PENGARUH LAMA WAKTU FERMENTASI TERHADAP KUALITAS BIOETANOL DARI JERAMI PADI (*ORYZA SATIVA LINNAEUS*)

Muhammad Danang Ilham Alfatih
Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: muhammaddanang.22106@mhs.unesa.ac.id

Muhaji
Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: muhaji61@unesa.ac.id

Abstrak

Peningkatan jumlah penduduk Indonesia berdampak langsung pada naiknya konsumsi bahan bakar fosil sehingga cadangan minyak bumi semakin berkurang. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sumber energi terbarukan, salah satunya bioetanol berbahan dasar biomassa. Jerami padi merupakan limbah pertanian yang tersedia dalam jumlah besar dan kaya akan selulosa sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan baku bioetanol. Penelitian eksperimental ini bertujuan menganalisis pengaruh lama fermentasi terhadap volume, kadar, dan karakteristik bioetanol jerami padi. Proses produksi terdiri atas praperlakuan (*pretreatment*), hidrolisis, fermentasi, dan distilasi. Jerami padi terlebih dahulu diberi praperlakuan dengan NaOH 4% untuk menurunkan kadar lignin. Hidrolisis dilakukan dengan mencampurkan jerami padi dan H_2SO_4 2 M pada rasio 1:20 (b/v) dan memanaskannya pada suhu 100˚C selama 3 jam. Fermentasi dilaksanakan pada pH 3,5 dan suhu ruang 30˚C dengan penambahan ragi 10% dan urea 3% selama 6, 7, dan 8 hari. Distilasi dilakukan sebanyak enam kali menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 40˚C; pada distilasi ketiga sampai keenam ditambahkan adsorben zeolit alam klinoptilolit (70 *mesh*, rasio 1:4 b/v). Karakteristik bioetanol diuji berdasarkan standar ASTM, yaitu D5501 (kadar etanol), D93 (titik nyala), D240 (nilai kalor), D445 (viskositas), D1298 (densitas), dan D2699 (angka oktan riset/RON). Hasil terbaik diperoleh pada fermentasi 8 hari dengan rendemen 55,07%, kadar etanol awal 15%, dan volume 179 ml. Setelah distilasi akhir, bioetanol jerami padi memiliki kadar etanol 99,23%, densitas 0,8374 g/ml, viskositas 0,81 cP, nilai kalor 7667,42 kcal/g, titik nyala 19 °C, dan RON 109,3.
Kata Kunci: bioetanol, jerami padi, karakteristik bioetanol, *separated hydrolysis and fermentation* (SHF)

Abstract

The growth of Indonesia's population has directly increased fossil fuel consumption, causing petroleum reserves to decline steadily. Consequently, renewable energy sources, including biomass-based bioethanol, need to be developed. Rice straw is an agricultural residue that is available in large quantities and rich in cellulose, so it has potential as a feedstock for bioethanol production. This experimental study aims to analyze the effect of fermentation time on the volume, concentration, and characteristics of bioethanol produced from rice straw. The production process comprised pretreatment, hydrolysis, fermentation, and distillation. The rice straw was first pretreated with 4% NaOH to reduce its lignin content. Hydrolysis was then carried out by mixing the straw with 2 M H_2SO_4 at a 1:20 (w/v) ratio and heating the mixture at 100°C for 3 hours. Fermentation was conducted at pH 3.5 and a room temperature of 30°C, with the addition of 10% yeast and 3% urea, for 6, 7, and 8 days. Distillation was performed six times using a rotary evaporator at 40°C, with natural clinoptilolite zeolite (70 mesh, 1:4 w/v) added as an adsorbent in the third to sixth runs. The characteristics of the bioethanol were tested according to ASTM standards: D5501 (ethanol content), D93 (flash point), D240 (calorific value), D445 (viscosity), D1298 (density), and D2699 (research octane number, RON). The best result was obtained after 8 days of fermentation, with a yield of 55.07%, an initial ethanol content of 15%, and a volume of 179 ml. After the final distillation, the bioethanol had an ethanol content of 99.23%, a density of 0.8374 g/ml, a viscosity of 0.81 cP, a calorific value of 7,667.42 kcal/g, a flash point of 19 °C, and an RON of 109.3.
Keywords: *bioethanol, rice straw, characteristics of bioethanol, separated hydrolysis and fermentation (SHF)*

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk Indonesia berdampak langsung pada tingginya konsumsi energi fosil, terutama bahan bakar minyak (BBM) pada sektor transportasi yang menyerap 49% dari total kebutuhan nasional sebesar 505 juta barel (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2024). Pemanfaatan yang berlangsung terus-menerus tanpa pengendalian menyebabkan cadangan minyak bumi menurun dan berpotensi habis. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya pengembangan energi terbarukan sebagai alternatif yang lebih berkelanjutan, antara lain bioetanol berbasis biomassa (Nonseo *et al*., 2025). Bioetanol adalah bahan bakar hayati yang dihasilkan melalui fermentasi karbohidrat oleh mikroorganisme (Ghazali & Mustafa, 2025). Bioetanol generasi pertama (G1) pada umumnya diproduksi dari bahan pangan, tetapi produksi tersebut memengaruhi ketersediaan pangan, penggunaan lahan subur, dan sumber daya alam (Ghazali & Mustafa, 2025). Sebaliknya, bioetanol generasi kedua (G2) yang berbasis biomassa lignoselulosa dinilai lebih efisien karena tidak bersaing dengan kebutuhan pangan dan dapat memanfaatkan limbah pertanian (Rifa'i *et al*., 2022).

Jerami padi termasuk limbah lignoselulosa yang berpotensi menjadi bahan baku bioetanol G2 karena mengandung selulosa 32–47%, hemiselulosa 19–27%, dan lignin 5–24% (Ibrahim *et al*., 2024). Namun, pemanfaatannya belum optimal. Jerami padi pada umumnya dibakar atau dibiarkan membusuk sehingga

berpotensi menghasilkan emisi gas rumah kaca (Novia *et al.*, 2014). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, (2025), produksi padi Indonesia pada tahun 2024 mencapai 53,14 juta ton gabah kering giling (GKG). Jumlah tersebut menghasilkan limbah jerami yang besar dan berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber bioenergi.

Konversi bahan lignoselulosa menjadi bioetanol meliputi tahap praperlakuan (*pretreatment*), hidrolisis, fermentasi, dan distilasi untuk memperoleh kadar etanol yang optimal (Hidayatulloh & Muhaji, 2025). Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa praperlakuan alkali menggunakan NaOH dapat meningkatkan kandungan selulosa dan menurunkan kandungan lignin secara signifikan (Ningthoujam *et al.*, 2024). Selain itu, hidrolisis asam menggunakan H_2SO_4 menghasilkan kadar glukosa dan etanol yang lebih tinggi daripada hidrolisis enzimatik (Yuliani *et al.*, 2018).

Kualitas bioetanol hasil fermentasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya lama fermentasi. Menurut Wulandari dkk., (2023), semakin lama fermentasi berlangsung, semakin tinggi rendemen yang dihasilkan, tetapi setelah mencapai waktu optimum, kadar etanol pada fermentasi berikutnya akan menurun. Hal ini sejalan dengan penelitian Yusron *et al*., (2024) yang memvariasikan lama fermentasi bioetanol jerami padi selama 7, 8, 9, dan 10 hari; kadar etanol tertinggi, yaitu 34,4%, diperoleh pada hari kedelapan. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh lama fermentasi terhadap kualitas bioetanol berbahan baku jerami padi (*Oryza sativa* Linnaeus) sehingga dapat diperoleh kondisi fermentasi yang optimal untuk menghasilkan bioetanol berkualitas sebagai energi alternatif terbarukan.

METODE

Jenis Penelitian

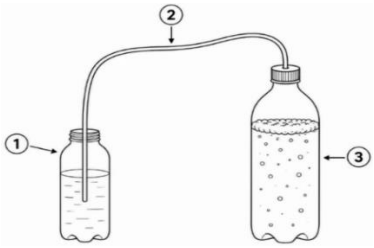
Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen (*experimental research*).

Tempat dan Waktu Penelitian

Proses produksi bioetanol dari jerami padi dilaksanakan di Laboratorium Bahan Bakar dan Pelumas serta Laboratorium Kimia, Universitas Negeri Surabaya. Penelitian dilaksanakan setelah seminar proposal hingga seluruh kegiatan selesai.

Alat dan Bahan

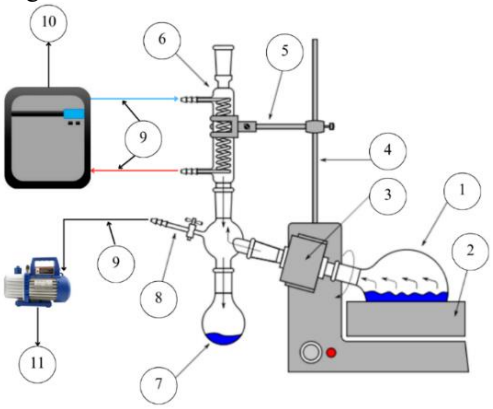
1. Alat
   a. Oven listrik
   b. *Beaker glass*
   c. Blender
   d. Kertas saring
   e. Corong
   f. Saringan 100 *mesh*
   g. Kertas lakmus
   h. Termometer digital
   i. Timbangan digital
   j. Kompor listrik
   k. Rangkaian alat fermentasi



Gambar 1. Rangkaian Alat Fermentasi

Keterangan:
1) Wadah fermentasi
2) Selang plastik
3) Wadah air

l. Rangkaian alat distilasi



Gambar 2. Rangkaian Alat Distilasi *Rotary Evaporator*

Keterangan:
1) Labu Putar
2) *Water Bath*
3) *Rotary Motor*
4) Batang Penyangga
5) Penjepit
6) Kondensor
7) labu Penampung
8) *Vacum Adapter*
9) Selang Plastik
10) *Chiller*
11) Pompa Vacum

2. Bahan
   a. Jerami padi inpari 32
   b. NaOH
   c. H_2SO_4
   d. Batu zeolit alam jenis "klinoptilolite"
   e Pupuk urea
   f. Ragi roti
   g. Air

Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas

   Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah lama waktu yang memengaruhi hasil proses fermentasi dengan variasi waktu 6, 7, dan 8 hari.

2. Variabel Terikat

   Variabel terikat pada penelitian ini adalah karakteristik bioetanol (kadar etanol, nilai kalor, titik nyala, viskositas, densitas, dan angka oktan/RON).

3. Variabel Kontrol

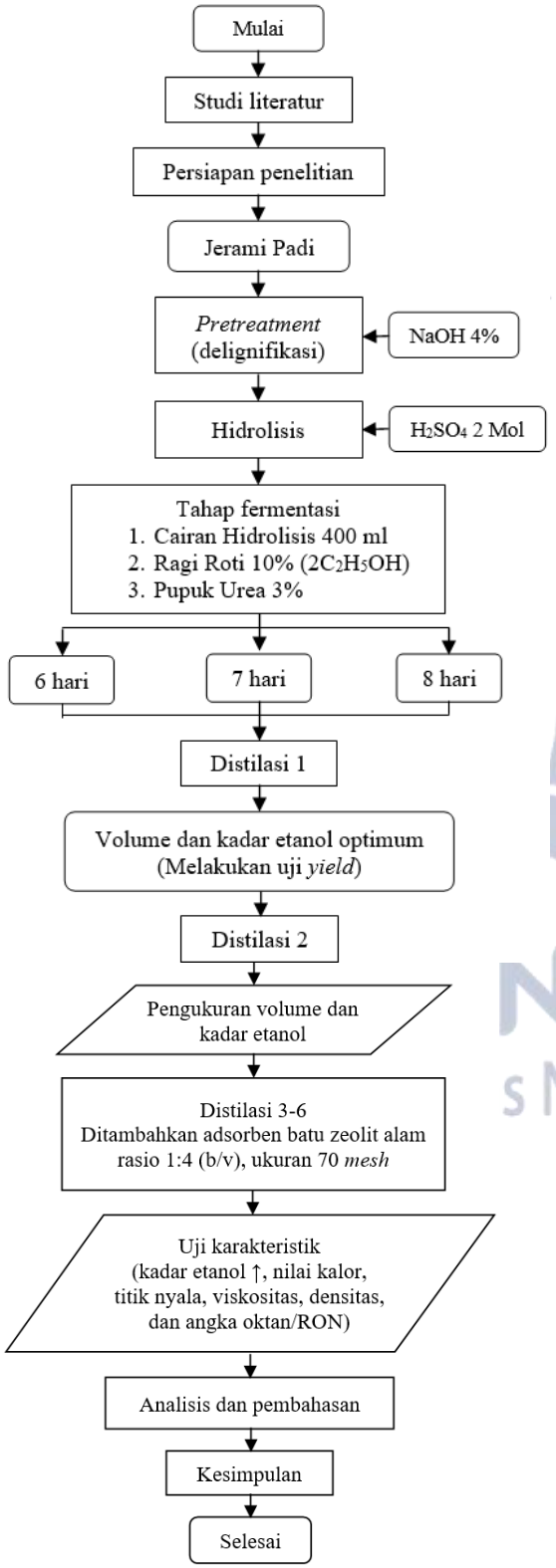
   Pada penelitian ini terdapat beberapa variabel kontrol, diantaranya adalah:

a. Bahan baku berupa jerami padi varietas Inpari 32 yang diperoleh dari Kabupaten Jombang.
b. Praperlakuan menggunakan NaOH 4% pada suhu 37°C selama 4 jam, kemudian jerami padi dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C hingga beratnya konstan.
c. Hidrolisis dilakukan dengan mencampurkan jerami padi dan H_2SO_4 2 M pada rasio 1:20 (b/v), kemudian dipanaskan pada suhu 100 °C selama 3 jam.
d. Sebelum fermentasi, pH cairan hasil hidrolisis diatur menjadi 3,5 menggunakan NaOH 30%, kemudian ditambahkan ragi 10% dan pupuk urea

3%. Fermentasi dilaksanakan pada suhu ruang 30°C selama 6, 7, dan 8 hari.

e. Distilasi dilakukan pada suhu 40°C menggunakan *rotary evaporator*.
f. Adsorben yang digunakan adalah batu zeolit alam jenis klinoptilolit berukuran 70 *mesh* dengan rasio 1:4 (b/v).

Rancangan Penelitian



Gambar 3. Rancangan Penelitian

Prosedur Penelitian

1. Preparasi Jerami Padi
   a. Mencuci dan memotong jerami padi menjadi bagian kecil-kecil, lalu dikeringkan dibawah sinar matahari selama 24 jam.
   b. Menghaluskan jerami padi yang telah dikeringkan menggunakan blender lalu di saring menggunakan ayakan 100 *mesh*, hasil jerami padi yang telah diayak dikeringkan dibawah sinar matahari hingga berat konstan.
   c. Selanjutnya, proses delignifikasi jerami padi 500 gram ditambahkan larutan NaOH 4% dengan rasio 1:10 (berat/volume) dipanaskan pada suhu 37˚C selama 4 jam.
   d. Jerami padi dibilas dengan air hingga pH netral (diuji dengan kertas lakmus) lalu jerami dikeringkan menggunakan oven pada temperatur 100˚C hingga berat konstan.
2. Proses Hidrolisis
   a. Menyiapkan alat untuk proses hidrolisis.
   b. Mencampur jerami padi dan H_2SO_4 2 Mol ke dalam gelas kimia 1000 ml dengan rasio 1:20 (berat/volume). Kemudian, campuran dihomogenkan agar tercampur dengan rata dan dipanaskan pada suhu 100˚C selama 3 jam.
   c. Selanjutnya, filtrat hasil hidrolisis disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan cairan dengan ampas jerami padi.
3. Proses Fermentasi
   a. Menyiapkan cairan hidrolisat yang telah dihidrolisis, lalu ditambahkan NaOH 30% untuk menyesuaikan pH cairan menjadi 3,5.
   b. Selanjutnya, cairan hidrolisat sebanyak 400 ml dimasukkan kedalam wadah fermentasi dan ditambahkan 10% ragi roti dan 3% pupuk urea.
   c. Wadah fermentasi ditutup dan difermentasi secara anaerob pada suhu ruang 30˚C selama variasi waktu 6, 7, dan 8 hari.
4. Proses Distilasi
   a. Tahap distilasi 1 & 2
      1) Menyiapkan alat distilasi *rotary evaporator* dengan menyalakan *chiller*, mengisi *waterbath* dengan air akuades dan menyalakan pompa vakum.
      2) Cairan yang dihasilkan dari fermentasi dimasukkan ke dalam labu alas bulat, kemudian kunci pada *main unit rotary evaporator*.
      3) Mengatur panel tekanan dan temperatur agar sesuai dengan etanol.
      4) Memanaskan cairan fermentasi pada suhu 40˚C.
      5) Mengatur pada panel agar putaran labu menjadi 50 rpm.
      6) Mengukur kadar etanol dari hasil proses distilasi menggunakan *alcoholmeter.*
      7) Pada distilasi ke-2 proses yang dilakukan akan sama dengan proses distilasi ke-1.
   b. Distilasi bertingkat (3, 4, 5, dan 6)
      1) Peneliti melakukan distilasi secara berkelanjutan untuk mencapai kadar bioetanol ≥99,2%. Pada distilasi tahap ini

ditambahkan batu zeolit alam jenis klinoptilolit dengan ukuran 70 *mesh* dan rasio berat 1:4 (b/v) yang kemudian dimasukkan ke dalam labu alas bulat bersamaan dengan bioetanol.

Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan mengumpulkan data atau informasi terhadap setiap hasil perubahan yang terjadi melalui eksperimen secara langsung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Variasi Lama Waktu Fermentasi terhadap Volume, *Yield*, dan Kadar Etanol.

Data hasil variasi lama waktu fermentasi selama 6, 7, dan 8 hari, disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Lama Waktu Fermentasi terhadap Volume, *Yield*, dan Kadar Bioetanol

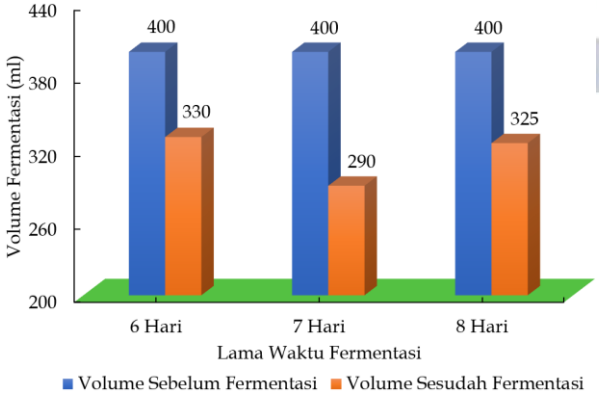
Variasi waktu fermentasi	Volume Bioetanol				Kadar Etanol (%)
	Sebelum Fermentasi (ml)	Sesudah Fermentasi (ml)	Sesudah Distilasi I (ml)	*Yield* (%)	
6 hari	400	330	181	54,84	9
7 hari	400	290	159	54,82	12
8 hari	400	325	179	55,07	15

Keterangan:

*Pengukuran kadar etanol menggunakan alkoholmeter

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

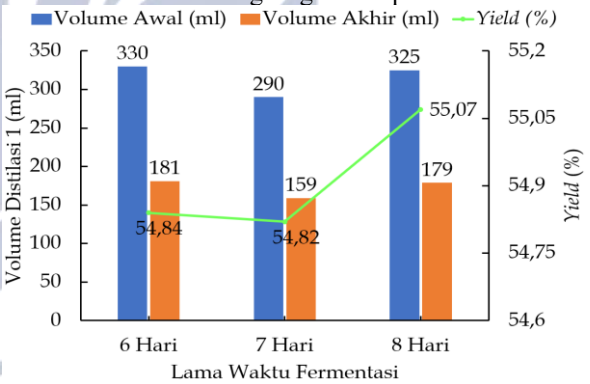
Berdasarkan data tabel 1, menunjukkan bahwa volume cairan mengalami penurunan pada dua tahap, yaitu setelah fermentasi dan setelah distilasi. Volume awal 400 mL menurun menjadi 330 mL, 290 mL, dan 325 mL setelah fermentasi selama 6, 7, dan 8 hari. Selanjutnya, setelah distilasi, volume cairan menurun menjadi 181 mL, 159 mL, dan 179 mL. Rendemen distilasi menunjukkan pola yang serupa, yaitu 54,84% pada fermentasi 6 hari, menurun sedikit menjadi 54,82% pada fermentasi 7 hari, dan kembali meningkat menjadi 55,07% pada fermentasi 8 hari. Sementara itu, kadar etanol meningkat secara konsisten seiring bertambahnya lama fermentasi, yaitu 9%, 12%, dan 15%.



Gambar 4. Pengaruh Lama Waktu Fermentasi terhadap Volume Fermentasi

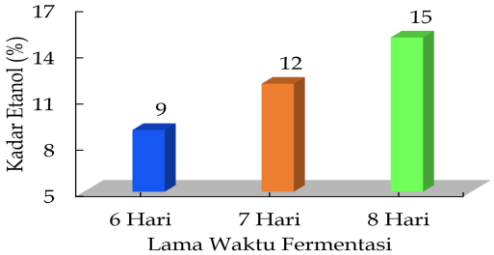
Dalam kondisi anaerob, khamir *Saccharomyces cerevisiae* memfermentasi glukosa sesuai dengan reaksi Gay-Lussac, yaitu satu mol glukosa dikonversi menjadi dua mol etanol disertai pelepasan dua mol gas karbon dioksida (CO_2). Sistem fermentasi pada umumnya dirancang agar gas CO_2 dapat dilepaskan ke lingkungan tanpa memungkinkan oksigen masuk ke dalam reaktor sehingga kondisi anaerob tetap terjaga (Lahagu dkk., 2026).

Berdasarkan gambar 4, menunjukkan bahwa penurunan volume pada tahap fermentasi terutama disebabkan oleh pelepasan gas CO_2 hasil metabolisme khamir yang mengonversi glukosa menjadi etanol dan CO_2 sesuai dengan reaksi $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$. Nadliroh & Fauzi, (2021) menjelaskan bahwa selain etanol dan CO_2, ragi juga menghasilkan metabolit sekunder, seperti asam organik. Di samping itu, penurunan volume pada umumnya semakin besar seiring bertambahnya lama fermentasi karena nutrisi pada substrat semakin berkurang (Mogonta dkk., 2026). Penurunan volume terbesar terjadi pada hari ketujuh. Hal ini diduga berkaitan dengan peralihan khamir dari fase eksponensial ke fase stasioner atau awal fase kematian, saat produksi gas CO_2 mencapai puncaknya sehingga kehilangan volume cairan paling besar. Pada hari kedelapan, volume cairan tampak meningkat kembali. Peningkatan tersebut diduga terjadi karena sel khamir telah memasuki fase stasioner sepenuhnya sehingga laju metabolisme dan produksi gas CO_2 menurun dibandingkan dengan puncaknya pada hari sebelumnya, dan laju kehilangan volume pun berkurang. Perlu dicatat bahwa pertumbuhan sel khamir tidak diamati secara langsung dalam penelitian ini.



Gambar 5. Pengaruh Lama Waktu Fermentasi terhadap Volume dan *Yield* pada Distilasi I

Berdasarkan gambar 5, menunjukkan bahwa volume cairan kembali menurun pada tahap distilasi. Penurunan ini terjadi karena distilasi memisahkan komponen umpan sehingga volume distilat dan residu yang dihasilkan masing-masing lebih kecil daripada volume umpan awal (Sari *et al*., 2025).



Gambar 6. Pengaruh Lama Waktu Fermentasi pada Distilasi 1 terhadap Kadar Bioetanol

Berdasarkan gambar 6, menunjukkan bahwa kadar etanol meningkat secara konsisten seiring bertambahnya lama fermentasi, yaitu 9%, 12%, dan

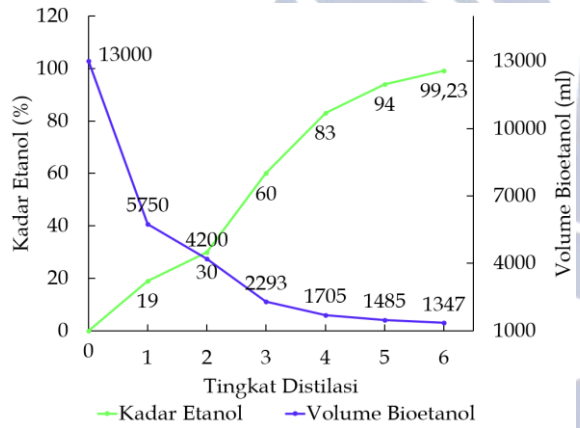
15%. Peningkatan yang masih berlanjut hingga hari kedelapan menunjukkan bahwa proses konversi glukosa menjadi etanol belum mencapai titik jenuh. Wulandari dkk., (2023) melaporkan bahwa setelah waktu optimum tercapai, kadar etanol pada fermentasi berikutnya akan menurun.

Hasil Volume dan Kadar Etanol pada Proses Distilasi I-VI

Distilasi bertingkat pada produksi bioetanol jerami padi dilakukan dalam enam tahap. Distilasi pertama dan kedua dilakukan tanpa adsorben zeolit dengan volume bioetanol di dalam labu sebanyak 400 mL pada setiap pengulangan. Pada distilasi ketiga sampai keenam, sebanyak 300 mL bioetanol dicampurkan dengan adsorben zeolit alam 70 *mesh* pada rasio 1:4 (b/v). Data hasil produksi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Volume dan Kadar Etanol pada Proses Distilasi I-VI

Distilasi Bertingkat	*Mesh*	Volume Bioetanol			Kadar Etanol (%)
		Awal (ml)	Akhir (ml)	*Yield* (%-v)	
1	-	13000	5750	44,2	19
2	-	5750	4200	73,0	30
3	70	4200	2293	37,8	60
4	70	2293	1705	74,3	83
5	70	1705	1485	86,9	94
6	70	1485	1347	90,7	99,23



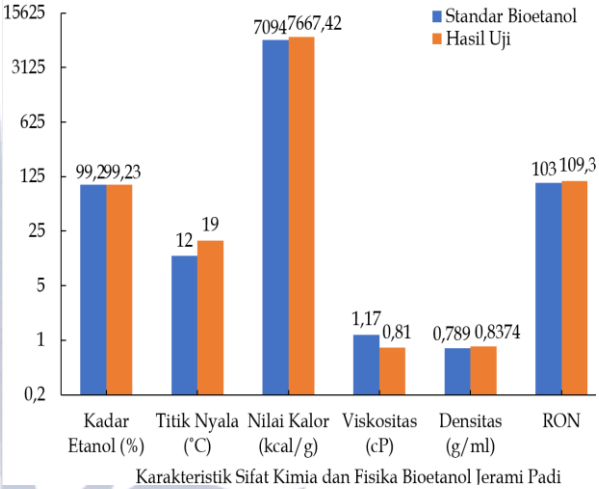
Gambar 7. Perubahan Volume dan Kadar Etanol pada tiap Distilasi

Pada distilasi pertama dan kedua, kadar etanol meningkat dari 19% menjadi 30% disertai penurunan volume dari 5750 mL menjadi 4200 mL. Hal ini terjadi karena etanol memiliki titik didih lebih rendah daripada air sehingga lebih cepat menguap dan menghasilkan distilat dengan kadar yang lebih tinggi. Meskipun demikian, adanya campuran azeotrop etanol–air menyebabkan distilasi biasa belum mampu menghasilkan etanol dengan kemurnian sangat tinggi karena air masih ikut terbawa (Saputro dkk., 2023). Pada distilasi ketiga, kadar etanol meningkat menjadi 60% dan volume menurun menjadi 2293 mL. Peningkatan ini disebabkan oleh penambahan adsorben zeolit yang menggabungkan proses distilasi dan adsorpsi. Pori-pori zeolit yang kecil bersifat selektif dalam menyerap air sehingga kadar air berkurang dan kadar etanol meningkat lebih cepat daripada tahap sebelumnya (Sudibandriyo & Putri, 2020).

Pada distilasi keempat sampai keenam, kadar etanol meningkat dari 83% menjadi 99,23% dengan volume menurun dari 1705 mL menjadi 1347 mL. Penurunan volume tersebut terjadi karena semakin banyak air yang terpisah melalui distilasi dan terserap oleh zeolit sehingga distilat yang dihasilkan lebih sedikit tetapi lebih murni. Peningkatan kadar etanol mulai melandai pada distilasi keenam, yang menandakan bahwa sebagian besar air telah terpisahkan. Dengan demikian, penambahan zeolit pada distilasi ketiga hingga keenam terbukti mempercepat dehidrasi dan menghasilkan bioetanol kelas bahan bakar (*fuel grade*) dengan kadar ≥99,2%

Karakteristik Bioetanol Jerami Padi

Bioetanol hasil distilasi keenam diuji untuk mengevaluasi kelayakannya sebagai bahan bakar. Hasil pengujian beserta perbandingannya dengan standar SNI 7390:2022 disajikan pada gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan Standar dan Hasil Uji Karakteristik Bioetanol Jerami Padi

Berdasarkan gambar 8, memperlihatkan bahwa seluruh parameter berada pada rentang yang memenuhi atau mendekati standar, hanya densitas yang sedikit melampaui batas maksimum. Dengan demikian, bioetanol jerami padi yang dihasilkan pada penelitian ini memenuhi sebagian besar kriteria bioetanol kelas bahan bakar dan layak digunakan sebagai campuran bahan bakar minyak (BBM).

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian produksi bioetanol jerami padi sebagai bahan bakar alternatif, dapat disimpulkan bahwa lama fermentasi yang paling optimal adalah 8 hari, yang menghasilkan 179 mL bioetanol dengan *yield* 55,07% dan kadar etanol 15%. Sebagai perbandingan, fermentasi selama 6 hari menghasilkan 181 mL bioetanol dengan *yield* 54,84% dan kadar etanol 9%, sedangkan fermentasi selama 7 hari menghasilkan 159 mL bioetanol dengan *yield* 54,82% dan kadar etanol 12%. Selain itu, bioetanol hasil distilasi keenam memiliki kadar etanol 99,23%, titik nyala 19°C, nilai kalor 7667,42 kcal/g, viskositas 0,81 cP, dan RON 109,3 yang sesuai dengan SNI 7390:2022 dan standar ASTM, sedangkan densitasnya (0,8374

g/mL) sedikit lebih tinggi daripada batas maksimum standar sebesar 0,789 g/mL.

Saran

Berdasarkan proses produksi dan hasil bioetanol jerami padi, peneliti menyampaikan dua saran berikut. Pertama, disarankan menggunakan jerami padi yang berumur sekitar satu minggu setelah panen dalam kondisi kering sehingga efektivitas proses produksi meningkat dan bioetanol yang dihasilkan memiliki rendemen dan kualitas yang lebih baik. Kedua, penelitian selanjutnya disarankan menambahkan variasi lama fermentasi yang lebih panjang daripada 8 hari karena pada penelitian ini kadar etanol masih menunjukkan peningkatan pada lama fermentasi 6, 7, dan 8 hari.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik. (2025). *Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2024*.

Ghazali, M. F. S. M., & Mustafa, M. (2025). Bioethanol as an Alternative Fuels: A Review on Production Strategies and Technique for Analysis. *Energy Conversion and Management: X*, *26*(33), 100933.https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2025.100933.

Hidayatulloh, R. S., & Muhaji, M. (2025). Hight Quality Bioethanol Characteristics of Rice Straw Raw Materials. *BIO Web of Conferences*, *189*(01005). https://doi.org/10.1051/bioconf/202518901005

Ibrahim, H. A., Khedr, M., Salim, M. T. A., Badawy, M. S. E. M., Anwer, B. E., Elbehairi, S. E. I., Abd-Rabboh, H. S. M., Hamdy, M. S., Soliman, N. R., Awwad, N. S., & Hamed, A. A. (2024). Optimizing Bioethanol Production from Hassawi Rice Straw with Aspergillus sp. NAS51 Cellulosic Enzyme and in Silico Homology Modeling. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *60*, 1–13. https://doi.org/10.1016/j.bcab.2024.103328

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2024). *Statistik Minyak dan Gas Bumi 2024 Oil and Gas Statistics*.

Lahagu, A., Zai, M. S., Lawolo, R., Gulo, P., Waruwu, Y., & Zega, N. A. (2026). Optimasi Produksi Bioetanol dari Limbah Kulit Pisang Melalui Variasi Waktu Fermentasi Menggunakan Saccharomyces Cerevisiae. *Indo-MathEdu Intellectuals Journal*, *7*(1), 971–978.

Mogonta, R. R., Saroinsong, T., & Dollorossa, S. (2026). Pengaruh Komposisi Ragi Untuk Fermentasi Air Nira Aren Terhadap Kualitas Bioetanol Pada Destilasi Sistem Kukus. *Journal of Applied Mechanical Engineering and Renewable Energy*, *6*(2), 140–144. https://doi.org/10.52158/jamere.v6i2.1689

Nadliroh, K., & Fauzi, A. S. (2021). Optimasi Waktu Fermentasi Produksi Bioetanol dari Sabut Kelapa Muda Melalui Distilator Refluks. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, *9*(2), 124–133. https://doi.org/10.23887/jptm.v9i2.39002

Ningthoujam, R., Jangid, P., Yadav, V. K., Ali, D., Alarifi, S., Patel, A., & Dhingra, H. K. (2024). Fermentation of Rice Straw Hydrolyzates for Bioethanol Production and Increasing its Yield by Applying Random Physical and Chemical Mutagenesis. *Waste and Biomass Valorization*, *15*(9), 5105–512. https://doi.org/10.1007/s12649-024-02597-y

Nonseo, Y., Kolo, S. M., Mere, J. K., & Bria, P. M. (2025). Pengaruh Suhu Dan Waktu Hidrolisis Biji Alpukat (Persea americana M.) Menggunakan Katalis Hcl Terhadap Produksi Bioetanol. *Jurnal Redoks*, *10*, 7–17. https://doi.org/10.31851/redoks.v10i1.16700

Novia, Windarti, A., & Rosmawati. (2014). Pembuatan Bioetanol dari Jerami Padi dengan Metode Ozonolisis-Simultaneous an Fermentation (SSF). *Jurnal Teknik Kimia*, *20*(3), 38–48.

Rifa'i, A. F., Pamungkas, W. A., Setyawati, R. B., Setiawan, C. P., & Waluyo, J. (2022). Kajian Teknoekonomi Bioetanol Berbahan Molasses Sebagai Alternatif Substitusi BBM. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*, *6*(1), 57–68. https://doi.org/10.20961/equilibrium.v6i1.63158

Saputro, E. A., Bobsaid, A. A., Hutabarat, M. C., Ariyanti, D., & Panjaitan, R. (2023). Pengembangan metode pemurnian bioetanol dari berbagai jenis bahan baku: Kajian Pustaka. *Jurnal Teknik Kimia*, *29*(1), 19–28. https://doi.org/10.36706/jtk.v29i1.1088

Sari, N. K., Prabawa, M. K., Alviola, S. R., Ernawati, D., Sari, K. N., & Anityasari, M. (2025). Production of Bioethanol from Coconut Water Through Fermentation Process. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1454*(1), 0–14. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1454/1/012007

Sudibandriyo, M., & Putri, F. A. (2020). The Effect of Various Zeolites as an Adsorbent for Bioethanol Purification using a Fixed Bed Adsorption Column. *International Journal of Technology*, *11*(December).https://doi.org/10.14716/ijtech.v11i7.4469

Wulandari, P. A., Fatimura, M., & Fitriyanti, R. (2023). Pengaruh Konsentrasi H2SO4 Dan Waktu Fermentasi Terhadap Proses Pembuatan Bioetanol Berbahan Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes). *Jurnal Teknologi Dan Inovasi Industri (JTII)*, *4*(2), 9–15. https://doi.org/10.23960/jtii.v4i2.75

Yuliani, D., Julianto, K. A., & Jannah, A. (2018). *Acid and Enzymatic Hydrolyses of Rice Bran for Bioethanol Production*. 24–28.

Yusron, R., Umami, M., Ahmad, S., Arendra, A., & Irawan, I. (2024). Effect of Fermentation Duration on Rice Straw (Oryza Sativa L) in Bioethanol Quality. *BIO Web of Conferences*, *146*, 1–6. https://doi.org/10.1051/bioconf/202414601059

UNESA Universitas Negeri Surabaya