

Pemanfaatan Limbah Hasil Panen Jagung Untuk Pembuatan Energi Alternatif Yang Ramah Lingkungan

Dwi Ana A^{1,*}, Dian Arif¹, Noranda Jelfano¹

¹ Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, ITN Malang
Jl. Bendungan sigura-gura No. 2 Malang 65145

* E-mail : anggoro_dwiana@yahoo.com

Abstrak. Sampah organik hasil panen jagung merupakan sumber *lignoselulosa* yang belum termanfaatkan secara efektif, dan dapat dijadikan sebagai bahan pembuatan bioetanol. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah hasil panen jagung terutama batangnya untuk dijadikan bioetanol dengan menggunakan enzim α -selulase untuk hidrolisis dan proses fermentasi menggunakan *Saccharo-myches Cerevisiae* biakan murni serta ragi tape. Kegiatan penelitian diawali dengan penghalusan limbah hasil panen jagung, menjadi tepung. Kemudian dihidrolisis menggunakan Enzim α -selulose dengan kadar 2%, 3%, 4%, 5% selanjutnya filtrat hasil hidrolisis di proses fermentasi menggunakan mikroba *Saccharo-myches Cerevisiae* biakan murni yang dibandingkan dengan menggunakan ragi tape selama tiga hari. Hasil terbaik adalah penggunaan enzim α -selulase dengan konsentrasi 3% yang menghasilkan kadar glukosa sebesar 3,3458%. Dan hasil terbaik proses fermentasi diperoleh dengan bantuan ragi tape dengan kadar etanol sebesar 0,231078% dibandingkan dengan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* yakni sebesar 0.01036%

Kata Kunci: Batang Jagung, Bioethanol, Enzim A-Selulase, Fermentasi, *Saccaromyces Cerevisiae*

1. Pendahuluan

Cepat atau lambat cadangan minyak bumi dunia pasti akan habis. Ini disebabkan oleh depositnya yang terbatas dan tidak dapat diperbaharui. Penelitian mengenai energi terbarukan terus dikembangkan, bahkan menjadi salah satu program pemerintah untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak yang ketersediaanya terus berkurang. Saat ini produk energi alternatif yang berpeluang untuk dikembangkan adalah bioethanol dan Biodiesel. Bioetanol memiliki beberapa kelebihan dibandingkan energi alternatif lainnya. Etanol memiliki kandungan oksigen yang tinggi sehingga terbakar lebih sempurna, bernilai oktan lebih tinggi, dan ramah lingkungan. Disamping itu substrat untuk produksi bioethanol cukup melimpah di Indonesia. Produk ini diharapkan nantinya bisa menggantikan bahan bakar minyak kendaraan bermotor dan mesin industri.

Bahan baku yang banyak diteliti untuk produksi etanol diantaranya adalah singkong dan tetes tebu (molase). Namun, belakangan harga singkong di pasaran terus merambat naik seiring tingginya minat pabrik dan produsen etanol untuk mengolah singkong dan juga tetes tebu menjadi etanol. Sehingga perlu dicari bahan baku lain pengganti singkong tersebut. Salah satu substrat yang potensial untuk dijadikan bahan baku adalah limbah hasil panen jagung. Menurut catatan Departemen Pertanian pada tahun 2013, luas area tanaman jagung di negeri ini mencapai 2,161 juta hektar. Dengan area yang luas itu dapat disimpulkan bahwa akan banyak limbah hasil dari panen jagung yang dapat dimanfaatkan.

Penelitian terdahulu (Lailatul Muniroh dan Khiqmiawati, 2011) telah memperoleh ethanol dengan kadar 4,321% dari batang jagung dengan waktu fermentasi 3 hari. Sedangkan peneliti lainnya (M. Ikbal, dkk 2013) diperoleh ethanol dari batang jagung dengan kadar 5,34% dengan waktu fermentasi 3 hari. Berdasarkan hal diatas maka dilakukan penelitian untuk membuat bioethanol dari limbah panen jagung khususnya batang jagung dengan memanfaatkan enzim α -selulose pada proses hidrolisis dan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dan ragi tape pada proses fermentasi.

Pemrosesan sisa pasca panen jagung hanya terserap sedikit sekali untuk pupuk dan bahan bakar memasak penduduk di sekitar pertanian, karena cara yang paling mudah dan bisa dilakukan petani untuk menangani limbah tersebut adalah dengan membakarnya. Tentu saja ini akan menjadi masalah baru bagi lingkungan, terutama karena pembakaran itu akan menimbulkan polusi yang hebat dan juga membahayakan lingkungan. Padahal limbah panen jagung mengandung lignoselulose yang sangat mungkin untuk dimanfaatkan untuk menjadi bioethanol.



Gambar 1. Limbah Batang Jagung

Komponen utama dalam bahan lignoselulosa adalah selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Berikut adalah komposisi kimia dari limbah panen jagung.

Tabel 1. Komposisi Kimia batang jagung

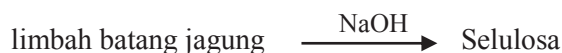
Senyawa	Persentase (%)
Selulosa	30 – 50
Hemiselusosa	15 – 35
Lignin	13 – 30
Air	9 – 11
Abu	6

Sumber : (Muniroh, dkk, 2011)

Jika kita mampu mengkonversi selulosa menjadi glukosa berarti akan meningkatkan konversi limbah batang jagung menjadi etanol. Bagian terpenting dan yang terbanyak dalam *lignocellulosic material* adalah selulosa yang terbungkus oleh lignin dengan ikatan yang cukup kuat (Samsuri. 2007)

Pembuatan etanol dari limbah sabut kelapa terdiri atas 3 tahap, yaitu :

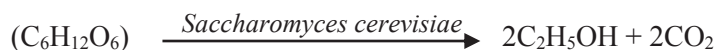
1. Tahap Pemurnian Selulosa



2. Tahap Hidrolisis Selulosa



3. Tahap Fermentasi



(Jeoh, 1998)

Tahap Pemurnian Selulosa

Pemurnian selulosa bertujuan untuk menghilangkan lignin, mengurangi kristalinitas selulosa, dan meningkatkan porositas bahan. Perlakuan pendahuluan dapat dilakukan secara fisika dan biologis maupun kombinasi dari cara-cara tersebut :

- Perlakuan pendahuluan secara fisika antara lain berupa pencacahan secara mekanik, penggilingan, dan penepungan untuk memperkecil ukuran bahan dan mengurangi kristalinitas selulosa.
- Perlakuan pendahuluan secara kimia, di antaranya adalah, asam, basa, delignifikasi oksidatif, dan proses organosolv.
- Perlakuan secara biologis. Pada metode ini, digunakan mikroorganisme jamur pelapuk coklat, jamur pelapuk putih, dan jamur pelunak untuk mendegradasi lignin dan hemiselulosa yang ada dalam bahan lignoselulosa. Di antara ketiga jamur tersebut, yang paling efektif untuk perlakuan pendahuluan pada bahan lignoselulosa adalah jamur pelapuk putih (*white-rot fungi*) (Sun, Cheng, 2002).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses delignifikasi:

1. Suhu
2. Waktu
3. Konsentrasi NaOH

Pada penelitian pembuatan bioethanol dari tongkol jagung (Fitriani dkk, 2013) dilakukan pretreatment basa menggunakan NaOH dengan konsentrasi 10% dan direndam selama 28 jam dapat menghasilkan 5,729 gram selulosa dari 10 gram sampel.

Tahap Hidrolisis Enzim

Hidrolisis yang paling sering digunakan untuk menghidrolisis selulosa adalah hidrolisis secara asam. Beberapa asam yang umum digunakan untuk hidrolisis asam antara lain adalah asam sulfat (H_2SO_4), asam perklorat, dan HCl.

Enzim adalah golongan protein yang paling banyak terdapat dalam sel hidup. Glukosa yang dihasilkan melalui proses hidrolisis merupakan hasil kerja sinergis sekelompok enzim selulolitik. Sistem enzim selulolitik terdiri dari 3 kelompok utama yaitu endoglukanase, eksoglukanase, dan β -glukosidase. Enzim endoglukanase menghidrolisis secara acak bagian amorf serat selulosa sehingga menghasilkan oligosakarida dengan panjang berbeda-beda dan terbentuknya rantai baru selulosa. Enzim eksoglukanase bekerja terhadap ujung-ujung polisakarida tersebut dan menghasilkan selobiosa merupakan disakarida. Selanjutnya enzim β -glukosidase memecah selubiosa menjadi 2 molekul glukosa yang merupakan produk utama hidrolisis selulosa (Lynd, *et al.*, 2002).

Tahap Fermentasi

Pembuatan etanol secara fermentasi untuk bahan yang mengandung selulosa harus dihidrolisis menjadi glukosa terlebih dahulu menggunakan asam. Terbentuknya glukosa menunjukkan bahwa proses telah berakhir dan selanjutnya bahan telah siap difermentasi. Fermentasi etanol terjadi pada kondisi anaerob dengan mikroorganisme tertentu yang dapat mengubah glukosa menjadi etanol. Dari 1 molekul glukosa akan terbentuk 2 molekul etanol dan 2 molekul CO_2 , mikroorganisme yang sering digunakan untuk proses fermentasi adalah ragi *Saccharomyces cerevisiae* (Jeoh, 1998).

Teknologi dan peralatan yang diperlukan untuk proses fermentasi gula dari selulosa pada prinsipnya sama dengan yang digunakan pada fermentasi gula dari pati atau nira yang tersedia secara komersial. Pada proses ini, gula-gula sederhana yang terbentuk difermentasi menjadi etanol dengan bantuan khamir seperti *Saccharomyces cerevisiae*. Fermentasi biasanya dilakukan pada suhu $30^\circ C$, pH 5, dan sedikit aerobik (Hermiati, 2010).

Faktor – faktor yang berpengaruh dalam proses fermentasi adalah :

- Jenis mikroba

Mikroba

Fermentasi dilakukan dengan menggunakan kultur murni atau starter. Banyaknya mikroba (starter/inokulum) yang ditambahkan berkisar antara 3–10 % dari volume medium fermentasi. Penggunaan inokulum yang bervariasi ini dapat menyebabkan proses fermentasi dan mutu produk

selalu berubah-ubah. Inokulum adalah kultur mikroba yang diinokulasikan ke dalam medium fermentasi pada saat kultur mikroba tersebut berada pada fase pertumbuhan eksponensial.

Kriteria untuk kultur mikroba agar dapat digunakan sebagai inokulum dalam proses fermentasi adalah :

- (a) sehat dan berada dalam keadaan aktif sehingga dapat mempersingkat fase adaptasi
- (b) tersedia cukup sehingga dapat menghasilkan inokulum dalam takaran yang optimum .
- (c) berada dalam bentuk morfologi yang sesuai
- (d) bebas kontaminasi
- (e) dapat mempertahankan kemampuannya membentuk produk Rachman,1989).

- Suhu

Suhu yang baik untuk fermentasi antara 30°C sampai 33°C, karena kecepatan fermentasi akan bertambah sesuai dengan kenaikan suhu hingga suhu optimum.

- pH

pH optimum untuk proses fermentasi berkisar antara 4,5 sampai 5. Kondisi ini cocok bagi *Saccharomyces cerevisiae* untuk tumbuh dan berkembang baik. Pada pH 3,0 proses fermentasi akan berkurang kecepatannya.

- Waktu Fermentasi

Tergantung pada konsentrasi, komposisi gula, pH, dan suhu fermentasi (Tjokroadikoesoemo, 1986; Ansory, 1992; Gumbira, 1987).

Pada penelitian terdahulu (Wahyudi, 2002) pembuatan bioetanol dari sabut buah siwalan diperoleh waktu fermentasi terbaik adalah 240 jam dengan penambahan nutrisi $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 9 gram dan ragi tape 1 gram.

Saccharomyces cerevisiae

Saccharomyces cerevisiae) adalah mikroorganisme penghasil etanol yang paling dikenal saat ini. *Saccharomyces cerevisiae* dapat memproduksi etanol dalam jumlah besar dan mempunyai toleransi terhadap alkohol yang tinggi. Efisiensi fermentasi dapat ditingkatkan dengan cara mengamobilisasi sel mikroorganisme yang digunakan. Amobilisasi sel bertujuan untuk membuat sel menjadi tidak bergerak atau berkurang ruang geraknya sehingga sel menjadi terhambat pertumbuhannya dan substrat yang diberikan hanya digunakan untuk menghasilkan produk.

Ragi Tape

Ragi atau *fermen* ialah zat yang menyebabkan fermentasi. Ragi biasanya mengandung mikroorganisme yang melakukan fermentasi dan media biakan bagi ragi tersebut. Media biakan ini dapat berupa cairan nutrient. Ragi umumnya digunakan dalam industri makanan dan minuman seperti roti, tempe, bir, dll. Mikroorganisme yang digunakan dalam ragi umumnya terdiri dari berbagai bakteri dan fungi (khamir dan kapang). Yaitu *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Amylomyces*, *Endomycopsis*, *Sacharomyces*, *Hansenula* anomala, dan lain sebagainya. Ada tiga jenis ragi yang umum dikenal yaitu ragi roti, ragi tape, dan ragi tempe. Ragi roti dan ragi tape mengandung jenis mikroba yang sama yaitu *Sachcharomyces cerevisiae*, sedangkan ragi tempe adalah jenis *Rhizopus*.

Etanol

Etanol atau *etil alkohol* $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ merupakan cairan tak berwarna dengan karakteristik antara lain mudah terbakar, larut dalam air, *biodegradable*, dan tidak karsinogenik. Pada umumnya etanol diproduksi dengan cara fermentasi dengan bantuan mikroorganisme oleh karena itu sering disebut sebagai bioetanol. Satu diantara energi alternatif yang relatif murah ditinjau aspek produksinya dan relatif ramah lingkungan adalah pengembangan bioetanol dari limbah-limbah pertanian (biomassa) yang mengandung banyak lignocellulose seperti bagas (limbah padat industri gula) atau tandan kosong kelapa sawit (Kusnadi, 2009).

2. Metode Penelitian

Penelitian mengenai Pemanfaatan limbah hasil panen jagung untuk pembuatan energi alternatif yang ramah lingkungan dilaksanakan di Laboraturium Mikrobiologi ITN Malang. Untuk mendapatkan etanol dari limbah hasil panen jagung dengan kualitas bagus, digunakan variabel penelitian sebagai berikut :

Variabel tetap antara lain : Berat limbah jagung 100 gram, volume air tambahan 1000 mL, konsentrasi NaOH 10%, waktu perendaman 28 jam, suhu perendaman 25-28 °C, waktu hidrolisis 8 jam, suhu hidrolisis 40°C, *pH* hidrolisis 4,5, berat ragi 1 gram, suhu fermentasi 30°C, *pH* fermentasi 5, waktu fermentasi 3 hari, berat (NH₄)₂HPO₄ 9 gram,

Variabel berubah antara lain :

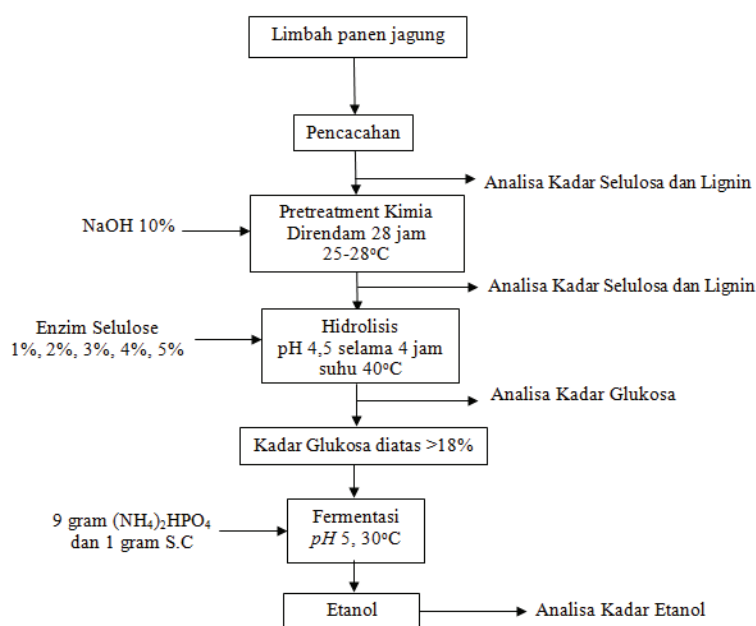
- Jenis mikroorganisme : *Saccharomyces cerevisiae*, ragi tape
- Konsentrasi Enzim selulose : 1%, 2% , 3%, 4%, 5%

Pada penelitian ini menggunakan alat dan bahan sebagai berikut :

Alat – alat yang digunakan antara lain : *Autocla*, *Beakerglass*, Botol sampel, *Erlenmeyer*, Gas LPG, Gelas arloji, Gelas pengaduk, *Incubator*, Kompor, Labu leher tiga, Labu ukur, Mortar stamper, Panci, *pH meter*, Pipet tetes, Thermometer, Timbangan Digital. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan antara lain : Aquadest, Enzim Selulose, NaOH, Ragi tape, *Saccaromyces Cerevisiae*, Limbah hasil panen jagung, (NH₄)₂HPO₄.

Sedangkan prosedur penelitian sesuai dengan blok diagram alir berikut ini :

Blok Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Panen Jagung

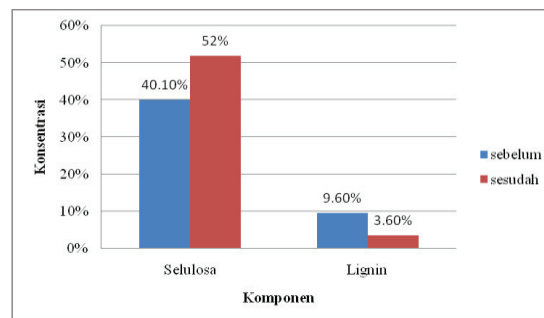


Gambar 3. Fermentor

3. Hasil dan Pembahasan

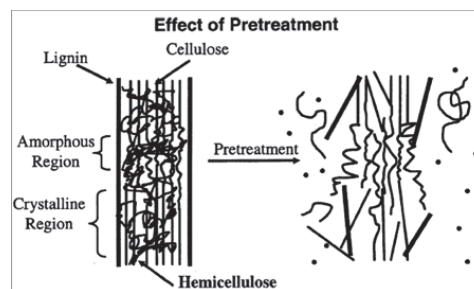
Pengaruh perendaman NaOH 10% Terhadap Penghilangan Lignin

Delignifikasi merupakan proses awal yang harus dilakukan agar didapat kadar selulosa maksimal dan mengurangi kadar lignin. Pada proses ini dipilih NaOH 10% sebagai pendegradasi lignin dengan proses perendaman. Berdasarkan proses delignifikasi yang dilakukan diperoleh data analisa sebagai berikut:



Gambar 4. Kandungan Selulosa dan Lignin sebelum dan setelah Pretreatment

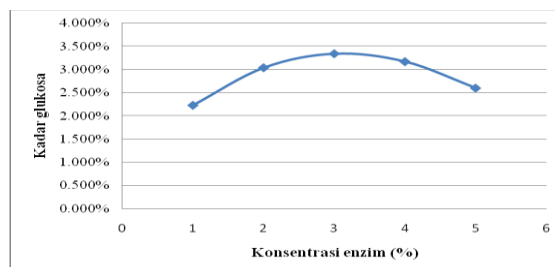
Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa kadar selulosa dan lignin sebelum dan sesudah proses delignifikasi mengalami perubahan. Sebelum proses delignifikasi kadar selulosa 40,10% dan lignin 9,6%. Sedangkan kadar selulosa dan lignin setelah delignifikasi yaitu selulosa 52% dan lignin 3,60%. Dari data tersebut diatas menunjukkan bahwa sesuai dengan peneliti terdahulu yaitu hasil selulosa naik setelah delignifikasi dengan NaOH 10% selama 28 jam dimana peneliti terdahulu melakukan proses delignifikasi pada tongkol jagung yang berat selulosa awalnya 4,5 gram menjadi 5,729 gram setelah delignifikasi. (Fitriani 2013). Hal ini disebabkan pada proses perendaman dengan NaOH, lignin terdegradasi dan larut dalam NaOH. Sedangkan peningkatan kadar selulosa karena berkurangnya kadar lignin sehingga selulosa terukur dengan maksimal.



Gambar 5. Skema tujuan pretreatment biomassa lignoselulosa (Mosier, et al.,2005).

Pengaruh Konsentrasi Enzim Terhadap Kadar Glukosa

Proses enzimatis selulosa untuk menghasilkan glukosa merupakan hasil kerja sinergis sekelompok enzim selulolitik yang terdiri dari endoglukanase, eksoglukanase, dan β -glukosidase. Dari proses hidrolisis diperoleh data yang dijabarkan pada grafik sebagai berikut:



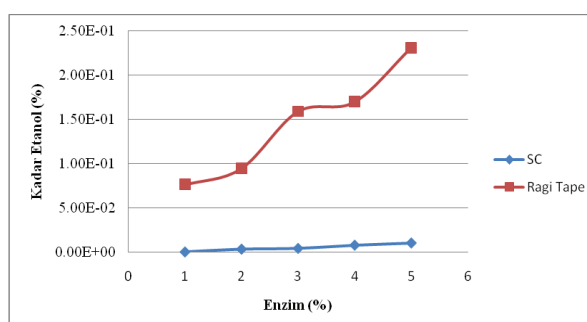
Gambar 6. Pengaruh Konsentrasi Enzim terhadap Kadar Glukosa

Pengaruh konsentrasi enzim pada laju aktivitas enzim-enzim yang derajat kemurniannya tinggi, di dalam batas-batas tertentu, terdapat hubungan linear antara jumlah enzim dan taraf aktivitas. (Pelczar, dkk. 1986)

Dari grafik diatas dapat dilihat glukosa yang dihasilkan dari hidrolisis enzim dengan konsentrasi 1%, 2%, 3%, 4%, 5% pada temperatur 40°C serta waktu 8 jam. Dari hasil penelitian yang di lakukan, didapatkan kadar glukosa hasil hidrolisis dengan enzim dengan hasil secara berturut-turut adalah 2,2303%; 3,0425; 3,3458%; 3,1741 dan 2,6019%. Dari hasil diatas menunjukkan bahwa konsentrasi enzim sangat berpengaruh terhadap glukosa yang dihasilkan. Konsentrasi glukosa terbaik diperoleh pada konsentrasi 3% dan terus menurun dikonsentrasi 4% dan 5%. Hal ini tidak sesuai dengan teori yang mengungkapkan bahwa terdapat hubungan linear antara konsentrasi dan aktifitas enzim. Ketidakesesuaian ini dapat terjadi salah satunya karena terhambatnya aktifitas enzim oleh inhibitor. Sehingga dengan terhambatnya aktifitas enzim dapat dipastikan akan mempengaruhi hasil glukosa yang dihasilkan. Interaksi antara enzim dengan substrat yang semakin lama menyebabkan semakin banyak glukosa yang terbentuk. Akan tetapi pada waktu hidrolisis tertentu konsentrasi glukosa akan mengalami penurunan. Penurunan ini disebabkan oleh adanya akumulasi produk yang telah terbentuk sebelumnya dan menyebabkan penghambatan bagi enzim selulase. Inhibitor enzim selulase berupa produk dari hidrolisis selulosa yaitu glukosa dan selobiosa. Selobiosa menghambat enzim eksoglukanase sedangkan glukosa menghambat enzim β -glukosidase (Ambriyanto, 2010).

Pengaruh Penggunaan *Saccaromyces cerevisiae* dan Ragi Tape Terhadap Kadar Ethanol

Pada proses fermentasi ini digunakan *saccaromyces cerevisiae* biakan murni dan ragi tape. Berikut ini merupakan perbandingan hasil analisa ethanol yang dihasilkan dari fermentasi *Saccaromyces cerevisiae* dan ragi tape.



Gambar 7. Perbandingan Hasil Fermentasi Menggunakan *Saccaromyces cerevisiae* Dengan Ragi Tape Terhadap Konsentrasi Enzim

Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa fermentasi dengan menggunakan ragi tape menghasilkan kadar ethanol lebih besar daripada fermentasi menggunakan *Saccaromyces cerevisiae*. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti terdahulu (Kusnadi 2009) mendapatkan hasil yang menunjukkan bahwa fermentasi menggunakan ragi tape dapat menghasilkan ethanol dengan

kadar 31% dimana lebih besar bila dibandingkan menggunakan *Saccaromyces cerevisiae* biakan murni yang hanya 27%. Pada ragi tape mikroorganisme dari kelompok kapang akan menghasilkan enzim-enzim amilolitik yang akan memecahkan amilum pada bahan dasar menjadi gula-gula yang lebih sederhana (disakarida dan monosakarida). Proses tersebut sering dinamakan sakarifikasi (saccharification). Kemudian khamir akan merubah sebagian gula-gula sederhana tersebut menjadi alkohol. Inilah yang menyebabkan aroma alkoholis pada tape. Semakin lama tape tersebut dibuat, semakin kuat alkoholnya (Rian, 2013).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan yang telah dilakukan selama penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Setelah Limbah batang jagung mengalami pre treatment fisik dan kimia dengan menggunakan larutan NaOH 10 % maka terdapat penurunan kadar lignin dari 9,6 % menjadi 3,6 % dan terdapat kenaikan kadar selulosa dari 40,1 % menjadi 52 %.
2. Penggunaan konsentrasi 3% pada proses Hidrolisis dengan menggunakan enzim Selulase lebih optimal dibanding konsentrasi 1%, 2%, 4% dan 5% dengan hasil kadar glukosa sebesar 3,3458%.
3. Hasil terbaik kadar ethanol pada proses fermentasi diperoleh dengan bantuan ragi tape sebesar 0,231078% dibandingkan dengan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* yakni sebesar 0.01036%

5. Daftar Referensi

- [1] Ansory, R., 1992, "Teknologi Fermentasi", Arcan, Jakarta.
- [2] Hermiati, Mangunwidjaja, D., Sunarti, C. T., Suparno, O., 2010. Prasetya B, *Pemanfaatan Biomassa Lignoselulosa Ampas Tebu Untuk Produksi Bioetanol*, Jurnal Litbang Pertanian.
- [3] Joeh, T., 1998, "Steam Exploson of Cotton Gin Waste for Fuel Ethanol Production", Jurnal.
- [4] Murni R, S., Akmal, & Ginting, BL., 2008. "Buku Ajar Teknologi Pemanfaatan Limbah Untuk Pakan", Laboraturium Makanan Ternak, Fakultas Peternakan Universitas Jambi.
- [5] Muniroh, Lailatul, Luthfi & Khiqmiawati, F., 2011, *Produk Bioetanol Dari Limbah Batang Jagung dengan Menggunakan Proses Hidrolisa Enzim dan Fermentasi*, Presentasi Tugas Akhir, Surabaya: ITS.
- [6] Nurfiana, F., Mukaromah, U., Jeannisa, C. V., Putra, S., 2009, *Pembuatan Bioethanol dari Biji Durian Sebagai Sumber Energi Alternatif*, Seminar Nasional V, Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir BATAN.
- [7] Fitriani, 2013, *Produksi Bioethanol Tongkol Jagung (Zea Mays) dari Proses Delignifikasi*, Online Jurnal of Natural Sciene, Vol 2(3) : 66-74. ISSN: 2338-0950.
- [8] Siswati, D., Nana, Yatim, M., Hidayanto, R., *Bioetanol Dari Limbah Kulit Kopi dengan Proses Fermentasi*, Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pembangunan Nasional.
- [9] Suharty Sri, N. dan Wirjosentono, B., 2005, *Impregnasi Reaktif Kayu Kelapa Dengan Limbah Plastik Polistirena Serta Penyediaan Komposit Polistirena Menggunakan Penguat Serbuk Kayu Kelapa*, Jurnal. Vol 4, No. 2. ISSN 1412-4092.
- [10] Sukadarti, S., Kholisoh, D. S., Prasetyo, H., Santoso, P. W., Mursini, T., 2010, *Produksi Gula dari Sabut Kelapa Menggunakan Jamur Trichoderma reesei*, Jurnal, ISSN 1693-4393.
- [11] Sun, Y., Cheng, J., 2002, *Hydrolysis of lignin cellulosic material for ethanol production: A review*. Bioresour. Technol.
- [12] Tjokroadikoesoemo, S., 1986, WFS dan Industri Ubi Kayu Lainnya, Jakarta: PT. Gramedia.
- [13] Wahyudi, B., 2002, *Pembuatan Bioetanol Dari Sabut Buah Siwalan Dengan Proses Hidrolisis Fermentasi*, Jurnal Kimia dan Teknologi, ISSN 0216-163X.
- [14] Yonas, Ikbai M., 2013, *Pembuatan Bioethanol Berbasis Sampah Organik Batang Jagung*, Jurnal Penelitian Jurusan pendidikan Kimia FMIPA UNG.