

Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Buah Nanas Dengan Metode *Solid State Fermentation* (SSF) Dan Pemurnian Dengan Proses Distilasi-Adsorpsi Dengan Variasi *Ratio* Bioetanol:Adsorben

Nadira Safitri¹, Chairul², Said Zul Amraini²

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
nadira.safitri37@ymail.com

ABSTRACT

*Bioethanol is an ethanol which can be obtained by glucose fermentation from carbohydrate source that uses microorganisms help continued by distillation process. Adsorption is a separation process where the components of a fluid phase moves to the absorbing surface of the solid (adsorbent). In the fermentation process pineapple peel waste with *Zymomonas mobilis* and distillation process obtained the highest ethanol content of 11%, ethanol content obtained is not too high, so it needs a process that can increase the purity of bioethanol with distillation adsorption process. Bioethanol purification process using natural zeolite as adsorbent with variable change is the type of adsorbent of natural zeolite without activation with base activated natural zeolite and bioethanol:adsorbent ratio is 1:0,35 ; 1:0,5 ; 1:0,65. From the experimental results indicated that the highest ethanol content obtained of the zeolite and ethanol massa ratio of 1:0,65 with using base activated natural zeolite, ethanol content of 99,8% which fulfill Indonesian National Standard (SNI) for both technical ethanol and denatured bioethanol specification.*

Keywords : bioethanol, solid state fermentation, pineapple peel, distillation adsorption, natural zeolite

1. Pendahuluan

Dunia industri dimasa sekarang sedang terfokus pada pencarian energi alternatif bahan bakar biomassa sebagai sumber energi terbarukan (*renewable*). Hal ini disebabkan oleh semakin menipisnya persediaan bahan bakar fosil, harga minyak dunia yang tidak stabil yang mengakibatkan ketergantungan terhadap energi minyak bumi, sehingga mendorong penelitian dan pengembangan sumber energi

alternatif dari sumber yang diperbaharui.

Etanol sebagai campuran bahan bakar fosil merupakan salah satu energi alternatif yang mempunyai prospek yang baik sebagai pengganti bahan bakar fosil dengan bahan baku alami, lebih ramah lingkungan serta menguntungkan dari segi ekonomi. Salah satu bahan baku yang digunakan untuk fermentasi etanol adalah kulit nanas. Nanas (*Ananas comosus L. Merr*) adalah salah satu

jenis buah yang terdapat di Indonesia, yang mempunyai penyebaran cukup merata.

Berdasarkan kandungan nutriennya, kulit buah nanas mengandung karbohidrat dan gula yang cukup tinggi. Menurut Wijana, dkk [1998] kulit nanas mengandung 53,1% air, 14,42% serat kasar, 17,53% karbohidrat, 1,3% protein dan 13,65% gula reduksi. Mengingat kandungan karbohidrat dan gula yang cukup tinggi tersebut maka kulit nanas memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol.

Secara umum, produksi etanol mencakup tiga rangkaian proses, yaitu persiapan bahan baku, fermentasi dan pemurnian. Pada tahap persiapan, bahan baku harus dikonversi terlebih dahulu menjadi larutan gula yang akhirnya akan difermentasi menjadi etanol. Pada tahap fermentasi, pemecahan gula-gula sederhana menjadi etanol melibatkan enzim dan ragi. Sedangkan tahap pemurnian etanol, digunakan zeolit untuk proses dehidrasi menggunakan adsorben. Proses dehidrasi adsorpsi merupakan proses lanjutan dari proses distilasi. Dimana pada proses distilasi kemurnian etanol yang diperoleh 96% dan tidak bisa meningkat lagi, karena titik *azeotrop* campuran air – etanol adalah 96%. Pada kondisi *azeotrop* campuran air – etanol sulit dipisahkan dengan metode distilasi. Untuk mencapai bioetanol (> 95%) harus dilakukan pemurnian lanjutan yaitu dengan proses dehidrasi (dehidrasi *molekular sieve*) karena proses ini dapat menghilangkan air hingga kadar etanol menjadi 99,5%

dan dihasilkan etanol absolut [Bustaman, 2010].

Beberapa peneliti sebelumnya telah melakukan produksi etanol menggunakan alternatif pemurnian diantaranya Rahman [2012] dan Rambe [2010] dengan proses adsorpsi. Penelitian Rahman menggunakan adsorben zeolit alam dan batu kapur. Hasil yang diperoleh yaitu kadar etanol meningkat dari kadar 1,18% menjadi 1,467% dengan ukuran zeolit 40 *mesh* dan waktu kontak adalah 50 menit, serta *ratio* adsorben:bioetanol adalah 0,35. Sedangkan Rambe menggunakan adsorben zeolit alam dan hasil yang diperoleh adalah etanol meningkat dari kadar 95,6% menjadi 99,52% dengan kondisi operasi ukuran zeolit alam yang digunakan 140 *mesh*, *ratio* zeolit:etanol 1:2, waktu perendaman 120 jam. Oktaviani [2013] melakukan fermentasi kulit nanas menggunakan *Zymomonas mobilis* dengan metode *solid state fermentation* (SSF) menghasilkan etanol tertinggi pada waktu fermentasi 24 jam dengan ukuran substrat berbentuk *slurry*. Konsentrasi etanol yang diperoleh adalah 33% menggunakan proses pemurnian dengan cara distilasi satu kali, kadar etanol yang dihasilkan belum menghasilkan etanol murni sehingga diperlukan proses pemurnian lanjutan. Untuk itu pada penelitian ini merupakan lanjutan dari Oktaviani yang menggunakan pada proses pemurnian dengan cara distilasi-adsorpsi digunakan zeolit alam tanpa aktivasi dan zeolit alam yang diaktivasi basa dengan ukuran adsorben yaitu 100 *mesh*, serta variasi *ratio* bioetanol:adsorben adalah 1:0,35 ; 1:0,5 ; 1:0,65. Tujuan

dari penelitian ini yaitu memperoleh bioetanol dari kulit nanas dengan menggunakan metode *solid state fermentation* (SFF) dan pemurnian distilasi-adsorpsi, memperoleh data mengenai perbandingan kemampuan adsorpsi zeolit alam tanpa aktivasi dengan zeolit alam teraktivasi basa, memperoleh data *ratio* bioetanol:adsorben optimum untuk memproduksi bioetanol dengan proses pemurnian distilasi-adsorpsi serta mengetahui sifat-sifat fisika produk yang sesuai memenuhi SNI.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Bahan dan Alat

2.1.1 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit nanas, *Nutrient Agar* (NA), bakteri *Zymomonas mobilis*, *buffer* sitrat, glukosa, *yeast extract*, KH_2PO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, dan akuades.

2.1.2 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah *autoclave*, inkubator, *shaker*, *beaker glass*, erlenmeyer, pipet ukur, *petridish*, jarum ose, timbangan analitik, rangkaian alat distilasi, rangkaian alat distilasi-adsorpsi, spatula, kapas berlemak, pH-meter, alkoholmeter, piknometer, corong, blender, bunsen, mortar, ayakan 100 *mesh* dan viskometer oswald.

2.2 Persiapan Bahan Baku

Kulit buah nanas yang didapat dari industri rumah tangga pengolahan keripik nanas di Desa Kualu Nanas, Kecamatan Tambang, Kabupaten Kampar, Propinsi Riau. Kulit nanas dihaluskan dengan cara diblender hingga membentuk *slurry*.

2.3 Mikroorganisme dan Penyiapan Inokulum

Mikroorganisme yang digunakan adalah *Zymomonas mobilis* FHCC-0056 yang diperoleh dari Laboratorium PAU Universitas Gadjah Mada, dan ditumbuh kembangkan pada media tumbuh yang diperkaya dengan komposisi media glukosa 10%, *yeast extract* 1%, KH_2PO_4 0,1%, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,05%, dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,1% [Tanaka, 1999 dalam Ageng, 2009]. 1 jarum ose *Zymomonas mobilis* diinokulasi ke dalam 1 ml media tumbuh diperkaya yang telah disterilisasi pada temperatur 121°C selama 20 menit dan di-*shaker* selama 24 jam pada kecepatan 120 rpm [Aditya, 2011].

2.4 Solid State Fermentation (SSF)

Proses fermentasi dilakukan pada erlenmeyer 1 liter dengan ukuran partikel substrat berupa *slurry*. Sebelum inokulum *Zymomonas mobilis* diinokulasikan ke dalam media fermentasi, dilakukan sterilisasi media fermentasi pada temperatur 121 °C selama 20 menit. Kondisi lingkungan fermentasi diatur pada pH 5 menggunakan *buffer* sitrat, temperatur 30 °C dan waktu pengambilan sampel fermentasi pada 24 jam dengan volume inokulum 10%.

2.5 Persiapan Adsorben

Pada penelitian ini digunakan dua jenis adsorben untuk proses distilasi adsorpsi yaitu zeolit alam tanpa aktivasi dan zeolit alam teraktivasi basa. Tahap persiapan zeolit alam teraktivasi basa adalah dengan menghaluskan zeolit alam kemudian diayak hingga mencapai

ukuran 100 *mesh*. Pada tahap persiapan zeolit teraktivasi basa yaitu zeolit alam 100 *mesh* dipanaskan dalam oven pada suhu 300 °C selama 3 jam [Suwardi, 2000]. Setelah itu, zeolit diaktivasi secara kimia melalui penambahan basa. Sebanyak 20 gram sampel zeolit alam ditambahkan 30 mL larutan NaOH 0,75 N. Campuran direfluks selama 2 jam pada suhu 90 °C sambil diaduk dengan pengaduk [Rini dan Lingga, 2010]. Campuran kemudian disaring dan dibilas dengan air distilasi hingga mencapai pH netral. Residu yang diperoleh dikeringkan dalam *furnace* dengan suhu 300 °C selama 3 jam [Zuhaidha, 2012].

2.6 Pemisahan dan Pemurnian

Pada tahap pemisahan dan pemurnian yaitu terdiri dari proses pembuatan etanol-air pada kondisi azeotrop yaitu kondisi dimana air tidak dapat dipisahkan lagi dengan menggunakan metode distilasi. Alat

yang digunakan pada proses ini adalah serangkaian alat distilasi (*rotary evaporator*) dan pemurnian dilakukan secara berulang-ulang mulai dari suhu 80⁰ C sampai 71⁰ C hingga diperoleh kadar etanol lebih dari 95%. Pemurnian lanjutan yaitu penghilangan air atau dikenal dengan proses dehidrasi, pada penelitian ini digunakan proses distilasi-adsorpsi dengan variasi jenis yaitu zeolit tanpa aktivasi dan zeolit teraktivasi basa dan *ratio* bioetanol:adsorben hingga diperoleh kadar etanol sesuai standar sebagai bahan bakar.

2.7 Metode Analisa

Analisa yang dilakukan pada penelitian ini adalah analisa kadar etanol dengan menggunakan alkoholmeter, analisa densitas menggunakan piknometer, analisa viskositas menggunakan viskometer oswald, analisa BET dan analisa GC-MS.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Fermentasi Etanol

Pada tahap fermentasi, penelitian ini menggunakan metode *solid state fermentation* (SSF) dan mikroorganismenya yang digunakan yaitu *Zymomonas mobilis*. Pada

proses fermentasi etanol ini, waktu fermentasi yang dilakukan selama 24 jam dan jumlah inokulum 10%v/v, hasil yang didapat merupakan umpan untuk proses distilasi, kadar etanol yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Rendemen Hasil Fermentasi Etanol

No.	Nama	Jumlah Bahan Baku (ml)	Jumlah Hasil (ml)	Kadar Etanol (%)
1	Sampel 1	1000	920	11
2	Sampel 2	1000	920	11
3	Sampel 3	1000	900	11
4	Sampel 4	1000	890	10
5	Sampel 5	1000	900	11
6	Sampel 6	1000	900	11
7	Sampel 7	1000	910	11

3.2 Perolehan Kadar Etanol Hasil Distilasi

Kadar etanol yang diperoleh dari hasil fermentasi adalah sebesar 11% volum yang terdiri dari campuran etanol-air maupun

senyawa pengotor sehingga perlu dilakukan pemurnian untuk meningkatkan kadar alkohol pada etanol hasil fermentasi. Kadar etanol setiap pengulangan proses distilasi dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Kadar Etanol Setiap Pengulangan Proses Distilasi

No.	Kadar Etanol pada Distilasi ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
1	25%	41%	68%	74%	84%	95%	95,4%
2	22%	47%	61%	73%	85%	95%	95%
3	26%	49%	70%	76%	86%	95%	95%
4	22%	48%	63%	73%	84%	94%	95%
5	20%	42%	60%	71%	81%	94%	95%

Pada penelitian ini, kadar etanol tidak dapat ditingkatkan lagi saat telah mencapai kadar 95-96% volum. Hal ini disebabkan karena semakin sering destilasi dilakukan semakin sedikit komponen air dalam bahan yang didestilasi atau tidak adanya lagi komponen untuk dipisahkan lebih lanjut. Hal ini sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa campuran azeotrop etanol-air tidak mengikuti Hukum Raoult's. Pada campuran etanol-air terjadi penyimpangan (deviasi) positif

dengan titik didih campuran berada dibawah titik didih masing-masing bahan yaitu di bawah titik didih etanol dan air [Clark, 2005]. Walaupun dimurnikan dengan distilasi secara terus-menerus, kadar etanol yang diperoleh tidak akan melebihi 95,6% berat. Oleh karena itu, untuk memurnikan etanol, maka perlu dilakukan adsorpsi menggunakan adsorben yang dalam hal ini adalah zeolit *molecular sieve* [Prihandana, 2007].

3.3 Hasil Analisa Zeolit Alam (Adsorben)

Proses aktivasi zeolit alam dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu aktivasi dengan panas/fisis serta aktivasi dengan NaOH. Zeolit yang telah diaktivasi lalu dianalisa. Analisa yang dilakukan pada zeolit (adsorben) pada penelitian ini yaitu analisa BET (*Brunauer-Emmet-Teller*).

Analisa BET (*Brunauer-Emmet-Teller*) dilakukan untuk mengetahui luas permukaan dan distribusi pori yang terdapat pada zeolit. Data diameter pori zeolit hasil

analisa BET dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Diameter Pori Zeolit Tanpa Aktivasi dan Dengan Aktivasi Basa

Ukuran Zeolit (<i>mesh</i>)	Diameter Pori Zeolit (Å)	
	Tanpa Aktivasi	Aktivasi Basa
100	2,01	1,99

Hasil analisa BET (*Brunauer-Emmet-Teller*), Tabel 3.3 diatas menunjukkan diameter pori zeolit alam setelah mengalami perlakuan atau aktivasi menjadi semakin kecil, hal tersebut menunjukkan pengaruh

pemanasan dan penambahan basa pada proses aktivasi. Pemanasan bertujuan menghilangkan molekul air yang terikat pada zeolit agar pori-porinya terbuka sehingga luas permukaan adsorben meningkat yang berarti diameter pori zeolit mengecil. Sedangkan penambahan basa bertujuan untuk meningkatkan daya adsorpsi air pada zeolit alam. Perubahan diameter pori yang mengecil, dimungkinkan terjadi perubahan pada morfologi zeolit dan perubahan struktur zeolit. Semakin kecil diameter pori zeolit maka luas

3.4 Pengaruh *Ratio* Bioetanol:Adsorben Terhadap Kenaikan Kadar Etanol

Dehidrasi etanol merupakan proses pemurnian etanol sehingga didapatkan etanol dengan kadar diatas titik azeotrop. Dehidrasi yang dilakukan yaitu dengan cara distilasi

Tabel 3.4 Pengaruh *Ratio* Bioetanol:Adsorben Terhadap Kenaikan Kadar Etanol

No.	<i>Ratio</i> Etanol: Adsorben	Jenis Adsorben	Ukuran Partikel Adsorben (<i>mesh</i>)	Kadar Etanol Sebelum Adsorpsi (%)	Kadar Etanol Setelah Adsorpsi (%)
1	1:0,35	ZTA	100	95	99,5
2	1:0,5	ZTA	100	95	99,6
3	1:0,65	ZTA	100	95	99,7
4	1:0,35	ZTB	100	95	99,7
5	1:0,5	ZTB	100	95	99,7
6	1:0,65	ZTB	100	95	99,8

Keterangan:

ZTA : Zeolit tanpa aktivasi

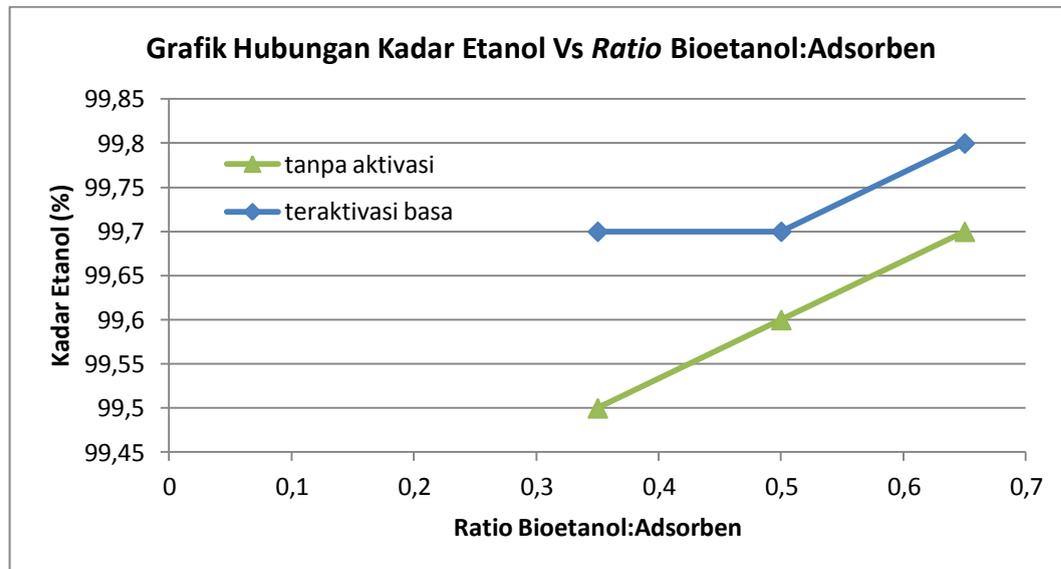
ZTB : Zeolit teraktivasi basa

Grafik hubungan antara *ratio* bioetanol:adsorben terhadap

permukaan zeolit semakin besar, sehingga diharapkan terjadi peningkatan volume pori. Hal ini merupakan salah satu faktor yang menyebabkan peningkatan kemampuan adsorpsi zeolit setelah mengalami aktivasi [Kurniasari, 2010]. Semakin kecil diameter pori zeolit, semakin rendah rasio Si/Al, maka zeolit menjadi lebih hidrofilik. Hal ini menyebabkan kemampuan adsorpsi zeolit terhadap uap air lebih besar.

adsorpsi menggunakan *molecular sieve* zeolit alam tanpa aktivasi dan zeolit alam teraktivasi basa dengan ukuran partikel 100 *mesh* dan *ratio* bioetanol:adsorben yaitu 1:0,35 ; 1:0,5 ; 1:0,65. Kadar etanol sebelum dan setelah proses distilasi-adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut.

kenaikan kadar etanol dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Grafik Hubungan Antar *Ratio* Bioetanol:Adsorben Terhadap Kenaikan Kadar Etanol

Dari Gambar 3.1, diperoleh *ratio* etanol:adsorben yang paling optimal yaitu 1:0,65 dengan jenis adsorben zeolit teraktivasi basa dan ukuran partikel adsorben 100 *mesh*. Kadar etanol yang dihasilkan adalah 99,8%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak zeolit yang digunakan sebagai adsorben, maka kadar etanol yang dihasilkan juga akan semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan teori dimana semakin banyak jumlah zeolit dan adanya konsentrasi larutan etanol mula – mula yang tetap, maka air yang terjerap akan semakin banyak. *Flow rate* etanol dipengaruhi oleh volume etanol yang dihasilkan dari proses distilasi adsorpsi itu sendiri. Volume etanol yang diperoleh,

3.5 Analisa Sifat Fisika Bioetanol

Analisis sifat fisika yang dilakukan adalah warna, bau, densitas, viskositas dan pH. Sebagai

dipengaruhi oleh porositas zeolit, luas penampang zeolit yang semakin besar dan daya serap zeolit terhadap molekul air dalam larutan etanol [Nadzif dkk., 2009].

Penggunaan zeolit pada kondisi sudah diaktivasi menunjukkan hasil pemurnian yang lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi tidak diaktivasi. Seperti yang terlihat pada Gambar 3.1, kadar etanol akan semakin tinggi jika digunakan zeolit yang sudah diaktivasi. Semakin tinggi zeolit yang ada dalam kolom akan memperbesar kontak antara adsorben dan bioetanol sehingga kadar bioetanol yang dimurnikan juga akan semakin tinggi [Rahman, 2012].

acuan standar nasional Indonesia baik untuk etanol teknis maupun untuk bioetanol terdenaturasi digunakan SNI nomor SNI DT-27-0001-2006 dan SNI 06-3565-1994.

Tabel 3.5 Standar Nasional Indonesia Kualitas Bioetanol

<i>No</i>	<i>Description</i>	<i>Unit, min/max</i>	<i>Specification</i>
1	Etanol Content	%-v , min	99,5 (before denature added) 94 (after+Denature added)
2	<i>Metanol Content</i>	mg/L, max	300
3	Water content(Moisture)	%-v , max	1 (after+Denature)
4	Denature content	%-v , min %-v , max	2 5
5	Acidity as CH ₃ COOH	mg/L	30
6	Ion Klorida (cl)	mg/L	40
7	Copper content (cu)	mg/kg	0,1
8	Sulfur content (s)	mg/L, max	50
9	gum	mg/100 ml , max	5
10	Phe		6,5 – 9
11	Epearance		Clear, bright natural no sedimentation partickel

Sumber : SNI DT-27-0001-2006

Tabel 3.6 Sifat Fisika dan Kimia Etanol Absolut dan Etanol Teknis

Parameter	Etanol Absolut	Etanol Teknis
Titik beku (⁰ C)	-112,3	-
Titik didih (⁰ C)	78,4	-
Spesifik graviti	0,7851	-
Indek bias	1,3633	1,3651
Densitas pada 20 ⁰ C (gr/ml)	0,730-0,820	-
Viskositas pada 20 ⁰ C (P)	0,0122	0,0141
Tegangan permukaan (dyne/cm)	22,3	22,8
Panas spesifik	0,581	0,618
Panas evaporasi (kal/gr)	204	-
Konduktivitas elektrik pada 25 ⁰ C (ohm ⁻¹ /cm)	1,35 x 10 ⁻⁹	-

Sumber : SNI 06-3565-1994

Hasil uji sifat fisika bioetanol hasil pemurnian dengan proses distilasi-adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Hasil Uji Sifat Fisika Bioetanol Hasil Pemurnian Dengan Proses Distilasi-Adsorpsi

No.	Ratio Etanol: Adsorben	Jenis Adsorben	Warna	Bau	Densitas (gr/ml)	Viskositas (Poise)	pH
1	1:0,35	ZTA	Jernih dan terang, tidak ada endapan atau kotoran	Khas etanol, tidak asam	0,822	0,01808	6,5
2	1:0,5	ZTA	Jernih dan terang, tidak ada endapan atau kotoran	Khas etanol, tidak asam	0,808	0,01623	6,6
3	1:0,65	ZTA	Jernih dan terang, tidak ada endapan atau kotoran	Khas etanol, tidak asam	0,797	0,01640	6,6
4	1:0,35	ZTB	Jernih dan terang, tidak ada endapan atau kotoran	Khas etanol, tidak asam	0,782	0,01536	6,7
5	1:0,5	ZTB	Jernih dan terang, tidak ada endapan atau kotoran	Khas etanol, tidak asam	0,766	0,01462	6,8
6	1:0,65	ZTB	Jernih dan terang, tidak ada endapan atau kotoran	Khas etanol, tidak asam	0,745	0,01341	6,8

Berdasarkan hasil yang didapat (Tabel 3.7), dapat dilihat bahwa besar densitas dan viskositas bioetanol yang dihasilkan dari proses pemurnian tidak jauh berbeda dari densitas dan viskositas bioetanol yang ditentukan oleh SNI, yaitu berkisar antara 0,730-0,820 gr/ml dan 0,0122 Poise. Densitas bahan bakar diduga akan sangat berpengaruh terhadap laju konsumsi bahan bakar. Semakin besar densitasnya diprediksi akan semakin meningkatkan konsumsi bahan bakar atau semakin boros. Densitas dipengaruhi oleh temperatur, makin

tinggi temperturnya maka densitas akan lebih rendah dan sebaliknya semakin rendah temperturnya maka densitasnya akan semakin naik sehingga kualitasnya semakin jelek [Fembriyono, 2003]. Sama halnya dengan viskositas, viskositas menurun dengan meningkatnya temperatur, makin tinggi temperatur viskositas makin rendah dan sebaliknya semakin rendah temperatur maka makin tinggi viskositas. Hal ini menunjukkan bahwa warna, bau, densitas, viskositas, pH yang diperoleh memenuhi syarat mutu SNI.

4. Kesimpulan

1. Kemurnian bioetanol dari kulit nanas dengan proses distilasi-adsorpsi dapat ditingkatkan dari 11% menjadi 99,8%.
2. Adsorben zeolit alam yang telah diaktivasi dengan basa berpotensi digunakan sebagai adsorben yang selektif dalam memurnikan bioetanol.
3. Kualitas bioetanol yang dihasilkan dengan proses distilasi-adsorpsi sesuai standar SNI.

5. Saran

1. Sebaiknya dilakukan analisa-analisa lain untuk uji zeolit seperti analisa SEM, XRD untuk mengetahui struktur zeolit alam dan morfologi zeolit.
2. Perlu dilakukan analisa bioetanol yang lain yang dapat memenuhi standar nasional Indonesia kualitas bioetanol seperti uji keasaman dan lain-lain.

6. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Said Zul Amraini, ST., MT dan Bapak Chairul, ST., MT selaku dosen pembimbing, orang tua yang selalu memberikan dukungan, shinta sebagai sahabat sekaligus teman diskusi, serta semua pihak yang telah membantu selama jalannya penelitian.

Daftar Pustaka

Aditya, F.L. (2011). Pembuatan Bioetanol dari Nira Sorgum Menggunakan Bakteri

Zymomonas Mobilis dengan Variasi Volume Inokulum, Laporan Penelitian, Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.

Ageng, D dan S.R Putra (2009). Profil Fermentasi Sukrosa Menjadi Etanol Menggunakan *Zymomonas Mobilis* Yang Dikoamobilkan Dengan Ekstrak Kasar Invertase. Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

Bustaman, Sjahrul. (2010). Kebijakan Pengembangan Bahan Bakar Nabati (Bioetanol) di Maluku. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian Indonesia Center of Agricultural Technology Assesment and Development Bogor.

Clark, J. (2005). Non-ideal Mixtures of Liquids. <http://www.chemguide.co.uk/physical/phaseeqia/nonideal.html>. Diakses pada tanggal 25 November 2013.

Febriyono, D. (2003). Pembuatan Biodiesel dari Bahan Baku Minyak Goreng Bekas. Skripsi S1. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Udayana. Bali.

Kurniasari, L. (2010). Aktivasi Zeolit Alam Sebagai Adsorben Uap Air Pada Alat Pengering Bersuhu Rendah. Tesis : Universitas Diponegoro, Semarang.

Nadzif, M.Y., Wibowo, S., (2009). *Kajian Kinerja Media Kondensasi untuk Pemurnian Ethanol*. Fakultas Teknik Industri, Universitas

- Pembangunan Nasional Veteran, Jawa Timur.
- Oktaviani, Reni. (2013). Produksi Etanol dari Limbah Kulit Nanas dengan Metode *Solid State Fermentation* (SSF) Terhadap Variasi Waktu dan Variasi Ukuran Partikel Substrat. Laporan Penelitian, Teknik Kimia Universitas Riau, Pekanbaru.
- Prihandana. (2007). Bioetanol Ubi Kayu Bahan Bakar Masa Depan. Agromedia. Jakarta.
- Rahman, N. A. (2012). Peningkatan Kadar Bioetanol dari Kulit Nanas Menggunakan Zeolit Alam dan Batu Kapur. Skripsi, Institut Teknologi Nasional : Malang.
- Rambe, L. S. P. (2010). Pembuatan Etanol Kering (Anhydrous Ethanol) Dengan Memanfaatkan Zeolit Alam Sebagai Adsorben. Tesis, Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta.
- Rini, D. K dan Lingga, F. A. (2010). Optimasi Aktivasi Zeolit Alam Untuk Dehumidifikasi. Skripsi, Universitas Diponegoro : Semarang.
- SNI 06-3565-1994. Alkohol Teknis. Jakarta : Dewan Standar Nasional Indonesia.
- SNI DT-27-0001-2006. Standar Nasional Indonesia Kualitas Bioetanol. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Suwardi. (2000). Pemanfaatan mineral zeolit di bidang pertanian dan lingkungan [abstrak]. Di dalam : Seminar Staf Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, IPB, 22 Maret 2000. <http://suwardi-abstrak.blogspot.com> pada tanggal 26 Juni 2013.
- Wijana S, dkk. (1998). Optimalisasi Penambahan Tepung Kulit Nanas dan Proses Fermentasi pada Pakan Ternak terhadap Peningkatan Kualitas Nutrisi. ARMP (Deptan). Universitas Brawijaya. Malang.
- Zuhaidha, Noor. (2012). Zeolit Alam Teraktivasi Basa Untuk Pemurnian Bioetanol. Skripsi, Departemen Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.