

PEMANFAATAN SERAT KELAPA SAWIT UNTUK PEMBUATAN GASOHOL (PREMIUM-BIOETANOL) DENGAN *PRETREATMENT LIGNOCELULOTIC MATERIAL* DAN FERMENTASI DENGAN MENGGUNAKAN RAGI TAPE DAN NPK

Utilization of Palm Oil Fiber for Making Gasohol (Premium-Bioethanol) with Pretreatment of Lignocelulotic Material and Fermentation Using Yeast Tape and NPK

Lailan Ni'mah ^{1*}, Abdul Ghofur ², Achmad Kusairi Samlawi ²

¹ Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Jalan A. Yani Km 36 Banjarbaru, Indonesia

² Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, Jalan A. Yani Km 36 Banjarbaru, Indonesia

*Surel korespondensi: lailan.nimah@unlam.ac.id ; lailan.nimah@gmail.com

Abstract. Oil palm fiber is the solid waste of oil palm plantations where are widely available but has not been used well in Indonesia. Palm fibers containing 57.9% cellulose, 18% lignin, and hemicellulose hydrolysis containing 14.94%, so its is potential to be used as a raw material for the production of renewable energy that is bioethanol. Before fermentation for ethanol production, hydrolyzed lignocelulotic materials necessary to convert cellulose into sugars. Some processes are carried out in this study that is the process of pretreatment, hydrolysis, neutralization, and fermentation. This study aims to determine the effect of alkaline pretreatment, determine the optimum temperature hydrolysis process and determine the contents of ethanol. Pretreatment with NaOH concentration (2% w/v) soaked for 24 hours with a hot plate stirrer. The solids are mixed with distilled water until concentration (5% w/v). Then the solids are mixed with a solution of H₂SO₄ (2% v/v) to 500 mL and hydrolyzed for 120 minutes with the variation of temperature of 115°C, 120°C, 125°C using the auto clave. The hydrolyzate is neutralized with 1 N NaOH to pH 5 and analyzed the total sugar content by the Luff-Schoorl method. The highest total sugar content resulting in variations in temperature of 120°C which is equal to 9.69% (v/v). The hydrolyzate was fermented for 3 days with yeast tape and NPK nutrients in a glass jar that has been sterilized using auto clave. Bioethanol Contents was tested with Gas Chromatography and obtained bioethanol contents at a temperature of 115°C, 120°C and 125°C respectively at 2.741%, 2.858%, and 2.772%. Based on X-Ray difraction, the characteristic peak of cellulose fibers palm oil increased before pretreatment Crystallinity Index 42.30%, 49.15% after alkaline pretreatment, which means generating more alkaline pretreatment of cellulose conversion than without pretreatment.

Keywords: oil palm fiber, renewable energy, bioethanol, alkaline pretreatment, fermentation

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kedua terbesar penghasil minyak kelapa sawit (kapasitas 17,3 ton pertahun) setelah Malaysia (Dirjen perkebunan, 2007) serta memiliki ladang kelapa sawit yang luas (Departemen Pertanian Indonesia, 2010). Serat dan cangkang biji kelapa sawit adalah salah satu limbah dari pengolahan kelapa sawit, presentase serat dan cangkang biji kelapa sawit masing-masing adalah 13% dan 5,5% dari Tandan Buah Segar (Darnoko, 1992; Samlawi & Ni'mah, 2015).

Serat kelapa sawit sebagai limbah pabrik mengandung lignoselulosa yang cukup tinggi sehingga memiliki potensi yang juga cukup tinggi untuk dikembangkan menjadi sumber energi seperti bioetanol. Konversi bahan lignoselulosa menjadi bioetanol mendapat perhatian penting karena bioetanol dapat digunakan sebagai bahan bakar.

Penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar terus dikembangkan. Menurut Licht (2009) dalam Hermiati (2009), pada tahun 1999 produksi bahan bakar etanol mencapai 4.972 juta galon (setara dengan 18.819 juta liter) dan pada tahun 2008 meningkat menjadi 17.524 juta galon (setara dengan 66.328 juta liter).

Produksi bioetanol dari biomassa adalah salah satu cara untuk mengurangi dampak dari konsumsi minyak bumi dan gas alam serta mengurangi dampak dari limbah ke lingkungan. Bioetanol adalah salah satu bahan yang tepat untuk campuran bahan bakar dalam premium karena bioetanol memiliki *octane number* yang tinggi (Jati, 2011).

Pembuatan bahan-bahan lignoselulosa hingga menjadi etanol melalui empat proses utama: *pretreatment*, hidrolisa, fermentasi, dan terakhir adalah pemisahan serta pemurnian produk etanol (Mosier *et al.*, 2005). Bahan-bahan lignoselulosa

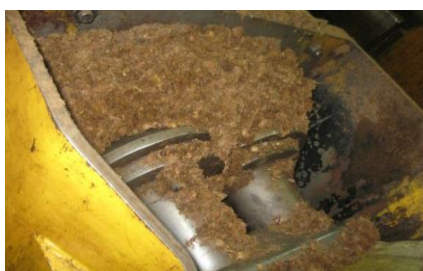
umumnya terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa secara alami diikat oleh hemiselulosa dan dilindungi oleh lignin. Adanya senyawa pengikat lignin inilah yang menyebabkan bahan-bahan lignoselulosa sulit untuk dihidrolisa (Iranmahboob *et al.*, 2002).

Hemiselulosa adalah polisakarida pada dinding sel tanaman yang larut dalam alkali dan menyatu dengan selulosa. Hemiselulosa terdiri atas unit D-glukosa, D-galaktosa, D-manosa, D-xylosa, dan L-arabinosa yang terbentuk bersamaan dalam kombinasi dan ikatan glikosilik yang bermacam-macam (McDonald *et al.*, 2002).

Lignin adalah molekul kompleks yang tersusun dari unit phenylpropane yang terikat di dalam struktur tiga dimensi. Lignin adalah material yang paling kuat di dalam biomassa. Lignin sangat resisten terhadap degradasi, baik secara biologi, enzimatik, maupun kimia. Karena kandungan karbon yang relative tinggi dibandingkan dengan selulosa dan hemiselulosa, lignin memiliki kandungan energi yang tinggi.

1.1 Serat Kelapa Sawit

Limbah padat industri pengolahan kelapa sawit terdiri atas tandan kosong kelapa sawit (20-30%), serat (10-20%) dan tempurung cangkang (7-9%) (Naibaho, 1996). Limbah padat dari kegiatan pertanian seperti jerami, serbuk gergaji kayu, tandan kelapa sawit, batang dan bonggol jagung, serta bagas tebu tersusun oleh lignoselulosa. Lignoselulosa memiliki komposisi selulosa 45% dari berat kering bahan, hemiselulosa 25-30%, dan sisanya lignin (Daud & Rosdanelli, 2004). Serat kelapa sawit yang dihasilkan dari industri limbah kelapa sawit disajikan pada Gambar 1.

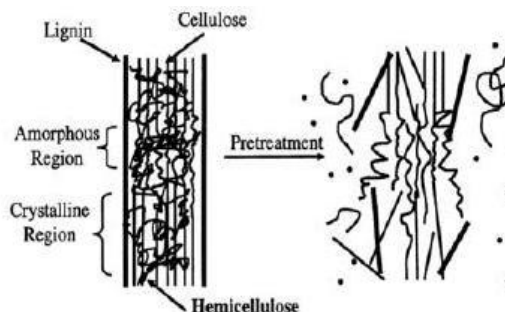


Gambar 1. Serat kelapa sawit

1.2 Proses Pretreatment

Tujuan dari *pretreatment* adalah membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah diakses oleh enzim yang memecah polimer sakarida menjadi monomer gula. *Pretreatment*

menyediakan akses yang lebih mudah untuk enzim sehingga akan mengalami peningkatan hasil glukosa dan xilosa. Tujuan *pretreatment* secara skematis ditunjukkan oleh Gambar 2 (Mosier *et al.*, 2005).



Gambar 2. Skema tujuan *pretreatment* biomassa lignoselulosa

1.3 Proses Fermentasi Menggunakan Ragi dan NPK

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 CO₂, mikroorganisme yang sering digunakan untuk proses fermentasi adalah ragi *Saccharomyces cerevisiae* (Joeh 1998).

Faktor yang berpengaruh dalam proses fermentasi adalah suhu, derajat keasaman, dan waktu fermentasi. Suhu yang baik untuk fermentasi antara 30°C sampai 33°C, karena kecepatan fermentasi akan bertambah sesuai dengan kenaikan suhu hingga suhu optimum. Pada umumnya pH untuk fermentasi buah-buahan atau pembentukan sel khamir dibutuhkan keasaman optimum antara 3,0 – 5,0. Di luar itu, pertumbuhan mikroba akan terganggu. Untuk mengatur pH dapat digunakan NaOH untuk menaikkan dan asam nitrat untuk menurunkan pH. pH optimum untuk proses fermentasi berkisar antara 4,5 sampai 5. Kondisi ini cocok bagi *S. cerevisiae* untuk tumbuh dan berkembang baik. Pada pH 3,0 proses fermentasi akan berkurang kecepatannya. Tergantung pada konsentrasi, komposisi gula, pH, dan suhu fermentasi. Pada umumnya diperlukan waktu 3 – 20 hari untuk memperoleh hasil fermentasi yang sempurna. (Ansory, 1992; Gumbira, 1987; Tjokroadikoesoemo, 1986).

Menurut Kirsop & Hilton dalam Hermawan *et al.* (2000), selain pH, suhu, dan waktu fermentasi, *S. cerevisiae* juga memerlukan nutrisi sebagai sumber nitrogen, vitamin dan mineral untuk pertumbuhan dan pengembangbiakan. Menurut Juwita *et al.* (2010), unsur C ada pada karbohidrat, unsur N dengan penambahan pupuk mengandung nitrogen, unsur P dengan penambahan pupuk fosfat NPK, TSP dan lain-lain (Rahayu, 2012).

2. METODE

Limbah serat kelapa sawit diperoleh dari PT PN CPO (*Crude Palm Oil*) Pelaihari, Kalimantan Selatan. *Prerreatment* serabut kelapa sawit dan netralisasi hidrolisat dilakukan di Laboratorium Operasi Teknik Kimia Program Studi Teknik Kimia, sedangkan hidrolisis dan fermentasi di Laboratorium Fitopatologi Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat Banjarbaru.

2.1 Persiapan Bahan

Serabut kelapa sawit kering yang didapat langsung dari limbah industri pengolahan CPO dikeringkan terlebih dahulu pada suhu 80°C selama 3 jam. selanjutnya didinginkan di desikator. kemudian dipotong dengan ukuran kecil-kecil 0,5-1 cm dan dihaluskan lagi menggunakan blender kemudian ditimbang sebanyak 90 gram.

2.2 Pretreatment Basa (Delignifikasi)

Perlakuan awal basa Padatan NaOH ditimbang sebanyak 10 gram dan dilarutkan sampai 500 ml akuades dalam gelas beaker (a) (2% w/v) dan dimasukkan serabut kelapa sawit sebanyak 90 gram kemudian perendaman didiamkan selama 24 jam dan ditutup pada bagian atasnya dengan aluminium foil dan cling wrap. Perlakuan awal untuk asam, larutan H₂SO₄ 95% sebanyak 10,5 ml diambil dan dimasukkan ke gelas beaker (b) lalu akuades ditambahkan kedalamnya sebanyak 489,5 ml (2% v/v) dan dimasukkan potongan-potongan serabut kelapa sawit dimasukkan ke dalam kedua gelas tersebut masing-masing 90 gram dan ditutup pada bagian atasnya dengan aluminium foil dan cling wrap kemudian dilakukan pemanasan yang disertai dengan pengadukan menggunakan *Hot plate stirrer* dengan suhu operasi 100°C selama 60 menit dan selanjutnya diambil padatnya dengan kertas saring dan ditimbang lagi. Setelah dilakukan perlakuan awal serabut itu disaring, diambil serabutnya dan dimasukkan ke dalam oven selama

4 jam dengan suhu 80°C lalu didinginkan pada suhu kamar beberapa saat.

2.3 Proses Hidrolisis Asam

Padatan hasil delignifikasi diambil sebanyak 25 gram dalam 500 ml (5% w/v) dan dimasukkan ke dalam gelas erlenmeyer dan dicampurkan dengan larutan H₂SO₄ (2% v/v) kemudian dilakukan proses hidrolisis selama 120 menit pada suhu 115°C, 120°C dan 125°C. Produk yang diperoleh kemudian didinginkan sampai suhu kamar.

2.4 Proses Netralisasi

Padatan dan cairan dipisahkan dengan menggunakan kertas saring. Hidrolisat diambil dan dibagi ke dalam 3 buah erlenmeyer masing masing di isi dengan hidrolisat sebanyak 100 ml. Kemudian tiap erlenmeyer ditambahkan NaOH 1 N hingga pH hidrolisat mencapai 5.

2.5 Proses Sterilisasi

Botol kaca yang akan dijadikan tempat fermentasi di sterilisasi dengan autoclave pada suhu 121°C selama 45 menit.

2.6 Proses Fermentasi

Produk yang telah didinginkan dalam gelas beaker masing-masingnya ditutup aluminium foil dan cling wrap, kemudian ragi tape kering ditambahkan kedalam hidrolisat dimana penambahannya sebanyak 0,23% total gula dan ditambahkan NPK sebagai sebanyak 0,06% total gula. Inkubasi dilakukan di dalam erlenmeyer 250 ml menggunakan Botol kaca dengan shaker kecepatan 128 rpm pada 24 jam pertama. Erlenmeyer ditutup dengan cling wrap dan aluminium foil. Dan didiamkan selama 48 jam.

2.7 Analisis dan Karakterisasi

Kandungan glukosa dianalisis dengan Metode Luff-Schoorl (SNI 01-2891-1992). SEM (*Scanning Electron Microscope*) dilakukan untuk mengetahui struktur dan morfologi sampel sebelum dan sesudah *treatment*. XRD (*X-Ray Diffraction*) dilakukan untuk mengetahui struktur kristal dari sampel sebelum dan sesudah *treatment*. Kandungan bioethanol dianalisis dengan menggunakan Gas *Chromathography* (GC).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakterisasi Serat Kelapa Sawit Sebelum dan Sesudah *Pretreatment* Basa

Serat sawit yang telah dan sebelum di-*pretreatment* dapat dikarakterisasi dengan menggunakan analisa XRD (*X-Ray Diffraction*). Analisa XRD (*X-Ray Diffraction*) dilakukan untuk mengetahui struktur kristal selulosa dan mengetahui *Crystallinity Index* (Crl) serat sawit sebelum dan sesudah *pretreatment*. Serat kelapa sawit mengandung selulosa di dalam struktur penyusunnya, (memiliki) karakteristik peak $2\Theta = 18,7^\circ$ (selulosa I), $22,4^\circ$ (selulosa II) (Yu *et al.*, 2008). Pada Tabel 1 disajikan intensitas serat kelapa sawit pada peak $18,7^\circ$ dan $22,4^\circ$.

Tabel 1. Karakteristik serat kelapa sawit sebelum dan sesudah *pretreatment* dengan metode analisa XRD

Sampel	Karakteristik Peak		Crl (%)
	Amorph ($18,7^\circ$)	Kristal ($22,4^\circ$)	
No Treatment	150	260	42,30
<i>Pretreatment</i> Basa	150	295	49,15

Struktur serat kelapa sawit sebelum dan sesudah *pretreatment* berubah karena terjadi perubahan komponen amorph (hemiselulosa dan lignin) pada serat kelapa sawit menjadi kristal (selulosa). Terdapat kenaikan derajat kristalinitas dari serat sawit sebelum di-*pretreatment* dan sudah di-*pretreatment* (Tabel 1). Hal ini karena kandungan lignin dan hemiselulosa hilang, setelah proses *pretreatment*, sehingga nilai *crystallinity index* menaik. Pada *crystallinity index* serat kelapa sawit sebelum *pretreatment* adalah 42,30% dan setelah proses *pretreatment* basa 49,15%. *Pretreatment* basa (delignifikasi) dengan larutan 2% NaOH dapat menyerang dan merusak struktur lignin pada serat kelapa sawit, mengubah struktur amorph menjadi kristal serta melarutkan lignin dan hemiselulose, dan menyebabkan pengembangan pada struktur selulose sehingga dapat meningkatkan intensitas atau struktur kristalin dari serat kelapa sawit tersebut (Gunam *et al.*, 2010).

3.2 Pengaruh Suhu terhadap Kadar Gula Hasil Hidrolisis

Hidrolisis asam dilakukan terhadap serat kelapa sawit sesudah *pretreatment* dengan H_2SO_4

2% (Gambar 3). Proses hidrolisis pada penelitian ini menggunakan variasi suhu yaitu : $115^\circ C$, $120^\circ C$ dan $125^\circ C$. Tujuan dari variasi suhu ini adalah untuk mengetahui suhu optimal pada hidrolisis. Hidrolisis ini sendiri menggunakan asam H_2SO_4 dengan konsentrasi 2% (v/v) dengan waktu hidrolisis selama 2 jam. Hasil hidrolisis yang diambil adalah cairan hidrolisat, yang kemudian dianalisa dengan metode *luff-school*.

Kadar gula yang didapat pada hidrolisat serat kelapa sawit sebelumnya dilakukan *pretreatment* basa dengan hidrolisis pada suhu $115^\circ C$, $120^\circ C$ dan $125^\circ C$ adalah 9,21% (v/v), 9,69% (v/v) dan 9,40% (v/v).

Tabel 2. Hasil analisis gula metode *Luff-School*

No.	Perlakuan Awal	Suhu ($^\circ C$)	Kadar Gula Total (%)
1	Basa	115	9,21
2	Basa	120	9,69
3	Basa	125	9,40



Gambar 3. Hidrolisis serat kelapa sawit

Menurut Osvaldo Zs dkk (2012) proses hidrolisis terbaik terdapat pada temperatur $121^\circ C$ dengan konsentrasi asam 2%. Hal ini membuktikan bahwa kadar gula yang terbaik dihasilkan dari hidrolisis asam yang telah di-*pretreatment* basa pada suhu $120^\circ C$. *Pretreatment* basa mengalami kenaikan kadar gula ketika terjadi kenaikan

temperatur. Temperatur hidrolisis berhubungan dengan laju reaksi. Semakin tinggi temperatur hidrolisis, semakin cepat hidrolisis berlangsung. Hal ini disebabkan oleh konstanta laju reaksi meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur operasi dan akan semakin memperbesar konversi yang dicapai sampai ke titik optimumnya. Akan tetapi pada suhu 125° C kadar gula yang dihasilkan menurun. Hal ini dikarenakan proses hidrolisis telah mencapai suhu optimum 120° cenderung akan menurun apabila suhunya lebih tinggi dibanding suhu optimumnya. Selain itu, selulosa yang seharusnya terhidrolisis menjadi glukosa apabila suhunya lebih dari suhu optimum, akan terdegradasi menjadi senyawa lain yakni furfural dan hidroksimetilfurfural, dan bereaksi lebih lanjut membentuk asam formiat, sehingga menyebabkan kadar glukosa menurun (Mussatto & Roberto, 2004; Palmqvist and Hahn-Hägerdal, 2000).

3.3 Fermentasi Hasil Hidrolisis Serat Kelapa Sawit

Fermentasi alkohol adalah penguraian karbohidrat menjadi etanol dan CO₂ yang dihasilkan oleh aktifitas suatu jenis mikroba yang disebut khamir dalam keadaan *anaerob* (Prescott & Dunn, 1959). Mikroba pada penelitian ini adalah mikroba yang terdapat pada ragi tape, yakni bakteri *S. cerevisiae*. Mikroba ini dapat digunakan untuk mengkonversi gula menjadi etanol dengan kemampuan konversi yang baik (I Nyoman, 2011) tahan terhadap kadar etanol dan temperatur tinggi serta pH yang rendah (Suyandra, 2007). Fermentasi dilakukan selama tiga hari untuk melihat kadar bioetanol yang dihasilkan.

Hidrolisat yang dihasilkan dari proses hidrolisis pada suhu 115°C, 120°C dan 125°C dilakukan netralisasi dilakukan dengan NaOH konsentrasi 1 N. Netralisasi dilakukan untuk menyesuaikan kondisi perkembangbiakan mikroba yang berupa *S. cerevisiae*; pH optimum pertumbuhan *S. cerevisiae* berkisar 4,5 – 5,5. Kadar gula hidrolisat yang sebelumnya dilakukan *pretreatment* basa adalah 9,21% (v/v), 9,69% (v/v), 9,40% (v/v). Larutan hidrolisat yang sudah diketahui kadar gulanya difermentasi menggunakan ragi tape; penambahannya sebanyak 0,23% total gula dan ditambahkan NPK sebagai campuran sebanyak 0,06% total gula. Hasil dari fermentasi selama 3 hari

dianalisa dengan metode gas kromatografi. Uji ini untuk mengetahui kadar bioetanol yang diperoleh dari hasil fermentasi secara akurat. Berikut adalah data hasil uji bioetanol yang disajikan dengan gambar dan tabel hasil uji.

Tabel 3. Hasil analisa kadar etanol pada bioetanol dengan metode gas kromatografi

Sampel	Pretreatment	Temperatur	Kadar etanol (%)
1	Basa	115	2,741
2	Basa	120	2,858
3	Basa	125	2,772

Tabel 4. Hasil uji gas kromatografi fermentasi selama 3 hari larutan hidrolisat pada suhu 115°C *pretreatment* basa

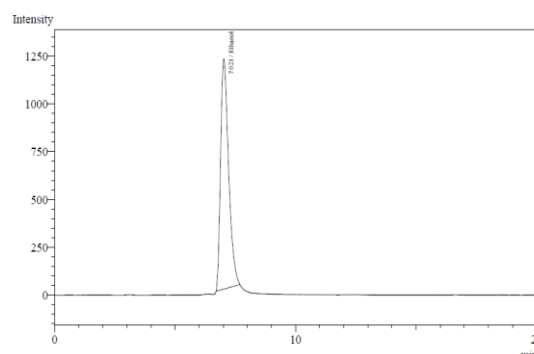
Peak	Ret. Time	Area	Height	Conc	Unit	Name
1	7,021	27771	1203	2,741	%	Etanol
Total		27771	1203			

Tabel 5. Hasil Uji Gas Kromatografi fermentasi selama 3 hari larutan hidrolisat pada suhu 120°C *pretreatment* basa

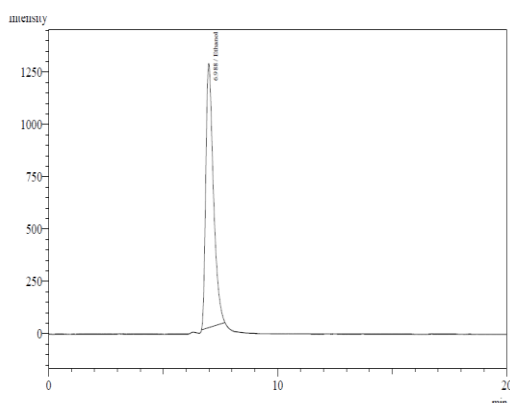
Peak	Ret. Time	Area	Height	Conc	Unit	Name
1	6.988	29200	1262	2,858	%	Etanol
Total		29200	1262			

Tabel 6. Hasil uji gas kromatografi fermentasi selama 3 hari larutan hidrolisat pada suhu 125°C *pretreatment* basa

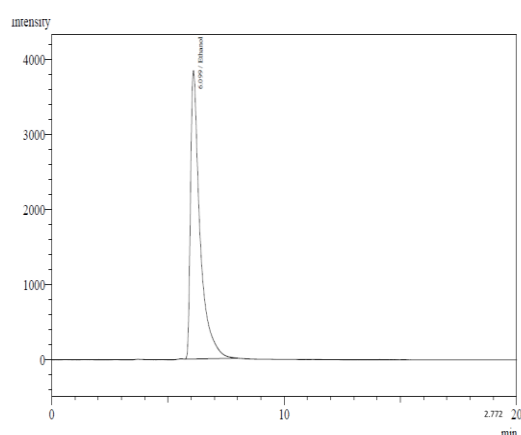
Peak	Ret. Time	Area	Height	Conc	Unit	Name
1	6.897	28700	1235	2,772	%	Etanol
Total		28700	1235			



Gambar 4. Hasil uji gas cromathography fermentasi selama 3 hari larutan hidrolisat pada suhu 115°C *pretreatment* basa



Gambar 5. Hasil uji gas kromatografi fermentasi selama 3 hari larutan hidrolisat pada suhu 120°C pretreatment basa



Gambar 6. Hasil uji gas cromathography fermentasi selama 3 hari larutan hidrolisat pada suhu 125°C pretreatment basa

4. SIMPULAN

Proses *pretreatment* memegang peranan yang sangat penting dan berperan besar dalam suatu usaha pendegradasian lignin pada proses pembuatan etanol dari bahan baku berlignoselulosa khususnya adalah serat kelapa sawit. Dari hasil *pretreatment* terlihat bahwa treatment sangat perlu dilakukan untuk merobek lignin pada serat kelapa serta membuat struktur yang amorph menjadi kristal (perhitungan *Crystallinity index* sehingga didapat nilai CrI).

Suhu terbaik untuk hidrolisis pada *pretreatment* dengan basa yang menghasilkan kadar gula terbesar adalah 120 °C dengan kadar etanol 2,858% (v/v) dan kandungan gula 9,69% (v/v).

Kadar etanol yang dihasilkan dari *pretreatment* basa pada suhu 115 °C, 120 °C, dan 125 °C adalah 2,741%, 2,858%, dan 2,772% berturut-turut.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Choudhury, J.P., Rahman, S.H.A., Ahmad, A.L. & Kamaruddin, A.H. (2007), Optimization studies on acid hydrolysis of oil palm empty fruit bunch fiber for production of xylose. *Bioresource Technology* 98:554–559.
- Darnoko. (1992). Potensi Pemanfaatan Limbah Lignoselulosa Kelapa Sawit Melalui Biokonversi, *Berita Pen. Perkeb.* 2:85-97.
- Daud, W. R. W. & Rosdanelli, (2006), Through drying of oil palm empty fruit bunches (EFB) fiber using superheated steam. M.A. Silva, S.C.S. Rocha & A.M. Mujumdar. (Eds.), 2027-2034.
- Groggins, P. H. (1998). *Unit Process in Organic Syntetic*. 6 ed. Tokyo: Mc Graw-Hill,Ltd.
- Harimurti, N. (2010). Potensi Limbah Kulit Kakao (*Theobroma cacao L*) sebagai Bahan Baku Bioetanol Generasi II. *Prosiding Seminar Nasional Mekanisasi Pertanian*, Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Perhimpunan Teknik Pertanian, Serpong.
- Holtzaple, M. T., Davidson, R., Jr, & Granda, C. B. (2004). Methods And System For Pretreatment And Processing Of Biomass. *US Patent No. 2004/0168960 A1*.
- Iranmahboob, J., Nadim, F. & Monemi, S. (2002). Optimizing acid-hydrilysis: a critical step for production of etanol from mixed wood chips. *Biomass and Bioenergy*, 401-404.
- Jati, S. (2011). *Kinetic of Dilute-Acid Hydrolysis Of Biologically Pre-Treated Oil Palm Empty Fruit Bunches (OPEB) For Bio-Etanol Production*. Thesis. Yogyakarta: Gadjah Mada University.
- Karimi, K., Kheradmandinia, S. & Taherzadeh, M.J., (2006). Conversion of rice straw to sugars by dilute-acid hydrolysis. *Biomass and Bioenergy* 30:247-253.
- Kusnadi & Syulasmii, A. (2009). *Pemanfaatan Sampah Organik Sebagai Bahan Baku Produksi Bioetanol Sebagai Energi Alternatif*. Bandung Patent Application.
- Mosier, N., Wyman, C., Dale, B., Elander, R., M., Holtzaple, Y. L. & Ladish, M. (2005). Features of promising technologies for pre treatment of lignosellulosic biomass, *bioresour. Technology*, 673-686.
- Mussatto, S.I. & Roberto, I.C. (2004). Alternatives for detoxification of dilute-acid lignocellulosic hydrolyzates for use in fermentative process. *Bioresource Technology*, 93, 1-10.
- Ni'mah, L. (2014). Biogas From Solid Waste of Tofu Production and Cow Manure Mixture: Composition Effect. *Jurnal CHEMICA*, Jurnal Teknik Kimia,1 (1):1-9. <http://journal.uad.ac.id/index.php/CHEMICA/article/view/500>
- Oswaldo. S.P. & Faizal, M. (2012). Pengaruh Konsentrasi Asam dan Waktu pada Proses Hidrolisis dan Fermentasi pembuatan Bioetanol dari Alang-alang. *Teknik Kimia*, 18, 56-57.

- Samlawi, A.K. & Ni'mah, L. (2015). Utilization Fibers and Palm Kernel Shells and Tapioca Adhesive as Matrix in the Manufacture of Composite Boards as an Alternative Raw Material in Furniture Industry. *International Journal of ChemTech Research*, 8(4):1645-1655. www.sphinxesai.com. [http://sphinxesai.com/2015/ch_vol8_no4/2/\(1645-1655\)V8N4.pdf](http://sphinxesai.com/2015/ch_vol8_no4/2/(1645-1655)V8N4.pdf)
- Sun, Y. & Cheng, J. (2002). Hydrolysis of lignocellulosic material for ethanol production: A review. *Bioresource Technology*.
- Taherzadeh, M. J. & Karimi, K. (2007). Process for ethanol from lignocellulosic materials 1: Acid-based hydrolysis processes. *BioResources* 2, 472-499.
- Zhou, W. (2009). The Structure Characterization of Cellulose Xanthogenate Derived from The Straw of *Eichhornia crassipes*". *Bioresource Technology* 100, 5366-5369.

