

PEMANFAATAN ZEOLIT ALAM UNTUK MENINGKATKAN KEMURNIAN BIOETANOL DARI SINGKONG KARET (*Manihot glaziovii*)

UTILIZATION OF NATURAL ZEOLITE TO UPGRADE PURITY OF BIOETHANOL FROM RUBBER CASSAVA (*Manihot glaziovii*)

Soraya Isvandary, Siti Tjahjani, Amaria*

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences

State University of Surabaya

Jl. Ketintang, Surabaya (60231), Telp. 031-8298761

*Corresponding author, email : amaria@unesa.ac.id

Abstrak. Bioetanol (C_2H_5OH) merupakan bahan bakar alternatif ramah lingkungan hasil proses fermentasi glukosa yang dilanjutkan dengan proses pemurnian. Bioetanol dapat dibuat dari tanaman yang mengandung karbohidrat, contohnya singkong karet. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar etanol yang dihasilkan dari berbagai variasi waktu adsorpsi. Penelitian dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu 1) pembuatan bioetanol dari pati singkong karet; 2) adsorpsi etanol hasil distilasi dengan zeolit alam; 3) analisis data kadar etanol hasil adsorpsi dengan uji *Kruskal-Wallis*. Pemanfaatan zeolit alam dalam meningkatkan kemurnian bioetanol dilakukan dengan adsorpsi pada berbagai variasi waktu. Variasi waktu adsorpsi yang digunakan yaitu 2, 4, 6 dan 8 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar yang dihasilkan dari proses pembuatan bioetanol adalah 45%. Kadar bioetanol mengalami peningkatan saat berinteraksi dengan zeolit pada variasi waktu 2, 4, 6 dan 8 jam berturut-turut sebesar 50%; 66,67%; 58,3% dan 54,16%. Kadar tertinggi didapatkan saat interaksi bioetanol dengan zeolit selama 4 jam sebesar 66,67%. Uji *Kruskal-Wallis* menyatakan bahwa ada perbedaan yang signifikan antar variasi waktu adsorpsi.

Kata kunci: Bioetanol, Adsorpsi, Zeolit, Kadar Bioetanol

Abstract. Bioethanol (C_2H_5OH) is an eco-friendly alternative fuel as a result of the glucose fermentation process followed by the purification process. Bioethanol can be made from plants that contain carbohydrates, for example rubber cassava. This research aims to determine the concentration of ethanol produced from various variations of the adsorption time. The stages in this research were divided into three, 1) making bioethanol from cassava rubber starch; 2) adsorption of ethanol from distillation with natural zeolites; 3) and analysis of bioethanol concentration data with the *Kruskal-Wallis* test. Utilization of natural zeolite to upgrade the purity of bioethanol is carried out by adsorption at various time variations. Adsorption time variations used are 2, 4, 6 and 8 hours. The results showed that the concentration produced from the process of making bioethanol was 45%. Bioethanol concentration have increased when interacting with zeolites at time variations of 2, 4, 6 and 8 hours respectively by 50,00%; 66.67%; 58.30% and 54.16%. The highest concentration were obtained when the interaction of bioethanol with zeolites for 4 hours was 66.67%. The *Kruskal-Wallis* test states that there are significant differences between adsorption time variations.

Key words: Bioethanol, Adsorption, Zeolite, concentration of bioethanol

PENDAHULUAN

Bioetanol (C_2H_5OH) merupakan bahan bakar alternative yang ramah lingkungan hasil dari proses fermentasi glukosa dilanjutkan dengan proses pemurnian [5]. Bioetanol dapat dibuat dari tanaman yang mengandung karbohidrat, seperti gula, pati, maupun selulosa. Beberapa tumbuhan yang dapat dijadikan bahan baku pembuatan

bioetanol antara lain tebu, nira, aren, sorgum, ubi kayu, jambu mete, ganyong, garut, batang pisang, ubi jalar, jagung, bonggol jagung, dan jerami.

Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah dengan memanfaatkan pati yang terkandung didalam singkong karet. Singkong karet adalah salah satu jenis singkong yang mengandung senyawa beracun yaitu Asam Sianida (HCN)

sehingga tidak diperjual belikan dan tidak dimanfaatkan sebagai sumber pangan. Kadar karbohidrat pada singkong karet sebesar 98,4676 %, sehingga singkong karet sangat berpotensi sebagai bahan baku pembuatan bioetanol [2]. Proses pembuatan bioetanol meliputi 4 tahapan. Tahap pertama yaitu perlaukan awal (pengolahan singkong karet menjadi tepung pati). Tahap kedua yaitu hidrolisis pati. Tahap ketiga yaitu fermentasi. Tahap keempat yaitu pemurnian dengan distilasi.

Peningkatan kadar etanol dari 18% menjadi 95,40% setelah dilakukan proses distilasi sebanyak 7 kali [13]. Berdasarkan penelitian tersebut diketahui bahwa untuk didapatkan etanol dengan kadar >95% perlu dilakukan proses distilasi berkali-kali, oleh karena itu, diperlukan adanya suatu metode baru yang lebih efisien, memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan lebih baik dalam pemurnian bioetanol (pemisahan air dari campuran etanol-air), yaitu dengan metode adsorpsi.

Adsorpsi merupakan suatu peristiwa terkontakannya partikel padatan dan cairan pada kondisi tertentu sehingga sebagian cairan terjerap di permukaan padatan dan konsentrasi cairan yang tidak terjerap mengalami perubahan [9]. Adsorpsi adalah proses penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain [8]. Faktor utama yang mempengaruhi adsorpsi adalah jenis adsorben. Syarat suatu bahan dapat digunakan sebagai adsorben adalah bahan berpori. Zeolit merupakan adsorben yang berpori. Selain itu, molekul air memiliki ukuran partikel sebesar 2,8 Å, partikel etanol berukuran 4,4 Å, sedangkan ukuran pori zeolit adalah 3 Å, sehingga yang akan terjerap oleh adsorben zeolit adalah molekul air, karena air memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dibandingkan ukuran pori zeolit. Etanol akan sulit terjerap oleh adsorben zeolit, karena memiliki ukuran partikel yang lebih besar dibandingkan ukuran pori zeolit [1].

Selain faktor pemilihan jenis adsorben, faktor lain yang berpengaruh dalam proses adsorpsi antara zeolit dan air adalah waktu kontak (waktu perendaman zeolit dengan bioetanol). Waktu kontak yang lebih lama memungkinkan proses difusi dan penjerapan molekul adsorbat berlangsung lebih baik. Hal ini berlangsung hingga tercapai keadaan jenuh (kesetimbangan) [16].

Berdasarkan pemaparan diatas, zeolit memiliki kemampuan untuk meningkatkan kadar bioetanol dengan cara menjerap air yang masih tercampur pada bioetanol. Kemampuan adsorpsinya dipengaruhi oleh waktu kontak. Kajian tentang hal

ini perlu dilakukan penelitian agar diperoleh kadar etanol yang paling tinggi.

METODE PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian antara lain: *alcoholmeter*, neraca analitik (OHAUS-Florham Park USA), ayakan berukuran 100 mesh, stopwatch, *hotplate magnetic stirrer*, pisau, blender, serangkaian alat destilasi, gelas kimia, corong.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain: Singkong karet, ragi roti, akuades, NaOH, H₂SO₄, zeolit 100 *mesh*.

PROSEDUR PENELITIAN

1. Tahap Pembuatan Bioetanol

a. Tahap pembuatan pati

Singkong karet dikupas dari kulitnya, kemudian di cuci dan dibersihkan dari kotoran yang masih menempel, setelah itu di potong kecil-kecil, kemudian diblender, setelah semuanya selesai diblender, diperas menggunakan kain, sehingga didapat ampas (residu) dan filtrat. Selanjutnya filtrat dimasukkan kedalam baskom dan diendapkan selama 48 jam, kemudian didekantasi, bagian atas dibuang dan bagian bawahnya dimasukkan kedalam Loyang, kemudian dijemur dibawah sinar matahari selama 4-5 hari, setelah itu diblender, dan dihasilkan pati singkong karet.

b. Tahap hidrolisis

Tepung pati singkong karet dan aquades dengan perbandingan 1:10 dimasukkan ke dalam gelas kimia 1000 ml. Ditambah H₂SO₄ 0,15 N sebanyak 100 ml dan diaduk sampai homogen. Kemudian dipanaskan pada suhu 80°C, dan dibiarkan selama 60 menit. Setelah itu didinginkan sampai suhu kamar (25-30°C), kemudian dilakukan pemisahan antara larutan glukosa dan sisa sampel yang tidak terhidrolisis dengan penyaringan [5].

c. Tahap fermentasi

Larutan hasil hidrolisis dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian diatur pH antara 4-5 menggunakan NaOH 0,1 M. Kemudian ditambahkan 1 gram ragi roti, didiamkan selama 168 jam [2].

d. Tahap pemurnian

Distilasi digunakan untuk memisahkan etanol dari air. Air memiliki titik didih 100°C dan etanol 78°C. Larutan hasil fermentasi dimasukkan kedalam labu distilasi, diatur suhu 78°C sesuai titik didih etanol [11].

2. Tahap Adsorpsi**a. Tahap aktivasi zeolit**

Zeolit 100 mesh direndam dengan larutan natrium hidroksida (1gr zeolit:10 ml larutan NaOH 2M) selama 3 jam pada *magnetic stirrer* tanpa pemanasan. Setelah itu disaring dan dicuci dengan aquades sampai pH netral. Setelah itu dikeringkan didalam oven selama 4 jam pada suhu 110°C [10].

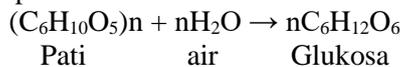
b. Tahap perendaman zeolit dan bioetanol**HASIL DAN PEMBAHASAN****1. Pembuatan Bioetanol****a. Tahap pembuatan pati**

Gambar 1. (a) Singkong karet yang sudah dihaluskan dan ditambahkan air, (b) Filtrat hasil perasan singkong karet yang sudah ditambahkan air, (c) Tepung pati singkong karet

b. Tahap hidrolisis pati

Arti kata hidrolisis sendiri adalah reaksi kimia antara air dengan satu zat baru atau lebih dan menyebabkan suatu larutan terdekomposisi dengan menggunakan air [5]. Hidrolisis pati dapat dilakukan hanya dengan bantuan air, namun reaksi yang berjalan sangat lambat, sehingga diperlukan katalis untuk mempercepat reaksi tersebut. Proses hidrolisis pati dapat dilakukan dengan bantuan kimiawi atau enzimatis. Katalis yang paling umum digunakan adalah kimia, biasanya dapat ditambahkan asam pada proses hidrolisis. Asam yang sering digunakan adalah HCl, HNO₃, dan H₂SO₄.

Reaksi Hidrolisis pati secara umum tanpa penambahan katalis adalah



Bioetanol hasil distilasi sebanyak 40 ml ditambah 10 gram zeolit yang sudah di aktivasi. Kemudian di rendam selama waktu tertentu berdasarkan variasi yaitu 2 jam, 4 jam, 6 jam, dan 8 jam. Setelah itu etanol dipisahkan dari zeolit dengan kertas saring dan corong [14].

3. Pengukuran Volume Bioetanol

Bioetanol hasil adsorpsi dengan zeolit dilakukan pengukuran volume dengan gelas ukur.

4. Uji Kadar Bioetanol

Bioetanol hasil adsorpsi dengan zeolit diuji kadar etanol dengan alkoholmeter.

5. Uji pH Bioetanol

Bioetanol hasil adsorpsi dengan zeolit diuji pH dengan pH meter.

Kadar glukosa tertinggi dihasilkan pada penggunaan H₂SO₄ 0,15 N yaitu sebesar 27,25%. Hal tersebut disebabkan oleh H₂SO₄ memiliki jumlah ion H⁺ lebih banyak, semakin banyak ion H⁺ yang tersedia untuk memutuskan ikatan glikosida pada pati semakin cepat pula terjadi reaksi [5].

c. Tahap fermentasi

Fermentasi dilakukan dengan bantuan *Saccharomyces cerevisiae* yang terkandung didalam ragi roti. *Saccharomyces cerevisiae* adalah khamir yang dikenal memiliki enzim zimase dan invertase. Enzim invertase berfungsi sebagai pemecah sukrosa menjadi monosakarida (glukosa dan fruktosa). Enzim zimase akan mengubah glukosa menjadi etanol [2]. Proses fermentasi dilakukan pada kondisi pH 4-5 dan disimpan dalam inkubator dengan suhu

37°C selama 168 jam. Proses ini dilakukan dalam keadaan tertutup. Pengaturan pH larutan antara 4-5 dilakukan karena *Saccharomyces cerevisiae* adalah salah satu jenis khamir yang dapat tumbuh pada kondisi pH antara 4-5.

d. Tahap pemurnian

Distilasi merupakan suatu proses pemisahan dua atau lebih komponen zat cair berdasarkan pada titik didihnya [13]. Secara sederhana distilasi dilakukan dengan memanaskan atau menguapkan zat cair dengan bantuan kondensor. Distilasi ini digunakan untuk memisahkan etanol dari air, yang mana air dan etanol memiliki titik didih yang berjauhan. Air memiliki titik didih 100°C dan etanol 78°C. Distilasi dilakukan sampai etanol tidak menetes lagi. Distilat yang dihasilkan berupa larutan jernih tidak berwarna dan setelah diuji menggunakan alkoholmeter didapatkan kadar sebesar 45 %.

2. Adsorpsi

a. Aktivasi zeolit

Aktivasi zeolit dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan unsur pengotor, sehingga dapat meningkatkan kemampuan zeolit sebagai adsorben, dalam hal ini meningkatkan kemampuan zeolit dalam menyerap air. Aktivasi dilakukan dengan larutan basa yaitu NaOH. Aktivasi dengan NaOH menyebabkan pH larutan semakin tinggi, sehingga dapat terjadi penurunan rasio Si/Al. Penurunan silika pada kerangka zeolit akan meningkatkan kapasitas adsorpsi dan selektivitas zeolit terhadap molekul-molekul yang bersifat polar, salah satu contohnya yaitu air. Selain penurunan rasio Si/Al pada struktur kerangka zeolit, aktivasi dengan penambahan larutan NaOH juga bertujuan untuk menghilangkan ion-ion tertentu dari kerangka zeolit dan menggantinya dengan ion Na^+ sehingga zeolit semakin mendekati bentuk homoionik. Bentuk yang homoionik menyebabkan zeolit memiliki ukuran pori yang relatif sama dan diharapkan selektivitas adsorpsi terhadap air semakin baik (Khaidir, dkk, 2012).

b. Perendaman zeolit dan bioetanol

Adsorpsi dilakukan bertujuan untuk meningkatkan kadar etanol. Hal tersebut dilakukan dengan mengadsorpsi air yang bercampur dengan bioetanol. Air dan etanol teradsorpsi karena gaya tarik dari permukaan zeolit yang lebih besar daripada gaya tarik yang bekerja untuk menahan air untuk tetap larut dalam bioetanol. Proses adsorpsi diawali dengan penimbangan 10 gram zeolit teraktivasi, kemudian ditambah 40 ml bioetanol, setelah itu diaduk menggunakan pengaduk magnet selama waktu tertentu sesuai dengan variasi yang ditentukan yaitu 2, 4, 6, dan 8 jam. Selama proses pengadukan dengan *stirer* dilakukan dengan keadaan tertutup, gelas kimia yang digunakan untuk wadah proses adsorpsi ditutup dengan *plastic wrap*. Keadaan tertutup bertujuan untuk mengantisipasi ketika etanol menguap, karena hal tersebut dapat mempengaruhi kadar bioetanol.

3. Pengukuran Volume

Diperoleh data hasil pengukuran volume bioetanol sesudah adsorpsi dengan adsorben zeolit yang akan disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Volume Etanol Setelah Proses Adsorpsi

Waktu Adsorpsi	Volume Bioetanol (ml)			Rata-rata
	I	II	III	
0 jam	40	40	40	40
2 jam	26	26	26	26
4 jam	22	24	24	23,33
6 jam	24	24	26	24,67
8 jam	27	24	26	25,67

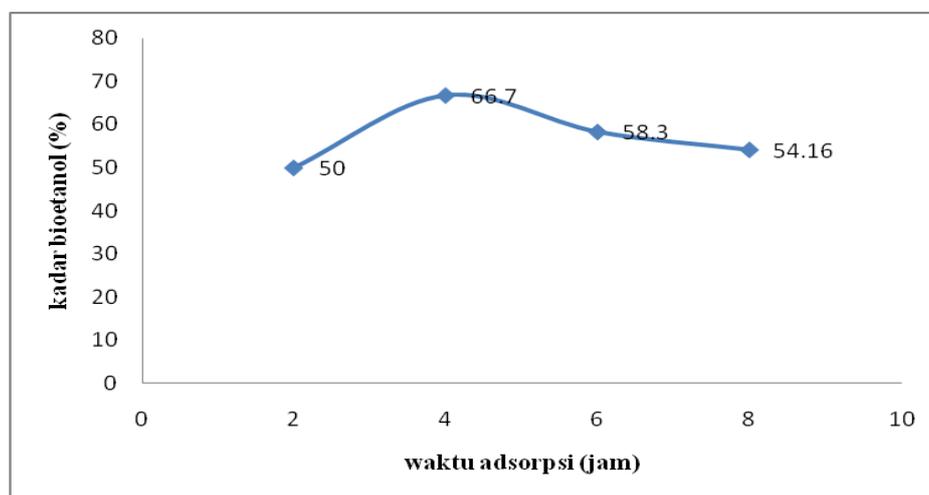
Langkah selanjutnya yaitu dilakukan pengujian kadar bioetanol menggunakan alkoholmeter. Sebelum dilakukan pengujian kadar bioetanol, dilakukan pengenceran terlebih dahulu. Pengenceran dilakukan menggunakan labu ukur 250 ml. Pada proses pengenceran, bioetanol diambil 20 ml pada masing-masing variasi.

4. Uji Kadar Bioetanol

Diperoleh data pengujian kadar bioetanol sesudah diadsorpsi menggunakan adsorben zeolit yang akan disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kadar Etanol Setelah Proses Adsorpsi

Waktu Adsorpsi	Kadar Bioetanol (%)			Rata-rata
	I	II	III	
0 jam	45	45	45	45
2 jam	50	50	50	50
4 jam	75	62,5	62,5	66,67
6 jam	62,5	62,5	50	58,3
8 jam	50	62,5	50	54,16

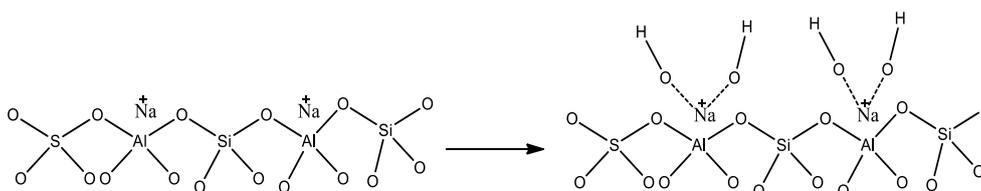


Gambar 2. Grafik kadar bioetanol vs waktu adsorpsi

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa daya adsorpsi air oleh adsorben zeolit berlangsung cepat antara 2 hingga 4 jam, ditandai dengan selisih kenaikan kadar bioetanol mencapai 16,67%. Kemudian antara 6 hingga 8 jam daya adsorpsi air oleh zeolit mulai menurun dan selisih kadar bioetanol yang dihasilkan relatif kecil. Pada awal adsorpsi antara 2 hingga 4 jam, proses penjerapan meningkat, hal ini disebabkan karena pada waktu kontak 2 hingga 4 jam jumlah pori dan permukaan aktif zeolit berukuran besar, sehingga kemampuan penjerapan air oleh zeolit masih tinggi. Pada waktu kontak 6 hingga 8 jam, zeolit mulai jenuh. Keadaan adsorben yang mulai jenuh dapat menyebabkan daya jerap adsorben terhadap air menurun, hal tersebut ditandai dengan kadar bioetanol yang dihasilkan semakin menurun. Keadaan adsorben yang jenuh juga menyebabkan proses desorpsi terjadi bersamaan dengan terjadinya proses adsorpsi, yang nanti apabila diteruskan akan menyebabkan terjadinya kesetimbangan adsorpsi. Adanya proses desorpsi menandakan adsorpsi terjadi secara fisik, yang ditandai dengan

proses adsorpsi terjadi secara *reversible* sehingga menyebabkan zeolit melepaskan air kembali kedalam larutan dari permukaan adsorben [15].

Zeolit teraktivasi dengan larutan NaOH memiliki kemampuan penjerapan air yang tercampur pada bioetanol lebih tinggi dibandingkan dengan zeolit teraktivasi dengan larutan H₂SO₄. Pada dasarnya NaOH dan H₂SO₄ dapat membantu zeolit dalam menghilangkan pengotor-pengotornya. Ketika zeolit diaktivasi dengan NaOH dapat terjadi reaksi pertukaran kation-kation sehingga dapat membuka dan mengaktifkan ruang antar lapis zeolit. Pertukaran kation-kation tersebut dapat digantikan dengan kation Na⁺. Kation Na⁺ yang telah menempel pada kerangka zeolit akan berinteraksi dengan air yang masih bercampur dengan bioetanol. Air yang masih tercampur dalam bioetanol tidak hanya terperangkap dalam pori-pori zeolit saja, melainkan dapat berinteraksi pula dengan ion Na⁺. Oleh karena itu air yang terserap oleh zeolit teraktivasi NaOH dapat lebih banyak menyerap air dibandingkan dengan zeolit teraktivasi oleh asam [10].



Gambar 3. Mekanisme interaksi air dengan zeolit yang telah diaktivasi dengan NaOH

5. Uji pH Etanol

Hasil uji pH etanol setelah dilakukan proses adsorpsi dengan adsorben zeolit disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. pH etanol setelah proses adsorpsi

Waktu Adsorpsi	pH Bioetanol			Rata-rata
	I	II	III	
0 jam	6,51	6,51	6,51	6,51
2 jam	6,55	6,55	6,53	6,54
4 jam	6,59	6,58	6,58	6,58
6 jam	6,58	6,58	6,57	6,57
8 jam	6,56	6,57	6,57	6,56

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa pH bioetanol hasil dari proses adsorpsi antara variasi tidak memiliki perbedaan yang relatif jauh. Bioetanol hasil proses adsorpsi menghasilkan pH yang berada pada rentang sesuai dengan acuan SNI 7390:2008 yaitu 6,5-9 [6].

6. Analisis Statistika

Analisis statistika diawali dengan uji normalitas menggunakan uji *One Sample Kolmogrov-Smirnov Test*, didapatkan nilai signifikansi sebesar $p=0,124$ dan $p=0,875$. Syarat data terdistribusi normal adalah $p>0,05$, sehingga data pada penelitian ini dapat dinyatakan terdistribusi normal. Setelah itu, dilakukan uji homogenitas, didapatkan nilai signifikansi sebesar $p=0,004$. Nilai signifikansi yang didapatkan menunjukkan bahwa data penelitian ini dinyatakan tidak homogen karena tidak memenuhi syarat yaitu $p>0,05$. Oleh karena itu, data pada penelitian ini tidak bisa dilakukan analisis statistika secara parametrik, namun dapat dilakukan analisis statistika secara non-parametrik yaitu dengan uji *Kruskal-Wallis* [12].

Uji *Kruskal-Wallis* merupakan uji non-parametrik yang bertujuan untuk menentukan ada atau tidaknya perbedaan signifikan secara statistik antara dua atau lebih kelompok variabel independen pada variabel dependen dengan skala data numerik (interval/rasio) dan skala ordinal [12].

Tabel 4. Uji Kruskal Wallis

Kadar	
Chi-Square	11.411
df	4
Asymp. Sig.	.022

Berdasarkan uji Kruskal Wallis pada Tabel 4 dihasilkan bahwa nilai signifikansi $<0,05$ yaitu 0,022. Hal tersebut menandakan bahwa proses adsorpsi mempengaruhi hasil kadar bioetanol dan data yang dihasilkan memiliki perbedaan yang signifikan secara statistik. Untuk mengetahui lebih jelas mengenai perbedaan antar variasi dapat dilakukan dengan uji Duncan yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Uji Duncan

Waktu	N	Kadar		
		Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
0 jam	3	45.0000		
2 jam	3	50.0000	50.0000	
8 jam	3	54.1667	54.1667	
6 jam	3		58.3333	58.3333
4 jam	3			66.6667
Sig.		.084	.112	.098

Berdasarkan uji Duncan pada Tabel 5 dihasilkan bahwa pada waktu adsorpsi 4 jam tidak memiliki perbedaan yang bermakna dengan waktu adsorpsi 6 jam, namun memiliki perbedaan yang bermakna dengan waktu adsorpsi 2 dan 8 jam. Apabila dilihat dari data yang dihasilkan dari uji alkoholmeter didapatkan bahwa kadar paling tinggi dihasilkan pada waktu adsorpsi 4 jam. Meskipun waktu adsorpsi 4 dan 6 jam berdasarkan uji statistika yaitu uji Duncan tidak memiliki perbedaan yang bermakna, waktu adsorpsi yang paling baik adalah 4 jam. Ditinjau dari efisiensi waktu, waktu adsorpsi 4 jam lebih efisien dibandingkan waktu adsorpsi 6 jam.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa waktu adsorpsi yang paling baik dan menghasilkan kadar bioetanol yang paling tinggi adalah 4 jam dengan bioetanol yang dihasilkan memiliki kadar 66,67%.

SARAN

Diharapkan ada penelitian lebih lanjut mengenai pemurnian bioetanol sehingga kadar bioetanol yang dihasilkan lebih tinggi dan mencapai kadar sesuai SNI.

DAFTAR PUSTAKA

1. Firdausi, N. Z., Samodra, N. B., & Hargono. (2013). Pemanfaatan Pati Singkong Karet untuk Produksi Bioetanol Fuel Grade Melalui Proses Distilasi-Dehidrasi Menggunakan
2. Hapsari, M. A., & Pramashinta, A. (2013). Pembuatan Bioetanol dari Singkong Karet (Manihot Glaziovii) untuk Bahan Bakar Kompor Rumah Tangga Sebagai Upaya Mempercepat Konversi Minyak Tanah Ke Bahan Bakar Nabati. *Teknologi Kimia Volume 2 No.2* , 240-245.
3. Khaidir, Setyaningsih, D., & Haerudin, H. (2012). Dehidrasi Bioetanol Menggunakan Zeolit Alam Termodifikasi. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian Volume 22 No.1*, 66-72.
4. Khairani, R. (2007). *Tanaman Jagung Sebagai Bahan Bakar Bio-fuel*. Bandung: UNPAD.
5. Praputri, E., Sundari, E., Firdaus, F., & Sofy, S. (2018). Penggunaan Katalis Homogen dan Heterogen pada Proses Hidrolisis Pati Umbi Singkong Karet Menjadi Glukosa. *Jurnal Litbang Industri Volume 8 No.2*, 105-110.
6. Prihandana, F. (2007). *Bioetanol Ubi Kayu: Bahan Bakar Masa Depan*. Jakarta: Agromedia Pustaka.
7. Pudjatmaka, A. H., & Qodratillah, M. T. (2002). *Kamus Kimia*. Jakarta: Balai Pustaka.
8. Puspita, Kurnia Cahya & Siti Tjahjani. (2018). Aplikasi Karbon Aktif Tempurung Keluwak (*Pangium edule*) Sebagai Adsorben untuk Pemurnian Jelantah. *UNESA Journal of Chemistry Volume 7, No.1*, 1-7.
9. Putro, A. (2010). Proses Pengambilan Kembali Bioetanol Hasil Fermentasi Dengan Metode Adsorpsi Hidrofobik. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri Volume 2 No.2*, 16-24.
10. Saidi, D. (2014). *Proses Dehidrasi Bioetanol Menggunakan Zeolit Teraktivasi NaOH dengan Variasi Konsentrasi dan Berat Zeolit*. Malang: Universitas Islam Negeri Malang.
11. Sari, Desi Putri Ratna dan Siti Tjahjani. 2018. "Pemanfaatan Kulit Durian (*Durio zibethinus*) sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol Menggunakan *Aspergillus niger* dan *Saccharomyces cerevisiae*". *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. Surabaya, 22 September 2018.
12. Sugiyono. 2010. *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
13. Susilo, B., A, U., & Yulianingsih, R. (2018). Pemurnian Alkohol Menggunakan Proses Destilasi-Adsorpsi dengan Penambahan Adsorben Zeolit Sintesis 3 Angstrom. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem Volume 6 No.1*, 9-18.
14. Susilo, B., Sumarlan, S. H., & Nurirenia, D. F. (2017). Pemurnian Bioetanol Menggunakan Proses Distilasi dan Adsorpsi dengan Penambahan Asam Sulfat (H₂SO₄) Pada Aktivasi Zeolit Alam Sebagai Adsorben. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem Volume 5 No.1*, 19-26.
15. Villarul, T. N., Chairul, & Y, S. R. (2017). Pemurnian Bioetanol Hasil Fermentasi Nipah Menggunakan Proses Destilasi-Adsorpsi Menggunakan Adsorben CaO. *Jom FTEKNIK Volume 4 No.2*, 1-6.
16. Widayatno, T., Yuliatwatio, T., & Susil, A. A. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam Volume 1 No.1*, 17-23.