

PEMBUATAN BIOETANOL DARI LIMBAH SERAT KELAPA SAWIT MELALUI PROSES PRETREATMENT, HIDROLISIS ASAM DAN FERMENTASI MENGGUNAKAN RAGI TAPE

Lailan Ni'mah, Angga Ardiyanto, Muhammad Zainuddin

*Prodi Teknik Kimia Fakultas Teknik Unlam Banjarmasin
Email : lailan.nimah@gmail.com; lailan.nimah@unlam.ac.id*

ABSTRACT

Palm fiber cake is a waste of the palm oil industry or crude palm oil (CPO). Oil palm fiber waste can be used as raw material for second-generation bioethanol because it contains 57.9% cellulose dan 18% lignin, and the hydrolysis containing 14.94% hemicellulose. This study was used the process of pretreatment, hydrolysis, neutralization, and fermentation with the purpose to obtain bioethanol. Oil palm fiber was cut to the size of 0.5-1 cm. Then pretreated using acid solvent by heating at 100 ° C for 1 hour with a hot plate stirrer. Solids pretreatment results are mixed with distilled water to concentrations (5% w/v) is prepared to hydrolysis. The solids are then dissolved with a solution of H₂SO₄ (2% v/v) to 500 ml and dihidrolisis for 120 minutes with a temperature variation of 115 °C, 120 °C, 125 °C objective to determine the influence of optimal temperature in the process of hydrolysis using an autoclave. Hydrolyzate is neutralized with 1 N NaOH until pH 5 and the sugar content by the Luff-Schoorl method obtained the highest sugar content of 9.69% v/v. Hydrolyzate that has been in the neutralization fermented with yeast and nutrients NPK tape with glass bottles that have been sterilized using an autoclave fermented for 3 days. Fermented ethanol levels were tested by analysis by Gas Chromatography (GC) is known to the highest bioethanol content of 2.858% (v/v). Peak Characteristic of oil palm fiber cellulose before and after pretreatment of cellulose fiber cake increased by 42.30% (cellulose I) to 48.60% (cellulose II) by X-Ray Difrraction.

Keywords: Palm fiber cake, acid pretreatment, acid hydrolisis, fermentation, bioethanol.

1. PENDAHULUAN

Sumber energi alternatif sudah waktunya untuk segera dikembangkan di Indonesia. Hal ini sejalan dengan meningkatnya konsumsi bahan bakar konvensional (minyak bumi) seiring dengan bertambahnya populasi penduduk dunia. Bahan bakar yang berasal dari minyak bumi tersebut adalah sumber energi

fosil yang tidak dapat diperbarui, demikian pula harganya cenderung mahal karena tidak ada keseimbangan permintaan (*demand*) dan penawaran (*supply*) (Ni'mah L., 2014). Terbatasnya sumber energi fosil menyebabkan perlunya pengembangan energi terbarukan dan konservasi energi. Salah satu sumber energi alternatif tersebut adalah bioetanol (Ach Kusairi, S. dan Ni'mah, L., 2014) . Pengolahan minyak kelapa sawit atau *crude palm oil* (CPO), industri penghasil CPO menghasilkan limbah, antara lain limbah serat kelapa sawit (*fiber cake*). Dengan melihat potensi yang mungkin dapat dihasilkan dari serat kelapa sawit (*fiber cake*) yang berasal dari industri pengolahan CPO, ada satu bagian yakni berupa serabut kelapa sawit yang dianggap sebagian orang tidak memiliki nilai guna yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan utama pembuatan bahan bakar alternatif bioetanol (Bioetanol generasi ke-2). Pembuatan bioetanol dilakukan dengan beberapa proses utama yaitu *pretreatment* (delignifikasi) dengan pelarut yakni dengan asam, hidrolisis dengan asam (H_2SO_4), Netralisasi dengan NaOH dan proses Fermentasi dengan ragi tape. Sedangkan untuk analisa kadar etanol menggunakan metode Gas Chromathography (GC) serta karakterisasi serabut dengan metode SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan XRD (*X-Ray Diffraction*).

2. TINJAUAN PUSTAKA

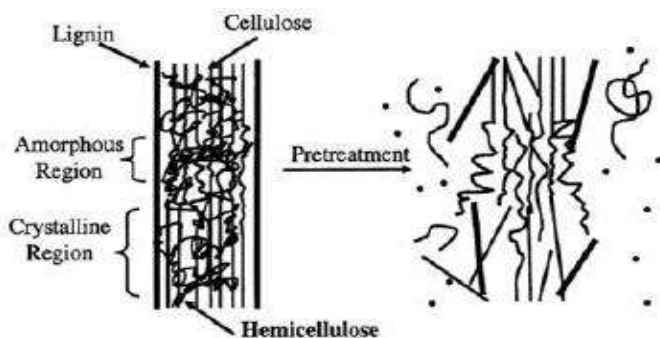
Kelapa sawit adalah tanaman perkebunan berupa pohon batang yang lurus dari famili *palmae* yang berasal dari pantai barat Afrika yang kemudian menyebar ke Indonesia. Tanaman Tropis ini dikenal sebagai penghasil minyak goreng. Serat dan cangkang biji kelapa sawit adalah salah satu limbah dari pengelohan kelapa sawit, presentase serat dan cangkang biji kelapa sawit masing-masing adalah 13% dan 5,5% dari Tandan Buah Segar (Darnoko, 1992); (Ach Kusairi, S. dan Ni'mah, L., 2015).

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 sebesar 45% dari berat kering bahan. Sedangkan hemiselulosa menempati 25-30% dan sisanya adalah lignin. Komponen utama yang terdapat dalam tandan kosong kelapa sawit adalah

selulosa dan holoselulosa. Kandungan air dalam serat tandan kosong cukup tinggi, lebih daripada 0,96-1,46 asam kering (Daud dan Rosdanelli, 2004).

Pembuatan bahan-bahan lignoselulosa hingga menjadi etanol melalui empat proses utama: *pretreatment*, hidrolisa, fermentasi, dan terakhir adalah pemisahan serta pemurnian produk etanol (Mosier dkk, 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 dkk, 2002).

Tujuan dari *pretreatment* adalah untuk 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 1 (Mosier dkk, 2005).



Gambar 1. Skema Tujuan *Pretreatment* Biomassa Lignoselulosa

Di dalam metode hidrolisa asam, biomassa lignoselulosa dipaparkan dengan asam pada suhu dan tekanan tertentu selama waktu tertentu, dan menghasilkan monomer gula dari polimer selulosa dan hemiselulosa. Beberapa asam yang umum digunakan untuk hidrolisa asam antara lain adalah asam sulfat (H_2SO_4), asam perklorat, dan HCl. Asam sulfat merupakan asam yang paling banyak diteliti dan dimanfaatkan untuk hidrolisis asam. Hidrolisa asam dapat dikelompokkan menjadi: hidrolisa asam pekat dan hidrolisis asam encer (Tahezadeh dan Karimi 2007).

Keuntungan utama hidrolisa dengan asam encer adalah, tidak diperlukannya *recovery* asam, dan tidak adanya kehilangan asam dalam proses (Iranmahboob dkk, 2002). Umumnya asam yang digunakan adalah H_2SO_4 atau HCl (Mussatto dan Roberto, 2004) pada *range* konsentrasi 2-5 % (Iranmahboob dkk, 2002; Sun dan Cheng, 2002), dan suhu reaksi 120-160 °C.

Beberapa faktor yang mempengaruhi proses hidrolisa antara lain :

a. Kandungan Karbohidrat Bahan Baku

Kandungan karbohidrat pada bahan baku sangat berpengaruh terhadap hasil hidrolisis asam. Apabila kandungan karbohidratnya sedikit, maka jumlah gula yang terjadi juga sedikit, dan sebaliknya, apabila kandungan karbohidrat terlalu tinggi mengakibatkan kekentalan campuran akan meningkat, sehingga frekuensi tumbukan antara molekul karbohidrat dan molekul air semakin berkurang, dengan demikian kecepatan reaksi pembentukan glukosa semakin berkurang pula. Bahan yang hendak dihidrolisa diaduk dengan air panas dan jumlah bahan keringnya berkisar antara 18% hingga 22%.

b. pH Hidrolisa

pH berpengaruh terhadap jumlah produk hidrolisa. pH berkaitan erat dengan konsentrasi asam yang digunakan. Pada umumnya, pH yang terbaik (optimum) adalah 2,3 (Groggins, 1998).

c. Waktu Hidrolisis

Semakin lama pemanasan, warna akan semakin keruh dan semakin besar konversi yang dihasilkan. Waktu yang diperlukan untuk proses hidrolisa asam sekitar 1 hingga 3 jam.

d. Suhu

Pengaruh suhu terhadap kecepatan hidrolisa karbohidrat akan mengikuti persamaan Arrhenius yaitu semakin tinggi suhunya akan diperoleh konversi yang cukup berarti, tetapi jika suhu terlalu tinggi konversi yang diperoleh akan menurun. Hal ini disebabkan adanya glukosa yang pecah menjadi arang, yang ditunjukkan dengan semakin tuanya warna hasil. (Osvaldo dkk, 2012).

Ragi umumnya digunakan dalam industri makanan dan minuman seperti roti, tempe, bir, dll. Menurut Kusnadi, jenis ragi yang paling baik untuk

fermentasi adalah ragi tape dibanding biakan murni *Sacharomyces cerevisiae* karena ragi tape selain mengandung jenis khamir juga mengandung jenis kapang mengkonversi gula sederhana menjadi etanol oleh jenis khamir. Mikroorganisme yang terdapat di dalam ragi tape adalah kapang *Amylomyces rouxii*, *Mucor* sp., dan *Rhizopus* sp.; khamir *Saccharomycopsis fibuligera*, *Saccharomycopsis malanga*, *Pichia burtonii*, *Saccharomyces cerevisiae*, dan *Candida utilis*; serta bakteri *Pediococcus* sp. dan *Bacillus* sp. (Kusnadi dan Syulasmii, 2009).

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 limbah sabut kelapa. (Hermiati, 2010). Etanol atau etil alkohol C_2H_5OH merupakan cairan tak berwarna dengan karakteristik antara lain mudah terbakar, larut dalam air, *biodegradable*, dan tidak karsinogenik (Kusnadi, 2009).

3. METODOLOGI

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

Serabut kelapa sawit kering yang didapat langsung dari limbah industri pengolahan CPO dikeringkan terlebih dahulu pada suhu $80^{\circ}C$ 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.

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 H_2SO_4 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.

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.

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.

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

Hasil produk yang telah didinginkan dalam gelas beaker masing-masingnya ditutup aluminium foil dan cling wrap, kemudian ragi tapanakering ditambahkan kehidrolisat dimana penambahannya sebanyak 0,23% total gula dan ditambahkan 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.

Analisis dan Karakterisasi

- a. Analisis kandungan glukosa Metode Luff-Schoorl (SNI 01-2891-1992)
- b. SEM (*Scanning Electron Microscope*), dilakukan untuk mengetahui struktur dan morfologi sampel sebelum dan sesudah *treatment*.
- c. XRD (*X-Ray Diffraction*), dilakukan untuk mengetahui struktur kristal dari sampel sampel sebelum dan sesudah *treatment*.

Crystallinity Index dihitung dengan cara

$$CrI = \frac{(I_{002} - I_{am})}{I_{002}} 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

CrI = *Crystallinity Index*

I002 = Kristal

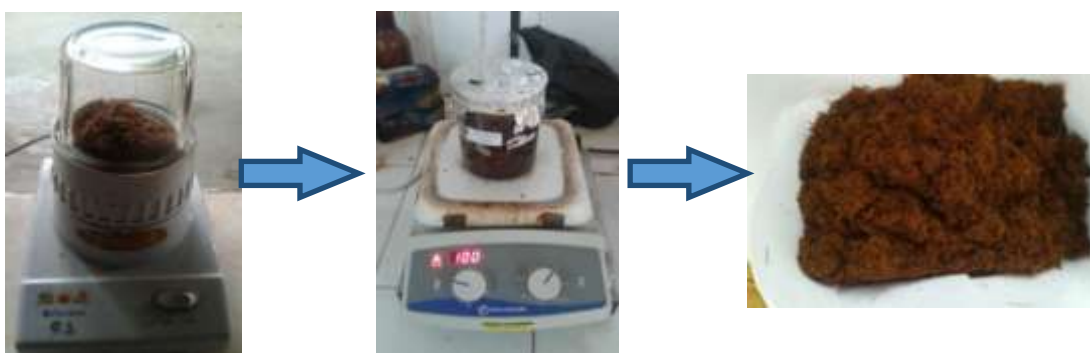
Iam = *Amorph*

- d. Analisis kandungan bioetanol, dengan menggunakan *Gas Chromathography* (GC).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Serat Kelapa Kelapa Sawit (*Fiber Cake*) Sebelum dan Sesudah *Pretreatment*

Skema *pretreatment* yang dilakukan terhadap serat kelapa sawit untuk mengkarakterisasi serat kelapa sawit adalah sebagai berikut:



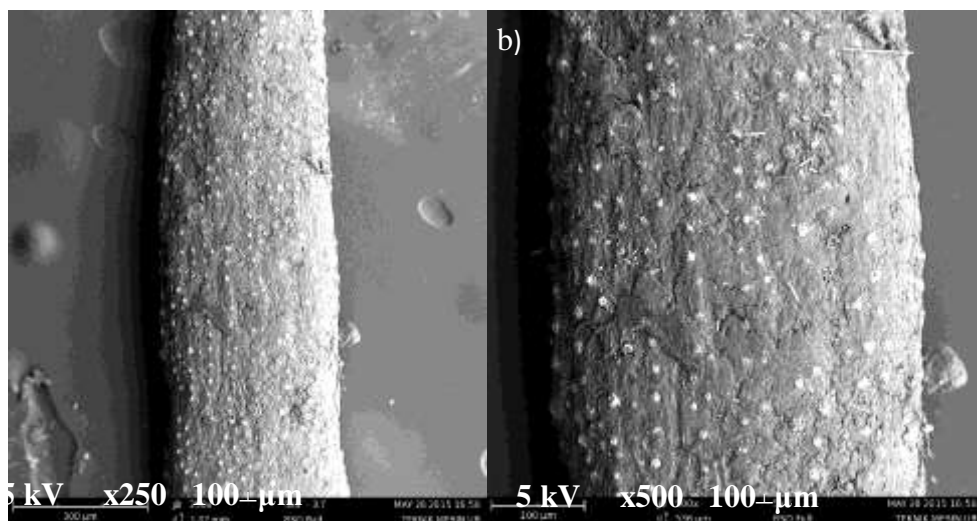
(a) Serat dipotong dan dihaluskan

(b) Pretreatment asam

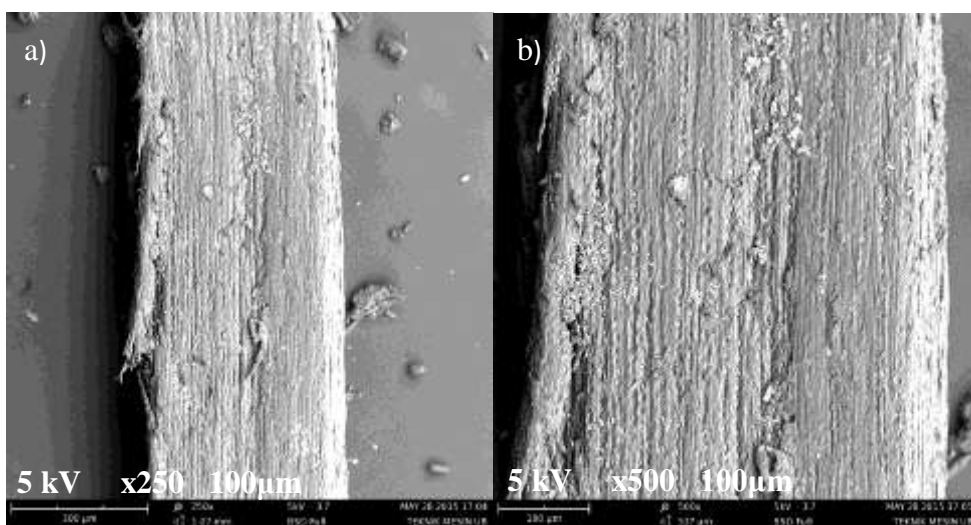
(c) Serat kelapa sawit setelah pretreatment asam

Gambar 2. *Pretreatment* Bahan Baku Serat Kelapa Sawit (*Fiber Cake*)

Serat kelapa sawit yang telah dilakukan *pretreatment* dan sebelum *pretreatment* dapat dikarakterisasi dengan menggunakan analisa SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan XRD (*X-Ray Diffraction*). Analisis SEM digunakan untuk mengetahui struktur morfologi dari serat kelapa sawit sebelum dan sesudah proses *pretreatment*. Hasil analisis SEM pada serat kelapa sawit sebelum dan sesudah proses *pretreatment* dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4 yang disajikan dibawah ini:



Gambar 3. SEM image dari serat kelapa sawit sebelum *pretreatment*
(a) Perbesaran 250x dan (b) Perbesaran 500x



Gambar 4. SEM Image dari serat kelapa sawit sesudah *pretreatment*
Asam (a) Perbesaran 250x dan (b) Perbesaran 500x

Pada Gambar 3. terlihat serat kelapa sawit pada perbesaran 250x dan perbesaran 500x, serat masih berbentuk mulus dan tidak pecah hal ini dikarenakan serat kelapa sawit masih terikat oleh lignin, hemiselulosa dan komponen lain yang mengikat selulosa (Sundari dkk, 2012). Gambar 4. merupakan gambar dari serat kelapa sawit yang telah dilakukan *pretreatment* asam yakni dengan menggunakan asam H₂SO₄ 2% dengan pemanasan pada suhu 100°C selama 60 menit. Pada gambar 4.4 terlihat serat mengalami perubahan struktur menjadi lebih kasar dan pecah, sama halnya yang terjadi dengan *pretreatment* basa, hal ini terjadi karena larutan H₂SO₄ dapat menghilangkan kandungan komponen-komponen yang mengikat selulosa seperti lignin dan hemiselulosa.

Analisa XRD (*X-Ray Diffraction*), dilakukan untuk mengetahui struktur kristal selulosa dan mengetahui *CrI* (*Crystallinity Index*) serat kelapa sawit sebelum dan sesudah *pretreatment*. Serat kelapa sawit mengandung serat selulosa di dalam struktur penyusunnya, (memiliki) karakteristik peak $2\theta = 18,7^\circ$ (selulosa I), $22,4^\circ$ (selulosa II) (Yu dkk, 2008). Dari Tabel 1. Dapat dilihat intensitas serat kelapa sawit pada peak $18,7^\circ$ dan $22,4^\circ$, sebagai berikut:

Tabel 1. Karakteristik Serat Kelapa Sawit Sebelum dan sesudah *Pretreatment* dengan metode analisa XRD

Sampel	Karakteristik <i>Peak</i>		CrI(%)
	Amorph ($18,7^\circ$)	Kristal ($22,4^\circ$)	
FC	150	260	42,30%
FC- <i>Pretreatment</i> Asam	149	291	48,79%

Perubahan struktur serat kelapa sawit sebelum dan sesudah *pretreatment* terlihat karena terjadi perubahan komponen amorph (Hemiselulosa dan Lignin) pada serat kelapa sawit menjadi kristal (selulosa), pada Tabel 1 dapat dilihat kenaikan derajat kristalinitas dari serat kelapa sawit sebelum *dipretreatment* dan serat yang sudah *dipretreatment*. Hal ini dikarenakan hilangnya kandungan lignin dan hemiselulosa setelah proses *pretreatment* dan mengalami kenaikan nilai *crystallinity index*. Untuk *crystallinity index* serat kelapa sawit sebelum *pretreatment* adalah 42,30% dan setelah *dipretreatment* asam 48,79%. *Pretreatment* asam pada serat kelapa sawit dapat membuka kandungan lignin dari

serat kelapa sawit, karena H_2SO_4 dapat merestrukturisasi *amorphous cellulose* menjadi *crystalline cellulose* (Zhou dkk, 2009).

Pengaruh Suhu terhadap Kadar Gula dari Hasil Hidrolisis

Proses hidrolisis pada penelitian ini menggunakan variasi suhu yaitu : 115°C, 120°C dan 125°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-schoorl*.

Tabel 2. Hasil Analisis Gula metode *Luff-Schoorl*

No.	PerlakuanAwal	Suhu (°C)	Kadar Gula Total (%)
1	Asam	115	5,89
2	Asam	120	7,03
3	Asam	125	6,84

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui kadar gula terbesar pada hidrolisis asam yang sebelumnya telah dilakukan *pretreatment* asam menunjukkan kadar gula yang terus meningkat seiring dengan meningkatnya suhu, kadar gula tertinggi terdapat pada temperatur 120°C dengan nilai kadar gula sebesar 7,03%. Hal ini membuktikan bahwa dengan bertambahnya suhu maka kadar gula yang dihasilkan akan bertambah namun terjadi penurunan pada suhu 125°C. Hal ini dikarenakan kadar gula yang dihidrolisis telah mencapai titik optimumnya pada temperatur 120°C dan kadar gula akan cenderung menurun apabila telah mencapai kadar gula optimum yang dihasilkan pada proses hidrolisis asam, dan glukosa akan terdegradasi menjadi senyawa lain yakni furfural dan hidroksimetilfurfural dan bereaksi lebih lanjut membentuk asam formiat.

Fermentasi Hasil Hidrolisis Serat Kelapa Sawit

Proses 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 bertujuan untuk menyesuaikan kondisi perkembangbiakan

mikroba yang berupa *Saccharomyces cerevisiae*, dimana pH optimum pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae* berkisar antara pH 4,5 – 5,5. Kadar gula hidrolisat yang sebelumnya dilakukan *pretreatment* asam memiliki kadar gula sebesar 5,89% (v/v), 7,03% (v/v), dan 6,94 % (v/v), Larutan hidrolisat yang sudah diketahui kadar gulanya difermentasi menggunakan ragi tape, di mana penambahannya sebanyak 0,23% total gula dan ditambahkan NPK sebagai campurannya sebanyak 0,06% total gula. Hasil dari fermentasi selama 3 hari dianalisa dengan metode gas kromatografi, uji ini bertujuan untuk mengetahui kadar bioetanol yang diperoleh dari hasil fermentasi secara akurat. Berikut adalah skema fermentasi yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat dibawah ini:

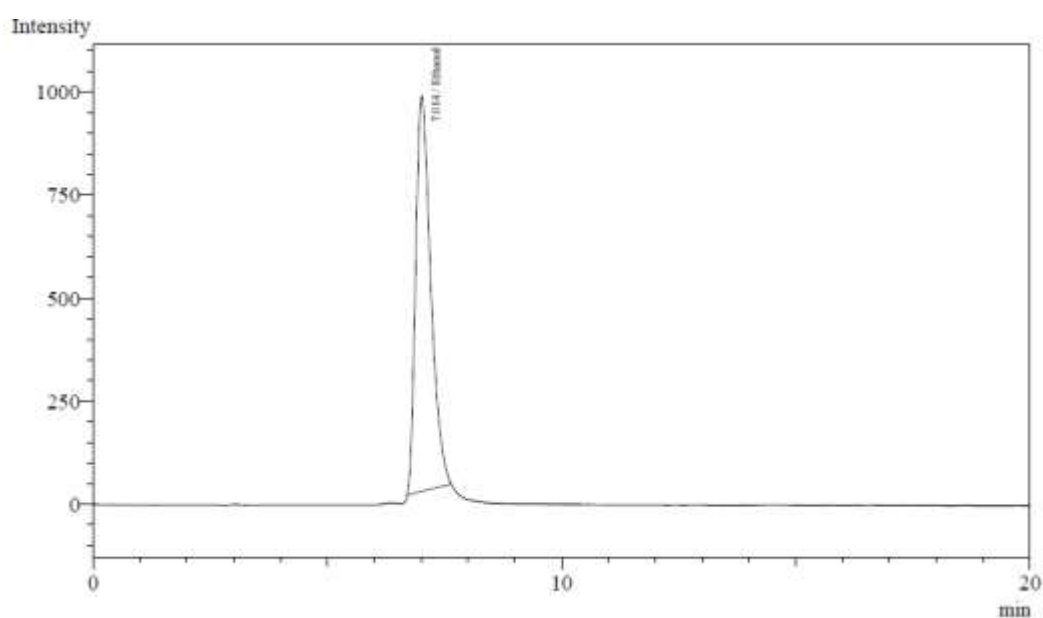


Gambar 5. Fermentasi hidrolisat serat kelapa sawit dengan ragi tape dan Nutrient NPK selama 3 hari

Berikut adalah data hasil uji bioetanol yang disajikan dengan gambar dan tabel hasil uji sebagai berikut

Tabel 3. Hasil Uji Gas Kromatografi fermentasi selama 3 hari larutan hidrolisat pada suhu 115°C *pretreatment* asam

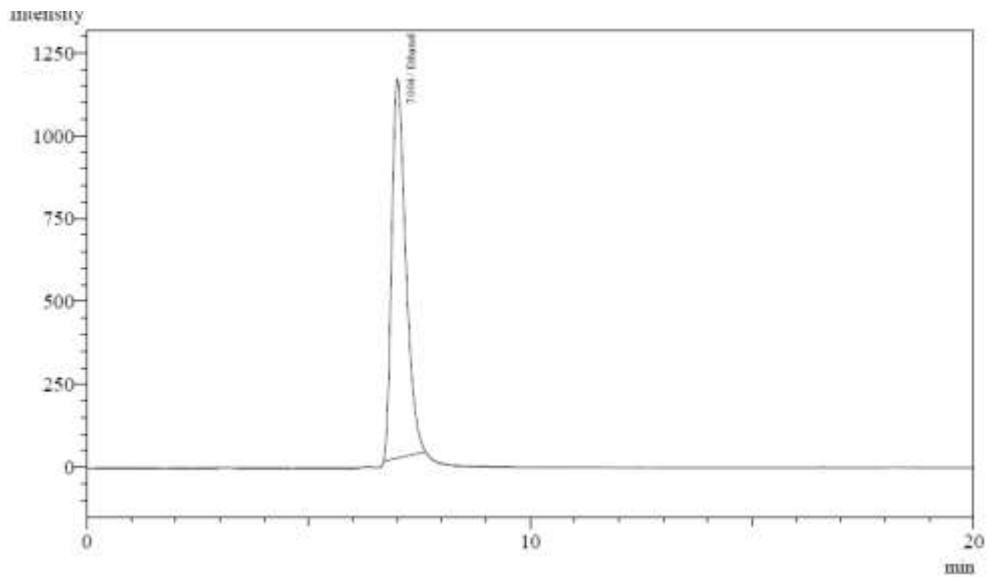
<i>Peak</i>	<i>Ret. Time</i>	<i>Area</i>	<i>Height</i>	<i>Conc</i>	<i>Unit</i>	<i>Mark</i>	<i>Name</i>
1	7,004	21488	959	2,226	%		Etanol
Total		21488	959				



Gambar 6. Hasil Uji Gas Cromathography fermentasi selama 3 hari larutan hidrolisat pada suhu 115°C *pretreatment* asam

Tabel 4. Hasil Uji Gas Kromatografi fermentasi selama 3 hari larutan hidrolisat pada suhu 120°C *pretreatment* asam

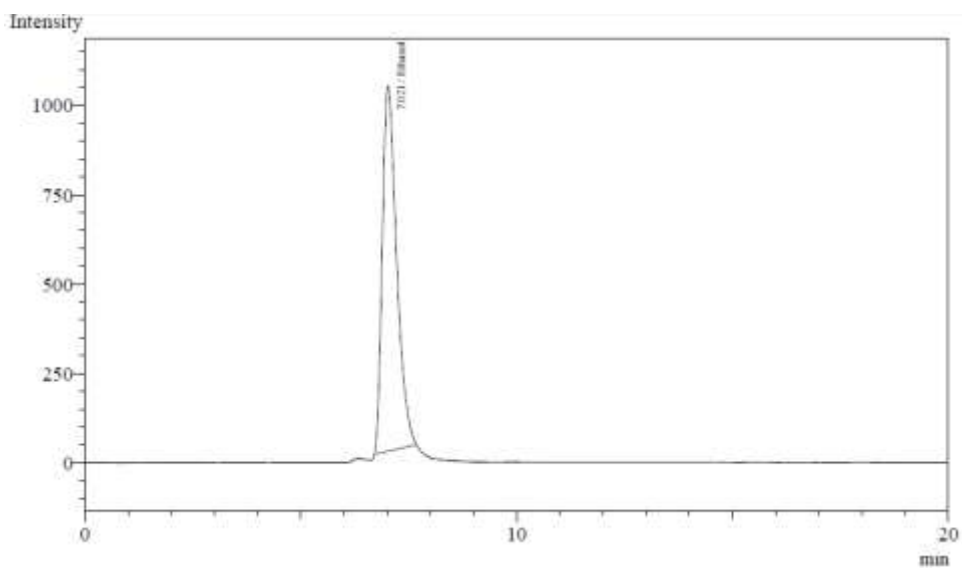
<i>Peak</i>	<i>Ret. Time</i>	<i>Area</i>	<i>Height</i>	<i>Conc</i>	<i>Unit</i>	<i>Mark</i>	<i>Name</i>
1	7,004	25116	1143	2,523	%		Etanol
Total		25116	1143				



Gambar 7. Hasil Uji *Gas Cromathography* fermentasi selama 3 hari larutan hidrolisat pada suhu 120°C *pretreatment* asam

Tabel 5. Hasil Uji Gas Kromatografi fermentasi selama 3 hari larutan hidrolisat pada suhu 125°C *pretreatment* asam

Peak	Ret. Time	Area	Height	Conc	Unit	Mark	Name
1	7,021	23517	1022	2.392	%		Etanol
Total		23517	1022				



Gambar 8. Hasil Uji *Gas Cromathography* fermentasi selama 3 hari larutan hidrolisat pada suhu 125°C *pretreatment* asam

Tabel 6. Hasil analisa kadar etanol pada bioetanol dengan metode Gas Chromatography (GC)

Sampel	<i>pretreatment</i>	Temperatur	Kadar etanol (%)
1	Asam	115	2,226
2	Asam	120	2,392
3	Asam	125	2,253

Berdasarkan hasil GC di dapat kadar etanol pada hidrolisat yang sebelumnya dilakukan *pretreatment* asam masing masing sebesar 2,392 (%v/v), 2,226% (v/v) dan 2,253 % (v/v). Dari hasil uji GC dapat dikatakan bahwa kadar bioetanol yang dihasilkan kecil, rata rata sekitar 2%, hal ini di sebabkan oksidasi bioetanol menjadi asetaldehid dan selanjutnya dioksidasi menjadi asam asetat. Kondisi ini akan mengakibatkan media fermentasi semakin asam (terjadi perubahan pH) sehingga membuat kadar bioetanol menjadi kecil. Adapun hal yang dapat menyebabkan kecilnya kadar etanol yang didapat adalah karena sifat bioetanol sendiri yang mudah menguap hal ini dapat terjadi ketika pada saat pengemasan sampel dan pengiriman sampel.

Kesimpulan

1. 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). Hal ini sesuai dengan hasil uji SEM dan uji XRD.
2. Dari hasil penelitian ini dapat di simpulkan suhu terbaik untuk hidrolisis baik pada *pretreatment* dengan asam yang menghasilkan kadar gula terbesar ada pada suhu 120 °C dan kadar etanolnya 7,03% (v/v) dan kandungan gulanya sebesar 9,69% (v/v)
3. Kadar etanol yang dihasilkan dari *pretreatment* asam pada suhu 115 °C, 120 °C, dan 125 °C masing masing sebesar 2,226%, 2,523% dan 2,392 %,.

DAFTAR PUSTAKA

- Ach Kusairi, S., 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*, CODEN (USA): IJCRGG, ISSN: 0974-4290, Vol. 8.,No.4, Hal 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)
- Darnoko, Potensi Pemanfaatan Limbah Lignoselulosa Kelapa Sawit Melalui Biokonversi, *Berita Pen. Perkeb. 2*, 1992, 85-97.
- Daud, W. R. W. & Rosdanelli, 200, "Through drying of oil palm empty fruit bunches (EFB) fiber using superheated steam", *Silva, M.A., Rocha, S.C.S., Mujumdar A.M., eds*, 2027-2034.
- Groggins, P. H. 1998. *Unit Process in Organic Syntetic*. 6 ed. Tokyo: Mc Graw-Hill,Ltd.
- Holtzapple, M. T., Davidson, R. R., JR, L. L. L., 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-hydrylisis: a critical step for production of etanol from mixed wood chips. *Biomass and Bioenergy*, 401-404.
- Kusnadi, Syulasmi, 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., Holtzapple, Y. L. & Ladish, M., 2005, "Features of promisisng 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., Ach Kusairi, S., 2014, "Biogas Dari Campuran Limbah Ampas Tahu Dan Kotoran Sapi: Efek Volatil Solid", *Prosiding Seminar Nasional Industri Kimia dan Sumber Daya Alam*, ISBN 978-602-70195-0-8, Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- Ni'mah, L., 2014, "Biogas From Solid Waste of Tofu Production and Cow Manure Mixture: Composition Effect", *Jurnal CHEMICA, Jurnal Teknik Kimia*, Vol.1 No. 1, 2014, Hal. 1-9, ISSN: 2355-875X e-ISSN:2355-8776, Prodi Teknik Kimia, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
<http://journal.uad.ac.id/index.php/CHEMICA/article/view/500>
- Ni'mah, L., 2014, "*Study Kinetika Peruraian Partikel Pada Pemanfaatan Limbah Ampas Tahu Dan Kotoran Sapi Sebagai Material Pembuatan Biogas*", *Jurnal INFO - TEKNIK*, Vol. 15 No. 1 Th. 2014, Juli 2014, Hal. 45-60,

ISSN: 0853-2508 (Print) e-ISSN: 2459-996X (Online), Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin.

<http://ejournal.unlam.ac.id/index.php/infotek/article/view/1027/939>

Oswaldo, S., S, P. P., Faizal, M. 2012. Pengaruh Konsentrasi Asam dan Waktu pada Proses Hidrolisis dan Fermentasi pembuatan Bioetanol dari Alang-alang. *Teknik Kimia*, 18, 56-57.

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, Wenbing. 2009. "The Structure Characterization of Cellulose Xanthogenate Derived from The Straw of *Eichhornia crassipes*". *Bioresource Technology* 100, 5366-5369.