

PEMBUATAN DAN UJI KARAKTERISTIK BIOETANOL DARI BERAS KETAN PUTIH DENGAN MENGGUNAKAN RAGI (*SACCHAROMYCES CEREVISIAE*)

Riza Almas Maulana

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: riza.19070@mhs.unesa.ac.id

Muhaji

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: Muhaji61@unesa.ac.id

Abstrak

Ketersediaan bahan bakar fosil semakin sedikit sedangkan pertumbuhan kendaraan semakin meningkat, sehingga diperlukan bahan bakar yang dapat diperbarui sebagai pengganti atau campuran bensin. Salah satu sumber bahan baku yang dapat digunakan untuk bioetanol adalah beras ketan putih. Pada penelitian ini pembuatan bioetanol sama seperti pembuatan tapai ketan pada umumnya, akan tetapi pada proses pemberian ragi ditambahkan variasi urea sebagai tambahan nutrisi untuk ragi/mikroba. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis pengaruh kadar urea (20 gram, 22,5 gram dan 25 gram) terhadap kadar etanol, uji karakteristik serta kelayakan bioetanol secara ekonomi. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Fermentasi dilakukan selama 4 hari dan distilasi 5 tingkat dengan suhu 78°C dengan adsorben batuan zeolit berukuran *mesh* 70 dengan berat 7 gram pada distilasi tingkat 3, tingkat 4 dan tingkat 5. Pengujian kadar karbohidrat dari beras ketan putih dengan metode *luff schoorl* memiliki nilai 72,53%. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa kadar urea yang optimal didapatkan pada penambahan pupuk urea 25 gram mendapatkan kadar urea yang paling optimal dengan menghasilkan kadar *yield* dan kadar etanol tertinggi yaitu 11,8%, dan 48%.

Kata Kunci : beras ketan, fermentasi, distilasi, karakteristik bioetanol

Abstract

The availability of fossil fuels is decreasing while the growth of vehicles is increasing, so renewable fuel is needed as a substitute or mixture of gasoline. One source of raw materials that can be used for bioethanol is white glutinous rice. In this research, making bioethanol is the same as making tapai sticky rice in general, but in the yeast feeding process a variation of urea is added as additional nutrition for the yeast/microbes. The aim of this research was to analyze the effect of urea levels (20 grams, 22.5 grams and 25 grams) on ethanol levels, characteristic tests and the economic feasibility of bioethanol. This research is using experimental method. Fermentation was carried out for 4 days and 5 levels of distillation at a temperature of 78°C with a 70 mesh size zeolite rock adsorbent weighing 7 grams at level 3, 4 and 5 distillation. Testing the carbohydrate content of white sticky rice using the luff school method had a value of 72.53%. The results of the research showed that the optimal urea content was obtained by adding 25 grams of urea fertilizer to obtain the most optimal urea content by producing the highest yield and ethanol content, namely 11.8% and 48%.

Keywords: *glutinous rice, fermentation, distillation, characteristics of bioethanol.*

PENDAHULUAN

Permintaan masyarakat untuk sumber energi yang kian meningkat, terutama sumber energi yang berasal dari minyak bumi. Oleh sebab itu, energi alternatif selain minyak bumi sangat diperlukan. Diantaranya sumber energi alternatif yang ada, bioetanol ialah menjadi pilihan utama (Pristiwanto dan Subagyo, 2019). Produksi bioetanol memiliki peranan penting dalam keseimbangan bahan bakar nasional sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan (Salelign and Duraisamy, 2021).

Bioetanol dapat dihasilkan melalui fermentasi, terutama dari memiliki kandungan zat karbohidrat yang berasal dari tanaman yang memiliki kadar pati maupun gula, seperti kentang, jagung, ubi jalar, tebu, dan sorgum manis. Biomassa selulosa dari sumber non-pangan, seperti rumput, dan pohon (Roy dan Abedin, 2022). Indonesia sebagai negara agraris mempunyai banyak sumber bahan

baku bioetanol, salah satunya adalah beras ketan putih (*oryza sativa glutinosa*) yang terdapat cukup banyak (Berlian, Aini dan Ulandari 2016). Produksi beras ketan putih di daerah Jawa Timur merupakan yang terbesar kedua di Indonesia setelah daerah Jawa Tengah (Maknun, 2021). Beras ketan putih (*oryza sativa glutinosa*) merupakan bahan yang mempunyai kandungan karbohidrat yang cukup tinggi yaitu 79,40 gram dalam 100 gram (Berlian, Aini dan Ulandari, 2016). Menurut Izwardy (2018) bahwa beras ketan putih memiliki kandungan karbohidrat sebesar 78,4 gram dalam 100 gram.

Tabel 1. Komposisi kimia beras ketan putih

No	Unsur	Komposisi per 100 gram
1	Kadar air	22,5 gr
2	Karbohidrat	78.4 gr
3	Lemak	0,8 gr
4	Protein	7,4 gr
5	Kadar Abu	0.5 gr

Sumber: Izwardy, (2018)

Tabel 2. Pengujian karbohidrat

Komposisi	Beras Ketan Putih (%)
Karbohidrat	72,53

Sumber: Pengujian pribadi

Melalui tabel di atas, dapat diketahui bahwa beras ketan putih mengandung komposisi kimia dengan jumlah yang cukup banyak terutama karbohidrat yang memiliki komposisi sebesar 78,4gr per 100 gram-nya. Hal tersebut menunjukkan bahwa beras ketan putih berpotensi untuk dijadikan bahan baku pembuatan bioetanol. Penelitian ini berkolaborasi dari empat bagian yaitu proses pembuatan bioetanol, nyala api, kinerja mesin, dan emisi gas buang maka penulis tertarik menjadi bagian dalam penelitian ini dengan fokus penelitian dengan judul “Pembuatan dan Uji Karakteristik Bioetanol dari Beras Ketan Putih (*Oryza Sativa Glutinosa*) dengan Menggunakan Ragi (*Saccharomyces Cerevisiae*)”.

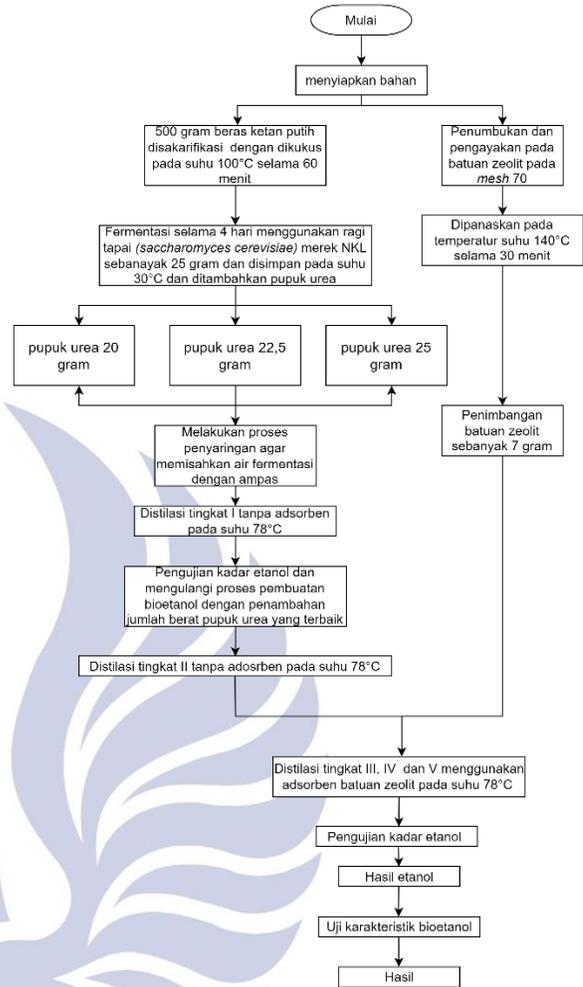
Rumusan Masalah

- Berapakah kadar urea yang optimal (20 gram, 22,5 gram dan 25 gram) terhadap kadar bioetanol?
- Bagaimana perbandingan nilai ekonomis dari bahan bakar bioetanol berbahan dasar beras ketan putih dibandingkan dengan beras ketan putih yang dijadikan sebagai makanan (tapai ketan hijau)?

Tujuan Penelitian

- Menganalisis dan mengidentifikasi kadar urea yang optimal terhadap kadar etanol pada variasi (20 gram, 22,5 gram dan 25 gram).
- Menganalisis dan mengidentifikasi perbandingan nilai ekonomis dari bahan bakar bioetanol berbahan dasar beras ketan putih dengan beras ketan putih yang dijadikan sebagai makanan (tapai ketan hijau).

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Tempat dan Waktu Penelitian

- Tempat penelitian
 - a. Proses pembuatan bioetanol berbahan dasar beras ketan putih dilakukan di Laboratorium Bahan bakar dan Pelumas Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
 - b. Pengujian kadar karbohidrat dari beras ketan putih dilakukan di Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Surabaya.
- Waktu penelitian

Penelitian dilakukan pada tanggal 22 Mei sampai 21 Agustus 2023
- Jenis penelitian

Jenis penelitian yang digunakan merupakan penelitian eksperimen.
- Variabel penelitian

Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah

- Variabel bebas
Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini yaitu penambahan pupuk urea dengan variasi berat 20 gram, 22,5 gram dan 25 gram.
- Variabel terikat
Variabel terikat pada penelitian ini ialah kadar etanol dan kadar *yield*.
- Variabel kontrol
Variabel kontrol penelitian ini ialah bahan baku bioetanol yaitu beras ketan putih yang diperoleh dari Kecamatan Benowo, Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur, Batuan zeolit klinoptilolit sebagai adsorben didapatkan di Ady Water Surabaya dan pupuk urea merek “Daun Buah” sebagai nutrisi tambahan untuk ragi yang diperoleh dari toko pertanian Hidroponi Kota. Batuan zeolit mesh 70 dengan berat 7 gram, sakarifikasi pada suhu 100°C selama 60 menit, fermentasi dengan waktu 4 hari, ragi 25 gram, distilasi pada suhu 78°C, Pemanasan batu zeolite pada suhu 140°C selama 30 menit.

Alat dan Bahan

- a. Kompor listrik berdaya 300 watt



Gambar 2. Kompor Listrik 300 Watt

- b. Timbangan digital



Gambar 3. Timbangan Digital

Spesifikasi

- 1) Merek : ACIS
- 2) Kapasitas : 5000 r
- 3) Ketelitian : 0,01 gr

- c. Gelas *Beaker*



Gambar 4. Gelas *Beaker*

- d. Gelas ukur



Gambar 5. Gelas Ukur

- e. Labu distilasi berkapasitas 1000 ml



Gambar 6. Labu Distilasi

- f. *Bend connector*



Gambar 7. *Bend Connector*

- g. *Statif klem*

- h. *Filter crucible*

- i. *Condensor liebig*



Gambar 8. *Condensor Liebig*

j. Alkohol meter



Gambar 9. Alkohol Meter

Spesifikasi

- 1) Pengukuran kadar : 0 - 100%
- 2) Kapasitas minimum : 100 ml

k. *Thermocontrolle*



Gambar 10. *Thermocontrolle*

Spesifikasi

- 1) Suhu : 0 - 400%
- 2) Tipe : Analog

l. *Thermocouple*



Gambar 11. *Thermocouple*

Spesifikasi

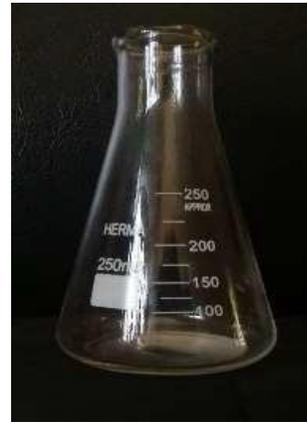
- 1) Tipe : *Thermocouple K*
- 2) Suhu : 0 - 400°C

m. Tempat untuk menampung air dingin

n. Pompa aquarium

o. Selang air

p. *Erlenmeyer* 250 ml



Gambar 12. *Erlenmeyer*

q. Stoples kapasitas 8ℓ



Gambar 13. Stoples

r. Alat penumbuk

s. Saringan *mesh* 70



Gambar 14. Saringan *Mesh* 70

t. Beras ketan putih



Gambar 15. Beras Ketan Putih

u. Ragi tapai merek “NKL”



Gambar 16. Ragi Tapi

v. Es batu

w. Batu zeolit



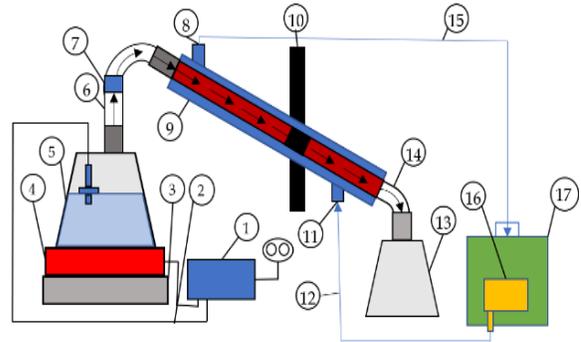
Gambar 17. Batu Zeolit

x. Urea merek “Daun Buah”



Gambar 18. Pupuk Urea

Gambar 19. Rangkaian Alat dan Instrumen Eksperimen



Gambar 19. Rangkaian Alat Distilasi

Keterangan:

- 1) Thermocontrol
- 2) Thermocouple
- 3) Dudukan kompor
- 4) Kompor listrik 300 watt
- 5) Labu distilasi kapasitas 1000 ml
- 6) Bend Connector
- 7) Filter Cruicible
- 8) Lubang keluar
- 9) Condensor liebig
- 10) Statif dan klem
- 11) Lubang masuk
- 12) Selang masuk
- 13) Erlenmeyer 250 ml
- 14) Bend tube
- 15) Selang keluar
- 16) Pompa aquarium
- 17) Wadah penampung air

Prosedur Penelitian

➤ Tahap Persiapan

- Pertama, mempersiapkan bahan dasar, yaitu beras ketan putih yang telah direndam.
- Kemudian mengukur berat beras ketan putih dan ragi sesuai variabel yang ditetapkan.

➤ Tahap Sakarifikasi

- Diawali dengan mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk melakukan proses sakarifikasi.
- Proses dimulai dengan memasukkan ketan sebesar 1500gr kedalam panci kukusan kemudian dikukus dengan temperatur 100°C selama 60 menit. Setelah itu beras ketan yang sudah matang kemudian didinginkan terlebih dahulu sebelum diberi ragi dan urea. Sekali proses sakarifikasi ini digunakan untuk 3 macam variasi urea.

➤ Tahap Fermentasi

- Menyiapkan beras ketan putih yang sudah dikukus dan didinginkan.
- Menghaluskan ragi tapai (*Saccharomyces*

Cerevisae) sebanyak 25 gram.

- Menyiapkan variasi kadar berat pupuk urea 20, 22,5 dan 25 gram.
 - Mencampurkan ragi tapai dan urea ke beras ketan yang telah dinginkan setelah itu, dibungkus dengan daun pisang, kemudian dimasukkan kedalam stoples yang kedap udara.
 - Pada bagian tutup stoples ditambahkan semacam perekat atau isolasi agar mencegah adanya sirkulasi udara yang masuk ataupun keluar.
 - Selanjutnya proses fermentasi dilakukan selama 4 hari atau 96jam dengan suhu ruangan atau temperatur $\pm 30^{\circ}\text{C}$.
 - Saat proses pengambilan air etanol perlu dilakukan penyaringan untuk memisahkan ampas tapai, lalu dilakukan pengukuran volume air etanol.
- Tahap Penyiapan Batu Zeolit
- Menghancurkan dan mengayak batu zeolit dengan ukuran *mesh* 70. Batu zeolit dipanaskan pada suhu 140°C selama 30 menit dengan oven.
 - Setelah menghaluskan batu zeolit, kemudian peneliti menakar berat batuan zeolit yang diperlukan sesuai kebutuhan (yaitu 7 gram) lalu dimasukkan ke dalam *filter crucible*.
- Tahap Distilasi
- Distilasi tahap pertama
 - Menyiapkan alat untuk proses distilasi
 - Air tapai beras ketan putih yang telah disaring dimasukkan kedalam labu distilasi kemudian kompor dinyalakan pada suhu 78°C sesuai dengan titik didih etanol.
 - Hasil bioetanol dari distilasi pertama kemudian diukur kandungan alkoholnya dengan menggunakan alkohol meter. Setelah distilasi pertama dilakukan tahap distilasi yang kedua dilakukan untuk meningkatkan kadar etanol yang dihasilkan.
 - Saat proses distilasi berjalan diperlukan penambahan es batu kedalam ember air, hal tersebut bertujuan agar *condensor liebig* tetap bersuhu rendah supaya uap etanol dapat dikonversikan menjadi embun etanol. Setelah distilasi pertama selesai peneliti kemudian mengukur kandungan alkohol menggunakan alat alkoholmeter. Etanol yang dihasilkan oleh distilasi pertama di distilasi kembali pada tahap kedua, hal tersebut bertujuan untuk meningkatkan kadar etanol.
 - Distilasi bertingkat
 - Pada proses distilasi lanjutan ini diberikan penambahan batu zeolit sebanyak 7 gram dengan *mesh* batu zeolit 70, batu zeolit tersebut dimasukkan kedalam *filter crucible*.
 - Peneliti melakukan distilasi secara terus menerus sampai lima tingkat hingga mendapat

hasil yang mencapai kadar bioetanol $>99,5\%$.

- Bila peneliti telah mendapatkan kadar bioetanol diatas $>99,5\%$, maka langkah selanjutnya bioetanol akan dianalisis karakteristiknya.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

• Hasil penelitian dan pembahasan Pengaruh Variasi Berat Urea untuk Nutrisi Tambahan Ragi terhadap Yield Etanol

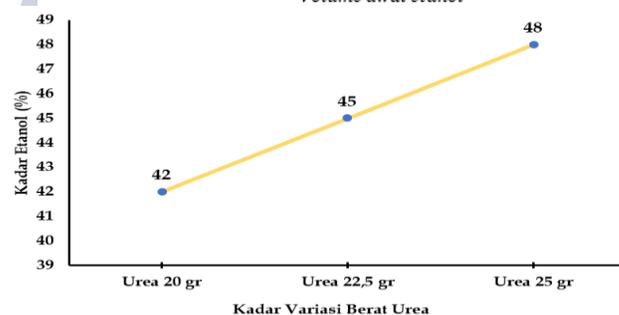
Tabel 3. Form hasil variasi berat urea fermentasi beras ketan putih

Lama Fermentasi (Hari)	Bahan Baku (gr)	Jumlah pupuk urea (gr)	Volume awal campuran bioetanol (ml)	Volume akhir bioetanol (ml)	Sisa di labu (ml)	Kadar Bioetanol (%-V)*	% Yield (%-v)
1	2	3	4	5	6	7	8
4	500	20	872	98	754	43	11,2%
4	500	22,5	902	103	787	45	11,4%
4	500	25	927	109	805	48	11,8%

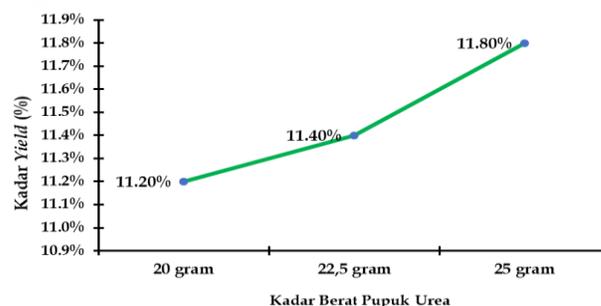
Keterangan:

* Pengukuran menggunakan Alkoholmeter

$$\text{Yield/Rendemen} = \frac{\text{Volume etanol yang diperoleh}}{\text{Volume awal etanol}} \times 100\%$$



Gambar 20. Grafik Variasi Berat Urea terhadap Kenaikan Kadar Etanol



Gambar 21. Grafik Variasi Berat Urea terhadap Kenaikan Kadar Yield

Berdasarkan tabel 3, gambar 20 dan gambar 21 diatas menunjukkan adanya pengaruh dari penambahan pupuk urea sebagai nutrisi tambahan untuk ragi terhadap kenaikan kadar *yield* dan kadar etanol yang dihasilkan, pada penambahan variasi pupuk urea sebesar 20 gram menghasilkan kadar *yield* 11,2% dan kadar etanol 42%, variasi pupuk urea sebesar 22,5 gram menghasilkan kadar

yield 11,4% dan kadar etanol 45%, variasi pupuk urea 25 gram menghasilkan kadar yield 11,8% dan kadar etanol 48%.

Perbedaan hasil kadar yield dan kadar etanol ini disebabkan oleh karena variasi pemberian pupuk urea sebagai nutrisi nitrogen. Pemberian variasi dengan berat 20, 22,5 dan 25 gram terbilang cukup bagi pertumbuhan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) dan penambahan nutrisi tersebut memberikan dampak kenaikan kadar yield dan kadar etanol yang signifikan. Kenaikan kadar etanol dan kadar yield disebabkan karena pupuk urea sebagai nutrisi nitrogen menyediakan energi internal dan eksternal yang diperlukan enzim urease.

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa untuk pembuatan bioetanol dalam skala besar akan menggunakan hasil yang optimal, yaitu pada variasi urea dengan berat 25 gram. Hasil penelitian menunjukkan kadar etanol yang didapat yaitu sebesar 48%, dan volume bioetanol = 109 ml, serta yield etanol sebesar 11,8%.

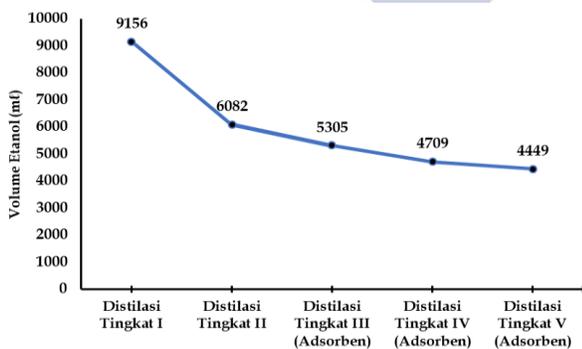
Produksi Bioetanol dalam Skala Besar

Tabel 4. Kenaikan kadar etanol hasil distilasi bertingkat

No	Proses Distilasi	Volume Etanol				Yield (%)
		Volume Larutan Campuran Awal (mℓ)	Volume Larutan Akhir (mℓ)	Kadar Etanol Awal (%)	Kadar Etanol Akhir (%)	
	1	2	3	4	5	6
1	Distilasi Tingkat I	76160	9156	-	48*	12
2	Distilasi Tingkat II	9156	6082	48*	82*	66
3	Distilasi Tingkat III	6082	5305	82*	91*	82
4	Distilasi Tingkat IV	5305	4709	91*	97*	88
5	Distilasi Tingkat V	4709	4449	97*	99,86**	94

Keterangan:

- * Pengukuran menggunakan Alkoholmeter
- ** Pengukuran menggunakan *Gas chromatography-flame-ionization detector*

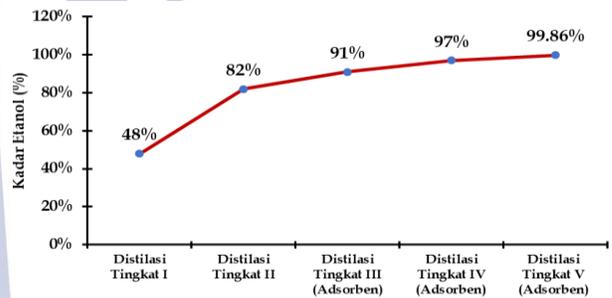


Gambar 22. Grafik Volume Etanol saat Proses Distilasi

Pada tabel 4 dan gambar 22 diatas menunjukkan hasil proses distilasi dari yang pertama hingga distilasi yang kelima. Berdasarkan hal tersebut diketahui bahwa hasil distilasi pertama memiliki volume campuran bioetanol dan air sebanyak 9156 ml dan kadar etanol sebesar 48%. Proses distilasi I dan II berhenti bila sudah tidak ada etanol yang menetes ke wadah penampung etanol, sedangkan hasil pada distilasi kedua didapati volume campuran

bioetanol dan air sebanyak 6082 ml dan kadar etanol sebesar 82%. Hal tersebut dikarenakan hasil etanol dari Distilasi I dan II masih terdapat kandungan air karena bioetanol dan air harus susah dipisahkan karena kedua komponen tersebut termasuk azeotrop (dua komponen yang selisih titik didihnya berdekatan), oleh sebab itu untuk pemisahan etanol dan air harus dilakukan distilasi berulang dan ditambahkan adsorben zeolit di distilasi bertingkat berikutnya.

Proses distilasi ke 5 didapatkan volume akhir campuran bioetanol dan air sebanyak 4449 ml dengan kadar etanol 99,86%, hal tersebut menunjukkan bahwa volume bioetanol yang dihasilkan akan semakin berkurang saat tingkat distilasi yang dilakukan semakin tinggi, hal tersebut disebabkan karena terjadinya pemisahan antara molekul etanol dengan air.



Gambar 23. Grafik persentase kenaikan kadar bioetanol

Berdasarkan tabel 4 dan gambar 23 menunjukkan bahwa untuk meningkatkan kadar etanol yang sesuai dengan standar Dirjen EBTKE dibutuhkan distilasi hingga tingkat kelima.

Ukuran partikel batu zeolit yang digunakan mempengaruhi peningkatan kadar etanol yang dihasilkan, salah satu faktor tersebut adalah mempengaruhi laju dan kapasitas penyerapan batu zeolit terhadap pemisahan air dengan etanol pada proses distilasi. Selain itu ukuran partikel batu zeolit juga harus selaras dengan luas permukaan zat yang diserap, sehingga penyerapan uap air oleh batu zeolit dapat lebih maksimal saat penguapan etanol berlangsung.

Perbedaan ukuran partikel juga akan menghasilkan kadar etanol yang berbeda, semakin kecil ukuran partikel maka akan diperoleh kadar yang semakin besar. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian penulis yang dapat mencapai kadar etanol sebesar 99,86% pada distilasi kelima.

Perhitungan Nilai Ekonomis Beras Ketan Putih

Tapai Ketan Hijau

Tabel 5. Nilai ekonomis Tapai ketan hijau

No	Bahan baku	Banyaknya	Harga (Rp)	Total
1	Beras Ketan Putih	1 kg	Rp. 17000/1 kg	Rp. 17000
2	Ragi tape	10,8 gram (@1 Pcs = 70 gram)	Rp. 11000/1 Pcs	Rp. 1700
3	Pewarna makanan warna hijau merek "Cap merak"	2 ml	Rp. 1170/12 ml	Rp. 283
4	Daun pisang	1 lembar daun	Rp 5000/1 ikat isi 5 lembar daun	Rp. 1000
Total				Rp. 19.983

Berdasarkan hasil wawancara dengan Ibu Anik menyatakan bahwa dalam satu kali pembuatan tapai ketan hijau dapat memperoleh penghasilan sebesar Rp. 60.000 dari penjualannya. Jika dibandingkan perhitungan per 1kg beras ketan putih yang menghasilkan etanol sebesar 105ml dan diperkirakan dapat dijual seharga Rp. 21.685, maka beras ketan putih per 1kg yang dijadikan sebagai makanan tapai ketan hijau dapat dikatakan lebih mendapatkan untung, karena mendapatkan hasil penjualan sebesar Rp. 60.000 dan mendapat keuntungan bersih dari penjualan sebesar Rp.40.000.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

1. Penambahan pupuk urea yang optimal untuk meningkatkan kadar etanol adalah menggunakan urea dengan berat 25 gram. Variasi penambahan urea sebanyak 25 gram mendapatkan volume sebanyak 109 ml, kadar etanol 48% dan kadar yield 11,2%, dimana lain hasil tersebut lebih banyak/lebih tinggi dari sampel variasi lain (20 gram & 22,5 gram).
2. beras ketan putih 1kg yang dijadikan sebagai makanan tapai ketan hijau lebih mendapatkan keuntungan bersih dari penjualan sebesar Rp.40.000. dibandingkan perhitungan 1 kg beras ketan putih yang menghasilkan etanol sebesar 105ml dan diperkirakan dapat dijual seharga Rp. 21.685.

Saran

1. Pembuatan bioetanol dari beras ketan putih dalam penelitian ini telah disimpulkan tidak ekonomis, oleh karena itu peneliti menyarankan agar beras ketan putih lebih ekonomis dan menguntungkan bila dijadikan sebagai makanan seperti tapai ketan hijau yang diuraikan oleh peneliti.
2. Saran peneliti untuk penelitian lanjutan bioetanol dari beras ketan putih yaitu dengan mencari perbandingan yang tepat pada panjang waktu fermentasi dan penambahan ragi tapai serta urea yang lebih tinggi, kemudian peneliti juga menyarankan untuk penelitian selanjutnya dengan mendaur ulang ampas tapai beras ketan yang digunakan selama proses penelitian untuk

didaur ulang untuk difermentasi kembali sehingga dapat memperoleh hasil kadar dan volume etanol yang lebih tinggi.

3. Saran dari peneliti berikutnya adalah pada saat sebelum melakukan proses distilasi, air dingin harus mengalir pada *condesor liebig* 10-15 menit sebelum proses distilasi dimulai agar saat proses distilasi uap air etanol awal mendidih dapat diubah lebih menjadi etanol.
4. Saran terakhir dari peneliti untuk penelitian selanjutnya adalah agar memperhatikan selama proses distilasi dilakukan, supaya mengetahui apabila adanya kebocoran celah yang terjadi. Hal tersebut bertujuan agar tidak kehilangan uap etanol bila ada kebocoran melalui celah-celah komponen alat distilasi. *bend connector*, *filter crucible*, *condensor liebig*, sambungan antara labu dan *thermocouple* adalah bagian-bagian yang rentan mengalami kebocoran.

DAFTAR PUSTAKA

- Pristiwanto A. E. & Subagyo R. 2019. "Analisis Hasil Fermentasi Pembuatan Bioetanol Dengan Variasi Massa Ragi Menggunakan bahan (beras ketan Hitam, Beras ketan Putih dan Singkong)" *ROTARY* Volume 01 No. 02 September 2019 (pp: 157-172).
- Salelign K. and Duraisamy R. 2021. "Sugar and etanol production potential of sweet potato (*Ipomoea batatas*) as an alternative energy feedstock: processing and physicochemical characterizations." Department of Chemistry.
- Roy D. K. and Abedin M. Z. 2022. "Potentiality of biodiesel and bioetanol production from feedstock in Bangladesh: A review." Department of Mechanical Engineering, Dhaka University of Engineering & Technology, Gazipur 1707, Bangladesh.
- Berlian Z., Aini F. dan Ulandari R. 2016. "Uji Kadar Alkohol pada Tapai Ketan Putih dan melalui Fermentasi dengan Dosis Ragi yang Berbeda." *Jurnal Biota* Vol. 2 No. 1 Edisi Januari 2016.
- Maknun L. 2021. "*Potensi Pertumbuhan dan Hasil Lima Varietas Padi Ketan (Oryza sativa glutinosa) pada Tiga Macam Jenis Tanah*". Skripsi tidak diterbitkan. Malang: PPs Universitas Islam Malang.
- Izwardy D. 2018. "Tabel Komposisi pangan. Kementerian Kesehatan RI." ISBN 978-602-416-407-2.
- Sebayang, A.H., Masjuki, H. H., Chyuan Ong, H., Dharmas, S., Silitonga, A. S., Mahlia, T. M. L., & Aditiya, H. B. 2016. A Prospective Of Bioethanol Production From Biomass as Alternative Fuel for Spark Ignition Engine. *RSC. Adv*, Vol 6, 14964-14992. <https://doi.org/10.1039/C5RA24983J>