

PEMANFAATAN LIMBAH TONGKOL JAGUNG SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN BIOETANOL

Ummi Kalsum

Program Studi Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang
Jl. Jendral Ahmad Yani, 13 Ulu, Palembang,
Telp. (0711)510820, Fax. (0711)519408

ABSTRAK

Jagung adalah salah satu produk pertanian yang banyak dihasilkan di negara Indonesia. Kandungan hemiselulosa dan selulosa pada tongkol jagung berpotensi untuk diolah menjadi glukosa yang kemudian difermentasi sehingga menghasilkan bioetanol. Variabel penelitian berupa molaritas asam dan massa ragi. Proses pembuatan bioetanol terdiri dari pretreatment, hidrolisa, fermentasi dan pemurnian. Pretreatment dilakukan dengan menambahkan NaOH 0,1 M pada bubuk tongkol jagung, lalu dihidrolisa dengan H₂SO₄ pada variasi konsentrasi 0,3 M; 0,5 M; 0,7 M dan difermentasi selama 3 hari. Fermentasi dilakukan dengan menambahkan *Saccaromyces Cerevisiae* sebanyak 2 gram, 4 gram dan 6 gram dan urea sebagai nutrisi. Produk setelah difermentasi dimurnikan dengan cara didestilasi pada temperatur 80°C. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan yang berbanding lurus antara molaritas asam dengan kadar etanol yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi asam, maka akan semakin tinggi pula kadar etanol yang didapat. Begitu pula hubungan antara massa ragi dengan kadar etanol. Kadar etanol tertinggi yang dihasilkan pada kondisi H₂SO₄ 0,7 M dengan massa ragi 6 gram yaitu 1,023 %.

Kata kunci : bioetanol, tongkol jagung, hidrolisa, fermentasi

PENDAHULUAN

Penggunaan energi untuk berbagai keperluan seperti untuk industri, transportasi dan rumah tangga di hampir semua negara sepenuhnya bergantung pada bahan bakar fosil khususnya minyak bumi (Krause, 2001). Eksploitasi minyak sebagai bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui terus menerus dapat menyebabkan persediaan bahan bakar fosil semakin langka. Perkembangan kebutuhan energi dunia yang semakin meningkat dan keterbatasan energi fosil menyebabkan perhatian saat ini ditujukan untuk mencari sumber-sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan seperti energi surya, energi hidro, energi geotermal, dan energi biomassa (Korbitz, 2001; Saxena, *et.al.*, 2009). Isu global tentang perubahan iklim juga mendorong penggunaan energi biomassa sebagai pengganti bahan bakar atau sebagai bahan aditif (Balat *et.al.*, 2008). Biomassa merupakan sumber energi terbarukan yang mempunyai potensi tinggi. Menurut Gubitz (1999), di negara Brasil dan Jepang biomassa telah berhasil dikonversi secara efisien menjadi bioetanol, yang sangat potensial sebagai campuran bahan bakar bensin. Bioetanol adalah cairan biokimia hasil proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat dengan menggunakan bantuan mikroorganisme. Bioetanol dapat diproduksi dari bahan baku tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat. Sumber bahan baku tersebut umumnya berasal dari tanaman pangan, seperti singkong, ubi jalar, jagung dan lain-lain.

Jagung adalah salah satu produk pertanian yang banyak dihasilkan di negara Indonesia. Pada tahun 2007 produksi jagung nasional mencapai 13.287.527 ton dan diperkirakan meningkat menjadi 14.854.050 ton pada tahun 2008 (Anonima, 2008). Menurut Irawadi (1990) buah

jagung terdiri dari 30% limbah yang berupa tongkol jagung. Jika dikonversikan dengan jumlah produksi jagung pada tahun 2008, maka negara Indonesia berpotensi menghasilkan tongkol jagung sebanyak 4.456.215 ton. Jumlah limbah tersebut dapat dikatakan sangat banyak dan akan menjadi sangat potensial jika dapat dimanfaatkan secara tepat.

Pemanfaatan jagung saat ini sangat beraneka ragam, salah satunya adalah produksi xilan dari tongkol jagung. Ekstraksi tongkol jagung menjadi xilan akan menghasilkan hasil samping berupa fraksi selulosa. Fraksi selulosa sebagai komponen terbesar dari tongkol jagung dan merupakan hasil samping ekstraksi hemiselulosa belum dimanfaatkan lebih lanjut. Padahal dengan pengolahan lanjut menggunakan hidrolisa baik secara enzimatik maupun asam dapat menghasilkan gula-gula sederhana dan dapat difermentasi lanjut dengan menggunakan mikroorganisme akan menghasilkan etanol. (Febriyani, Shoimatun 2012)

Fermentasi etanol menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dilakukan dengan metode pencampuran kultur (*mixed culture*). Substrat yang berupa selulosa akan dihidrolisa terlebih dahulu menggunakan bakteri. Pada waktu dimana kandungan gula optimal maka penanaman khamir dilakukan. Hal tersebut dilakukan untuk mengoptimalkan produksi etanol karena masing – masing mikroorganisme akan bekerja secara sinergis. Proses produksi etanol menggunakan metode pencampuran kultur mikroba sangat memungkinkan untuk dilakukan terutama setelah proses sakarifikasi. Proses sakarifikasi merupakan bagian yang sangat penting dalam produksi etanol. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian sehingga akan diperoleh hasil sakarifikasi dan etanol yang optimal. Sehingga yang menjadi permasalahan dalam penelitian adalah bagaimana pengaruh konsentrasi dan massa ragi pada saat fermentasi terhadap kadar etanol yang dihasilkan.

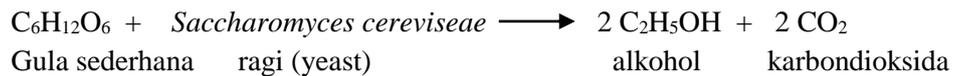
Bioetanol adalah etanol yang berasal dari sumber hayati. Bioetanol bersumber dari karbohidrat yang potensial sebagai bahan baku seperti tebu, nira sorgum, ubi kayu, garut, ubi jalar, sagu, jagung, jerami, bonggol jagung dan kayu. Setelah melalui proses fermentasi, dihasilkan etanol (www.energi.lipi.go.id). Penggunaan bioetanol di antaranya adalah sebagai bahan baku industri, minuman, farmasi, kosmetika, dan bahan bakar. Beberapa jenis etanol berdasarkan kandungan alkohol dan penggunaannya adalah (1) *Industrial crude* (90-94,9% v/v), *rectified* (95-96,5% v/v), (2) jenis etanol yang netral, aman untuk bahan minuman dan farmasi (96-99,5% v/v), dan (3) etanol untuk bahan bakar, *fuel grade etanol* (99,5-100% v/v).

Keuntungan penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar alternative pengganti minyak bumi adalah tidak memberikan tambahan netto karbondioksida pada lingkungan karena CO₂ yang dihasilkan dari pembakaran etanol diserap kembali oleh tumbuhan dan dengan bantuan sinar matahari CO₂ digunakan dalam proses fotosintesis. Di samping itu, bahan bakar bioetanol memiliki nilai oktan tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan peningkat oktan (*octane enhancer*) menggantikan senyawa eter dan logam berat seperti Pb sebagai anti-knocking agent yang memiliki dampak buruk terhadap lingkungan. Dengan nilai oktan yang tinggi, maka proses pembakaran menjadi lebih sempurna dan emisi gas buang hasil pembakaran dalam mesin kendaraan bermotor lebih baik.

Tahap pembuatan bioetanol dilakukan melalui proses delignifikasi, hidrolisa, fermentasi dan pemurnian (*destilasi*). Persiapan bahan baku dilakukan untuk mendapatkan glukosa. Glukosa diperoleh melalui 2 tahap yaitu delignifikasi dan hidrolisa. Pada tahap delignifikasi akan

menghasilkan selulosa. Selulosa akan diproses lebih lanjut dengan proses hidrolisa sehingga akan dihasilkan glukosa.

Fermentasi adalah suatu kegiatan penguraian bahan - bahan karbohidrat yang tidak menimbulkan bau busuk dan menghasilkan gas karbondioksida. Suatu fermentasi yang busuk merupakan fermentasi yang mengalami kontaminasi. Fermentasi pembentukan alkohol dari gula dilakukan oleh mikroba. Mikroba yang biasa digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae*. Perubahan yang terjadi biasanya dinyatakan dalam persamaan berikut:



METODELOGI PENELITIAN

Bahan dan alat:

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, urea, H_2SO_4 98%, aquadest, NaOH, yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Peralatan yang diperlukan berupa erlenmeyer, beaker gelas, labu takar, gelas ukur, spatula, autoclave, pH meter / kertas pH, pipet tetes, neraca analitik, peralatan destilasi, piknometer, labu bundar

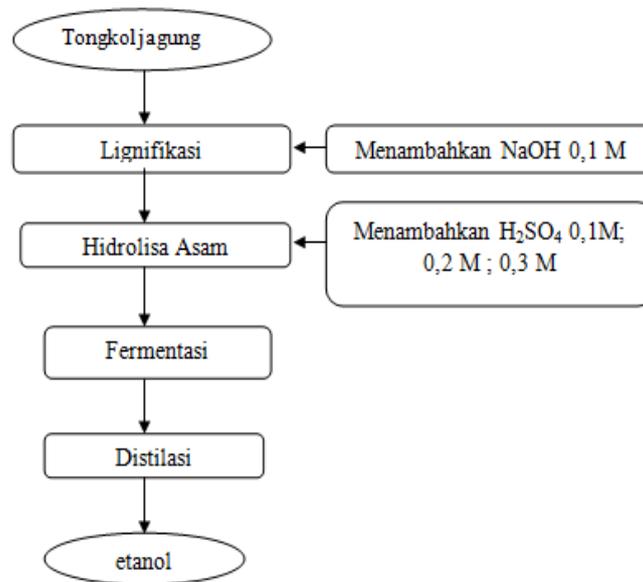
Prosedur kerja

Alkali Pretreatment (NaOH)

1. Menimbang 25 gram tongkol jagung, memasukkan kedalam 6 buah erlenmeyer 500 ml.
2. Menambahkan 200 ml NaOH 0,1 M dan menutup rapat erlenmeyer dengan gabus.
3. Lalu dipanaskan dengan suhu 121°C dengan waktu 60 menit. Kemudian mencuci fase solidnya dengan air beberapa kali.

Hidrolisa dan Fermentasi

1. Hidrolisis dan fermentasi dilakukan pada erlenmeyer dengan pengisian biomassa sebanyak 20 gram hasil pretreatment dengan menambahkan 200 ml larutan H_2SO_4 . Kemudian dipanaskan dalam autoclave pada suhu 121°C selama 60 menit.
2. Bubur tongkol jagung didinginkan kemudian diatur pH nya.
3. Setelah itu ditambahkan *Saccharomyces Cerevisiae* sebanyak 2 gram dan 0,2 gram nutrient. Fermentasi dimulai dengan adanya penambahan yeast dan nutrient ini.
4. Erlenmeyer ditutup dengan penutup yang dilengkapi dengan selang karet yang ujung selang dimasukkan ke dalam air agar tidak terjadi kontak dengan udara.
5. Sakarifikasi dan fermentasi dilanjutkan selama 3 hari.
6. Selanjutnya larutan hasil Fermentasi dipisahkan dari bubur tongkol jagung.
7. Larutan tersebut didistilasi pada suhu 78°C selama waktu tertentu sampai etanol tidak menetes lagi.
8. Mengukur destilat etanol yang didapat.

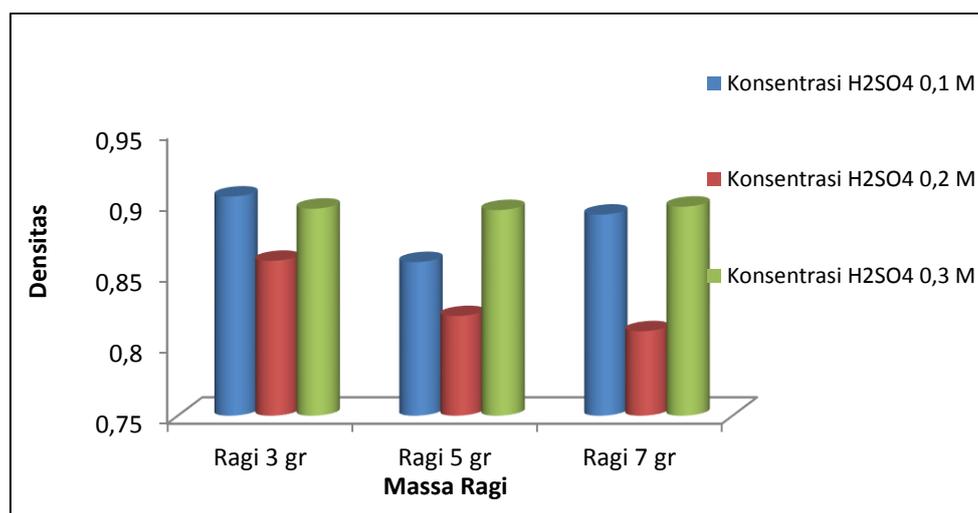


Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 Terhadap Densitas dengan Menggunakan Piknometer

Dari penelitian kandungan bioetanol pada tongkol jagung dengan variasi konsentrasi asam dan massa ragi, didapatkan Gambar 2 sebagai berikut :

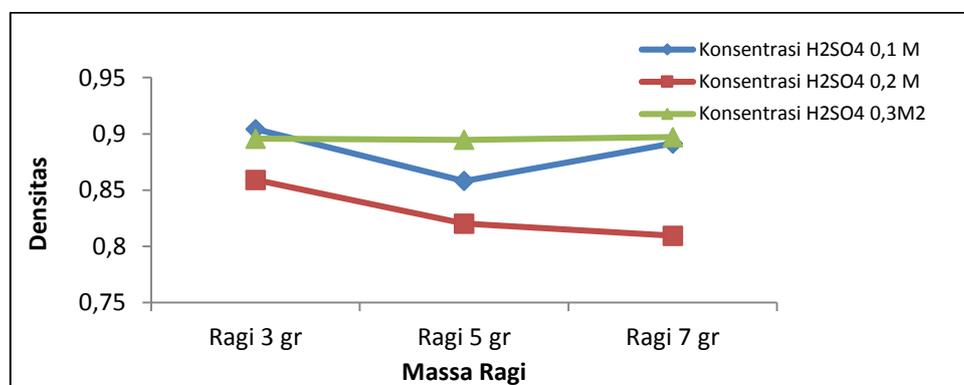
Gambar 2. Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 terhadap Densitas Etanol

Pada penelitian ini proses pemutusan rantai (hidrolisis) tersebut dilakukan secara kimiawi yaitu dengan menggunakan larutan H_2SO_4 . Fungsi H_2SO_4 pada proses hidrolisis ini adalah sebagai katalis. Pada Proses Hidrolisa Asam konsentrasi H_2SO_4 yang ditambahkan bervariasi, yaitu : 0,1

M; 0,2 M dan 0,3 M. Gambar 2. menunjukkan pengaruh konsentrasi H_2SO_4 selama proses hidrolisa asam terhadap densitas etanol pada berbagai variasi Massa Ragi. Pada ragi 3 gram dengan H_2SO_4 0,1 M didapat densitas 0,8582 gr/ml, 0,8202 dan semakin naik kembali densitas pada H_2SO_4 0,3 M dengan densitas bioetanol yaitu 0,8947 gr/ml. Sama halnya dengan ragi 5 gram dan 7 gram, densitas bioetanol semakin menurun. Penurunan densitas ini menunjukkan bahwa densitas bioetanol yang dihasilkan semakin mendekati kadar etanol sesungguhnya. Adapun densitas etanol yaitu 0,789 g/ml sedangkan densitas yang paling mendekati etanol murni terdapat pada etanol dengan konsentrasi H_2SO_4 0,2 M dan ragi 7 gr yaitu 9095 gr/ml.

Pengaruh Massa Ragi dan H_2SO_4 Terhadap Densitas Etanol dengan Menggunakan Piknometer

Dari penelitian kandungan bioetanol pada tongkol jagung dengan variasi massa ragi. Maka didapatkan Gambar 3 sebagai berikut :



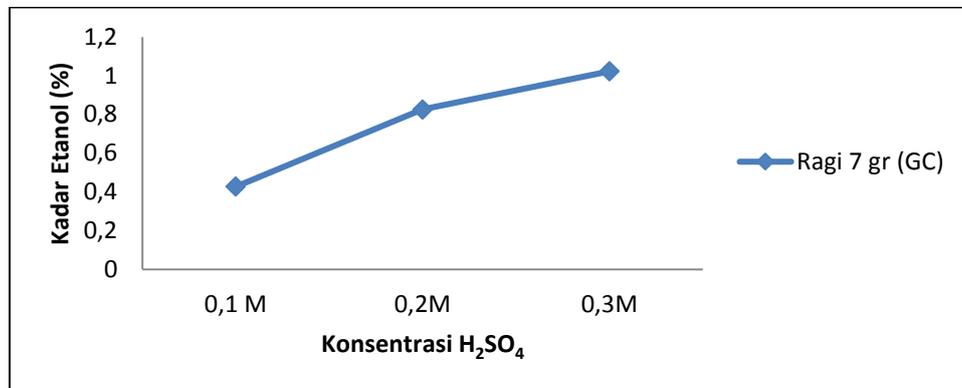
Gambar 3. Pengaruh Massa Ragi terhadap Densitas Etanol

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa massa ragi yang semakin banyak juga mempengaruhi densitas bioetanol itu sendiri. Pada bioetanol dengan konsentrasi H_2SO_4 0,2 M dapat dilihat densitas pada ragi 5 gram yaitu 0,8591 gr/ml, namun semakin mendekati densitas etanol yang sesungguhnya pada ragi 7 gram yaitu didapat densitas bioetanol 0,8095 gr/ml. Sehingga semakin banyaknya massa ragi, maka densitas etanol yang dihasilkan semakin mendekati densitas etanol murni. Hal ini terjadi karena banyaknya ragi mempengaruhi banyaknya mikroba yang tumbuh sehingga semakin banyak ragi maka semakin banyak glukosa yang tereduksi menjadi alkohol terutama etanol. Perkembangan mikroba *Saccharomyces cerevisiae* digambarkan melalui kurva pertumbuhan mikroba dimana ada beberapa fase yang terjadi. Aktivitas fermentasi sel *Saccharomyces cerevisiae* sendiri berjalan dengan baik dan alkohol yang dihasilkan juga banyak sebelum mikroba mengalami fase death.

Dari hasil analisa menggunakan piknometer, menunjukkan bahwa densitas yang dihasilkan paling mendekati yaitu 0,789 kg/ml pada massa ragi 7 gr dan konsentrasi H_2SO_4 0,2 M. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi H_2SO_4 dan semakin banyak massa ragi, semakin mendekati densitas yang sebenarnya.

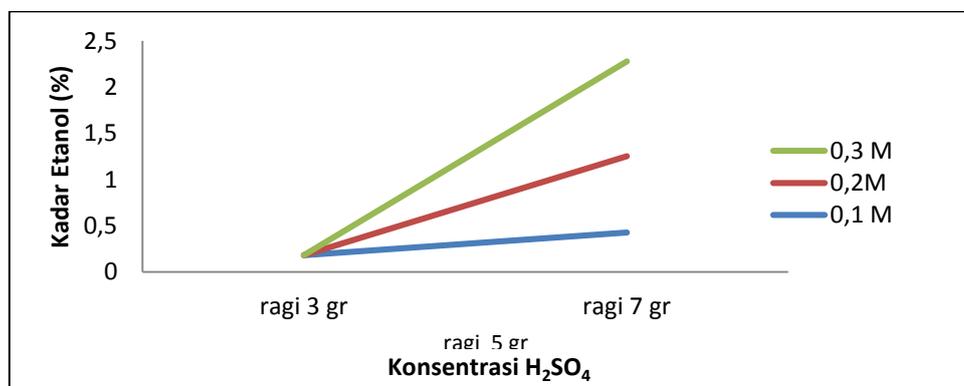
Pengaruh konsentrasi H_2SO_4 Terhadap Kadar Etanol Hasil Analisa *Gas Chromatograph* (GC)

Untuk beberapa sampel diambil untuk dianalisa kadar etanolnya dengan menggunakan *Gas Chromatograph* (GC).



Gambar 4. Pengaruh Konsentrasi H_2SO_4 terhadap Kadar Etanol (%)

Gambar 4 menunjukkan bahwa kadar etanol meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi katalis H_2SO_4 di dalam proses hidrolisis asam pada tongkol jagung. Peningkatan terjadi pada konsentrasi katalis H_2SO_4 dari 0,1 M sampai 0,3 M. Pada konsentrasi katalis H_2SO_4 melebihi 0,3 M laju peningkatan kadar etanol tidak signifikan. Kondisi optimum terjadi pada penambahan 0,2 M H_2SO_4 pada setiap penambahan ragi antara 3 gram dan 7 gram. Dari hasil analisa GC kadar etanol tertinggi adalah 1,023 % untuk konsentrasi H_2SO_4 0,3 M pada penambahan ragi 7 gram. Hal ini terjadi karena pada proses hidrolisa, proton H^+ dari senyawa H_2SO_4 akan mengubah gugus serat dari tongkol jagung menjadi gugus radikal bebas. Gugus radikal bebas tersebut kemudian akan berikatan dengan gugus OH^- dari H_2O dan menghasilkan glukosa. Pada saat kebutuhan H^+ dari H_2SO_4 telah mencukupi pembentukan gugus radikal bebas dari tongkol jagung maka glukosa yang dihasilkan maksimal. Glukosa yang maksimal membuat kadar bioetanol semakin meningkat. Peningkatan ini karena glukosa yang diubah menjadi bioetanol juga maksimal. Kemudian pengaruh kadar etanol terhadap penambahan ragi juga dapat dilihat dari Gambar 5. di bawah ini.



Gambar 5. Pengaruh Massa Ragi terhadap Kadar Etanol (%)

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa kadar etanol juga meningkat seiring dengan peningkatan penambahan ragi pada proses bioetanol tongkol jagung. Peningkatan yang terjadi pada analisa GC cukup signifikan seperti pada konsentrasi H_2SO_4 0,1 M terjadi peningkatan dari 0,182 % menjadi 0,428%. Peningkatan ini juga didukung dengan ketersediaan nutrisi di dalam suatu media. Sehingga mikroba yang tumbuh dapat mereduksi glukosa menjadi alkohol dengan optimal. Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa kadar etanol tertinggi terjadi pada setiap penambahan ragi 6 gram. Dari hasil analisa GC kadar etanol tertinggi adalah 1,023 % untuk konsentrasi H_2SO_4 0,3 M pada penambahan ragi 7 gram. Sehingga dapat dikatakan bahwa jumlah ragi dan konsentrasi H_2SO_4 juga mempengaruhi produktivitas dalam pembuatan bioetanol.

KESIMPULAN

Hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa persen kadar etanol tertinggi 1.023 % diperoleh dari konsentrasi H_2SO_4 0,7 M dan berat ragi 6 gram. Semakin besar konsentrasi H_2SO_4 dan semakin banyak ragi yang digunakan semakin tinggi kadar etanol yang dihasilkan

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2008. *The Potential Impacts of Biofuels on Biodiversity*. Convention on Biological Diversity. UNEP, UNESCO, Bonn, Germany.
- Anonim. 2007. *New and Emerging Issues Relating to The Conservation and Sustainable Use of Biodiversity*. Biodiversity and Liquid Biofuel Production. Convention on Biological Diversity. UNEP, UNESCO, Paris, France.
- Chang, M.M., T. C. Chon Dan G.T. Tsao. 1981. *Structure Pretreatment and Hydrolysis Cellulose*. Adv. Biochem. Eng. 20: 1425.
- Cole, BJW And Fort, RCC. 2007. [Http: Chemistry_Umeche_Maine.Edu/Fort/Cole-Fort.Html](http://Chemistry_Umeche_Maine.Edu/Fort/Cole-Fort.Html).
- Dipardo, J. 2000. *Outlook for Biomass Ethanol Production and Demand*. [Http://Www.Eia.Doe.-Gov/Oiaf/Analysispaper/Biomass.html](http://Www.Eia.Doe.-Gov/Oiaf/Analysispaper/Biomass.html).
- European Bioinformatics Institute. 1996. *Eukaryotes Genomes-Saccharomyces Cerevisiae*. [Diakses 2 Desember 2014]. Diambil Dari: url: hyperlink http://www.Embl-Ebi.Com/Saccharomyces_Cerevisiae.Html
- Febriyani, Soimatun. *Tongkol Jagung sebagai Bahan Dasar Bioetanol Melalui Proses Hidrolisis Selulosa dan Fermentasi Saccharomyces Cereviceae*. Universitas Semarang.
- Fengel, D. Dan Wegener, G., 1995. *Kayu: Kimia, Ultra Struktur, Reaksi*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Feryanto, D. 2007. Pengukuran Alkoholmeter. [Http://Www.Alkoholmeter/Meterlak.Com](http://Www.Alkoholmeter/Meterlak.Com). Diakses Tanggal 28 November 2014
- Fessenden And Fessenden, Alih Bahasa Pudjaatmaka AH.. 1999. *Kimia Organik*, Jilid 1, Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta.
- Garrote, G., Dominguez, H., Parajo, J.C.. 1999. *Hydrothermal Processing of Lignocellulosic materials*, Holz Als Roh –Und Werkstoff, 57, 191-202.

- Gubitz, G.M., M.Mittlbech, dan M.Trabi.1999. *Exploitation of The Tropical Oil Seed Plant Jatropha Curcas L.* Bioresource Technology, 67, 73-82.
- Hidayat, N., Masdiana C.P. dan Sri S. 2006. *Mikrobiologi Industri.* Yogyakarta: CV. Andi Offset. Hal. 2-14,18-24,111-120,179-192
- <http://www.Edubio.Info/2014/12/Jenis-Karbohidrat-Berdasarkan-Jumlah.html>. Jenis Karbohidrat Berdasarkan Jumlah Molekul Gulanya. Diakses Maret 2015.
- Iranmahboob, J., Nadim, F., Monemi, S., 2002. *Optimizing Acid-Hydrlysis: A Critical Step for Production of Ethanol from Mixed Wood Chips.* Biomass And Bioenergy, 22: 401 – 404.
- Irawadi, T. T. 1990. *Selulose.* PAU Biotek. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Korbitz, W. 2001. *New Trends in Developing Biodiesel World Wide.* Di Dalam Enhancing Biodiesel Development And Use. Proceedings Of The International Biodiesel Workshop. Medan: Tiara Convention Center, 2-4 Okt 2001.
- Krause R. 2001. Bio-and Alternative Fuels for Mobility. Di dalam Enhancing Biodiesel Development and Use. Proceedings Of The International Biodiesel Workshop. Medan: Tiara Convention Center, 2-4 Okt 2001.
- Larsson, S., Palmqvist, E., Hahn-Hägerdal, B., Tengborg, B., Stenberg, K., Zacchi, G., Nilvebrant, N.O., 1999. The Generation Of Fermentation Inhibitors During Dilute Acid Hydrolysis Of Softwood. *Enzyme Microb. Technol.*, 24, 151-159.
- Mussatto, S.I., Roberto, I.C., 2004. Alternatives For Detoxification Of Dilute-Acid Lignocellulosichydrolyzates For Use In Fermentative Process: A Review. *Bioresource Technology*, 93, 1-10.
- Nishizawa, K., (1989), *Degradation Of Cellulose And Hemicelluloses Biomass Handbook*, Gordon & Breach Science Publisher, New York.
- Palmqvist, E., Hahn-Hägerdal, B., 2000. Review Paper. Fermentation Of Lignocellulosic Hydrolysates. II: Inhibitors And Mechanisms Of Inhibition. *Bioresource Technology*, 74, 25-33.
- Perry, R. H., (1999), *Chemical Engineering Handbook*, Mc. Graw Hill, New York.
- Saxena, R.C., Adhikari, D.K. And Goyal, H.B., 2009, *Biomass-Based Energy Fuel Through Biochemical Routes: A Review.* Renewable And Sustainable Energy Reviews , 13: 167–178
- Szczodrak, J., Fiedurek, J., 1996. *Technology For Conversion Of Lignocellulosic Biomass To Ethanol.* Biomass Bioenergi., 10, 367-375.
- Shofiyanto, M. Edy. 2008. *Hidrolisa Tongkol Jagung Oleh Bakteri Selulolitik Untuk Produksi Bioetanol Dalam Kultul Campuran.* Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor.
- Sjostrom, E..1995. *Kimia Kayu: Dasar-Dasar dan Penggunaan*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Suharto.1995. *Bioteknologi dalam Dunia Industri.* Edisi I. Yogyakarta: Penerbit Andi Offset. Hal. 18, 23, 25-27, 40-41, 122-125
- Sun, Y., Cheng, J., 2002. *Hydrolysis Of Lignocellulosic Materials for Ethanol Production: A Review.* Bioresource Technol., 83, 1-11.
- Suprpto, H.S. Dan Rasyid, M.S.. 2002. *Bertanam Jagung.* Penebar Swadaya, Jakarta.

- Susilowati. 2011. *Pemanfaatan Tongkol Jagung sebagai Bahan Baku Bioetanol dengan Hidrolisis H_2SO_4 dan Fermentasi *Saccharomyces cerevisiae**. Fakultas Teknik UNDIP. Semarang.
- Taherzadeh, M.J. Dan Karimi, K. 2007. *Acid-Based Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocellulosic Materials:A Review*. Bioresource. 2, 707-738.
- Tjokroadikoesoemo, S.. 1986. *HFS dan Industri Ubi Kayu Lainnya*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Tjokrowisastro,E.H., Dkk, 1990, Teknik Pembakaran Dasar Dan Bahan Bakar. Diktat ITS-Surabaya
- Trisanti Anindyawati. 2009. *Prospek Enzim dan Limbah Lignoselulosa untuk Produksi Bioetanol*.Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI.Bogor.
- Universitas Sumatera Utara. *Pembuatan Bioetanol dari Ubi Singkong*.<http://Repository.Usu.Ac.Id/Bitstream/123456789/17761/4/Chapter%20II.Pdf>
- Wijaya, I Made Anom Sutrisna. *Potensi Nira Kelapa sebagai Bahan Baku Etanol*. Universitas Udayana.