48 hours. On acid hydrolysis, the result of sugar concentration maximum was 54.889 g/L. The optimum time of inoculum inoculation in this research was 24 hours and the optimum bioethanol gained from fermentation proces was 3% (v/v) for 3 days.*

Keywords : bioethanol, fermentation, hydrolysis, inoculum, palm frond, *Saccharomyces cerevisiae*

I. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki perkebunan sawit yang luas dan sebagai negara penghasil sawit terbesar di dunia, sehingga komoditas sawit bisa menjadi komoditas utama di Indonesia dimasa mendatang. Namun seiring meningkatnya komoditas sawit di Indonesia maka tidak sedikit limbah padat yang dihasilkan dari pengelolaan sawit baik dari proses industri maupun aktivitas perkebunan sawit. Salah satu limbah padat yang dihasilkan dari aktivitas perkebunan sawit adalah pelepah sawit. Pelepah sawit merupakan limbah yang berasal dari perkebunan sawit sebagai hasil panen tandan buah segar (TBS) yang masih belum dimanfaatkan secara optimal [Zulfansyah, dkk., 2010].

Dalam satu pohon sawit dapat menghasilkan 22 pelepah dan satu hektar akan dihasilkan sekitar 6,3 ton pelepah setiap tahunnya [Saragih, 2013]. Pelepah

sawit berpotensi untuk dapat dikonversi menjadi bioetanol karena pelepah sawit memiliki kandungan selulosa yang cukup besar. Komposisi senyawa lignoselulosa yang ada di dalam pelepah sawit dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut.

Tabel 1.1 Komposisi Komponen Lignoselulosa Pada Pelepah Sawit

Parameter	Kadar (%)
Lignin	19,87
Selulosa	34,89
Hemiselulosa	27,14
Air	8,89
Zat Ekstraktif	9,21

Sumber : Saragih [2013]

Selulosa adalah komponen kimia organik yang memiliki rumus molekul $(C_6H_{10}O_5)_n$ yang merupakan polisakarida yang tersusun atas beta-glukosa. Selulosa merupakan polisakarida yang dapat dikonversi menjadi bioetanol, sehingga

selulosa berpotensi sebagai bahan baku pembuatan bioetanol [Kardono, 2010].

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. Menurut Retno dkk. [2011] dan Jumari dkk. [2009], faktor-faktor yang mempengaruhi proses fermentasi ialah :

a. Media

Bahan yang mengandung glukosa atau pati dapat digunakan sebagai substrat atau sebagai sumber energi mikroorganisme dalam proses fermentasi bioetanol.

b. Suhu

Tiap-tiap mikroorganisme memiliki suhu pertumbuhan yang optimum. Suhu optimum bagi pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* adalah berkisar antara 25-35° C. Suhu yang optimum akan mempengaruhi kinerja mikroorganisme dalam menghasilkan bioetanol.

c. Nutrisi

Mikroorganisme juga memerlukan sumber nutrisi yang berfungsi dalam proses pertumbuhan dan metabolisme. Nutrisi tersebut berupa karbon, nitrogen, mineral dan vitamin. Karbon dapat berasal dari substrat yang mengandung glukosa, vitamin dapat berasal dari sumber karbon dan nitogen. Beberapa mineral yang diperlukan adalah fosfat, kalium, sulfur, dan sejumlah kecil senyawa sulfur dan tembaga.

d. pH

pH substrat atau medium fermentasi dapat mempengaruhi kehidupan *Saccharomyces cerevisiae* serta mempengaruhi pembentukan produk yang akan dihasilkan. Pertumbuhan yang baik bagi *Saccharomyces cerevisiae* adalah dengan pH sekitar 4-6.

e. Volume starter

Volume starter berpengaruh terhadap kadar bioetanol yang akan dihasilkan. Volume starter yang terlalu sedikit dapat mengakibatkan produktivitas menurun serta

volume starter yang berlebihan akan mengakibatkan hilangnya kemampuan bakteri untuk hidup sehingga tingkat kematian bakteri sangat tinggi. Volume starter berhubungan dengan jumlah sel mikroorganisme, dan jumlah sel mikroorganisme juga dipengaruhi oleh waktu. Karena waktu berhubungan dengan laju perbanyakan mikroorganisme.

f. Konsentrasi gula

Konsentrasi gula akan berpengaruh terhadap aktifitas *Saccharomyces cerevisiae*. Konsentrasi gula yang sesuai bagi pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* adalah berkisar 10-18%. Konsentrasi gula yang terlalu tinggi akan menghambat aktifitas mikroorganisme sedangkan konsentrasi yang rendah akan menyebabkan proses fermentasi menjadi tidak optimal.

Berdasarkan hal di atas, volume starter akan mempengaruhi proses fermentasi. Volume starter berhubungan dengan jumlah inokulum. Wignyanto, dkk. [2001] mengatakan salah satu faktor yang menentukan keberhasilan proses fermentasi adalah jumlah inokulum. Jumlah inokulum yang optimum akan menentukan jumlah bioetanol yang akan diperoleh. Inokulum juga bergantung pada waktu inokulasi inokulum, dengan waktu inokulasi yang optimum, maka akan menghasilkan bioetanol yang tinggi.

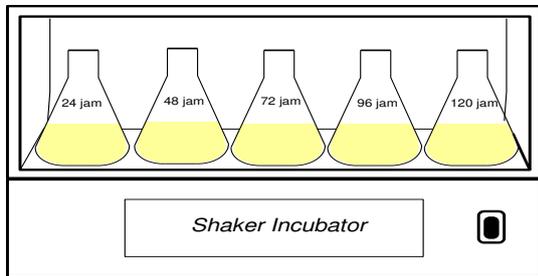
Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah membuktikan pengaruh waktu inokulasi *Saccharomyces cerevisiae* pada proses fermentasi untuk menghasilkan bioetanol dari pelepah sawit dan membuktikan pengaruh waktu inokulasi *Saccharomyces cerevisiae* terhadap laju konsumsi gula pada substrat fermentasi.

II. Metode Penelitian

2.1 Alat yang Digunakan

Alat - alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bioreaktor (erlenmeyer 250 ml), *autoclave*, *shaker incubator*, spektrofotometer, labu didih leher 3, *vortex*

mixer, water bath, rotary evaporator, oven, mantel pemanas, kondensor, tabung reaksi, alkoholmeter, termometer, pH meter. Rangkaian alat untuk proses fermentasi dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Rangkaian Alat Fermentasi

2.2 Bahan yang Digunakan

Bahan baku utama yang digunakan pada penelitian ini adalah pelepah sawit. Bahan lainnya yang digunakan adalah abu tandan kosong sawit (TKS), H_2O_2 , H_2SO_4 , NaOH, *yeast (Saccharomyces cerevisiae)*, KH_2PO_4 , $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $(NH_4)_2SO_4$.

2.3 Variabel Penelitian

Variabel tetap pada penelitian ini antara lain ialah volume fermentasi : 150 ml, konsentrasi Inokulum : 10% dari Volume Fermentasi [Amalia, 2014], Kecepatan pengadukan fermentasi : 100 rpm [Samsuri, dkk., 2007], pH fermentasi 4,5 [Fitriani, 2013]. Variabel berubah pada penelitian ini adalah waktu inokulasi inokulum yang akan digunakan sebagai inokulum dalam proses fermentasi yaitu 12 jam, 24 jam, 36 jam dan 48 jam.

2.4 Rancangan Percobaan

Secara garis besar tahapan penelitian ini terdiri atas dua tahap. Tahap pertama ialah menghidrolisis selulosa yang ada dalam pelepah sawit menjadi larutan gula menggunakan senyawa kimia (H_2SO_4 1%), kemudian dilanjutkan ketahap kedua, yaitu mengubah larutan gula menjadi bioetanol dengan cara fermentasi menggunakan *yeast Saccharomyces cerevisiae*.

2.5 Prosedur Penelitian

2.5.1 Penyiapan Larutan Pemasak

Larutan pemasak yang digunakan adalah pencampuran antara akuades dengan abu TKS. Abu TKS didapat dari hasil pembakaran TKS dalam *incinerator* pada pabrik CPO Sei Galuh, Riau. Sebelum digunakan, abu TKS disaring terlebih dahulu menggunakan saringan berukuran 40 mesh. Abu yang telah disaring kemudian ditambahkan air dengan perbandingan massa abu dan air 1:4. Larutan tersebut selanjutnya diaduk selama 15 menit setelah itu didiamkan selama 48 jam. Filtrat abu TKS dipisahkan dari padatan. Filtrat tersebut digunakan sebagai larutan pemasak [Saragih, 2013].

2.5.2 Delignifikasi Pelepah Sawit

Delignifikasi terdiri dari dua tahap, yaitu prehidrolisa dan *cooking*. Prehidrolisa bertujuan untuk mempercepat penghilangan pentosan (hemiselulosa) dalam bahan baku pada waktu pemasakan. Prehidrolisa dilakukan menggunakan larutan ekstrak abu TKS. Temperatur pada saat prehidrolisa adalah $100^\circ C$, nisbah bahan baku terhadap larutan 1:10, dengan waktu prehidrolisa selama 1 jam. Setelah prehidrolisa selesai filtratnya dibuang dan residu dicuci dengan air panas dan diperas, kemudian pelepah tersebut dimasak kembali (proses *cooking*) [Saragih, 2013]. Proses *cooking* bertujuan untuk menghilangkan komponen lignin yang terdapat dalam pelepah sawit. *Cooking* dilakukan dengan larutan ekstrak abu TKS. Kondisi operasi *cooking* adalah temperatur $100^\circ C$, waktu pemasakan 30 menit, dan nisbah padatan-larutan 1:5. Pelepah hasil pemasakan disaring dan dicuci dengan air panas ($80^\circ C$) untuk menghilangkan lindi hitam [Saragih, 2013].

2.5.3 Proses Pemurnian Serbuk Pelepah Sawit

Serbuk pelepah yang telah selesai didelignifikasi kemudian dimurnikan menggunakan larutan H_2O_2 3% dengan perbandingan serbuk pelepah dan H_2O_2

adalah 1:10. Selanjutnya serbuk pelepah dipanaskan dengan temperatur 90°C selama 60 menit. Setelah proses pemurnian serbuk pelepah, sampel didinginkan, disaring dan dicuci sampai pH netral dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 105°C [Saragih, 2013].

2.5.4 Hidrolisis Serbuk Pelepah Sawit

Serbuk pelepah yang akan dihidrolisis, terlebih dahulu diperkecil ukurannya menjadi 40 mesh. Setelah ukurannya diperkecil, serbuk pelepah dihidrolisis menggunakan larutan asam sulfat dengan konsentrasi 1%. Perbandingan antara serbuk pelepah dengan larutan asam sulfat adalah 1:10. Proses hidrolisis dilakukan pada temperatur 100°C selama 60 menit. Dalam proses hidrolisis, akan diperoleh ampas dan larutan. Yang digunakan pada penelitian ini adalah larutannya. Larutan tersebut adalah larutan yang mengandung gula yang merupakan konversi dari serbuk pelepah. Larutan gula selanjutnya dinetralkan dengan NaOH 50% hingga pH nya berkisar 4,5 [Fitriani, 2013]. Larutan gula tersebut kemudian dianalisa untuk mengetahui berapa kadar gula yang terkandung dalam larutan tersebut, kemudian larutan gula akan difermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*.

2.5.5 Pembuatan Inokulum

Pembuatan inokulum bertujuan untuk memperpendek fase lag yaitu dengan cara mengadaptasikan sel kedalam media fermentasi. *Saccharomyces cerevisiae* dari ragi kemasan diinokulasi kedalam 15 ml medium (larutan gula, 0,1 gr/L KH₂PO₄, 0,1 gr/L MgSO₄.7H₂O dan 0,1 gr/L (NH₄)₂SO₄) dan dimasukkan kedalam erlenmeyer. Medium inokulum disterilisasi kedalam *autoclave* dengan temperatur 121°C selama 15 menit, setelah itu medium inokulasi didinginkan hingga mencapai temperatur ruang. Setelah temperatur medium inokulasi mencapai temperatur ruang, *yeast* dimasukkan sebanyak 8 gr/L, lalu diinokulasikan selama 12 jam [Amalia, 2014]. Setelah proses inokulasi inokulum

selesai, berat kering sel diukur dengan cara penyaringan dengan kertas saring, lalu dikeringkan dengan oven, lalu ditimbang sampai beratnya konstan. Hal yang sama dilakukan untuk waktu inokulasi inokulum 24 jam, 36 jam dan 48 jam.

2.5.6 Fermentasi

Proses fermentasi ini dilakukan dengan cara fermentasi cair. Larutan gula yang diperoleh dari proses hidrolisis difermentasi oleh *Saccharomyces cerevisiae* dengan volume fermentasi yang digunakan adalah sebanyak 150 ml. Medium fermentasi (larutan gula) sebanyak 135 ml dimasukkan kedalam erlenmeyer (fermentor), kemudian ditambahkan nutrisi (1 gr/L KH₂PO₄, 0,05 gr/L MgSO₄.7H₂O dan 2 gr/L (NH₄)₂SO₄) setelah itu medium fermentasi yang terdapat didalam erlenmeyer ditutup dengan kapas dan kain kasa, lalu disterilisasi ke dalam *autoclave* pada temperatur 121°C selama 15 menit. Setelah disterilisasi, medium fermentasi didinginkan hingga mencapai temperatur ruang. Setelah temperatur medium fermentasi mencapai temperatur ruang, inokulum yang telah diinokulasi dimasukkan kedalam medium fermentasi. Medium fermentasi di fermentasikan selama 1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari dan 5 hari. Setelah waktu fermentasi tercapai, medium fermentasi dianalisa kadar gula sisa dan bioetanol yang dihasilkan.

2.5.7 Analisa Hasil

Pada penelitian ini hasil yang akan dianalisa adalah glukosa dan bioetanol dan berat kering sel. Pengukuran berat kering sel dilakukan dengan menggunakan kertas saring, analisa kadar gula sisa dapat dilakukan dengan metode antrone, 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 temperatur 80-85°C dengan menggunakan *rotary evaporator*, kemudian

bioetanol yang terdapat di dalam campuran bioetanol dan air, akan diukur kadarnya dengan menggunakan alkoholmeter.

III. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisa Berat Kering Sel

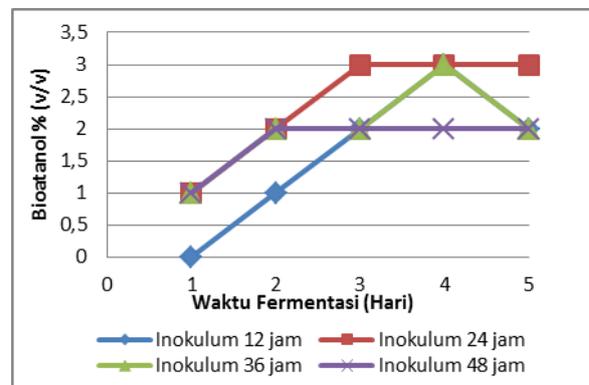
Metoda yang digunakan untuk mengukur konsentrasi sel pada penelitian ini adalah dengan metoda penghitungan berat kering sel selama proses inokulasi. Hasil pengukuran berat kering sel *Saccharomyces cerevisiae* selama proses inokulasi dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Berat Kering Sel *Saccharomyces cerevisiae*

Waktu Inokulasi Inokulum	Berat Kering Sel (g/L)
12 jam	8,80
24 jam	13,05
36 jam	13,30
48 jam	13,40

Berdasarkan hasil pengukuran berat kering sel, dengan bertambahnya waktu inokulasi inokulum maka berat kering sel cenderung meningkat. Pada waktu inokulasi 12 jam, berat kering *Saccharomyces cerevisiae* masih relatif rendah, hal ini dikarenakan, pada tahap awal, sel masih melakukan adaptasi atau penyesuaian diri terhadap medium inokulum dan waktu untuk melakukan pembelahan sel hanya sedikit, sehingga jumlah sel yang dihasilkan masih belum maksimal. Pada waktu 24 jam, berat kering sel yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan waktu inokulasi 12 jam, hal ini dikarenakan *Saccharomyces cerevisiae* memiliki banyak waktu untuk membelah dan memperbanyak sel dibanding dengan waktu inokulasi 12 jam, begitu juga dengan waktu inokulasi 36 jam dan 48 jam, semakin lama waktu inokulasi maka semakin banyak jumlah sel yang dihasilkan yaitu ditunjukkan dengan berat kering sel yang semakin bertambah.

3.2 Pengaruh Waktu Inokulasi Terhadap Kadar Bioetanol

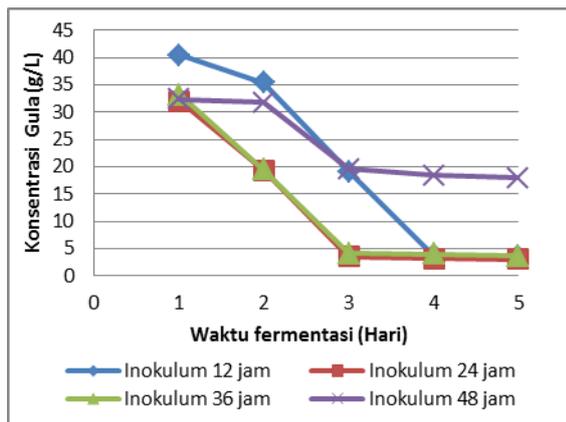


Gambar 3.1 Pengaruh waktu inokulasi terhadap kadar bioethanol

Dari Gambar 3.1, berdasarkan hasil yang diperoleh, kadar bioetanol terbesar didapatkan pada waktu inokulasi inokulum 24 jam dan 36 jam, yaitu sebesar 3% (v/v) pada fermentasi hari ketiga dan keempat. Pada waktu inokulasi inokulum 24 jam mikroorganismenya berada dalam fase eksponensial, sehingga banyak jumlah sel yang dihasilkan. Lathifah [2009] mengatakan pada kondisi fermentasi yang sama, media yang terdapat jumlah biomassa lebih banyak di dalamnya akan dapat menghasilkan rendemen bioetanol lebih banyak pula. Pada waktu inokulum 12 jam, jumlah mikroorganismenya yang ada lebih sedikit dibanding dengan waktu inokulasi 24 jam, sedangkan pada waktu inokulasi 36 dan 48 jam, mikroorganismenya telah memasuki fase stasioner, yaitu fase dimana pertumbuhan mikroorganismenya mencapai keadaan yang maksimum dan mikroorganismenya yang aktif dan mati relatif seimbang karena sumber makanan dan nutrisi relatif sedikit, sehingga jumlah mikroorganismenya yang hidup lebih sedikit dibanding dengan jumlah mikroorganismenya yang ada pada waktu inokulasi 24 jam. Tetapi jumlah bioetanol yang dihasilkan pada waktu 24 jam dan 36 jam adalah sama. Hal ini karena pengukuran kadar bioetanol dilakukan dengan menggunakan alat alkoholmeter, yang memiliki ketelitian

dengan skala 1. Sehingga perbedaan kadar bioetanol dibawah 1% sulit untuk ditentukan. Maka pengukuran kadar bioetanol yang didapat baik pada waktu inokulasi 24 jam dan 36 jam adalah sama.

3.3 Pengaruh Waktu Inokulasi Inokulum Terhadap Konsentrasi Gula



Gambar 3.2 Pengaruh waktu inokulasi terhadap konsentrasi gula

Pada Gambar 3.2 di atas, menunjukkan pengaruh waktu inokulasi inokulum terhadap konsentrasi gula yang ada didalam substrat fermentasi. Secara umum, dari hari kehari, konsentrasi gula yang ada di dalam substrat fermentasi mengalami penurunan. Konsentrasi awal larutan gula yang ada di dalam substrat fermentasi pada berbagai variasi waktu inokulasi inokulum 12 jam, 24 jam, 36 jam, dan 48 jam secara berturut-turut adalah sebesar 54,389 g/L, 54,883 g/L, 54,889 g/L, dan 54,778 g/L. Pada hari pertama fermentasi, konsentrasi kadar gula pada substrat dengan waktu inokulasi 12 jam lebih tinggi dibanding dengan konsentrasi kadar gula pada waktu inokulasi 24 jam, 36 jam, dan 48 jam. Hal ini dikarenakan pada hari fermentasi pertama, sel mikroorganisme yang ada pada inokulasi 12, masih melakukan adaptasi terhadap substrat, dan jumlah sel mikroorganisme tidak terlalu banyak, sehingga hanya sedikit saja gula yang dikonsumsi oleh

mikroorganisme. Kemudian fermentasi hari pertama sampai hari keempat, terjadi penurunan kadar gula secara drastis. Hal ini dikarenakan, mikroorganisme mengkonsumsi larutan gula sebagai sumber karbon yang digunakan di dalam proses metabolisme mikroorganisme tersebut, sehingga mikroorganisme tersebut bisa tetap hidup. Pada akhir fermentasi yaitu pada hari kelima, masih tersisa larutan gula pada masing-masing variasi waktu inokulasi 12 jam, 24 jam, 36 jam, dan 48 jam secara berturut-turut sebesar 3,667 g/L, 3,056 g/L, 3,611 g/L dan 17,889 g/L. Pada waktu inokulasi 48 jam, kadar gula yang tersisa masih cukup banyak jika dibanding dengan lainnya, hal ini disebabkan karena jika waktu inokulasi inokulum yang terlalu lama, yaitu 48 jam, maka sebagian mikroorganisme telah mati karena kehabisan sumber nutrisi, sehingga dengan jumlah mikroorganisme hidup yang sedikit, akan menghasilkan bioetanol yang sedikit pula.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan :

1. Kadar bioetanol tertinggi yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebesar 3% (v/v).
2. Waktu optimum untuk inokulasi inokulum pada penelitian ini adalah selama 24 jam.
3. Laju konsumsi gula optimum pada penelitian ini adalah pada waktu inokulasi inokulum 24 jam.

4.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka disarankan untuk penelitian selanjutnya sebaiknya perlu dilakukan analisa kandungan lignin, hemiselulosa dan selulosa sebelum proses hidrolisis dan selain itu perlu juga ditinjau mengenai suhu pada proses hidrolisis agar kadar gula yang diperoleh bisa maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, Y. 2014. Pembuatan Bioetanol dari Limbah Padat Sagu menggunakan Enzim Selulase dan *Yeast Saccharomyces cerevisiae* dengan Proses *Simultaneous Sacharification and Fermentation* (SSF) dengan Variasi Konsentrasi Substrat dan Volume Inokulum. *Skripsi*. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Fitriani., S. Bahri., dan Nurhaeni. 2013. Produksi Bioetanol Tongkol Jagung (*Zea mays*) dari Hasil Proses Delignifikasi. *Jurnal of Natural Science* (3)2: 66-74.
- Jumari, A., W. A. Wibowo., Handayani., dan I. Ariyani. 2009. Pembuatan Etanol dari Jambu Mete dengan Metode Fermentasi. *Ekulibrium* (2)7: 48-54.
- Kardono, B. 2010. Teknologi Pembuatan Etanol Berbasis Lignoselulosa Tumbuhan Tropis untuk Produksi Biogasoline. *Laporan Akhir Program Insentif Peneliti dan Perekayasa LIPI Tahun 2010*.
- Lathifah, H. N. 2009. Pembuatan Bioetanol Dari Sirup Glukosa Umbi Ganyong Menggunakan Khamir *Schizocassharomycess pombe*. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor.
- Retno, D. T. dan W. Nuri. 2011. Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*. ISSN 1693-4393, 22 Februari 2011: E11-1 – E11-7.
- 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*, (11)1:17-24.
- Saragih, E. 2013. Pembuatan Nitroselulosa dari Selulosa Hasil Pemurnian Pelepah Sawit dengan Hidrogen Peroksida (H₂O₂) Sebagai Bahan Baku Propelan. *Skripsi*. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Wignyanto, Suharjo, dan Novita. 2001. Pengaruh Konsentrasi Gula Reduksi Sari Hati Nanas dan Inokulum *Saccharomyces cerevisiae* Pada Fermentasi Etanol. *Jurnal Teknologi Pertanian* (2) 1: 68-77.
- Zulfansyah., I. Fermi., S. Zulamraini., H. Rionaldo., dan Meylani. 2010. Pembuatan *Pulp* Pelepah Sawit dengan Pelarut Asam Formiat. *National Conference on Chemical Engineering Science and Applications (ChESA)*, 22 Desember 2010: 139-149.