

**PEMURNIAN BIOETANOL LIMBAH KULIT NANAS MENGGUNAKAN ALAT
DISTILASI SEDERHANA MODEL KOLOM REFLUKS**

**BIOETHANOL PURIFICATION OF PINEAPPLE SKIN WASTE USING A SIMPLE
DISTILLATION COLUMN REFLUX MODEL**

Galih Panji Arimba*, Jasman, Hasanuddin, Syahrul

Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Padang
Jl. Prof. Dr. Hamka, Kel. Air Tawar, Padang, Sumatera Barat. Kode Pos: 25132

*e-mail korespondensi: galih.panjiarimba@gmail.com

Abstrak

Seiring dengan pesatnya laju pertumbuhan penduduk dunia berbanding terbalik akan ketersedianya bahan bakar fosil, mendorong ilmuan untuk mencari sumber energi alternatif seperti bioetanol. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat distilasi bioetanol tepat guna dari limbah kulit nanas, mengetahui proses pembuatan, menentukan kadar dan kualitas bioetanol yang dihasilkan dari limbah kulit nanas. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan mempelajari perbandingan massa ragi dan waktu fermentasi terhadap kadar etanol yang dihasilkan. Fermentasi dilakukan menggunakan ragi *Saccharomyces cerevisiae* dengan massa 10, 15, dan 20 g dan lama waktu fermentasi 4, 8, 12, dan 16 hari. Setelah didapatkan etanol kemudian diuji kadar dan sifat fisik dari bioetanol yang dihasilkan. Kadar etanol tertinggi yang diperoleh sebesar 44 % dengan massa optimum ragi 15 gr dan waktu fermentasi selama empat hari. Perolehan optimal alat distilasi ini yaitu pada suhu 90°C dengan waktu distilasi selama 40 menit menghasilkan 72 ml distilat. Analisa fisik etanol menunjukkan kualitas sesuai dengan SNI. Alat distilasi sederhana model kolom refluks ini bisa direkomendasikan sebagai alternatif atau pilihan industri bioetanol dalam berpartisipasi mewujudkan kebijakan pemerintah dalam menciptakan energi alternatif.

Kata kunci: bioetanol, energi alternatif, distilasi, fermentasi, kulit nanas.

Abstract

Along with the rapid pace of world population growth inversely proportional to the availability of fossil fuels, encouraging scientists to find alternative energy sources such as bioethanol. This study aims to develop appropriate bioethanol tools from pineapple skin waste, understand the manufacturing process, determine the level and quality of bioethanol produced from pineapple peel waste. This study used an experimental method by comparing yeast mass and fermentation time to the ethanol content produced. Fermentation was carried out using yeast *saccharomyces cerevisiae* with a mass of 10, 15 and 20 gr, and the fermentation time was 4, 8, 12 and 16 days. After ethanol is obtained, then it is obtained and the physical properties of the bioethanol produced. From the results of the study, the highest ethanol content was 44% with optimal yeast mass of 15 g and fermentation time for four days. This optimal distillation device obtained at 90 ° C with a distillation time of 40 minutes resulted in 72 ml of distillate. Ethanol physical analysis shows the quality in accordance with SNI. The simple distillation column reflux model can be recommended as an alternative or choice of bioethanol industry in the agreement to realize the government in creating alternative energy.

Keywords: bioethanol, alternative energy, distilation, fermentation, pineapple skin

PENDAHULUAN

Kebutuhan sumber energi alternatif sebagai sumber energi utama saat ini semakin gencar digalakan. Apa lagi negara-negara maju saat ini sudah mulai meninggalkan energi fosil dan berlomba untuk mengembangkan energi terbarukan yang ramah lingkungan (Wahyu, 2017). Hal ini disebabkan oleh semakin menipisnya bahan bakar fosil, dan juga seiring pesatnya laju pertumbuhan penduduk dunia mengakibatkan permintaan akan bahan bakar menjadi tidak seimbang. Berdasarkan laporan *Organization of The Petroleum Exporting Countries* (OPEC) bulan September 2017, dalam situsnya www.voaindonesia.com "Pertumbuhan permintaan minyak dunia pada 2017 meningkat sebesar 1,42 juta barel per hari atau lebih tinggi 50 ribu barel per hari dari publikasi sebelumnya".

Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, yang menyatakan bahwa pemerintah mengajak kepada seluruh pihak maupun kalangan masyarakat Indonesia untuk menyukseskan pengembangan sumber energi alternatif pengganti Bahan Bakar Minyak. Salah satu energi alternatif yang sedang digalakkan di Indonesia dan dunia guna mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak (BBM) adalah pemanfaatan bioetanol (Hermiati dkk, 2017).

Menurut Retno dan Nuri (2011) bioetanol merupakan alkohol dari hasil proses fermentasi glukosa dari sumber karbohidrat (pati) biomassa dengan menggunakan bantuan mikroorganisme. Bioetanol dapat diperoleh dari fermentasi tanaman yang mengandung amilum, sukrosa, glukosa, maupun fruktosa. Diantara bahan-bahan yang biasa dijadikan etanol, salah satu bahan baku yang berpotensi untuk fermentasi alkohol adalah kulit nanas.

Nanas (*Ananas comosus L.*) merupakan komoditas buah tropis yang banyak ditemukan di Indonesia. Produksi nanas Indonesia cukup besar, berdasarkan Angka Tetap (ATAP) tahun 2014 produksi nanas mencapai 1,84 juta ton. Untuk wilayah Asia Tenggara, Indonesia termasuk penghasil nanas terbesar ketiga setelah Filipina dan Thailand dengan kontribusi sekitar 23% (Data Pusat dan Sistem Informasi Pertanian, 2016).

Berdasarkan kandungan nutriennya, kulit buah nanas mengandung karbohidrat dan gula yang cukup tinggi. Kulit nanas mengandung 53,1% air, 14,42% serat kasar, 17,53% karbohidrat, 1,3% protein dan 13,65% gula reduksi (Wijana dkk, 1998). Karena kandungan

karbohidrat dan gula yang cukup tinggi tersebut, maka kulit nanas memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol (Safitri dkk, 2014).

Tahapan pembuatan bioetanol dari kulit nanas antara lain tahap fermentasi dan tahap pemurnian produk. Fermentasi merupakan tahap konversi sukrosa dan glukosa menjadi etanol dengan bantuan mikroorganisme (Walidah dkk, 2015). Selanjutnya untuk tahap pemurnian digunakan alat distilasi yang berfungsi memisahkan komponen dalam suatu campuran seperti perbedaan titik didih antar komponen yang cukup besar atau kecil dalam menghasilkan produk (Susilo, 2009). Banyak mikroorganisme genetika yang dikembangkan dapat memanfaatkan semua gula dari gula utama biomassa yakni glukosa, xilosa, manosa, galaktosa dan arabinosa (Chandrashekhar dkk, 2011). *Saccharomyces cerevisiae*, *Zymomonas mobilis*, *Aspergillus niger* adalah beberapa mikroorganisme yang sering digunakan untuk fermentasi etanol.

Terdapat banyak jenis alat distilasi yang digunakan, salah satunya adalah distilasi model sederhana dengan model pipa distilasi yang berbentuk spiral (*feed stock system*) (Hasanuddin dkk, 2016). Pada teknik tradisional ini, unit distilasi menggunakan peralatan pendinginan uap melalui pipa gulungan (*coil pipe*) yang terendam di dalam wadah air pendingin. Pada konstruksinya alat ini memerlukan lebih banyak bahan pipa distilasi. Pembuatan memerlukan ketelitian yang tinggi, sehingga biaya pembuatan alat ini cukup besar. Alat distilasi dalam dunia industri bioetanol perlu dikembangkan.

Alat distilasi yang hendak dikembangkan ini adalah alat distilasi sederhana model kolom refluks. Alat distilasi ini memiliki pipa kondensor yang berbentuk lurus dan berkolom, dengan sistem *Internal Reflux Still Condenser (IRSC)* untuk mengontrol proses re-distilasi internal dan pemisahan hasil akhirnya (Olaoye, 2011). Kelebihannya, selain lebih murah dan proses pembuatan yang mudah, pada proses pendinginan antara uap panas dan air pendingin akan langsung bertemu secara berlawanan searah (*counter flow*). Ini menyebabkan uap etanol akan lebih cepat terkondensasi dan mengalir kembali menjadi cairan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat distilasi bioetanol tepat guna dari limbah kulit nanas, mengetahui proses pembuatan, menentukan kadar dan kualitas bioetanol yang dihasilkan dari limbah kulit nanas. Selain menambah nilai ekonomis dari buah

nanas, penelitian ini juga diharapkan dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan bietanol sebagai energi alternatif yang dapat membantu mengurangi masalah krisis energi.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yakni suatu penelitian untuk mengetahui hasil pengamatan dengan melakukan percobaan. Respon yang diamati adalah rendemen serta kadar etanol distilat. Dilakukan penentuan kondisi optimum proses sehingga dihasilkan produk etanol yang optimal.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi, timbangan digital, pisau, blender, gelas ukur, tabung volume, *timer*, termometer, ph meter, kain saring, tabung fermentor, *alcohol meter*, alat distilasi sederhana model kolom refluks. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah kulit nanas, ragi roti (*saccharomyces cerevisiae*), NaOH, HCl, dan *aquades*.

Tabel 1. Sampel Penelitian

Sampel	Ket		
Konsentrasi yeast/ L	10 g	15 g	20 g
Waktu Fermentasi	4, 8, 12, dan 16 hari		

Sampel dalam penelitian ini berjumlah 12 yang terdiri dari variasi terhadap jumlah yeast (ragi) yang diberikan (10, 15, dan 20) gram dengan volume fermentasi 1000 ml sari kulit nanas dan keasaman awal diatur pH 4–5. Menurut Andaka (2010) konsentrasi yang dipakai pada saat proses fermentasi berpengaruh terhadap kadar etanol hasil fermentasi, dengan kondisi optimum 0.015 g/ ml atau 15 g/ 1000 ml. Waktu fermentasi divariasi (4, 8, 12, dan 16 hari) dengan volume fermentasi 1000 ml sari kulit nanas dan keasaman awal diatur 4–5.

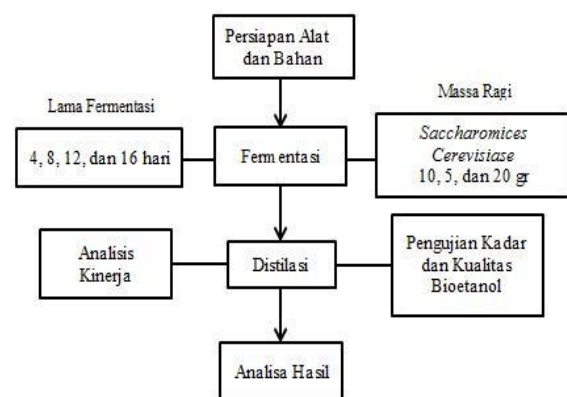
Prosedur Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan membuat larutan fermentasi. Kulit nanas yang sudah dibersihkan ditimbang 7 kg, lalu dipotong kecil kecil dan dihaluskan (diblender) dengan campuran sedikit *aquades* pada awal penghancuran, kemudian penghalusan kembali pada bahan yang lainnya menggunakan sari hasil sebelumnya. Hal ini dilakukan agar diperoleh kandungan sari kulit nanas yang murni tanpa ada tambahan air. Selanjutnya hasil proses tersebut berupa bubur kulit nanas. Bubur tersebut lalu

dipanaskan dan disterilkan 15 menit pada suhu 60–70°C. Setelah itu bubur kulit nanas diperas dan disaring dengan kain saring untuk diambil sarinya. Larutan ini dinamakan larutan induk dan kemudian dianalisis kadar gulanya.

Sebanyak 1000 ml sari kulit nanas ini ditambahkan ragi (yeast), HCl, NaOH dan asam sulfat hingga mencapai pH 4 sampai 5. Menurut Utomo (2011) derajat keasaman optimal proses fermentasi untuk pertumbuhan khamir adalah pH 4,0–4,5. Larutan tersebut lalu difermentasi kedalam tabung fermentor hingga waktu tertentu. Fermentasi dilakukan pada suhu kamar yaitu antara 25–30°C. Setelah terjadi fermentasi, kemudian dilakukan penyaringan kembali menggunakan kain saring dan dilakukan pengujian kadar etanol hasil fermentasi. Selanjutnya dilakukan pemurnian dengan cara distilasi menggunakan alat distilasi sederhana model kolom refluks pada suhu titik didih etanol (>78 °C).

Distilasi ini bertujuan untuk mendapatkan volume dan kadar etanol yang lebih tinggi. Langkah terakhir adalah dilakukannya pengujian waktu, volume, dan kadar etanol hasil distilasi.



Gambar 1. Blok Diagram Penelitian

Perancangan Alat Distilasi Sederhana Model Kolom Refluks

Distilasi adalah alat yang digunakan untuk memproduksi bioetanol, dengan cara pemisahan zat cair dari campurannya berdasarkan perbedaan titik didih atau berdasarkan kemampuan zat untuk menguap. Berikut Tabel 2 merupakan spesifikasi rancangan alat distilasi sederhana model kolom refluks.

Alat distilasi ini terdiri dari lima komponen penting yaitu: kompor pemanas (*burner*), tabung reaktor, pipa distilasi, kondensor, dan penampung distilat (Olaoye, 2011). Alat distilasi dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 2. Spesifikasi Alat Distilasi Sederhana Model kolom Refluks

Spesifikasi	Keterangan
Alat	Distilasi Sederhana Model Kolom Refluks
Fungsi	Memproduksi bioetanol
Bentuk	Tabung silinder tegak vertikal, pipa distilat berbentuk kolom dan bertingkat
Kapasitas Tabung	5 liter
Dimensi	Diameter (D) = 25 cm Tinggi (t) = 63 cm Tebal = 0.5 mm
Tutup atas	Bentuk <i>cone</i>
Bahan	Plat Stainless
Konstruksi	
Pipa Distilasi	Diameter (D) = 4 cm Tinggi (t) = 92 cm Tebal = 2 mm
Pipa Kondensor	Diameter (D) = 3 cm Tinggi (t) = 88 cm Tebal = 2 mm



Gambar 2. Alat Distilasi Sederhana Model Kolom Refluks

Teknik Analisa Data

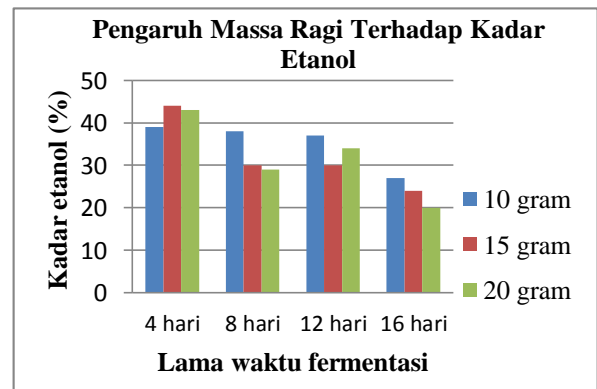
Analisa yang dilakukan pada penelitian ini adalah analisa kadar etanol menggunakan alkoholmeter, analisa glukosa menggunakan *brix*, analisa debit aliran kondensor, analisa sifat fisik berupa warna, densitas, dan viskositas. Data-data hasil percobaan yang bervariasi dibandingkan berdasarkan perlakuan awal dan akhir yang diberikan, sehingga ditemukan variabel yang paling baik untuk mendapatkan setiap hasil yang optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Etanol Hasil Distilasi

Hasil analisis ragam variasi ragi terhadap kadar etanol menunjukkan bahwa terdapat perbedaan antara massa ragi (10, 15, dan 20

gram) berbanding dengan waktu fermentasi selama (4, 8, 12, dan 16 hari) dengan larutan fermentasi sebanyak 1000 ml.



Gambar 3. Grafik Pengaruh Massa Ragi Terhadap Kadar Etanol

Gambar 3 menunjukkan bahwa massa ragi optimum adalah 15 g dengan persentase yield etanol sebesar 44 %. Konsentrasi ragi yang dipakai pada saat proses fermentasi berpengaruh terhadap kadar etanol hasil fermentasi dengan massa optimum ragi sebesar 0,015 g/ ml atau dalam 15 g/ 1000 ml. Pada penelitian serupa, Andaka (2010) dengan konsentrasi ragi yang sama yakni 0,015 g/L dan waktu fermentasi selama 6 hari dihasilkan yield etanol sebesar 35,37%. Perbedaan hasil ini dapat terjadi tergantung metode dan treatment yang dilakukan.

Waktu Optimum Fermentasi

Kadar glukosa setelah proses fermentasi mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi, hal ini disebabkan oleh kadar glukosa yang terkonversi menjadi alkohol oleh bakteri *Saccharomyces cerevisiae* (Amalia dkk, 2014). Ini dapat dibuktikan dengan melihat data Tabel 3.

Tabel 3. Kadar Gula Sebelum dan Sesudah Fermentasi

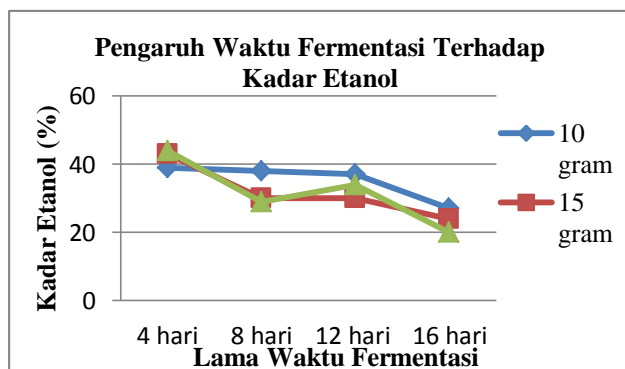
Lama Fermentasi (Hari)	Kadar Gula Sebelum Fermentasi (%)	Kadar Gula Sesudah Fermentasi (%)
4	6	3
8	6	3
12	5	2
16	6	3

Data pada Tabel 3 diambil menggunakan alat ukur glukosa (*brix*) yang menunjukkan bahwa kadar gula pada saat proses fermentasi akan mengalami penurunan sebesar 40–50 %. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa dengan lama fermentasi yang berbeda (4, 8, 12, dan 16 hari) pada proses pembuatan bioetanol dari limbah

kulit nanas memberikan pengaruh terhadap produksi bioetanol.

Semakin lama waktu fermentasi maka semakin banyak pula kadar gula yang terkonversi menjadi etanol. Namun pada kenyataannya lama proses fermentasi ini memiliki waktu optimum, sehingga pada setelah waktu optimum kadar etanol ini akan menurun. Menurut Susanti (2013) aktivitas bakteri paling optimum adalah 96 jam (4 hari). Apabila ketersediaan makanan dan nutrisi tidak memadai bagi bakteri unruk bertahan hidup dan berkembang maka etanol yang dihasilkan akan jauh lebih rendah (Mahboubi dkk, 2018).

Semakin lama waktu fermentasi maka jumlah mikroba semakin menurun, dan akan menuju ke fase kematian karena alkohol yang dihasilkan semakin banyak dan nutrient yang ada sebagai makanan mikroba semakin menurun (Kunaepah, 2008) sebagaimana pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Etanol

Kadar waktu optimum penelitian ini adalah 4 hari. Alkohol setelah waktu dari 4 hari mengalami penurunan kadar alkohol yang pada disebabkan karena penurunan substrat yang menyebabkan *saccharomyces cerevisiae* tidak dapat bekerja secara optimal dalam fermentasi (Frazier dan Westhoff, 1978).

Perolehan Kadar Etanol Hasil Distilasi

Salah satu faktor yang mempengaruhi kadar alkohol yang dihasilkan dari fermentasi kulit nanas adalah dari metode distilasi yang digunakan. Berdasarkan penelitian Fahmi, dkk (2014) bahwa perolehan nilai kadar etanol distilat tertinggi pada penelitian pemurnian etanol hasil fermentasi kulit nanas menggunakan distilasi vakum yaitu sebesar 21,250% dengan suhu distilasi 50°C.

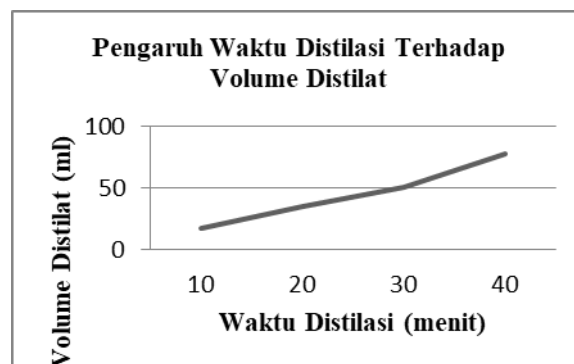
Titik didih etanol berada pada suhu antara 70°C–78°C. Namun pada alat ini, distilasi dengan suhu tersebut tidak menunjukkan efektifitas

kinerja alat yang baik. Hal ini disebabkan karena tidak terdapat keseimbangan antara jumlah etanol dan uap air yang terdistilasi.

Suhu 90°C adalah suhu optimal alat ini, dengan waktu distilasi selama 40 menit dapat memberikan pengaruh nyata terhadap kadar etanol destilat. Hal ini disebabkan karena karakteristik alat yang berbeda-beda dan kandungan alkohol pada larutan fermentasi lebih sedikit dibandingkan dengan kandungan airnya.

Kadar etanol destilat yang diperoleh pada penelitian ini sangat bervariasi sesuai dengan peningkatan suhu dan waktu distilasi. Kadar etanol optimum yang dihasilkan oleh alat ini sebesar 44 %, artinya belum mencapai sebagai bioetanol skala industri. Namun apabila hasil tadi dilakukan distilasi kembali, maka hasil terprediksi bisa mencapai 96,5 – 99 % dengan teknik distilasi refluks.

Pengaruh Waktu Distilasi Terhadap Volume Distilat



Gambar 5. Grafik Pengaruh Waktu Distilasi Terhadap Volume Distilat

Gambar 5 menunjukkan bahwa lama waktu distilasi mempengaruhi hasil yang diperoleh. Pada grafik terlihat bahwa semakin lama waktu distilasi maka volume distilat yang dihasilkan semakin besar. Dengan waktu 40 menit rata-rata dapat menghasilkan volume distilat sebesar 78 ml.

Efisiensi Distilasi

Persentase yield etanol dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jumlah ragi (yeast), lama proses fermentasi, pH larutan, konsentrasi gula, suhu proses fermentasi dan sebagainya.

$$Eff = \frac{\text{Volume Distilat}}{\text{Volume Larutan terdistilasi}} \times 100\%$$

Bahan baku kulit nanas sebanyak 7 kg dapat menghasilkan 1 liter sari kulit nanas (larutan

fermentasi), lalu kemudian difermentasi dengan komposisi ragi dan waktu tertentu. Setelah itu dilakukan proses distilasi dan didapatkan hasil yield etanol sebanyak rata-rata 72 ml sehingga efisiensi alat yang didapatkan sebesar 7,2 % .

Analisis Sifat Fisik Bioetanol Kulit Nanas

Analisa sifat fisika yang dilakukan berupa warna, bau, densitas, viskositas, dan pH. Sebagai acuan standar mutu bahan bakar nabati jenis bioetanol digunakan SNI nomor SNI DT-27-0001- 2006. Hasil uji sifat fisika bioetanol hasil pemurnian dengan proses distilasi-adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4 warna bioetanol yang didapatkan adalah beku seperti putih susu, ini diakibatkan oleh ragi dan air yang masih terkandung di dalam etanol tersebut. Perlu dilakukannya distilasi kembali agar etanol yang didapatkan berwarna jernih atau bening sedangkan untuk aromanya, bioetanol limbah kulit nanas ini memiliki aroma yang khas etanol namun terdapat sedikit aroma khas dari nanas.

Tabel 4. Analisis Sifat Fisik Bioetanol Kulit Nanas

Waktu Fermentasi (hari)	Ragi (gr)	Warna	Bau	Densitas (gr/ml)	Viskositas (Poise)	pH
4	10	Beku seperti putih susu,	Khas tidak ada etanol endapan kotoran	0.825	0.0150	6.81
	15			0.8	0.0150	6.83
	20			0.8	0.0150	6.83
8	10	Beku seperti putih susu,	Khas tidak ada etanol endapan kotoran	0.8	0.0169	6.83
	15			0.825	0.0193	6.83
	20			0.825	0.0169	6.83
12	10	Beku seperti putih susu,	Khas tidak ada etanol endapan kotoran	0.8	0.0193	6.82
	15			0.8	0.0169	6.79
	20			0.825	0.0150	6.83
16	10	Beku seperti putih susu,	Khas tidak ada etanol endapan kotoran	0.8	0.0150	6.85
	15			0.8	0.0169	6.84
	20			0.8	0.0150	6.83

KESIMPULAN

Pada penelitian ini didapatkan massa optimum ragi (*saccharomyces cerevisiae*) sebesar 15 gram/L dengan kadar etanol sebesar 44 %. Pada proses fermentasi memiliki waktu optimum, sehingga setelah waktu optimum kadar

etanol ini akan menurun. Waktu fermentasi terbaik pada penelitian ini adalah 4 hari. Hasil optimal dari pemurnian bioetanol menggunakan alat distilasi ini yaitu pada suhu 90°C, dengan waktu distilasi selama 40 menit mempunyai pengaruh nyata terhadap kadar etanol destilat. Hal ini disebabkan karena karakteristik setiap alat distilasi yang berbeda. Bioetanol limbah kulit nanas yang diperoleh dari hasil alat distilasi sederhana model kolom refluks sesuai dengan standar SNI berdasarkan analisis sifat fisiknya. Alat distilasi sederhana model kolom refluks ini bisa direkomendasikan sebagai alternatif atau pilihan industri bioetanol dalam berpartisipasi mewujudkan kebijakan pemerintah dalam menciptakan energi alternatif.

DAFTAR RUJUKAN

- Amalia, Y., Muria, S. R., & Chairul, C. (2014). Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Padat Sagu Menggunakan Enzim Selulase Dan Yeast *Saccharomyces Cerevisiae* Dengan Proses Simultaneous Sacharification and Fermentation (SSF) Dengan Variasi Konsentrasi Substrat Dan Volume Inokulum. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, 1(1), 1-8.
- Andaka, G. (2010). Pemanfaatan Kulit Nanas untuk Pembuatan Bioetanol dengan Proses Fermentasi. *Jurnal SNAST, Periode 11, ISSN: 1979-911X, A20*.
- Chandrashekhar, B., Mishra, M. S., Sharma, K., & Dubey, S. (2011). Bio-ethanol production from textile cotton waste via dilute acid hydrolysis and fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of ecobiotechnology*. 3(4), 06-09
- Data, P., & Pertanian, S. I. (2016). Outlook Nenas. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Fahmi, D., Susilo, B., & Nugroho, W. A. (2014). Pemurnian Etanol Hasil Fermentasi Kulit Nanas (*Ananas comosus* L. Merr) dengan Menggunakan Destilasi Vakum. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 2(2).
- Frazier, W.C dan W.C. Westhoff., "Food Microbiology", New Delhi, India: Mc Graw Hill Publishing Co.ltd, 1978
- Hasanuddin, Hendri Nurdin, dan Riki Apriyandi Putra. (2016) *Tebu Tibarau Tumbuhan Energi yang Terlupakan*. Padang: Suka Bina Press
- Hermiati, E., Mangunwidjaja, D., Sunarti, T. C., Suparno, O., & Prasetya, B. (2017). Pemanfaatan biomassa lignoselulosa ampas tebu untuk produksi bioetanol. *Jurnal*

- Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 29(4), 121-130.
- Kunaepah, U. (2008). *Pengaruh Lama Fermentasi Dan Konsentrasi Glukosa Terhadap Aktivitas Antibakteri, Polifenol Total Dan Mutu Kimia Kefir Susu Kacang Merah The Effect Of Fermentation Duration And Glucose Concentration On Antibacterial Activity, Total Polyphenol And Chemical Quality Of Kidney Bean Milk Kefir* (Doctoral Dissertation, Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro).
- Mahboubi, A., Cayli, B., Bulkan, G., Doyen, W., De Wever, H., & Taherzadeh, M. (2018). Removal of Bacterial Contamination from Bioethanol Fermentation System Using Membrane Bioreactor. *Fermentation*, 4(4), 88.
- Olaoye, J. O. (2011). Design and construction of a reflux column distillation unit for bio-ethanol production from sugarcane substrate. *Nigerian Journal of Technological Development*, 8(1), 48-60.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 79 Tahun 2014, "Tentang Kebijakan Energi Nasional". Jakarta; 2014
- Pertumbuhan Permintaan Minyak Dunia. (2018). [Online].Tersedia: www.voaindonesia.com [Diakses 6 Agustus 2018]
- Putro, Pramono P., (2011), Pemanfaatan Nanas (Ananas comosus) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol dengan Metode Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak, *Jurnal Biorpil Industri*, 2(1), 1-6
- Retno, D. T., & Nuri, W. (2011). Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"* ISSN (pp. 1693-4393).
- Safitri, N., Chairul, C., & Amraini, S. Z. (2014). Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Buah Nanas Dengan Metode Solid State Fermentation (SSF) Dan Pemurnian Dengan Proses Distilasi-Adsorpsi Dengan Variasi Ratio Bioetanol: Adsorben. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, 1(1), 1-11.
- SNI DT-27-0001- 2006 SNI DT-27-0001-2006. "Standar Nasional Indonesia Kualitas Bioetanol". Badan Standarisasi Nasional (BSN): 2006
- Susanti, A. D., Prakoso, P. T., & Prabowo, H. (2013). Pembuatan bioetanol dari kulit nanas melalui hidrolisis dengan asam. *EQUILIBRIUM Journal of Chemical Engineering*, 12(1), 11-16.
- Susilo, S. I. G. I. T. (2009). Rancangan Dan Uji Kinerja Alat Distilasi Etanol Dengan Metode Rektifikasi. *Skripsi. Departemen Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor*.
- Wahyu Daniel. "Dunia Berlomba Kembangkan Energi Terbarukan". 2017. [Online]. Tersedia : <https://m.detik.com> [Diakses 18 Februari 2019]
- Walidah, T., Chairul, C., & Amri, A. (2015). Pemurnian Bioetanol Hasil Fermentasi Nira Nipah Dengan Proses Distilasi-Adsorpsi Menggunakan Bentonit Teraktifas. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, 2(1), 1-6.
- Wijana S, dkk. (1998). Optimalisasi Penambahan Tepung Kulit Nanas dan Proses Fermentasi pada Pakan Ternak terhadap Peningkatan Kualitas Nutrisi. ARMP (Deptan). Universitas Brawijaya. Malang.