



**PAPER – OPEN ACCESS**

## Konversi Oil Palm Frond (OPF) Sebagai Bahan Baku Bioetanol Dengan Proses Pretreatment Organosolv dan Hidrolisa Asam

Author : Saisa Saisa dkk.,  
DOI : 10.32734/st.v2i1.315  
Electronic ISSN : 2654-7082  
Print ISSN : 2654-7074

*Volume 2 Issue 1 – 2018 TALENTA Conference Series: Science & Technology (ST)*



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).

Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



# Konversi *Oil Palm Frond* (OPF) Sebagai Bahan Baku Bioetanol Dengan Proses *Pretreatment Organosolv* dan Hidrolisa Asam

Saisa<sup>a,b\*</sup>, Husni Husin<sup>c</sup>, Mahidin<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Serambi Mekkah, Banda Aceh Indonesia

<sup>b</sup>Mahasiswa Doktor Ilmu Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, Medan Indonesia

<sup>c</sup>Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh Indonesia

<sup>a</sup>saisa@serambimekkah.ac.id

## Abstrak

Penelitian ini menggunakan pelepah sawit sebagai sumber holoselulosa yang dikonversi menjadi bahan baku bioetanol (gula total). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari proses *pretreatment organosolv* berpelarut etanol dan hidrolisa asam terhadap konversi pelepah sawit menjadi gula. Proses pembuatan gula dari pelepah sawit diawali dengan melakukan proses delignifikasi dan dilanjutkan dengan proses hidrolisa. Proses delignifikasi berlangsung pada kondisi dengan variasi konsentrasi etanol 35%, 55%, 75%, dan 90% v/v temperatur 100 dan 120°C dan waktu reaksi 60 dan 90 menit. Selanjutnya untuk proses hidrolisa menggunakan asam sulfat dengan variasi konsentrasi 1%, temperatur 60, 70, 80, 90 dan 100°C dan waktu reaksi 15, 30, 45, 60 dan 75 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi delignifikasi dengan konsentrasi C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH 75%, temperatur 120 °C, selama 60 menit, serta 1% katalis (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dan pada kondisi hidrolisa H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1%, waktu 30 menit, dan temperatur 90 °C diperoleh *yield* total gula tertinggi sebesar 93,65 mg/L.

**Kata kunci:** pelepah sawit, bahan lignoselulosa, delignifikasi, hidrolisis, *feedstock* bioethanol

## 1. Pendahuluan

Biomassa lignoselulosa terdapat pada jenis tanaman apapun, dan biasanya diperoleh dari limbah perkebunan atau pertanian. *Oil palm frond* (OPF) atau pelepah kelapa sawit merupakan salah satu jenis bahan lignoselulosa yang banyak dihasilkan dari suatu perkebunan kelapa sawit dan belum dimanfaatkan secara optimal apalagi sebagai bahan bakar alternatif. Dalam setiap hektarnya dapat dihasilkan berat kering pelepah sawit sebanyak 1.640 kg [1]. Pelepah sawit memiliki kandungan holoselulosa yang cukup tinggi yaitu 83,5% dan pelepah sawit dapat dipanen 1-2 pelepah/pohon sepanjang tahun bersamaan dengan panen tandan buah segar [2]. Hal ini menjadikan OPF berpotensi untuk diolah menjadi bioetanol.

Berbagai penelitian telah dilakukan dalam memproduksi bioetanol, baik itu dari bahan berpati, molasses, sari buah maupun dari biomassa lignoselulosa. Ishola [3] telah berhasil memproduksi 85% etanol berbaku baku *spruce chips* (Sejenis pohon cemara dari hutan Swedia), selanjutnya Swain & Krishnan [4] telah mengkonversi jerami padi menjadi bioetanol dengan menggunakan *Candida Tropicalis* sebagai media fermentasi dan menghasilkan *yield* hingga 98%. Pada waktu yang sama pula Liu [5] telah memproduksi *feedstock* bioetanol dari ampas tebu yang dikenal dengan “*bagass*” dengan nilai konversi hingga 99,51%. Namun produksi bioetanol dari OPF belum ada studi yang melakukannya, sehingga peneliti mencoba melakukan studi dengan mempelajari melalui pendekatan-pendekatan dengan komposisi material yang memiliki kemiripan.

OPF merupakan limbah perkebunan yang sangat jarang dimanfaatkan oleh masyarakat, terutama masyarakat Aceh yang tinggal disekitar perkebunan seperti di kawasan Barat Selatan Aceh, Langsa, Aceh Tamiang dan Kabupaten Aceh Utara yang merupakan sentra produksi kelapa sawit dengan luas lahan keseluruhan hingga 393.000 Ha [6]. OPF dalam penelitian ini direncanakan akan diperoleh dari kawasan perkebunan PT. Fajar Baizuri & Brother dan PT. Scofindo di Kabupaten Nagan Raya, Propinsi Aceh. Bioetanol yang dihasilkan dan telah diuji dan dianalisa sesuai

standar pemakaiannya dalam bahan tambahan dalam bahan bakar diharapkan dapat diaplikasikan langsung untuk mobilitas masyarakat di Kabupaten Nagan Raya [7].

Pada penelitian ini akan dilakukan proses *pretreatment* dan hidrolisa terhadap bahan baku (pelepah sawit). Proses *pretreatment* melibatkan proses fisik (*physical pretreatment*) dan proses kimia (*chemical pretreatment*) pada bahan baku (pelepah kelapa sawit). Pada proses ini akan dihasilkan holoselulosa dari pelepah sawit yang selanjutnya akan dihidrolisa. Proses hidrolisa holoselulosa (hasil dari *pretreatment* OPF) dilakukan dengan menggunakan asam sulfat encer ( $H_2SO_4$ ) yang akan menghasilkan glukosa dan gula-gula sederhana lainnya (sebagai *feedstock* bioetanol) dan selanjutnya akan difermentasi untuk menghasilkan bioetanol.

## 2. Metode Penelitian

Limbah lignoselulosa merupakan bahan baku generasi kedua dalam produksi bioetanol. *Oil Palm Frond (OPF)* adalah limbah biomassa yang dihasilkan dari perkebunan kelapa sawit, yang diperoleh dari Kabupaten Nagan Raya. Kegiatan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Universitas Syiah Kuala dan Laboratorium Teknik Kimia Universitas Serambi Mekkah.

### 2.1. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah peralatan-peralatan gelas, Termometer, Timbangan Analitik, Kertas saring, Pipet volume, pH Meter, pH indikator, Autoclave, shaker, incubator, screening, ball mill, Hot Plate, HPLC (Shimadzu), XRD (Shimadzu XRD 600 X-ray diffractometer), SEM (Scanning electron microcope) Philips XL-30 dan Oven.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah OPF, ekstrak yeast,  $(NH_4)_2SO_4$ ,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $K_2HPO_4$ ,  $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ , aquadest, Etanol ( $C_6H_5OH$ ), Glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ), Natrium Hidroksida (NaOH), enzim selulase,  $\beta$ -glukosidase, *saccharomyces cerevisiae*, Urea ( $CO(NH_2)_2$ ).

### 2.2. Variabel Penelitian

#### 2.2.1. Variabel Tetap

- Kondisi pengeringan OPF ( $105\ ^\circ C$ ,  $\pm 36$  jam; kandungan air konstan )
- Ukuran partikel OPF (250 mesh)
- Konsentrasi Asam Sulfat 1% (Katalis Organosolv pretreatment)

#### 2.2.2. Variabel Berubah

- Organosolv pretreatment**
  - Waktu Operasi (60, 120, 180, 240 menit)
  - Konsentrasi Etanol (35,55, 75, 90 %v/v)
  - Temperatur (100, 120, 150 dan  $180\ ^\circ C$  )
- Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)**  
Waktu Fermentasi (24, 36, 72 dan 96 jam)

### 2.3. Prosedur Penelitian

#### 2.3.1. Prosedur Pretreatment

Tahap *physical pretreatment* OPF yang telah dikeringkan, selanjutnya dihancurkan dengan *blender* untuk mendapatkan ukuran bahan baku 250 mesh. OPF diayak untuk mendapatkan ukuran partikel 250 mesh. OPF yang telah ayak disimpan didalam desikator untuk mempertahankan *level moisture*. Tahap *chemical pretreatment*: Ditimbang OPF sebanyak massa gram tertentu, kemudian didelignifikasi dalam cairan pemasak (etanol) dengan variasi konsentrasi etanol, waktu dan temperatur yang telah ditentukan. Selanjutnya padatan (holoselulosa) dipisahkan dari cairan pemasak dengan menggunakan kertas saring. Padatan (holoselulosa) yang dihasilkan dicuci dengan air panas (*Liquid hot water*) hingga filtratnya jernih. Pulp (holoselulosa) yang telah dicuci selanjutnya dikeringkan didalam oven pada suhu  $105\ ^\circ C$  sampai berat konstan ( $\pm 24$  jam).

### 2.3.2. Prosedur Hidrolisis Enzimatis

OPF yang telah dipretreatment atau tanpa pretreatment kemudian dihidrolisis. Sebanyak 3 gram substrat dan 60 ml natrium sitrat 0,05 M sebagai buffer (pH 4,8) dicampur. Kemudian 0,5 g/l *antibacterial agent* dan enzim hidrolitik ditambahkan ke campuran. Enzim mengandung 30 FPU selulase dan 60 IU  $\beta$ -glukosidase per gram substrat. Selanjutnya, labu atau Erlenmeyer ditutup dengan penyumbat karet butyl dan tutup aluminium dan diinkubasi selama 72 jam pada shaker incubator pada 45 °C dan 120 rpm [8]. Sampel cair diambil setiap waktu pada saat proses hidrolisis dan supernatant dipisahkan dari residu material padatan dengan sentrifugasi (3000 rpm selama 15 menit) dan disimpan pada -20 °C sebelum analisa komposisi gula [9].

### 2.3.3. Proses Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF)

Etanol diproduksi dengan SSF pada suhu 37 °C dan 130 rpm pada kondisi anaerobic selama waktu fermentasi yang divariasikan. Media mengandung 5 g/l ekstrak yeast, 7,5g/l  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , 0,75 g/l  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 3,5 g/l  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , 1 g/l  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dan 50 g/l OPF pretreatment dan tanpa pretreatment yang dipreparasi dalam buffer sitrat 0,05M. pH media diatur pada 5,5 dengan NaOH 1M [8]. Kemudian diautoclave pada 121 °C selama 20 menit. Setelah didinginkan pada suhu kamar, 1 g/l mikroorganisme dipersiapkan bersama dengan 20 FPU celulase dan 30 IU  $\beta$ -glukosidase per gram subtract dan ditambahkan 2.5 g/l Tween 20. Produk fermentasi dianalisa yield etanol yang diperoleh [10].

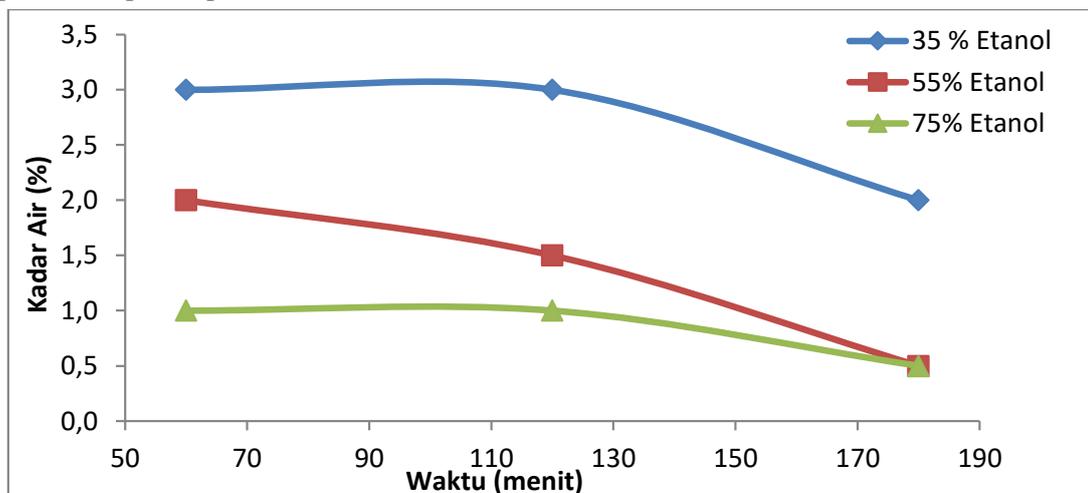
## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Preparasi Bahan Biomassa Oil Palm Frond (OPF)

Persiapan bahan baku bertujuan untuk mempermudah pada saat perlakuan proses, ukuran partikel yang kecil akan memudahkan proses karena memiliki luas permukaan yang besar. Pengecilan ukuran dilakukan dengan menggunakan alat penghancur yang kemudian dilakukan pengayakan. Pengayakan merupakan pemisahan berbagai campuran partikel padatan yang mempunyai berbagai ukuran bahan dengan menggunakan ayakan berukuran mesh. Ukuran partikel *Oil Palm Frond (OPF)* yang digunakan pada penelitian ini adalah 250 mesh.

### 3.2. Analisa Kadar Air

Penetapan kadar air pada pelepah kelapa sawit dilakukan dengan cara metode pengeringan atau metode oven selama 3 jam pada suhu 105 °C. Sedangkan penetapan kadar abu dilakukan dengan menggunakan *furnace* yang dikerjakan pada suhu 210 °C. Kadar air dan kadar abu merupakan komposisi kimia yang harus diketahui didalam bahan pelepah kelapa sawit, karena kadar air dan kadar abu yang tinggi akan mempengaruhi tingginya keberadaan selulosa yang terkandung dibahan *oil palm frond*, pengurangan kadar air dan kadar abu pada berbagai variasi perlakuan seperti ditampilkan pada Gambar 1. berikut ini:

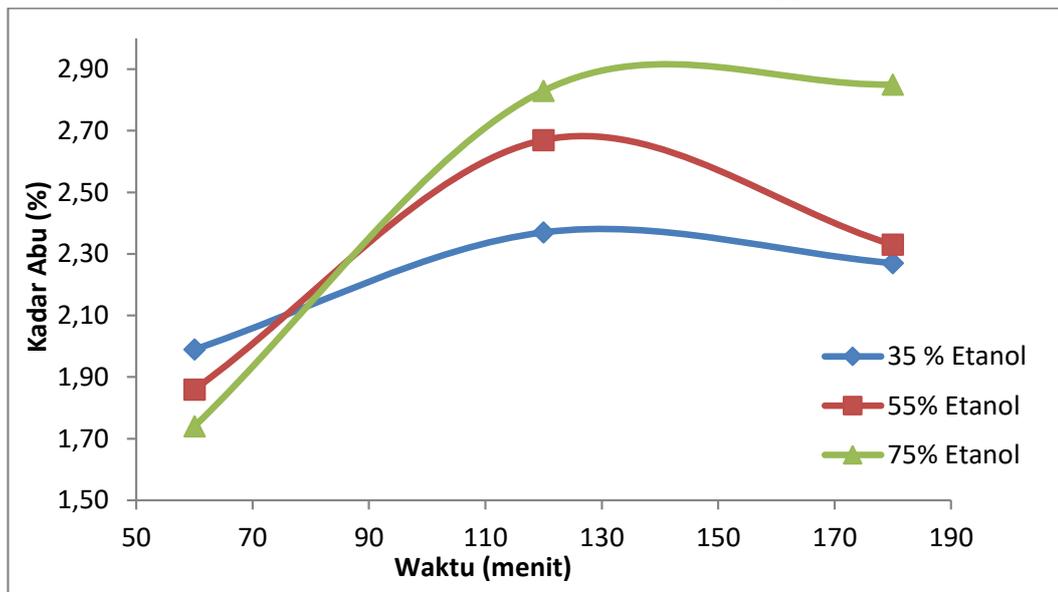


Gambar 1. Penetapan kadar air pada berbagai variasi perlakuan penelitian

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan untuk analisa kadar air dimana variabel pemeriksaan dilakukan pada kondisi waktu 60, 120 dan 180 menit dengan variasi konsentrasi etanol yang dipakai sebagai pelarut yaitu 35 %, 55 % dan 75 %. Kondisi perlakuan dimana kadar air yang dihasilkan sesuai dengan variasi waktu semakin menurun. Hasil terbaik diperoleh pada waktu 180 menit dan kadar etanol 75 %.

### 3.3. Analisa Kadar Abu

Hasil analisa kadar abu dimana hasil yang terbaik juga diperoleh pada kondisi pelarut etanol 75 %. Pengaruh etanol yang digunakan sebagai pelarut pelepas sangat baik diperoleh pada kondisi tertinggi.

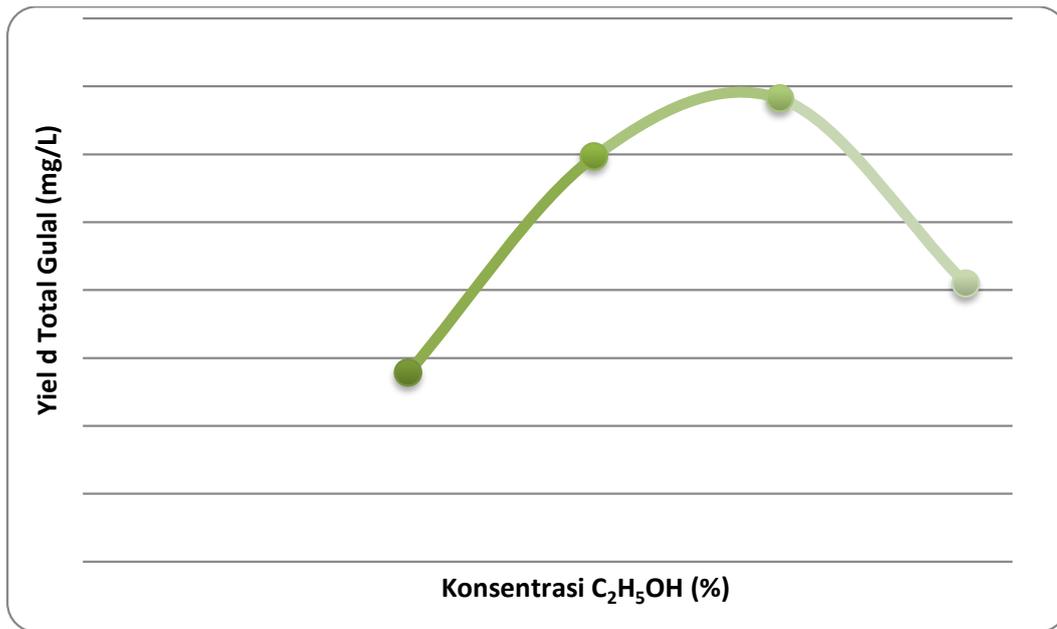


Gambar 2. Penetapan kadar air pada berbagai variasi perlakuan penelitian

### 3.4. Perolehan Total Gula pada Tinjauan Proses Delignifikasi

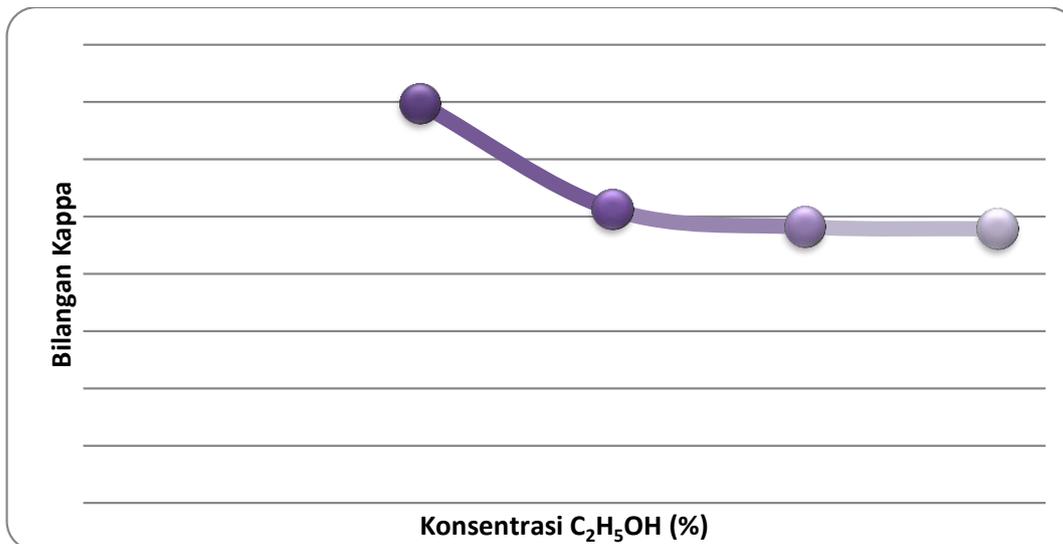
Bahan-bahan lignoselulosa umumnya terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Ketiga komponen tersebut saling terikat kuat akibat dari struktur *amorphous* dan ikatan 1,4- $\beta$  pada selulosa, serta adanya senyawa lignin yang berperan sebagai senyawa yang melindungi selulosa dan hemiselulosa, senyawa inilah yang menyebabkan sulitnya terdegradasi selulosa dan hemiselulosa menjadi monomernya pada peristiwa hidrolisa, untuk itu dibutuhkan *pretreatment* untuk mengurangi senyawa lignin [11].

Dari hasil proses *pretreatment* (delignifikasi) terlihat adanya pengaruh konsentrasi larutan pemasak (etanol) terhadap perolehan total gula, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Perolehan total gula tertinggi adalah sebesar 34,09 mg/L, diperoleh pada kondisi konsentrasi etanol 75%. Peningkatan konsentrasi larutan pemasak (etanol) meningkatkan perolehan total gula. Dari Gambar 3. dapat dilihat peningkatan konsentrasi larutan pemasak (etanol) dari 35% sampai 75% meningkatkan *yield* total gula.



Gambar 3. Grafik hubungan perolehan total gula terhadap tinjauan konsentrasi C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH (%) pada waktu 60 menit

Kenaikan *yield* total gula tersebut juga berhubungan dengan bilangan kappa, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4., bilangan kappa menurun seiring peningkatan konsentrasi etanol. Penurunan bilangan kappa yang cukup signifikan terjadi pada konsentrasi etanol lebih besar dari 35%. Penurunan bilangan Kappa menunjukkan semakin banyaknya lignin yang terurai, sehingga memudahkan degradasi holoselulosa menjadi gula pada proses hidrolisa.



Gambar 3.4 Grafik hubungan bilangan kappa terhadap tinjauan pengaruh konsentrasi C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH (%) pada waktu 60 menit, katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1% dan suhu 100 °C

Dari Gambar 4. juga terlihat penurunan *yield* total gula pada konsentrasi etanol lebih dari 75%. Hal ini dikarenakan pada konsentrasi etanol yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terjadinya reaksi etherifikasi antara selulosa dengan etanol membentuk eter, sehingga mengurangi kadar selulosa yang akan dihidrolisa [12].

Sedangkan menurut Rachmadiyah [13], konsentrasi larutan pemasak etanol yang tinggi pada proses *pretreatment* juga dapat menguraikan beberapa hemiselulosa dalam larutan sehingga mengurangi kadar hemiselulosa untuk dihidrolisa, akibatnya perolehan *yield* total gula menurun [14].

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dengan kondisi proses yang telah diaplikasikan pada penelitian dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi maksimum proses *pretreatment* diperoleh pada konsentrasi  $C_2H_5OH$  75%, temperatur 120 °C selama 60 menit tanpa menggunakan katalis NaOH.
2. Kondisi maksimum pada proses hidrolisa diperoleh pada konsentrasi  $H_2SO_4$  0,5%, temperatur 100 °C selama 45 menit.
3. *Yield* gula total tertinggi diperoleh pada kondisi delignifikasi dengan konsentrasi  $C_2H_5OH$  75%, temperatur 120 °C selama 60 menit tanpa menggunakan katalis NaOH dan kondisi hidrolisa  $H_2SO_4$  1%, temperatur 90 °C selama 30 menit yaitu 93,25 mg/L.

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah memberikan bantuan dana Hibah Penelitian Kerjasama Perguruan Tinggi (PKPT) selanjutnya ucapan terima kasih kepada Universitas Syiah Kuala dan Universitas Serambi Mekkah Banda Aceh yang telah memberikan dukungan dan fasilitas sehingga tercapainya target penelitian ini.

#### Referensi

- [1] Umar, Sayed, 2009. Potensi Perkebunan Kelapa Sawit Sebagai Pusat Pengembangan Sapi Potong Dalam Merevitalisasi Dan Mengakselerasi Pembangunan Peternakan Berkelanjutan. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [2] Hamid, Kamarul Azlan ABD, 2008. Production of Cellulose Fiber Oil Palm Frond Using Steam Explosion Method. *Faculty of Chemical Engineering and Natural Resources*, University of Malaysia, Pahang, pp. 18-24.
- [3] Ishola, M., A. Jahandideh, B. Haidarian, T. Brandberg, M.J. Taherzadeh, 2013, Simultaneous Saccharification, Filtration And Fermentation (SSF): A Novel Method For Bioethanol Production From Lignocellulosic Biomass. *Bioresource Technology Journal* Volume 133: 68-73.
- [4] Swain, M.R. & Krishnan, C., 2015. Improved Conversion Of Rice Straw To Ethanol And Xylitol By Combination Of Moderate Temperature Ammonia Pretreatment And Sequential Fermentation Using *Candida Tropicalis*. *Industrial Crops and Products*, 77, pp.1039–1046.
- [5] Liu, Y.Y., Xu, J.L., Zhang, Y., Liang, C.Y., He, M.C., Yuan, Z.H. & Xie, J., 2016. Reinforced Alkali-Pretreatment for Enhancing Enzymatic Hydrolysis of Sugarcane Bagasse. *Fuel Processing Technology*, 143, pp.1–6.
- [6] Badan Pusat Statistik (BPS) Propinsi Aceh, Aceh Dalam Angka 2014.
- [7] Yan, Fauzi, Ir., dkk., 2005. Kelapa Sawit (Edisi Revisi). Penerbit Penebar Swadaya, Bogor, pp. 142-158.
- [8] Scully, S.M., and J. Orlygsson, 2014. Recent Advances in Second Generation Ethanol Production by Thermophilic Bacteria. *Energies Journal*, Volume 8 pp. 1-30.
- [9] Osvaldo, Z. S., P. Putra S., M. Faisal, 2012. Pengaruh Konsentrasi Asam dan Waktu Pada Proses Hidrolisis dan Fermentasi Pembuatan Bioetanol dari Alang-Alang. *Jurnal Teknik Kimia* No.2 Vol. 18. pp 51-62.
- [10] Wingren, A., Galbe, M. and Zacchi, G., 2003. Techno-Economic Evaluation of Producing Ethanol from Softwood: Comparison of SSF and SHF and Identification of Bottlenecks. *Biotechnol. Progr.* 19(4): 1109-1117.
- [11] Orchidea., Rachmadiyah, Lisa, Febriyanti S., dan Khoir, Lazuardi, 2009. Pengaruh Liquid Hot Water terhadap Perubahan Struktur Sel Bagas. *Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Kimia, ITS*, pp-2-5.
- [12] Sanchez, Oscar J., dan Carlos, Cardona A, 2008, Trends in Biotechnological Production of Fuel from different Feedstock, *International Journal of Bioresource Technology*, 99, pp. 5270-5295
- [13] Rachmadiyah, Orchidea., Andi, Krishnanta W., dan Dedi, Ricardo, 2009. Acid Hydrolysis Pretreatment of Bagasse-Lignocellulosic Material for Bioethanol Production , *Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Kimia, ITS*, pp-1-9.
- [14] Sun, Y., Cheng, J., 2002. ‘Hydrolysis of Lignocellulosic Materials For Ethanol Production’: A Review. *Bioresource Technoogyl.*, 83, 1-11.