



## **PEMANFAATAN AMPAS TEBU & TONGKOL JAGUNG SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF BIOETANOL MELALUI PROSES HIDROLISIS**

**Dian Yustari<sup>a</sup>, Ummu Kalsum<sup>a,\*</sup>, Nurjannah<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>Program Studi Teknik Kimia, Universitas Muslim Indonesia

Jl. Urip Sumoharjo No. 225, Makassar, 90231, Indonesia

\*E-mail: ummu.kalsum@umi.ac.id

*Masuk Tanggal: 30 Juli, revisi tanggal: 7 Agustus, diterima untuk diterbitkan tanggal: 20 Desember 2025*

### **Abstrak**

*Biofuel sebagai sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan salah satunya bioetanol sebagai bahan bakar alternatif. Kurangnya pemanfaatan limbah seperti ampas tebu dan tongkol jagung harus dimaksimalkan karena kandungan selulosa dan hemiselulosa yang tinggi karena dapat dijadikan bioetanol dengan menggunakan metode hidrolisis asam encer. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi massa ampas tebu dan tongkol jagung terhadap kadar bioetanol dengan rasio perbandingan massa 1:1 dan 2:1, mengetahui pengaruh variasi waktu hidrolisis dan waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol. Penelitian ini dilakukan dengan cara preparasi sampel ampas tebu dan tongkol jagung. Kemudian dilanjutkan dengan penimbangan sampel kering rasio 1:1 dan 2:1 dan pelarutan dengan asam sulfat 1% yang akan direaksikan dengan proses *microwave assisted hydrolysis* dengan variasi waktu hidrolisis 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit dan 25 menit. Hasil hidrolisis dianalisis kadar glukosa dengan metode *luff schrool*. Setelah didapatkan kadar glukosa optimum dilanjutkan proses fermentasi dengan variasi waktu fermentasi 1 hari, 2 hari, 3 hari dan 4 hari. Selanjutnya hasil fermentasi dilanjutkan dengan pengujian fisik dan kimia dengan metode *gas chromatography-mass spektroskopis*. Dari beberapa proses ini, kadar glukosa tertinggi pada rasio 2:1 menit ke-25 yakni 2,19% dan yield bioetanol ampas tebu dan tongkol jagung yang diperoleh tertinggi pada hari ke-4 sebesar 5,55%. Dari hasil analisa menggunakan metode GC-MS, limbah ampas tebu dan tongkol jagung tidak memenuhi syarat untuk pembuatan bioetanol berdasarkan SNI 27-0001-2006.*

**Kata Kunci:** Bioetanol, Hidrolisis, Ampas tebu, Tongkol jagung

### **Abstract**

*Biofuels as a source of renewable energy and environmentally friendly, one of which is bioethanol as an alternative fuel. The lack of utilization of waste such as bagasse and corn cobs should be maximized because of the high content of cellulose and hemicellulose because it can be used as bioethanol using dilute acid hydrolysis method. This study aims to determine the effect of variations in the mass of bagasse and corn cobs on bioethanol content with a mass ratio of 1: 1 and 2: 1, determine the effect of variations in hydrolysis time and fermentation time on bioethanol content. This research was conducted by preparing samples of bagasse and corn cob. Then proceed with the weighing of dry sample ratio 1:1 and 2:1 and dissolution with 1% sulfuric acid which will be reacted with Microwave Assisted Hydrolysis process with variation of hydrolysis time 5 minutes, 10 minutes, 15 minutes, 20 minutes and 25 minutes. The hydrolysis results were analyzed for glucose content using the luff schrool method. After obtaining the optimum glucose level, the fermentation process was continued using a self-assembled fermentation device with variations in fermentation time of 1 day, 2 days, 3 days and 4 days. Furthermore, the fermentation results were followed by physical and chemical testing with Gas Chromatography-Mass Spectroscopic method. From some of these processes, the highest glucose content at a ratio of 2:1 in the 25th minute is 2.19% and the highest yield of bioethanol bagasse and corn cob obtained on day 4 is 5.55%. From the analysis using GC-MS method, sugarcane bagasse and corn cob waste do not meet the requirements for bioethanol production based on SNI 27-0001-2006.*

**Keywords:** Bioethanol, Hydrolysis, Sugarcane bagasse, Corn cob

## 1. PENDAHULUAN

Predksi bahwa stok energi fosil akan habis dalam waktu dekat, kekhawatiran akan habisnya stok semakin meningkat sehingga untuk mengurangi ketergantungan kita terhadap energi fosil terutama minyak, sangat penting untuk meningkatkan penggunaan energi lain. Hal ini termasuk menggunakan *biofuel*, khususnya bioetanol yang merupakan sumber energi alternatif terbarukan dan ramah lingkungan [1].

Bioetanol adalah sebuah cairan yang dihasilkan melalui proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat (pati) dengan menggunakan bantuan mikroorganisme. Proses fermentasi dilakukan dengan tidak menggunakan oksigen atau proses anaerob. Bahan-bahan yang mengandung pati yang dapat diubah menjadi bioetanol yaitu bahan-bahan yang mengandung serat kasar dengan karbohidrat yang tinggi misalnya umbi kayu, tebu, pisang, kulit pisang, suku, jagung dan lain-lain [2].

Bioetanol memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan bensin. Adapun beberapa kelebihan dari bioetanol yaitu mengandung 35% oksigen, memiliki nilai oktan yang tinggi yaitu sebesar 96-113, ramah lingkungan karena gas buangnya rendah terhadap senyawa-senyawa yang berpotensi sebagai polutan seperti karbon monoksida, rumah kaca, dan lebih utama karena bioetanol bisa diperbarui [3].

Ampas Tebu dan Tongkol Jagung merupakan limbah organik yang banyak ditemukan di Indonesia. Namun, kurangnya pemanfaatan limbah Ampas Tebu dan Tongkol Jagung dengan baik sehingga dibuang begitu saja. Pemilihan limbah ampas tebu dan tongkol jagung dalam pembuatan bioetanol, karena mengandung selulosa dan hemiselulosa yang tinggi. Tongkol jagung mengandung selulosa 40-60%, hemiselulosa 20-30%, dan lignin 15-30% [4] sedangkan ampas tebu mengandung Lignin 24,02%, Selulosa 52,07%, hemi selulosa 17,05% [5].

Kandungan selulosa pada kedua bahan baku tersebut sangat berpotensi untuk diolah lebih lanjut menjadi produk yang bernilai ekonomi salah satunya adalah dalam pembuatan bioetanol sebagai sumber bahan bakar alternatif dengan menggunakan proses hidrolisis. Salah satu proses penting dalam pembuatan bioetanol adalah proses hidrolisis. Hidrolisis adalah suatu proses yang terjadi antar reaktan dengan air sehingga suatu senyawa pecah atau terurai. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses hidrolisis adalah pH hidrolisis, kandungan selulosa di bahan baku, suhu, waktu hidrolisis, konsentrasi, dan tekanan [6].

Peran hidrolisis dalam pembuatan bioetanol dapat meningkatkan jumlah lignin yang terambil dalam proses delignifikasi karena serat selulosa lebih terbuka sehingga menghasilkan konsentrasi glukosa yang lebih tinggi. Proses hidrolisis ini memerlukan air sebagai pengurai suatu senyawa. Pada saat proses reaksi berlangsung diperlukan bantuan katalisator untuk memperbesar kereaktifan air. Katalisator tersebut dapat berupa asam maupun enzim.

Tujuan dari proses hidrolisis adalah untuk menghilangkan komponen lignin dan memutus ikatannya, sehingga merusak struktur kristal selulosa dan memudahkan degradasi selulosa dan memperoleh glukosa. Hemiselulosa yang terkandung dipecah menjadi manosa, glukosa, xilosa, heksosa, galaktosa, arabinosa, dan pentosa. Metode hidrolisis yang digunakan untuk bahan lignoselulosa meliputi hidrolisis enzimatik, hidrolisis basa, dan hidrolisis asam. [7].

Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa ampas tebu dan tongkol jagung dapat dijadikan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif.

- Variasi massa sampel ampas tebu dan larutan sari tongkol jagung dengan perbandingan rasio (100%:0%), (50%:50%) dan (0%:100%) menghasilkan nilai kadar etanol 95% dengan massa 100% ampas tebu.
- Variasi waktu fermentasi menghasilkan kadar glukosa yaitu maksimal pada hari ke 5 dan hari ke-7 proses fermentasi yaitu 5,21%.
- Metode hidrolisis langsung hasil penelitian menunjukkan bahwa pada konsentrasi asam sulfat 0,3 M menghasilkan kadar glukosa sebesar 5,16% pada hari ke-5 fermentasi.

Walaupun penelitian di atas menghasilkan kadar bioetanol, namun beberapa hasil penelitian mengungkapkan bahwa kadar bioetanol tersebut masih tergolong rendah. Padahal secara teoritis, ampas tebu dapat menghasilkan kadar bioetanol yang tinggi hingga 99,5% menurut SNI 27-0001-2006.

Banyak keterbatasan yang muncul dari kedua jenis bahan baku ini, karena struktur lignoselulosa degradasi kompleksnya sehingga menghilangkan lignin untuk menghasilkan selulosa juga bagian yang tak kalah penting dalam mempersiapkan bahan untuk segera difermentasi. Setelah kadar lignin menurun maka selulosa yang dihasilkan dari ampas tebu dan tongkol jagung meningkat yang tentunya melewati proses hidrolisis asam encer dimana dalam proses ini akan memaksimalkan kandungan glukosa yang ada sehingga proses fermentasi akan menghasilkan bioetanol yang baik.

Metode hidrolisis asam encer dipilih pada pembuatan bioetanol ini karena memiliki beberapa keuntungan yaitu proses yang cepat dan murah untuk menghasilkan gula - gula sederhana dari karbohidrat dengan hasil yang optimum, tidak diperlukan rekoveri asam, dan tidak adanya kehilangan asam pada proses hidrolisis. Setelah proses hidrolisis, dilakukan fermentasi dalam keadaan anaerob menggunakan bantuan mikroba *Saccharomyces cerevisiae*. Penggunaan *Saccharomyces cerevisiae* digunakan sebagai ragi karena dapat mentoleransi berbagai macam pH sehingga mengurangi risiko infeksi selama proses berlangsung.

Dalam pembuatan bioetanol, penelitian sebelumnya hanya berfokus pada pemanfaatan salah satu limbah saja. Kombinasi kedua limbah tersebut dalam proses produksi bioetanol masih sangat jarang dikaji, terutama dalam hal optimalisasi dan efisiensi waktu proses reaksi. Diperlukan penelitian yang mendalam dengan menawarkan pendekatan baru dengan mengombinasikan limbah ampas tebu dan tongkol jagung sebagai bahan baku campuran dalam produksi bioetanol. Adapun keduanya merupakan sumber lignoselulosa yang melimpah dan belum dimanfaatkan sepenuhnya, pemanfaatan limbah agroindustri seperti ampas tebu dan tongkol jagung sangat potensial. Menggabungkan keduanya dapat menghasilkan komposisi bahan baku yang lebih seimbang dan meningkatkan efisiensi hidrolisis menjadi gula pereduksi. Kandungan gula yang berbeda dari kedua limbah ini juga memungkinkan fermentasi untuk menghasilkan bioetanol yang lebih baik.

Tahap pretreatment sangat penting untuk meningkatkan konversi lignoselulosa menjadi gula sederhana. Metode *microwave-assisted* pretreatment mampu mempercepat pemutusan ikatan lignoselulosa secara efisien dengan konsumsi energi yang lebih rendah dan waktu proses yang lebih singkat daripada metode konvensional. Ini membuat metode ini menjadi pilihan yang menarik.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini akan berfokus pada penggunaan kombinasi ampas tebu dan tongkol jagung dengan metode *microwave-assisted* yang dapat mengurangi pembentukan senyawa penghambat fermentasi seperti furfural dan hidroksimetilfurfural (HMF). Penelitian ini juga akan mengkaji bagaimana perbandingan massa, variasi waktu hidrolisis dan waktu fermentasi mempengaruhi tingkat bioetanol optimal yang dihasilkan dari campuran ampas tebu dan tongkol jagung. Tujuannya adalah untuk menentukan kombinasi waktu yang optimal guna

memaksimalkan efisiensi konversi lignoselulosa menjadi bioetanol.

Diharapkan hasil penelitian ini akan memberikan wawasan dan solusi untuk pengelolaan limbah pertanian yang efisien dan berkelanjutan.

## 2. PROSEDUR PERCOBAAN

Proses awal bioetanol dengan bahan baku Ampas Tebu dan Tongkol Jagung yang dilakukan adalah pretreatment dan hidrolisis menggunakan *microwave-assisted hydrolysis*. Selanjutnya, tahap fermentasi glukosa menjadi bioetanol. Tahap terakhir adalah analisa produk yaitu kadar bioetanol.

### 2.1. Tahap Pretreatment/Penyiapan Bahan Baku Ampas Tebu & Tongkol Jagung

Tahap pretreatment dimulai dari mengumpulkan ampas tebu dan tongkol jagung dan membersihkan dari zat pengotor. Memotong-motong hingga bisa diayak dengan menggunakan pisau besar kemudian mengeringkan di luar ruangan di bawah sinar matahari penuh. Setelah itu menghaluskan menggunakan blender, kemudian diayak menggunakan ayakan hingga diperoleh tepung yang halus.

### 2.2. Tahap Hidrolisis

Proses hidrolisis dilakukan dengan mencampurkan 100 gr tepung ampas tebu dan tongkol jagung dengan perbandingan masing-masing rasio 1:1 dan 2:1. Larutan  $H_2SO_4$  1% dengan volume 1000 mL disiapkan, dengan menjaga rasio sampel ampas tebu & tongkol jagung dengan larutan  $H_2SO_4$  tetap pada 1:10. Campuran sampel dan larutan dicampur dalam gelas erlenmeyer hingga homogen dengan pengaduk kaca. Setelah proses homogen sampel dan larutan, dilanjutkan dengan proses *microwave-assisted hydrolysis* daya 250 watt selama 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit dan 25 menit. Hasil hidrolisis kemudian disaring menggunakan kertas saring. Cairan hasil penyaringan lalu dianalisis kadar gula melalui analisa glukosa dengan metode *luff schrool*.

Adapun pemilihan rentang waktu hidrolisis 5-25 menit dipilih dengan alasan *microwave-assisted* memungkinkan pemecahan lignoselulosa secara cepat; waktu lebih lama dapat menyebabkan degradasi glukosa.

### 2.3. Uji Kadar Glukosa dengan Metode *Luff Schrool*

Larutan hasil hidrolisis dilanjutkan menguji kadar glukosa dengan metode *luff schoorl*. Metode *luff schoorl* adalah suatu metode kimia untuk

menentukan kadar karbohidrat dalam sampel, terutama gula pereduksi. Metode ini melibatkan reaksi reduksi antara karbohidrat dengan larutan tembaga ( $Cu^{2+}$ ) dalam reagen *luff schoorl*, menghasilkan  $Cu_2O$  yang kemudian diukur melalui titrasi iodometri.

Berikut prosedur dimulai dengan memasukkan sampel sebanyak 10 ml ke dalam erlenmeyer. Menambahkan 25 ml larutan *luff schoorl* dan 15 ml akuades. Memanaskan larutan hingga mendidih kemudian didinginkan larutan dengan cepat menggunakan air mengalir. Selanjutnya memasukkan 25 ml  $H_2SO_4$  26,5% dan 15 ml KI 20% hingga berubah warna. Menambahkan larutan amilum sebanyak 3 pencet pipet tetes lalu titrasi dengan  $Na_2S_2O_3$  0,1N dan dicatat volume titran.

Penetapan gula menurut *luff schoorl* disajikan pada Persamaan (1).

$$\% \text{ kadar gula} = \frac{W_1 \times F_p}{w} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan  $W_1$  = mg glukosa (dari table *luff schoorl*),  $F_p$  = Faktor Pengenceran,  $w$  = Berat sampel (Badan Standarisasi Nasional, 1992).

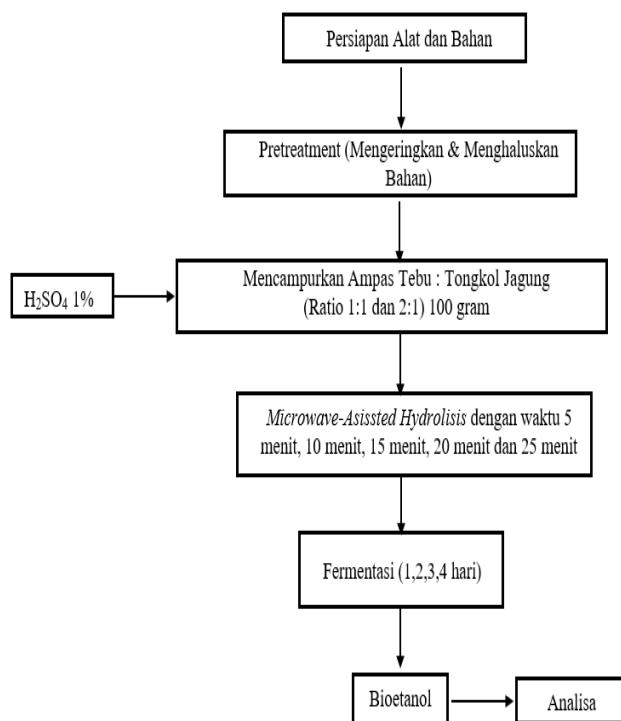
Setelah didapatkan kadar glukosa optimum dilanjutkan ke proses fermentasi

#### 2.4 Tahap fermentasi

Proses fermentasi dimaksudkan untuk mengubah glukosa menjadi bioetanol. Pada penelitian ini proses fermentasi menggunakan alat fermentasi yang dirakit sendiri menggunakan botol. Fermentasi menggunakan penambahan *Saccharomyces cerevisiae*. Untuk mendukung pertumbuhan *Saccharomyces cerevisiae*, fermentasi dilakukan secara anaerob pada suhu ruang 27-32 °C dengan pH awal 3-4. Nutrien seperti gula dapur (sukrosa,  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) ditambahkan. Jumlah inokulum ragi kering 1,6% (b/v) dimasukkan ke dalam medium fermentasi. Proses ini berlangsung selama 1,2,3 dan 4 hari untuk mencapai waktu fermentasi yang ideal untuk produksi bioetanol. Hasil dari fermentasi kemudian dianalisis menggunakan Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS).

Adapun pemilihan rentang waktu fermentasi 1-4 hari dipilih dengan alasan produksi etanol oleh mikroba (misalnya *Saccharomyces cerevisiae*) maksimal dalam 3-4 hari; fermentasi lebih lama tidak efisien.

Diagram alir proses produksi bioetanol dari ampas tebu dan tongkol jagung disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Proses

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi waktu hidrolisis terhadap kadar glukosa yang dihasilkan serta pengaruh waktu fermentasi terhadap kadar bioetanol limbah ampas tebu dan tongkol jagung yang dihasilkan. Berdasarkan hal tersebut, akan dibahas tentang analisa kadar glukosa dan analisa kadar bioetanol.

#### 3.1 Pengaruh Variasi Waktu Hidrolisis Terhadap Kadar Bioetanol

Kadar glukosa pada limbah ampas tebu dan tongkol jagung dapat ditentukan dengan menggunakan metode analisa *luff schoorl*. Setelah tahap hidrolisis, dilakukan analisa kadar glukosa terhadap sampel tepung campuran ampas tebu dan tongkol jagung. Kandungan glukosa yang diperoleh disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Analisa Kadar Glukosa menggunakan Metode *luff schoorl* (Rasio 1:1)

Waktu Hidrolisis (Menit)	Kadar Glukosa (%)
5	0,32
10	0,54
15	0,72
20	0,61
25	1,37

Tabel 2. Hasil Analisa Kadar Glukosa menggunakan Metode *luff schoorl* (Rasio 2:1)

Waktu Hidrolisis (Menit)	Kadar Glukosa (%)
5	0,27
10	0,54
15	0,81
20	0,72
25	2,19

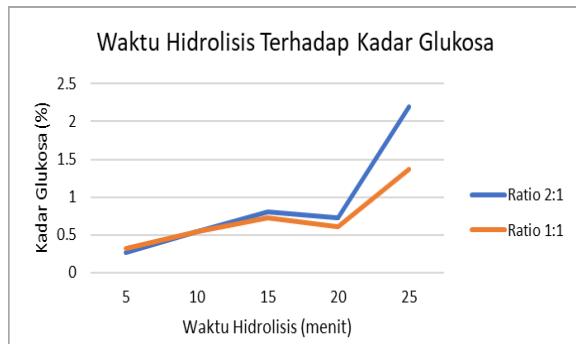
Pada penelitian ini limbah ampas tebu dan tongkol jagung yang diolah menjadi tepung dengan rasio perbandingan massa 1:1 dan 2:1 telah dihidrolisis dengan variasi waktu hidrolisis 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit dan 25 menit dengan suhu yang berbeda menggunakan *microwave assisted hydrolysis*.

Berdasarkan data pada tabel 2, menunjukkan bahwa kadar glukosa pada rasio 1:1 setelah proses hidrolisis mengalami peningkatan terus menerus dari waktu hidrolisis menit 5 hingga menit 15 menghasilkan kadar glukosa dan mengalami penurunan pada menit 20. Sementara pada menit ke-25 mengalami peningkatan kembali. Pada rasio 1:1 diperoleh kadar glukosa yaitu 0,32%, 0,54%, 0,72%, 0,61% dan 1,37%.

Pada rasio 2:1 setelah proses hidrolisis mengalami peningkatan terus menerus dari waktu hidrolisis menit 5 hingga menit 15 menghasilkan kadar glukosa dan mengalami penurunan pada menit 20. Sementara pada menit ke-25 mengalami peningkatan kembali. Pada rasio 1:2 diperoleh kadar glukosa yaitu 0,27%, 0,54%, 0,81%, 0,72% dan 2,19%.

Penyebab kadar glukosa naik turun pada proses hidrolisis ini disebabkan karena beberapa faktor teknis maupun kimiawi yang umumnya berkaitan dengan tahapan reaksi dan kondisi proses. Hasil pengukuran setelah hidrolisis menunjukkan bahwa pH larutan mengalami penurunan signifikan hingga mencapai pH 1-2, mengindikasikan kondisi asam kuat yang menyebabkan degradasi glukosa menjadi asam organik seperti asam format, asam laktat, dan asam levulinat sehingga kadar glukosa yang dihasilkan terukur menjadi lebih rendah.

Fluktuasi kadar glukosa juga dapat dipengaruhi oleh terjadinya karamelisasi atau reaksi maillard dimana glukosa sebagai gula pereduksi bisa bereaksi dengan asam amino terutama pada suhu tinggi. Kedua proses ini mengurangi jumlah glukosa bebas yang bisa diukur. Selain itu, faktor teknis seperti penyimpanan yang kurang tepat juga mempengaruhi kadar glukosa yang dihasilkan [8].



Gambar 2. Variasi Waktu Hidrolisis terhadap Kadar Glukosa dengan rasio perbandingan massa 1:1 dan 2:1

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa titik optimum dari waktu hidrolisis yang menghasilkan kadar glukosa terbesar yaitu pada menit ke-25. Hal ini dikarenakan pada menit ke-25 terjadi peningkatan gula yang dihasilkan pada proses hidrolisis yang disebabkan oleh waktu kontak yang lama. Dimana, waktu kontak yang lama akan menyebabkan kontak antara asam dengan sampel semakin besar sehingga selulosa dan hemiselulosa lebih mudah terdegradasi menjadi glukosa dan senyawa gula lainnya, sehingga reaksi hidrolisa berjalan dengan sempurna. Selain itu waktu hidrolisis yang semakin lama akan memperbanyak jumlah tumbukan zat-zat pereaksi sehingga molekul-molekul yang bereaksi semakin banyak dan memperbanyak hasil yang terbentuk [9]

Hasil penelitian tersebut menunjukkan juga bahwa kadar glukosa tertinggi yang diperoleh sebesar 2,19% untuk rasio 2:1 ampas tebu dan tongkol jagung terjadi peningkatan dibandingkan beberapa studi terdahulu yang hanya menggunakan satu jenis biomassa. Misalnya, penelitian oleh (Kiswanto & Rubianto, 2022) melaporkan kadar glukosa sebesar 13% dari tongkol jagung menggunakan metode hidrolisis asam sulfat 0,25%, sedangkan hidrolisis ampas tebu dalam studi lain oleh Anisa et al (2022) dengan konsentrasi  $H_2SO_4$  0,3 M menghasilkan kadar glukosa sekitar 4,2%. Oleh karena itu, terbukti bahwa penggabungan dua substrat lignoselulosa dalam proporsi tertentu dapat meningkatkan produksi bioetanol secara signifikan. Ini menunjukkan kemajuan ilmiah dalam penggunaan limbah pertanian sebagai sumber energi terbarukan.

### 3.2. Pengaruh Variasi Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol

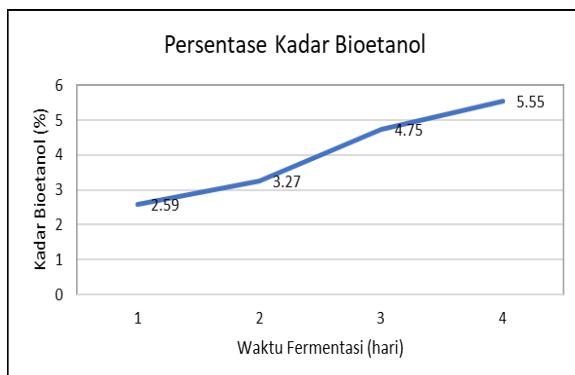
Pada penelitian ini, dilakukan variasi waktu fermentasi selama 1 hari, 2 hari, 3 hari dan 4 hari menggunakan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*). Kadar bioetanol yang dianalisa diambil

berdasarkan kadar glukosa optimum dari hasil pengujian dengan metode *luff schrool*. Kadar bioetanol yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Analisa Kadar Bioetanol menggunakan pengujian GC-MS

Waktu Fermentasi	Kadar Bioetanol
1 Hari	2,59 %
2 Hari	3,27 %
3 Hari	4,75 %
4 Hari	5,55 %

Dapat dilihat bahwa kadar bioetanol terus mengalami peningkatan selama waktu fermentasi 1, 2, 3 hingga 4 hari. Kadar bioetanol dianalisis menggunakan *gas chromatography* yang diperoleh yaitu 2,59%, 3,27%, 4,75% dan 5,55%.



Gambar 2. Persentase Kadar Bioetanol terhadap Variasi Waktu Fermentasi

Berdasarkan data pada Tabel 3, dapat diketahui bahwa kadar etanol yang diperoleh terus meningkat selama waktu fermentasi 1 hari, 2 hari, 3 hari dan 4 hari. Jadi pada penelitian ini dapat

dikatakan bahwa variasi waktu fermentasi berpengaruh terhadap kadar bioetanol, hal ini dapat dilihat karena semakin lama waktu fermentasi maka kadar bioetanol yang dihasilkan akan semakin tinggi [10].

### 3.3. Perbandingan Nilai Karakteristik Bioetanol Hasil Penelitian GC-MS dengan SNI

Tabel 4 menyajikan parameter standar mutu bioetanol dalam SNI 27-0001-2006.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar bioetanol yang diperoleh hanya sebesar 5,55% masih jauh di bawah standar minimum SNI 27-0001-2006, yaitu 99,5%. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kadar glukosa awal yang rendah serta tahap pemurnian yang belum mampu memisahkan etanol dari campuran dengan sempurna. Adapun kemungkinan terhambatnya lignoselulosa terbentuk salah satunya adalah metode yang kurang efektif. Oleh karena itu, perlu dilakukan distilasi dan menggunakan pretreatment kombinasi seperti microwave-alkali agar lebih banyak glukosa terbentuk.

Parameter kadar air dan densitas belum diukur dalam penelitian ini karena tidak dilakukan pengujian terpisah menggunakan teknik fisik atau kimia yang sesuai. Kadar air tidak terdeteksi pada hasil GC-MS, namun metode tersebut memang tidak sensitif terhadap uap air. Karena itu, diperlukan pengujian tambahan seperti titrasi Karl Fischer untuk kadar air dan pengukuran densitas menggunakan piknometer harus dilakukan untuk mengukur sejauh mana kualitas bioetanol.

Tabel 4. Hasil Analisa Penelitian Berdasarkan Parameter SNI

Parameter	Hasil Penelitian	SNI 27-0001-2006	Keterangan
Kadar Etanol (%)	5,55	≥ 99,5	Tidak Memenuhi
Kadar Air (%)	Tidak Terdeteksi	≤ 1	Tidak Dianalisis
Densitas (g/mL)	Tidak Terdeteksi	0,789–0,796	Tidak Dianalisis
Kandungan Metanol (%)	Tidak terdeteksi	≤ 0,5	Tidak Ada Puncak Metanol pada GC-MS
pH	4	6,5–9,0	Tidak Memenuhi
Warna	Jernih, tidak ada endapan dan kotoran	Jernih, tidak ada endapan dan kotoran	Memenuhi

Sementara itu, hasil analisis GC-MS tidak menunjukkan adanya kandungan metanol dalam sampel bioetanol. Hal ini diduga karena rentang massa molekul yang dianalisis oleh instrumen GC-MS berada pada  $m/z$  40–500, sedangkan metanol memiliki massa molekul yang rendah (32 g/mol /  $m/z$  32) sehingga berada di luar jangkauan deteksi perangkat tersebut.

Oleh karena itu, metanol yang tidak terdeteksi menunjukkan bahwa metanol belum tentu tidak

ada, melainkan disebabkan oleh keterbatasan teknis dalam pengaturan instrumen atau metode yang digunakan. Untuk analisis kandungan metanol yang lebih akurat dan sesuai standar SNI, disarankan menggunakan GC-FID (*gas chromatography–flame ionization detector*) yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap alkohol ringan seperti metanol.

Parameter pH sangat penting untuk keberhasilan fermentasi. Nilai pH yang terlalu

asam akibat sisa bahan kimia dari pretreatment dapat menghambat aktivitas mikroorganisme. Oleh karena itu, diperlukan monitoring dan penyesuaian pH secara berkala agar tetap dalam rentang optimal.

Secara keseluruhan, dengan berdasar parameter standar mutu bioetanol dalam SNI DT 27-0001-2006, secara ringkas beberapa penyebab umum kegagalan mencakup kadar glukosa awal yang rendah, kemurnian etanol yang tidak optimal, dan pH yang terlalu asam. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan langkah-langkah perbaikan seperti optimasi pretreatment, distilasi dan kontrol pH secara berkala.

### 3.4 Peningkatan Efisiensi Dengan Metode Pretreatment Lain

Produksi bioetanol dari ampas tebu dan tongkol jagung dapat ditingkatkan dengan memilih dan menggabungkan metode pretreatment yang tepat. Meskipun murah dan cepat, metode asam menghasilkan inhibitor. Pretreatment alkali melarutkan lignin dengan baik, tetapi menghasilkan limbah basa. Meskipun mahal dan lambat, enzimatik selektif dan ramah lingkungan. Pretreatment fisik-mekanis membuka struktur biomassa tetapi tidak cukup efektif jika digunakan sendiri. Kemungkinan peningkatan efisiensi produksi bioetanol dari ampas tebu dan tongkol jagung dapat dicapai dengan mengoptimalkan kombinasi pretreatment. Pendekatan alkali-enzimatik atau fisik-mekanis diikuti oleh pretreatment kimia atau enzimatik terbukti lebih efektif dalam meningkatkan konversi glukosa, mengurangi pembentukan inhibitor, dan mempercepat proses fermentasi. Oleh karena itu, penelitian lanjutan dengan pendekatan pretreatment kombinatif sangat direkomendasikan.

## 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian kali ini adalah produksi bioetanol dari campuran ampas tebu dan tongkol jagung menghasilkan kadar etanol maksimum 5,55% dan glukosa 2,19% pada rasio campuran 2:1. Meski kandungan metanol tidak terdeteksi, hasil belum memenuhi standar SNI terutama pada kadar etanol dan parameter fisik lain.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa proses ini belum sepenuhnya siap untuk digunakan dalam skala industri tanpa modifikasi lebih lanjut. Meskipun bahan baku seperti tongkol jagung dan ampas tebu mudah didapat, murah, dan berpotensi tinggi sebagai sumber lignoselulosa, efisiensi proses terutama pada tahap pemurnian masih menjadi masalah. Bioetanol yang

dihasilkan tidak memenuhi standar SNI dalam beberapa aspek penting, namun metode ini masih menjanjikan sebagai alternatif untuk penggunaan limbah lignoselulosa. Produksi bioetanol dari ampas tebu dan tongkol jagung dapat ditingkatkan dengan pengembangan lebih lanjut pada fase pretreatment, fermentasi, dan pemurnian. Selain itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan analisis parameter mutu secara lengkap untuk memastikan kelayakan produk bioetanol terhadap standar industri efektif dan berkelanjutan..

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Utari, A. Halim Daulay, and Masthura, “Optimasi Waktu Fermentasi Untuk Peningkatan Kualitas Bioetanol Dari Limbah Ampas Tebu,” vol. 9, no. 1, pp. 17–22, 2024, [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/377871368\\_Optimasi\\_Waktu\\_Fermentasi\\_Untuk\\_Peningkatan\\_Kualitas\\_Bioetanol\\_Dari\\_Limbah\\_Ampas\\_Tebu](https://www.researchgate.net/publication/377871368_Optimasi_Waktu_Fermentasi_Untuk_Peningkatan_Kualitas_Bioetanol_Dari_Limbah_Ampas_Tebu)
- [2] R. Kartika, R. Gunawan, J. Barong Tongkok No, K. GnKelu, K. Timur, and C. Author, Pembuatan Bioetanol Dari Buah Sukun (*Artocarpus Altilis*) Secara Fermentasi Dengan Menggunakan *Saccharomyces Cerevisae* Dan Penambahan Ampas Tahu Sebagai Sumber Nutrisi Bagi Mikroba. Samarinda: Prosiding Seminar Nasional Kimia Berwawasan Lingkungan, 2020.
- [3] S. Miskah, W. Saing, and C. Siburian, “Pembuatan Bioetanol Dari Biji Cempedak Menggunakan Metode Hidrolisis Asam Dan Fermentasi,” *J. Tek. Kim.*, vol. 23, no. 4, pp. 216–225, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/JTK/issue/view/39>
- [4] A. N. Muhibita, N. P. Asyifa, S. Rahayu, and N. Hidayati, “Pembuatan Bioetanol Tongkol Jagung (*Zea mays*) dan Batang Pisang (*Musa paradisiaca*) sebagai Bahan Bakar Alternatif,” *J. Integr. Sains dan Qur'an*, vol. 3, no. 2, pp. 282–286, 2024, [Online]. Available: <https://jisqu.trensains.sch.id/index.php/jurnal/article/view/102>
- [5] S. Rahmawati, M. Yerizam, and E. Dewi, “Konversi Ampas Tebu dan Sabut Kelapa Menjadi Bioetanol dengan Metode Hidrolisis Enzimatik,” *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 7, no. 3, pp. 21942–21948, 2023, [Online]. Available: <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/9996>
- [6] D. Guntama, Y. Herdiana, U. A. Sujiana, R. L. Endes, and E. Sunandar, “Bioethanol Dari

Limbah Kulit Singkong (Manihot Esculenta Crantz) Melalui Metode Hidrolisa Dan Fermentasi Dengan Bantuan Saccharomyces Cerevisiae,” *J. Teknol.*, vol. 7, no. 1, pp. 86–96, Nov. 2019, doi: 10.31479/jtek.v7i1.35.

[7] B. Palupi, M. Rizalluddin, K. Septiani, I. Rachmawati, B. A. Fachri, M. F. Rizkiana, H. W. Amini, “Optimization of *Ulva* sp. Decomposition using H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> with Microwave-Assisted Hydrolysis Method as Feedstock of Bioethanol,” *CHEESA Chem. Eng. Res. Artic.*, vol. 6, no. 1, pp. 13–25, Juni. 2023, doi: 10.25273/cheesa.v6i1.14682.13-25.

[8] M. A. Ridhani, I. P. Vidyaningrum, N. N. Akmala, R. Fatihaturunisa, S. Azzahro, and N. Aini, “Potensi Penambahan Berbagai Jenis Gula Terhadap Sifat Sensori Dan Fisikokimia Roti Manis,” *Pas. Food Technol.* J., vol. 8, no. 3, pp. 61–68, 2021, [Online]. Available: <https://journal.unpas.ac.id/index.php/foodtechnology/article/view/4106>.

[9] F. F. A. Rosyada, E. Agustina, and H. Faizah, “Pengaruh Konsentrasi Gula Terhadap Karakteristik Fisika, Kimia dan Aktivitas Antioksidan Teh Kombucha Daun Belimbing Wuluh (*Avverhoa bilimbi* Linn.),” *Rekayasa*, vol. 16, no. 1, pp. 27–34, 2023, doi: 10.21107/rekayasa.v16i1.16977.

[10] M. Gustina, S. Bahri, Jalaluddin, N. ZA, and Masrullita, “Pengaruh Lama Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol Dari Pati Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batata* L.),” *Chem. Eng. J. Storage*, vol. 2, no. 2, pp. 116–125, 2022, [Online]. Available: <http://ojs.unimal.ac.id/cejs/articleview/6604>