

PEMANFAATAN SABUT KELAPA MENJADI BIOETANOL DENGAN PROSES DELIGNIFIKASI ACID-PRETREATMENT

Asyeni Miftahul Jannah* dan Tamzil aziz

*Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Inderalaya–Prabumulih KM. 32 Inderalaya 30662
Email: asyeni@ft.unsri.ac.id

Abstrak

Sabut kelapa sebagai limbah pertanian yang mengandung lignoselulosa tinggi belum termanfaatkan secara optimal secara ekonomi. Kandungan selulosa mencapai 44,44% menjadikan sabut kelapa sebagai potensi besar untuk dijadikan sebagai bahan bakar alternative dengan cara mengkonversikannya menjadi bioetanol. Penelitian ini bertujuan untuk mengkonversikan sabut kelapa menjadi bioetanol dengan menggunakan larutan asam (H_2SO_4 dan CH_3COOH) pada proses pretreatment dengan variasi konsentrasi sebesar 1, 3 dan 5%. Kemudian dilakukan proses hidrolisa dengan menggunakan KOH 5% dan fermentasi dengan variasi waktu 3, 5, dan 7 hari menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae*. Dari hasil penelitian menunjukkan kadar lignin paling banyak berkurang didapat dari sampel dengan pretreatment menggunakan larutan H_2SO_4 5% yang juga mampu menghasilkan kadar glukosa dan bioetanol terbesar dengan waktu fermentasi optimal selama 5 hari. Kadar bioetanol maksimum yang didapat sebesar 5,7768 % v/v.

Kata kunci: Sabut kelapa, delignifikasi, hidrolisa, fermentasi, bioetanol.

Abstract

*Coconut coir as agriculture residue contains high lignocellulose that has not been used optimal in economically. Cellulose content reaches 44.44% make it has a great potential into alternative fuel by converted to bioethanol. This research aimed to convert coconut coir into bioethanol by using acid solutions (H_2SO_4 and CH_3COOH) in pretreatment processes with various concentrations of 1, 3 and 5%. Then the processes were continued by hydrolysis with 5% KOH and fermentation with various times of 3, 5 and 7 days using yeast *Saccharomyces cerevisiae*. From the research results obtained low lignin content was found in samples of using H_2SO_4 5% on delignification process and produced the highest glucose and bioethanol concentration by fermented 5 days. The maximum bioethanol produced was 5.7768 % v/v.*

Keywords: *Coconut coir, delignification, hydrolysis, fermentation, bioethanol.*

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah populasi manusia di Indonesia menyebabkan kebutuhan akan energi minyak bumi juga semakin meningkat. Hal ini dilihat dari banyaknya konsumsi bahan bakar minyak dan jumlah impor yang dilakukan di negara Indonesia. Menurut data pada bulan Februari 2015 yang dihimpun oleh Badan Pusat Statistik (BPS) untuk impor migas mencapai 11,558 miliar dollar AS atau naik 6,34% dibandingkan dengan data yang diperoleh pada Januari 2015.

Ketergantungan Indonesia akan impor bahan bakar fosil harus segera diatasi dan dicari penyelesaiannya sebab seiring berjalannya waktu, bahan bakar fosil sendiri akan habis, maka sudah seharusnya kita sebagai masyarakat Indonesia yang sangat bergantung akan bahan bakar melakukan peninjauan penggunaan energi terbarukan, misalnya bioetanol untuk dijadikan bahan bakar pengganti bensin yang semakin lama jumlahnya semakin sedikit. Bioetanol merupakan salah satu energi baru alternatif yang berasal dari makhluk hidup.

Penggunaan bioetanol memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan bahan bakar minyak. Salah satunya yaitu terletak pada jumlah kandungan oksigen yang lebih besar yaitu mencapai 35%. Tingginya jumlah kandungan oksigen akan berdampak pada lebih sedikitnya kandungan gas karbon monoksida yang dihasilkan pada proses pembakarannya dan akan disumbangkan sebagai polutan. Jumlah emisi gas karbon monoksida mencapai 19-25% (Aisyah, S. N; Sembiring, K. C, 2010).

Sumber bahan baku bioetanol umumnya dapat ditemukan dari tanaman yang mengandung pati, seperti singkong (Pamong dan Pomthong, 2010), jagung (Popiel, *et al.*, 2008), kelapa, kapuk, kelapa sawit, jarak pagar, rambut, sirsak, atau tengkawang, tanaman yang mengandung gula seperti tetes tebu atau molase, nira tebu (Nguyen dan Prince, 1996), nira aren, dan nira surgum manis, dan juga mengandung serat selulosa seperti jerami padi, serbuk kayu, batang sorgum, batang pisang, dan sabut kelapa. Bioetanol sendiri sebenarnya lebih mudah dihasilkan dari bahan baku yang mengandung glukosa karena proses pembentukannya lebih sederhana, namun bahan baku yang mengandung glukosa lebih banyak dimanfaatkan dalam produk lain seperti di bidang pangan, maka dari itu pembuatan bioetanol lebih di kembangkan dengan bahan baku yang mengandung selulosa. Selulosa merupakan sumber daya alam yang banyak ditemukan di alam, serta memiliki potensi dalam menghasilkan produk yang bermanfaat seperti glukosa, etanol, dan juga bahan bakar (Gunam, *et. al*, 2011). Salah satu bahan baku yang mengandung selulosa yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan bioetanol yaitu sabut kelapa, karena sabut kelapa merupakan salah satu bahan baku yang mengandung kadar selulosa yang cukup tinggi.

Tabel 1. Komposisi Sabut Kelapa

Senyawa	Persentase (%)
Selulosa	43,44
Hemiselulosa	19,9
Lignin	45,84
Air	5,25
Abu	2,22

Sumber : Sukadarti, *et. al.* (2010)

Dilihat dari komposisi kimia sabut kelapa yang terdiri dari selulosa, maka sabut kelapa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Sabut kelapa yang merupakan salah satu limbah yang jumlahnya banyak dan dapat dimanfaatkan kembali. Setiap butir sabut kelapa, bisa menghasilkan serat (*coco fiber*) sekitar 0,15 Kg dan serbuk (*coco peat*) sekitar 0,39 Kg. Menurut data BPS Provinsi Sumatera Selatan tahun 2013, luas area kebun kelapa di Sumatera Selatan sekitar 7 1.441 ha yang tersebar di 14 wilayah yang ada di Sumatera Selatan, dengan melihat jumlah sebesar ini maka dapat dikatakan bahwa limbah sabut kelapa di Sumatera Selatan merupakan salah satu jenis limbah yang banyak dihasilkan, dan dapat menjadi salah satu komoditi limbah yang memiliki potensi bisnis yang tinggi jika dimanfaatkan dengan baik. Sabut kelapa merupakan bagian terluar yang membungkus buah kelapa, sabut kelapa yang dimiliki oleh setiap buah kelapa berkisar hampir 35% atau sekitar 2/3 bagian dari volume buah kelapa, ketebalan sabut kelapa berkisar 5-6 cm yang terdiri dari lapisan terluar (*exocarpium*) dan lapisan dalam (*endocarpium*).

Pemanfaatan sabut kelapa kebanyakan hanya untuk dibakar ataupun dijadikan kerajinan tangan. pembakaran sabut kelapa dapat mengakibatkan polusi udara dan emisi gas dilingkungan dan rendahnya nilai kebermanfaatan sabut kelapa tersebut. sehingga jika dikonversi menjadi bioetanol selain akan mengurangi limbah dari perkebunan kelapa, mengurangi polusi dari efek pembakaran langsung serta meningkatkan nilai kebermanfaatan sabut kelapa itu sendiri, selain itu hal ini juga dapat mengurangi kebutuhan impor migas jika dilakukan produksi secara massal dan secara berkelanjutan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Pretreatment

Pada proses pembuatan bioetanol berbahan baku sabut kelapa yang memiliki lignoselulosa, kandungan lignin menjadi penghambat utama dalam mengkonversi bioetanol. Oleh sebab itu, diperlukan suatu perlakuan awal (*pre-treatment*) terhadap sabut kelapa yang memiliki lignoselulosa. *Pretreatment* memiliki tujuan

untuk memisahkan ikatan antara lignin dan selulosa, proses ini disebut dengan proses delignifikasi yakni menghilangkan kandungan hemiselulosa dan lignin dan merusak struktur kristal selulosa. Adanya kerusakan struktur kristal tersebut akan menyebabkan selulosa mudah terurai menjadi glukosa. Berikutnya senyawa gula tersebut akan di fermentasi oleh suatu mikroorganisme untuk dijadikan etanol (Prawitwong *et al.*2012).

Bahan baku (sabut kelapa) dikeringkan di panas matahari. Kemudian sabut kelapa digiling dengan menggunakan blender sampai ukuran berukuran ± 1 mm. Setelah itu sebanyak 30 g sabut kelapa dimasukkan dalam erlenmeyer 1000 mL dan ditambahkan masing-masing H_2SO_4 dan CH_3COOH (1, 3, 5) %. Proses selanjutnya, tutup rapat erlenmeyer dengan tutup gabus, dan sampel dipanaskan selama 60 menit pada suhu $121^\circ C$ di *autoclave*. Setelah dipanaskan, sampel kemudian disaring dan residu dicuci dengan aquadest hingga pH netral (pH 7). Filtrat kemudian dikeringkan di dalam oven selama 4 jam pada suhu $105^\circ C$, hingga kering.

2.2. Hidrolisa

Hidrolisis merupakan reaksi yang terjadi antara air dengan zat lain, Hidrolisa dapat terjadi dalam berbagai keadaan baik keadaan asam, basa, maupun netral tergantung dengan senyawa yang akan di uraikan nya dan akan menghasilkan satu zat baru atau lebih. Hidrolisa bertujuan memecah selulosa, hemiselulosa ataupun karbohidrat menjadi gula sederhana (glukosa). Proses hidrolisa dimulai dengan memasukkan hasil pretreatment yang telah kering kedalam erlenmeyer 1000 mL kemudian ditambahkan sebanyak 500 mL larutan KOH 5%. Setelah itu tutup rapat erlenmeyer dengan tutup gabus dan dipanaskan selama 1 jam pada suhu $121^\circ C$ di *autoclave*.

2.3. Fermentasi

Fermentasi merupakan suatu proses konversi senyawa dari senyawa yang kompleks atau bahan karbohidrat menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh bantuan mikroba. Untuk memproduksi bioetanol dalam proses fermentasi biasanya digunakan khamir dari jenis *Saccharomyces cerevisiae*. Pada proses

fermentasi ini filtrat hasil hidrolisis (hidrolisat) didinginkan dan disaring dan diambil filtrate berupa larutan kemudian pH larutan diatur dengan ditambahkan sejumlah larutan NaOH hingga mencapai pH 5. Hidrolisat kemudian ditambahkan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) sebanyak 1% dari massa larutan yang akan difermentasi. Hidrolisat berisi sampel yang akan difermentasi, ditutup rapat dengan tutup gabus yang kemudian corong erlenmeyer dihubungkan pipa berbahan karet, pada bagian ujung pipa dihubungkan langsung ke wadah berisi air untuk menghindari adanya udara masuk. Setelah itu dilakukan inkubasi selama selang waktu tertentu sesuai dengan variasi yang ditentukan (3, 5, 7) hari. Setelah proses fermentasi, larutan di murnikan menggunakan *rotary* vakum evaporator.

2.4. Purifikasi

Pada penelitian ini, hasil fermentasi kemudian dipurifikasi dengan proses evaporasi. Evaporasi merupakan sebuah proses terjadinya peristiwa penguapan zat pelarut dari sebuah campuran larutan dimana titik uap pelarut lebih rendah dibandingkan dengan titik uap campuran larutannya. Proses ini bertujuan untuk membuat konsentrasi larutan tersebut lebih pekat dan konsentrasi larutan tersebut menjadi lebih tinggi dari sebelumnya (Alex, 2015). Pada penelitian kali ini evaporator yang digunakan berjenis *Rotary* vakum evaporator, menurut Pangestu (2011) *Rotary* vakum evaporator adalah seperangkat peralatan evaporasi yang umum digunakan di laboratorium kimia, dengan fungsi untuk memisahkan pelarut dari larutannya. Prinsip kerja alat ini sama halnya dengan vakum destilasi yaitu dengan menurunkan tekanan sehingga pelarut akan menguap dibawah titik didihnya. Pada proses pemanasannya alat ini menggunakan penangas air yang dibantu oleh rotavapor sebagai pemutar sampel yang diletakkan didalam labu ukur. Selain itu, Pompa vakum digunakan untuk mencapai tekanan vakum yang diberikan ketika labu yang berisi sampel diputar dan menyebabkan penguapan lebih cepat lalu uap dari larutan langsung naik ke kondensor yang selanjutnya akan diubah kembali ke dalam bentuk cair.

Proses evaporasi dimulai dengan menyiapkan 1 set peralatan *rotary* vakum evaporator. kemudian larutan dari hasil fermentasi masukkan dalam labu, pasang labu pada alat evaporator. Pertahan temperatur 78°C selama 10 menit untuk mendapatkan hasil bioetanol yang bervariasi. Simpan bioetanol dalam wadah yang tertutup rapat, simpan dalam lemari pendingin dengan suhu < 5°C. Analisa bioetanol dilakukan dengan metode pengukuran densitas dan juga dengan *Gas Chromatography*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

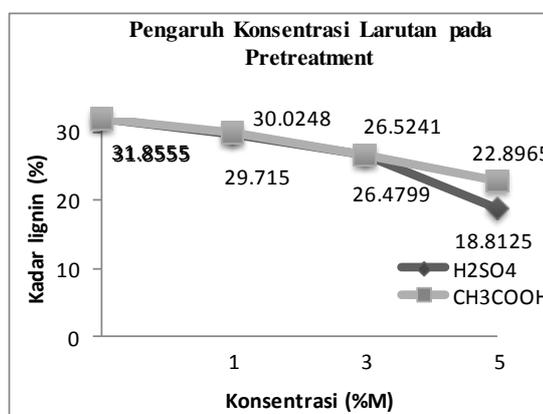
3.1. Kadar Selulosa dan Lignin

Menghitung kandungan selulosa dan lignin menggunakan metode Chesson-Datta dengan cara menambahkan sampel kering sebanyak 1 g (berat a) kedalam 150 ml aquadest dipanaskan hingga mencapai suhu 100°C menggunakan penangas air dalam waktu 1 jam. Selanjutnya residu dari sampel akan dicuci dengan *aquadest* sebanyak 300 mL dan kemudian dikeringkan menggunakan oven hingga beratnya konstan (berat b) atau kurang lebih selama 8 jam. Proses selanjutnya, penambahan H₂SO₄ 1N sebanyak 150 mL lalu di difeluks menggunakan *waterbath* dengan suhu 100°C selama 1 jam. Residu tersebut selanjutnya disaring kembali dan cuci untuk menghilangkan kandungan H₂SO₄ nya hingga mencapai pH netral dengan mendeteksi pH larutan menggunakan pH detektor. Selanjutnya residu akan dikeringkan kembali menggunakan oven selama 8 jam hingga beratnya konstan (berat c). Penambahan larutan H₂SO₄ 72% sebanyak 10 mL diberikan ke residu kering dan dibiarkan pada suhu kamar selama 4 jam. Kemudian ditambahkan 150 mL H₂SO₄ 1N dan direfluk pada suhu 100°C dengan *water bath* selama 1 jam. Residu disaring dan dicuci dengan H₂O hingga pH mencapai 7. Residu kemudian dipanaskan dengan oven pada suhu 105°C sampai beratnya konstan dan ditimbang (berat d). Selanjutnya residu dipanaskan dengan furnace pada suhu 575°C hingga menjadi abu dan kemudian ditimbang (berat e). Perhitungan kadar selulosa dan kadar lignin menggunakan rumus berikut ini:

$$\text{Kadar Selulosa} = \frac{(c - d)}{a} \times 100\% \quad (1)$$

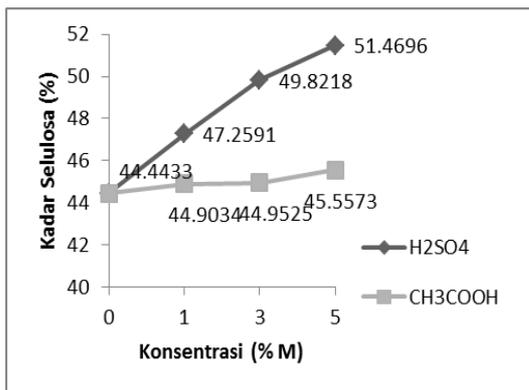
$$\text{Kadar Lignin} = \frac{(d - e)}{a} \times 100\% \quad (2)$$

Proses delignifikasi pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan variabel bebas berupa larutan H₂SO₄ dan CH₃COOH dengan konsentrasi (1, 3, 5)% proses ini dilakukan menggunakan *autoclave* sehingga temperaturnya dapat diatur sebesar 121°C dan dengan waktu delignifikasi selama 60 menit. Pada grafik, ditunjukkan kadar lignin paling rendah menggunakan H₂SO₄ pada konsentrasi 5% yakni 18.8125%, sedangkan dengan menggunakan CH₃COOH kadar lignin paling rendah pada konsentrasi 5% yakni 22.8965%.



Gambar 1. Pengaruh Konsentrasi H₂SO₄ dan CH₃COOH terhadap Penurunan kadar lignin

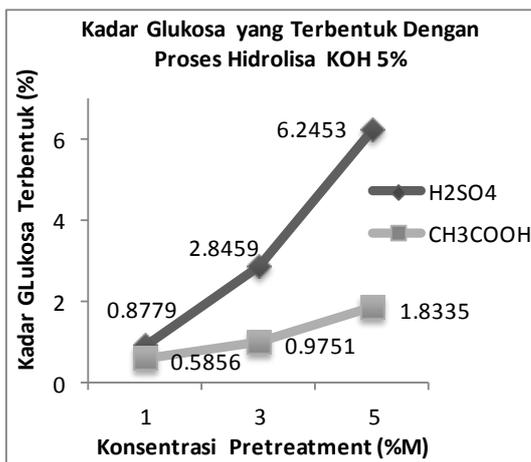
Diantara proses delignifikasi menggunakan asam kuat dan asam lemah, penurunan kadar lignin paling tinggi dialami pada penggunaan senyawa asam kuat, hal ini terjadi karena asam kuat lebih reaktif untuk memecah lapisan lignin dan melarutkannya dibandingkan dengan asam lemah dan juga semakin besar konsentrasi dari suatu larutan maka akan semakin banyak molekul dari larutan itu yang dapat memecah struktur lignin. Menurut Sahare et al. (2012) dalam Mardina et al. (2013). Pengurangan kadar lignin yang semakin besar menyebabkan semakin banyak selulosa yang reaktif untuk proses hidrolisis.



Gambar 2. Pengaruh Konsentrasi H₂SO₄ dan CH₃COOH terhadap Penurunan kadar Selulosa

3.2. Kadar Glukosa

Menghitung kadar glukosa setelah proses pretreatment dilakukan dengan metode *Luff Schoorl* yaitu dengan prinsip titrasi menggunakan larutan *Luff Schoorl*. Larutan *Luff Schoorl* sendiri dibuat dengan cara melarutkan 143,8 gr Na₂CO₃ anhidrat 300ml aquadest. Kemudian sambil diaduk, ditambahkan 50gr asam sitrat yang telah dilarutkan dengan 50 ml aquadest. Selanjutnya menambahkan 25 gr CuSO₄.5H₂O yang telah dilarutkan dalam 100 mL aquadest. Lalu memindahkan larutan tersebut kedalam labu ukur 1 L, ditepatkan isi sampai tanda garis dengan aquadest dan dikocok. Kemudian biarkan semalaman dan disaring.



Gambar 3. Hasil Analisis Kadar Glukosa terhadap konsentrasi Delignifikasi H₂SO₄ dan CH₃COOH.

Kadar gula dihitung berdasarkan selisih titrasi blanko dan titran sampel dengan menggunakan tabel gula menurut Luff-Schoorl.

Adapun perhitungan kadar blanko adalah sebagai berikut :

$$ml Na_2S_2O_3 = ml Na_2S_2O (Blanko-sampel) \times N. Na_2S_2O_3 \times 10 \quad (3)$$

$$Mg glukosa = (Berat glukosa (mg) \times P) / (Berat sampel (g) \times 100\% \quad (4)$$

P = Pengenceran sampel : volume yang diambil untuk analisis

Gambar 3. menunjukkan konsentrasi delignifikasi H₂SO₄ dan CH₃COOH terhadap analisis pembentukan kadar glukosa. Pada gambar terlihat jelas bahwa semakin kuat asam serta semakin besar konsentrasi larutan yang digunakan ketika proses delignifikasi semakin besar pula kadar glukosa yang dihasilkan hal tersebut telah dijelaskan sebelumnya pada hasil analisis uji lignin dimana semakin banyak lignin yang terdegradasi maka akan semakin banyak selulosa yang terbentuk dan akan menghasilkan konversi selulosa ke glukosa yang juga akan semakin tinggi. Kadar glukosa paling besar ditunjukkan pada sampel dengan delignifikasi H₂SO₄ 5%, yaitu 6,2446%.

3.3. Kadar Bioetanol

Kadar bioetanol dihitung dengan proses menggunakan analisa densitas dengan menggunakan alat piknometer 5 mL pada suhu kamar. Piknometer yang kosong ditimbang terlebih dahulu berat nya (a gram), Kemudian piknometer diisi penuh larutan *aquadest* dan ditimbang beratnya (b gram). Selanjutnya piknometer akan dihitung volume nya dengan rumus :

$$\text{Volume piknometer} = (b - a) / 0,995797 = c \text{ mL} \quad (5)$$

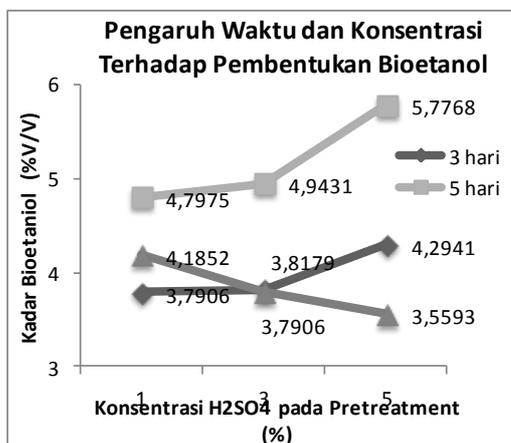
Siapkan piknometer 5 mL yang lain dan isi penuh piknometer dengan bioetanol dan diukur beratnya (d gram) dan densitas zat dapat diukur dengan rumus

$$\text{Densitas} = \frac{(\text{Berat piknometer isi zat} - \text{Berat piknometer kosong})}{(\text{Volume piknometer})}$$

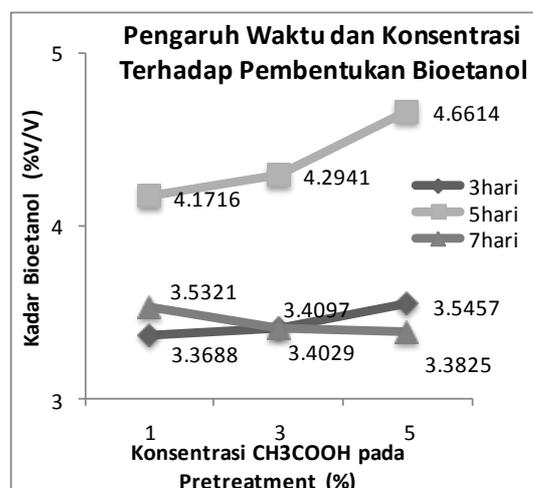
$$\text{Densitas} = (d - a) / c \quad (6)$$

Dengan menggunakan data densitas yang didapatkan maka kadar bioetanol dapat diukur berdasarkan table densitas standar bioetanol pada suhu kamar. Analisa ini dilakukan terhadap hasil fermentasi yang telah di destilasi, gunanya untuk

mengetahui kadar bioetanol yang terdapat dalam hasil fermentasi. Variabel bebas yang digunakan berupa waktu fermentasi selama 3, 5, 7 hari. Metode densitas dilakukan untuk menganalisis kadar bioetanol dan metode *gas chromatography* dilakukan untuk menganalisis secara akurat 2 sampel optimal yang menghasilkan bioetanol.



Gambar 4. Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar Bioetanol dengan konsentrasi Delignifikasi H₂SO₄.



Gambar 5. Pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar Bioetanol dengan konsentrasi Delignifikasi CH₃COOH

Dari Gambar 4. dan Gambar 5. menunjukkan pengaruh dari waktu fermentasi terhadap hasil analisis kadar bioetanol yang menggunakan asam kuat dan asam lemah saat proses delignifikasi. Dapat dilihat, bahwa produksi bioetanol pada hari ketiga memiliki hasil yang cukup signifikan, selanjutnya memasuki hari kelima bioetanol yang diproduksi masih mengalami peningkatan, namun pada saat memasuki hari ketujuh bioetanol yang dihasilkan

mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan waktu optimal fermentasi adalah 5 hari. Kadar bioetanol tertinggi yang diukur menggunakan metode density dimiliki oleh sampel yang menggunakan asam kuat 5% pada saat proses delignifikasi hal ini disebabkan karena sampel dengan delignifikasi H₂SO₄ 5% menghasilkan glukosa dengan kadar tertinggi sehingga konversi glukosa ke bioetanol juga memiliki hasil yang paling tinggi. Kadar bioetanol yang dihasilkan pada sampel dengan delignifikasi H₂SO₄ 5%, serta waktu fermentasi optimum (5 Hari) adalah 5,7768%.

Berdasarkan hal tersebut, 2 sampel terbaik bioetanol yang telah dihitung kadarnya menggunakan metode density dari masing-masing asam kuat dan asam lemah dilakukan pengujian *gas chromatography* untuk dilakukan pengujian kadar bioetanol secara akurat. Pengujian bioetanol menggunakan GC (*gas chromatography*) pada sampel yang di pretreatment menggunakan asam kuat (H₂SO₄) 5% dan waktu fermentasi selama 5 hari menunjukkan jumlah bioetanol yang terkandung memiliki konsentrasi sebesar 5,075 %v/v sedangkan pada sampel yang dilakukan pretreatment menggunakan asam lemah (CH₃COOH) dan waktu fermentasi selama 5 hari menunjukkan kadar bioetanol yang terbentuk sebesar 3,968 %v/v.

4. KESIMPULAN

Kadar bioetanol paling tinggi dihasilkan oleh sampel dengan konsentrasi asam sulfat saat delignifikasi sebesar 5% serta fermentasi dihari kelima yaitu sebesar 5,7768%. Kadar penurunan lignin paling tinggi ditunjukkan pada pretreatment menggunakan asam kuat dengan konsentrasi tertinggi (5%) dan makin besar konsentrasi asam kuat (H₂SO₄) menyebabkan besar pula kadar glukosa yang didapatkan, kadar glukosa tertinggi dihasilkan pada konsentrasi 5% asam sulfat. Waktu fermentasi yang diberlakukan semakin lama mengakibatkan kadar bioetanol yang didapatkan semakin besar, waktu optimum pembentukan bioetanol yaitu pada hari kelima. Melewati waktu optimum tersebut kadar bioetanol yang dihasilkan mengalami penurunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alex. (2015). Rotary Evaporator. (online). (<http://research.fk.ui.ac.id/sistem-informasi/>). Diakses 4 Januari 2016.
- Badan Pusat Statistik. (2015). Data Impor Minyak Bumi dan Gas Indonesia.
- Badan Standarisasi Nasional. (1992). *Cara Uji Makanan dan Minuman*. SNI : 01-2891-1992.

- Badan Standarisasi Nasional. (2012). *Bioetanol Terdenaturasi Untuk Gasohol*. SNI : 7390-2012.
- Gunam, I. B., Ni, M. W., Anak, A.M.D., dan Pande, M. S. (2011). *Delignifikasi Ampas Tebu dengan Larutan Natrium Hidroksida Sebelum Sakarifikasi secara Enzimatis Menggunakan Enzim Selulase Kasar dari Aspergillus Niger FNU 6018*. Teknologi Indonesia LIPI Press, 34 (Edisi Khusus 2011): 24-32.
- Mardina, P. et al. (2013). *Pengaruh Proses Delignifikasi pada Proses Produksi Glukosa dari Tongkol Jagung dengan Proses Hidrolisa Asam Encer* Konversi. 2(2): 17-23.
- Nguyen, M.H and R.G.H. Prince. (1996). *A Simple Rule for Bioenergy Conversion Plant Size Optimization : Bioethanol From Sugar Cane and Sweet Sorghum*. Biomass and Bioenergy 10, Nos 5/6:361-365.
- Pangestu. (2011). *Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian*. Bina Ilmu, Surabaya.
- Popiel, P.O., Przemyslaw, L., Jen, B.H.N., Anne, B. T., Mette, H.T. (2008). *Ethanol production from maize silage as lignocellulosic biomass anaerobically digested and wet-oxidized manure*. Bioresource Technology 99: 5327-5334.
- Papong, S. and Pamthong, M. (2010). *Life-cycle energy and environmental analysis of bioethanol production from cassava in Thailand*. Bioresource Technology 101: S112-S118.
- Prawitwong et al. (2012). *Efficient Ethanol Production from Separated Parenchyma and Vascular Bundle of Oil Palm Trunk*. Bioresource Technology 125: 37-42.
- Sukadarti, S., Kholisoh, S.D, Prasetyo, H., Santoso, W.S., dan Mursini, T. (2010). *Produksi Gula Reduksi dari Sabut Kelapa Menggunakan Trichoderma reesei*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan, [Universitas Pembangunan Nasional Veteran. Yogyakarta.](#)