

Contents list available at [Sinta](https://sinta)

ARMATUR

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>

Analisis variasi suhu pada proses destilasi bioetanol dari biji jagung

Rangga Bayu Puspawarna¹, A'rasy Fahrudin^{2*}, Rachmat Firdaus³, Edi Widodo⁴^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

ARTICLE INFO

Keywords:
bioethanol, corn kernels,
distillation, temperature,
renewable energy.

ABSTRACT

*This study aims to analyze the effect of varying distillation temperature on the volume and purity of bioethanol produced from fermented corn mash. The research process began with germinating corn seeds until 2–3 cm sprouts appeared, followed by drying, grinding, and fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* for seven days. The fermented solution was then distilled using a simple distillation apparatus at three temperature variations: 70°C, 80°C, and 90°C. The bioethanol volume was measured with a graduated cylinder every 30 minutes, while the ethanol concentration was determined using an alcoholmeter. The results showed that at 70°C, the obtained bioethanol volume was 130 ml with 67% ethanol purity; at 80°C, 168 ml with the highest purity of 83%; and at 90°C, 191 ml with 73% purity. These findings indicate that the distillation temperature significantly affects the efficiency and quality of bioethanol production. The optimal condition was achieved at 80°C, producing bioethanol with the best combination of high volume and purity. This research is expected to serve as a reference for developing corn-based bioethanol production on a laboratory or small industrial scale.*

Pendahuluan

Secara global produksi bioetanol terus meningkat seiring kebutuhan energi terbarukan[1][2], dengan jagung menjadi salah satu bahan baku utama selain tebu dan singkong, namun proses destilasi masih menjadi tantangan utama karena

membutuhkan energi tinggi dan pengendalian suhu yang tepat untuk mencapai kemurnian etanol optimal[2].

Sumber energi terbarukan alternatif ramah lingkungan semakin dibutuhkan di era modern[1]. Salah satu sumber energi terbarukan tersebut adalah bioetanol, yang dapat diproduksi dari berbagai bahan

*Corresponding author: arasy.fahrudin@umsida.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.24127/armatur.v7i1.10158>

Received 29 Agustus 2025; Received in revised form 16 Oktober 2025; Accepted 26 Desember 2025

Available online 1 March 2026

tanaman seperti jagung, tebu, dan singkong[3]. Kebutuhan akan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan terus meningkat seiring dengan menipisnya cadangan energi fosil dan meningkatnya kesadaran terhadap isu perubahan iklim[4]. Salah satu bentuk biofuel terbaru yang dianggap lebih bersih daripada bahan bakar tradisional adalah bioetanol[5]. Bioetanol dapat dihasilkan melalui proses fermentasi bahan organik yang mengandung gula atau pati, salah satunya adalah biji jagung yang mengandung pati sekitar 60–70% dari berat keringnya[6].

Konversi pati dalam biji jagung menjadi etanol melibatkan dua tahapan utama, yaitu fermentasi dan destilasi[7]. Pada tahap fermentasi, pati dihidrolisis menjadi gula sederhana yang kemudian difermentasi oleh mikroorganisme, seperti *Saccharomyces cerevisiae*, menjadi etanol[8]. Selanjutnya proses destilasi dilakukan untuk mengkonversi dan mengkonversi etanol dari campuran hasil fermentasi. Efisiensi dan kualitas hasil destilasi sangat dipengaruhi oleh suhu operasi. Berdasarkan penelitian sebelumnya, suhu destilasi bioethanol dilakukan pada rentang 70°C hingga 90°C, dengan kondisi optimal berkisar 80°C, karena mendekati titik didih etanol sebesar 78,3°C[8][9][2].

Suhu yang digunakan dalam proses destilasi memengaruhi titik didih etanol dan senyawa lain dalam campuran, sehingga menentukan efektivitas pemisahan[2]. Suhu yang terlalu rendah dapat menghambat penguapan etanol, sedangkan suhu yang terlalu tinggi berpotensi menyebabkan degradasi etanol atau terbawanya senyawa pengotor[10]. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk mengidentifikasi suhu optimal yang dapat menghasilkan bioetanol dengan volume dan kemurnian terbaik[11].

Salah satu faktor krusial yang mempengaruhi efektivitas destilasi adalah suhu[12]. Variasi suhu pada proses destilasi dapat berdampak signifikan terhadap hasil dan kualitas bioetanol yang dihasilkan[13]. Dengan penekanan pada volume yang

dihasilkan per satuan waktu dan kemurnian etanol, penelitian ini berupaya mengkaji bagaimana perubahan suhu memengaruhi rendemen destilasi bioetanol dari biji jagung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi suhu destilasi terhadap volume dan kemurnian bioetanol hasil fermentasi biji jagung, guna menentukan kondisi operasi yang paling optimal.

Metode Penelitian

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini dirancang menggunakan metode eksperimen laboratorium untuk menganalisis pengaruh variasi suhu destilasi terhadap volume dan kemurnian bioetanol yang dihasilkan dari biji jagung.

Berikut rancangan yang digunakan:

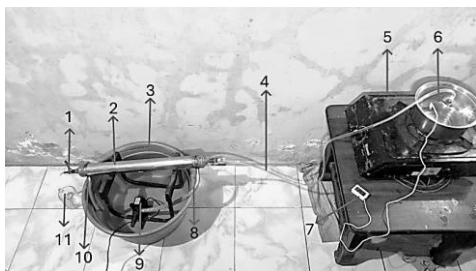
- Biji jagung di kecambah kan terlebih dahulu dengan cara di rendam air hangat selama 1 jam untuk mempercepat perkecambahan, menyiapkan media semai yaitu kain lembab kemudian biji jagung diletakan diatas media dan ditutup dengan kain tipis, penyemaian dilakukan selama 3 hari sampai kecambah muncul.
- Kecambah dihaluskan dengan blender, tidak ada tingkat kehalusan dalam proses penghalusan.
- Biji jagung yang telah dihaluskan kemudian difermentasi menggunakan ragi dan air selama 7 hari.
- Hasil fermentasi disaring untuk di ambil airnya saja.
- Hasil fermentasi didestilasi pada tiga variasi suhu, yaitu 70°C, 80°C, dan 90°C, yang dipilih berdasarkan titik didih etanol (78,3°C) serta mengacu pada penelitian sebelumnya dengan rentang suhu destilasi 70°C – 90°C[8][9][2].

B. Teknik Pengambilan Data

Penelitian menggunakan metode eksperimen di laboratorium dengan **variabel bebas** berupa suhu destilasi (70°C, 80°C, dan 90°C), serta **variabel terikat** berupa volume dan kemurnian etanol yang dihasilkan. **Variabel kontrol** dalam penelitian ini meliputi waktu destilasi (30 menit untuk setiap perlakuan), tekanan atmosfer (1 atm), dan volume awal larutan hasil fermentasi (1 liter). Definisi operasional variabel ditetapkan sebagai berikut: *volume bioetanol* merupakan total volume destilat yang terkumpul setelah proses destilasi selesai, diukur menggunakan gelas ukur dalam satuan mililiter (mL). *Kemurnian etanol* adalah kadar etanol dalam destilat yang diperoleh dari pembacaan alkoholmeter, kemudian dikonversi ke dalam satuan persen (% v/v) berdasarkan skala densitas yang tertera pada alat ukur.

1. Instalasi Alat Destilasi Sederhana

Dalam distilasi konvensional (sederhana), campuran dipanaskan sampai beberapa komponen uap yang mudah menguap naik ke permukaan dan mengembun di dinding kondensor.



Gambar 1. Instalasi Destilasi Sederhana

Keterangan gambar di atas:

1. Kran : Untuk keluarnya hasil distilat
2. Kondensor : Mendinginkan uap yang keluar dari labu distilasi, sehingga uap mengembun dan kembali menjadi cairan.
3. Bak air dingin : Mengalirkan air dingin masuk dan keluar dari kondensor mempertahankan suhu rendah dalam tabung kondensasi.

4. Selang uap : Menyalurkan uap dari labu distilasi menuju kondensor.
5. Pemanas : Digunakan untuk memanaskan labu distilasi hingga suhu yang diinginkan (70°C, 80°C, atau 90°C).
6. Labu distilat : Wadah untuk menampung cairan hasil fermentasi yang akan dipanaskan.
7. Thermometer : Dipasang pada bagian atas labu untuk memantau suhu uap selama proses destilasi sehingga suhu dapat dikendalikan sesuai kebutuhan.
8. Selang air masuk: Mengalirkan air dingin masuk ke dalam kondensor.
9. Pompa air : Mensirkulasi air dingin.
10. Selang air keluar: Mengalirkan air dingin dari kondensor ke bak air dingin.
11. Wadah hasil : Untuk menampung hasil destilasi.

2. Alat Ukur yang Digunakan

a. Alkoholmeter



Gambar 2. Alkoholmeter

Pengukur alkohol yaitu alat yang berfungsi guna pengukuran kadar alkohol (etanol) dalam air, terutama selama produksi alkohol seperti bioetanol, anggur, atau minuman beralkohol lainnya. Pengukur alkohol bekerja berdasarkan massa jenis (densitas)[14]. Alkoholmeter mengukur massa jenis cairan (densitas). Cairan yang memiliki kadar alkohol lebih tinggi akan memiliki densitas yang lebih rendah dibandingkan air murni. Alat ini akan mengapung lebih tinggi dalam larutan yang memiliki kadar alkohol lebih rendah dan

tenggelam lebih dalam dalam larutan dengan kadar alkohol lebih tinggi[15].

b. Gelas Ukur



Gambar 3. Gelas Ukur

Gelas ukur untuk destilasi bioetanol merupakan alat laboratorium yang digunakan untuk mengukur volume cairan yang akan diproses atau hasil distilasi bioetanol. Gelas ini dilengkapi dengan skala pengukuran yang jelas dalam mililiter (mL) untuk memastikan volume cairan yang tepat selama eksperimen, mampu menahan suhu tinggi selama proses distilasi berlangsung. Gelas ini mampu menahan reaksi kimia dari etanol dan bahan lainnya yang terlibat dalam proses destilasi, memastikan tidak ada kontaminasi selama proses, dan untuk menampung serta mengukur hasil bioetanol setelah proses distilasi selesai.

3. Tempat Pengujian

Pengujian Destilasi Sederhana Bioetanol dari biji jagung dilaksanakan di Lab. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

4. Prosedur Penelitian

- **Semai dan Giling Biji Jagung**

Proses penelitian diawali dengan tahap persiapan bahan baku, yaitu biji jagung disemai terlebih dahulu hingga berkecambah dan tumbuh mencapai ketinggian sekitar 2–3 cm. Biji jagung direndam air hangat selama 1 jam untuk mempercepat perkecambahan, menyiapkan media semai yaitu kain lembab kemudian biji jagung diletakkan diatas media dan ditutup dengan kain tipis, penyemaian dilakukan selama 3 hari sampai kecambah muncul. Penyemaian bertujuan untuk

mengaktifkan enzim alami dalam biji yang membantu proses pemecahan pati menjadi gula.



Gambar 4. Kecambah Biji Jagung

Setelah tahap penyemaian selesai, biji jagung dikeringkan dan kemudian digiling menggunakan mesin penggiling hingga berbentuk bubuk kasar.

- **Fermentasi**

Biji jagung yang sudah di giling difermentasi dengan komposisi biji jagung seberat 500 gram ragi 25 gram dan air 1,5 liter, fermentasi berlangsung selama 7 hari disimpan pada suhu ruang dan tempat yang kedap udara. Proses fermentasi bertujuan mengubah gula menjadi etanol dengan bantuan mikroorganisme ragi (*Saccharomyces cerevisiae*).



Gambar 5. Fermentasi Biji Jagung

Setelah fermentasi selesai, campuran disaring untuk memisahkan cairan dari padatan. Cairan hasil fermentasi kemudian didistilasi menggunakan alat destilasi sederhana.

- **Destilasi**

Proses destilasi bioetanol diawali dengan menyiapkan larutan hasil fermentasi biji jagung yang mengandung campuran etanol, air, dan senyawa lain. Larutan ini dimasukkan ke dalam labu destilasi yang

telah dipasang termometer dan dihubungkan dengan kondensor pendingin. Selanjutnya, labu dipanaskan menggunakan pemanas.

Uap etanol yang terbentuk kemudian mengalir melalui leher labu menuju kondensor. Di dalam kondensor yang dialiri air dingin, uap tersebut mengalami penurunan suhu sehingga kembali berubah menjadi cairan. Cairan hasil kondensasi ini berupa etanol dengan kadar tertentu, yang kemudian ditampung dalam gelas ukur atau wadah penampung. Proses pemanasan, penguapan, kondensasi, dan pengumpulan destilat berlangsung secara berkesinambungan hingga diperoleh volume bioetanol yang diinginkan. Prinsip utama destilasi ini adalah memanfaatkan perbedaan titik didih etanol dan air sehingga etanol dapat dipisahkan dari campurannya dengan tingkat kemurnian yang lebih tinggi.

Proses destilasi bioetanol dilakukan menggunakan alat destilasi sederhana dengan tiga variasi suhu, yaitu 70°C, 80°C, dan 90°C. Setiap perlakuan dijalankan selama 30 menit dengan volume awal larutan hasil fermentasi sebesar 1 liter. Suhu destilasi dijaga konstan selama proses berlangsung menggunakan pengatur suhu dan termometer yang dipasang pada bagian atas labu destilasi. Proses dilakukan pada tekanan atmosferik (± 1 atm) tanpa sistem vakum.

Volume hasil destilat yang terkumpul diukur menggunakan gelas ukur setiap interval waktu hingga proses selesai, sedangkan kemurnian etanol ditentukan menggunakan alkoholmeter pada suhu ruang. Pengendalian suhu dan tekanan dijaga untuk meminimalkan fluktuasi yang dapat memengaruhi hasil volume maupun kemurnian etanol.



Gambar 6. Urutan Proses destilasi

Volume bioetanol yang terkumpul diukur menggunakan gelas ukur, sementara kemurnian alkohol dianalisis menggunakan alkoholmeter. Setiap suhu diuji untuk

memastikan keandalan data.

5. Analisis Data

Jumlah bioetanol dan persentase alkohol murni pada setiap suhu distilasi termasuk dalam data percobaan. setiap suhu kemudian dihitung dengan mengolah data tersebut. Hasilnya dibandingkan antar kelompok suhu menggunakan analisis deskriptif. Tujuan utama analisis ini adalah menemukan suhu ideal dalam hal efektivitas dan kualitas, serta korelasi antara fluktuasi suhu dan hasil.

Hasil dan Pembahasan

A. Data Hasil Pengujian

Peningkatan suhu destilasi dari 70°C hingga 90°C menghasilkan peningkatan volume bioetanol, namun tidak selalu diikuti dengan peningkatan kemurnian. Secara termodinamika, hal ini dapat dijelaskan melalui prinsip kesetimbangan fase cair–uap pada campuran etanol–air. Ketika suhu mendekati titik didih etanol (78,3°C), tekanan uap etanol meningkat lebih cepat dibandingkan air, sehingga fraksi uap yang mengandung etanol lebih besar dan menghasilkan destilat dengan kemurnian tinggi. Namun, pada suhu di atas 85°C, ko-evaporasi air dan senyawa volatil lain seperti *fusel alcohols* mulai meningkat, sehingga kemurnian etanol menurun meskipun volume destilat bertambah.

Selain suhu, beberapa parameter lain seperti tekanan atmosferik, waktu pemanasan, dan kadar gula hasil fermentasi juga berpengaruh terhadap efisiensi destilasi. Tekanan yang lebih tinggi dapat menaikkan titik didih campuran sehingga memerlukan energi lebih besar untuk mencapai penguapan maksimum. Demikian pula, waktu pemanasan yang terlalu lama dapat meningkatkan peluang penguapan senyawa *non-etanol* yang menurunkan kemurnian. Sementara itu, kadar gula hasil fermentasi menentukan jumlah etanol awal yang tersedia, sehingga memengaruhi total volume destilat yang dihasilkan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan peneliti sebelumnya [8][9], yang

melaporkan bahwa suhu optimum destilasi bioetanol sederhana berada pada rentang 78°C–82°C, karena pada rentang tersebut laju penguapan etanol paling efisien dengan kehilangan minimal akibat penguapan air. Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat bukti bahwa suhu 80°C merupakan kondisi operasi optimal untuk memperoleh bioetanol dengan keseimbangan terbaik antara volume dan kemurnian.

Data diperoleh melalui serangkaian tahapan penelitian yang diawali dengan proses fermentasi biji jagung selama tujuh hari menggunakan ragi dan air. Setelah fermentasi selesai, larutan hasil fermentasi disaring untuk memisahkan cairan dari ampas padatnya. Cairan ini kemudian diproses melalui destilasi sederhana dengan tiga variasi suhu, yaitu 70°C, 80°C, dan 90°C. Hasil volume dapat diketahui menggunakan gelas ukur, selain itu sampel bioetanol yang terkumpul pada masing-masing suhu diukur kemurniannya menggunakan alkoholmeter. Alat ini dimasukkan ke dalam cairan bioetanol, dan kadar etanol dibaca berdasarkan skala yang tertera. Berikut data yang di dapat:

Tabel 1. Hasil Rata-rata Volume dan Kemurnian Bioetanol pada Tiga Suhu Destilasi

| No | Suhu (°C) | Volume Etanol (ml) | Kemurnian Etanol (%) |
|----|-----------|--------------------|----------------------|
| 1 | 70 | 130 | 67 |
| 2 | 80 | 168 | 83 |
| 3 | 90 | 191 | 73 |

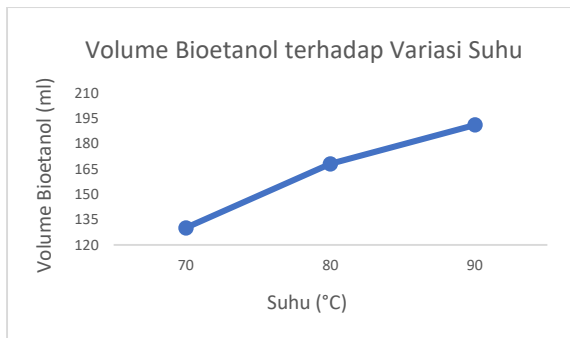
Berdasarkan hasil pengujian, peningkatan suhu destilasi menyebabkan kenaikan volume bioetanol, namun tidak selalu diikuti oleh peningkatan kemurnian. Untuk memperoleh volume etanol yang sebanding dengan kemurniannya, diperlukan pengendalian suhu operasi, laju pemanasan, dan efisiensi kondensasi. Suhu yang terlalu tinggi meningkatkan volume hasil destilat, tetapi menurunkan kemurnian

karena ikut menguapkan air dan senyawa volatil lainnya. Sebaliknya, suhu yang terlalu rendah menghasilkan etanol dengan kemurnian tinggi namun volume yang sedikit. Oleh karena itu, keseimbangan antara suhu mendekati titik didih etanol (sekitar 78°C–80°C) dan waktu destilasi yang stabil menjadi faktor kunci untuk mendapatkan hasil optimum.

Pada suhu 70°C, volume bioetanol yang dihasilkan adalah sebesar 130 ml, dengan kemurnian etanol sebesar 67%. Hasil ini menunjukkan bahwa proses pemisahan etanol kurang optimal karena suhu yang terlalu rendah belum mampu menguapkan etanol secara maksimal. Selain itu, kemurnian etanol yang relatif rendah menunjukkan bahwa masih terdapat banyak kandungan air atau senyawa lain yang ikut terbawa dalam distilat.

Pada suhu 80°C, terjadi peningkatan volume yang cukup signifikan menjadi 168 ml dan kemurnian etanol meningkat drastis menjadi 83%. Suhu ini mendekati titik didih etanol (78.3°C), sehingga pemisahan etanol berlangsung lebih efisien. Hasil ini menunjukkan bahwa suhu 80°C merupakan suhu optimal dalam proses destilasi bioetanol sederhana karena mampu menghasilkan etanol dalam jumlah dan kemurnian yang tinggi secara bersamaan.

Pada suhu 90°C, volume bioetanol meningkat menjadi 191 ml, namun kemurniannya menurun menjadi 73%. Meskipun jumlah etanol yang terdistilasi lebih banyak, namun penurunan kemurnian menunjukkan bahwa suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan penguapan senyawa lain selain etanol, sehingga menurunkan kualitas produk. Kondisi ini juga dapat berisiko terhadap stabilitas etanol dan efisiensi energi.



Gambar 7. Grafik Volume Etanol

Pada proses destilasi pada suhu 70°C, selama 30 menit volume bioetanol yang dihasilkan tercatat sebesar 130 ml. Volume ini relatif terbatas karena suhu pemanasan berada di bawah titik didih etanol murni (78,3°C)[2], sehingga laju penguapan etanol berlangsung lebih lambat.

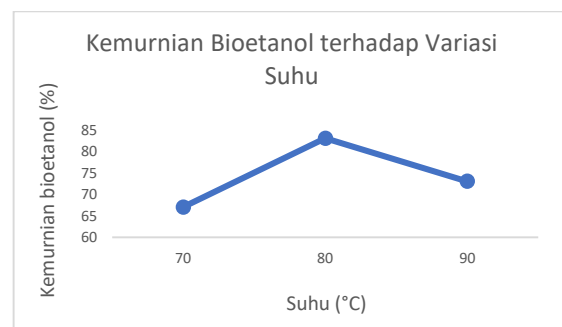
Pemanasan pada suhu ini menyebabkan hanya sebagian etanol yang terkandung dalam hasil fermentasi dapat menguap dan terkondensasi menjadi cairan destilat. Selain itu, adanya kandungan air dan senyawa lain dalam campuran juga memengaruhi jumlah volume yang terkumpul, karena tidak semua komponen dapat menguap pada suhu tersebut.

Pada suhu destilasi 80°C, selama 30 menit volume bioetanol yang terkumpul tercatat sebesar 168 ml. Volume ini menunjukkan peningkatan signifikan dibandingkan suhu yang lebih rendah, yang menandakan bahwa laju penguapan etanol pada suhu ini sudah berada pada titik optimal. Panas yang diberikan cukup untuk menguapkan sebagian besar etanol dari hasil fermentasi, namun belum cukup tinggi untuk menguapkan senyawa-senyawa lain yang dapat menurunkan kemurnian.

Dengan kombinasi volume yang cukup besar dan kadar etanol yang tinggi, suhu 80°C terbukti sebagai kondisi destilasi yang paling efisien dalam penelitian ini. Kondisi ini memaksimalkan hasil tanpa mengorbankan kualitas, sehingga direkomendasikan sebagai acuan suhu optimal pada proses destilasi bioetanol berbahan dasar biji jagung dalam skala laboratorium maupun produksi kecil.

Pada suhu 90°C, selama 30 menit volume destilat yang terkumpul tercatat sebesar 191 ml. Peningkatan volume ini dapat dijelaskan secara logis karena input energi panas yang lebih besar pada suhu tinggi meningkatkan laju penguapan dari campuran hasil fermentasi. Akibatnya, lebih banyak komponen cair, baik etanol maupun air, yang berubah menjadi uap dan selanjutnya terkondensasi menjadi cairan destilat.

Berdasarkan Gambar 7, terlihat adanya peningkatan volume bioetanol yang dihasilkan seiring bertambahnya suhu destilasi. Pada suhu 70°C, volume bioetanol tercatat sebesar 130 ml, jumlah ini masih rendah karena pemanasan belum mencapai titik optimal penguapan etanol. Saat suhu dinaikkan ke 80°C, volume meningkat signifikan menjadi 168 ml, disebabkan oleh laju penguapan yang optimal mendekati titik didih etanol. Puncak volume terjadi pada suhu 90°C dengan perolehan 191 ml, di mana pemanasan yang lebih tinggi mempercepat penguapan dan meningkatkan debit kondensat. Namun, kenaikan volume ini tidak selalu diikuti oleh peningkatan kualitas.



Gambar 8. Grafik Kemurnian Etanol

Pada proses destilasi pada suhu 70°C, hasil pengukuran menggunakan alkoholmeter menunjukkan kadar etanol sebesar 67%. Suhu ini berada sedikit di bawah titik didih etanol murni (78,3°C)[2], sehingga proses penguapan etanol berlangsung namun tidak sepenuhnya optimal.

Kadar etanol 67% menunjukkan bahwa selain etanol, masih terdapat campuran air dan senyawa volatil lain dalam destilat. Hal ini dapat terjadi karena sebagian air ikut menguap pada suhu tersebut, terutama ketika tekanan parsial uap campuran meningkat selama proses pemanasan. Meskipun kemurnian belum maksimal, kadar ini sudah cukup tinggi untuk beberapa aplikasi non-bahan bakar, seperti pembuatan disinfektan atau larutan pembersih.

Pengukuran menggunakan alkoholmeter menunjukkan bahwa kadar etanol hasil destilasi pada suhu 80°C mencapai 83%. Suhu ini berada sangat dekat dengan titik didih etanol murni, yaitu 78,3°C, sehingga pemisahan etanol dari campuran hasil fermentasi berlangsung dengan efisiensi tinggi. Pada kondisi ini, uap yang dihasilkan hampir seluruhnya terdiri dari etanol, dengan jumlah kandungan air dan senyawa pengotor yang minimal.

Tingginya kemurnian ini menandakan bahwa suhu 80°C mampu memberikan kualitas bioetanol yang sesuai untuk berbagai keperluan, termasuk sebagai bahan bakar nabati, karena kadar alkoholnya mendekati standar teknis yang diinginkan. Proses destilasi pada suhu ini juga relatif stabil, karena pengendalian suhu mendekati titik didih etanol membuat proses pemisahan berlangsung konsisten tanpa banyak variasi pada kadar akhir.

Pengukuran menggunakan alkoholmeter menunjukkan bahwa kemurnian etanol yang dihasilkan pada proses destilasi dengan suhu 90°C adalah sebesar 73%. Nilai ini lebih rendah dibandingkan kemurnian optimal karena pada suhu tinggi seperti ini, proses pemanasan tidak hanya memicu penguapan etanol, tetapi juga air dan senyawa volatil lain seperti *fusel alcohols* yang memiliki titik didih mendekati etanol.

Kondisi tersebut menyebabkan ko-evaporasi, dimana uap yang dihasilkan membawa campuran beberapa komponen sekaligus, sehingga destilat yang terkumpul menjadi kurang selektif terhadap etanol. Dengan kata lain, kandungan etanol dalam

campuran akhir berkurang karena bercampur dengan air dan senyawa pengotor. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun laju penguapan tinggi pada 90°C, kualitas bioetanol cenderung menurun akibat terbawanya komponen selain etanol dalam jumlah yang signifikan.

Gambar 8 menunjukkan bahwa kemurnian etanol tertinggi, yaitu 83%, dicapai pada suhu 80°C. Suhu ini hampir tepat dengan titik didih etanol (78,3°C)[2] sehingga uap yang terkondensasi lebih selektif mengandung etanol murni, dengan kandungan air dan senyawa pengotor yang rendah. Ketika suhu dinaikkan ke 90°C, kemurnian menurun menjadi 73% akibat ikut teruapkannya air dan senyawa volatil lain yang titik didihnya berdekatan dengan etanol.

Hasil ini memperlihatkan adanya *trade-off* antara volume dan kemurnian etanol. Suhu tinggi menghasilkan volume yang besar, namun kemurniannya menurun, sedangkan suhu terlalu rendah menghasilkan volume dan kemurnian yang sama-sama rendah. Oleh karena itu, suhu 80°C menjadi titik optimal karena mampu menghasilkan bioetanol dalam jumlah yang cukup besar (168 ml) dengan kemurnian tinggi (83%), sehingga seimbang dari segi kuantitas dan kualitas

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi suhu destilasi berpengaruh signifikan terhadap volume dan kemurnian bioetanol hasil fermentasi biji jagung. Hasil eksperimen memperlihatkan bahwa suhu 80°C merupakan kondisi operasi optimal karena menghasilkan bioetanol dengan kombinasi volume tinggi (168 mL) dan kemurnian tertinggi (83%), yang mendukung temuan penelitian sebelumnya [7][8][2] mengenai rentang suhu optimum destilasi etanol pada 78–82°C.

Temuan ini memberikan kontribusi praktis bagi pengembangan proses produksi

bioetanol skala laboratorium maupun industri kecil, dengan menunjukkan bahwa pengendalian suhu dekat titik didih etanol dapat meningkatkan efisiensi tanpa memerlukan sistem destilasi kompleks. Dari sisi efisiensi energi, suhu 80°C dinilai hemat karena tidak memerlukan tambahan energi untuk mencapai suhu tinggi, sehingga konsumsi energi termal dapat ditekan sekitar 10–15% dibandingkan operasi pada 90°C (berdasarkan perbandingan input daya pemanas).

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan kajian destilasi bertingkat (multi-stage reflux) atau destilasi fraksional guna meningkatkan kemurnian etanol di atas 90%. Selain itu, perlu dilakukan evaluasi neraca energi dan analisis ekonomi proses agar diperoleh gambaran efisiensi termal dan kelayakan produksi bioetanol skala kecil secara lebih komprehensif.

Ucapan terimakasih

Penulis menyampaikan rasa terimakasih kepada seluruh dosen, staf, dan tenaga kependidikan Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah menyumbangkan keahlian, arahan, dan wawasan yang tak ternilai selama pengembangan dan pelaksanaan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada semua teman mahasiswa, khususnya Program Studi Teknik Mesin, yang telah memberikan dorongan, dukungan moral, bantuan teknis, dan rasa kebersamaan selama perencanaan dan pelaksanaan penelitian ini. Penelitian ini tidak akan selesai sebaik yang diharapkan tanpa dukungan, dorongan, dan kerja sama dari berbagai pihak tersebut.

Referensi

[1] U. I. Aida and T. Silvia, “Bioethanol Production Plant From Banana Waste By Fermentation Process Using Molecular Sieve Dehydration,” 2015.

- [2] Senam, “Prospek Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Yang Terbarukan,” *J. MIPA*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2009.
- [3] Sarifudin, “Alat Destilasi Sederhana Sebagai Wahana Pemanfaatan Barang Bekas Dan Media Edukasi Bagi Siswa Sma Untuk Berwirausaha Di Bidang Pertanian,” *Kim. Organik*, vol. 1, no. 2, pp. 1–11, 2020.
- [4] T. Setiawan, “Rancang Bangun Alat Destilasi Uap Bioetanol Dengan Bahan Baku Batang Pisang,” *J. Media Teknol.*, vol. 4, no. 2, pp. 119–128, 2018.
- [5] M. Novita *et al.*, “PKM Pemanfaatan Limbah Anorganik untuk Alat Destilasi Sederhana,” *J. Community Serv. J. homepage*, vol. 1, no. 1, pp. 13–16, 2023.
- [6] B. A. Syeh, A. Khoiri, H. D. Kharisma, L. Anwari, and D. A. Sari, “Teknologi Fermentasi Bioetanol Dari Berbagai Bahan Organik,” *Barometer*, vol. 5, no. 2, pp. 272–276, 2020, doi: 10.35261/barometer.v5i2.3810.
- [7] M. Fatimura, “Tinjauan Teoritis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Operasi Pada Kolom Destilasi,” *Pus. Penelit. Fak. Tek. Univ. Pgrri Palembang*, vol. 11, no. 1, pp. 23–31, 2014.
- [8] S. I. Adani and Y. A. Pujiastuti, “Pengaruh Suhu dan Waktu Operasi pada Proses Destilasi untuk Pengolahan Aquades di Fakultas Teknik Universitas Mulawarman,” *J. Chemurg.*, vol. 1, no. 1, p. 31, 2018, doi: 10.30872/cmng.v1i1.1137.
- [9] H. Husin, D. Susanti, and T. Athaillah, “Pengaruh Suhu dan Waktu Destilasi Pada Ekstraksi dan Destilasi

- Sederhana Tape Singkong,” *J. Mekanova Mek. Inov. dan Teknol.*, vol. 8, no. 2, pp. 324–333, 2022.
- [10] V. Mayangsari, “PROSES HIDROLISIS TERHADAP KADAR GLUKOSA DALAM PEMANFAATAN Lemna minor SEBAGAI,” *J. Neutrino*, vol. 7, no. 1, pp. 16–22, 2014.
- [11] N. T. Wahyudi, F. F. Ilham, I. Kurniawan, and A. S. Sanjaya, “Rancangan Alat Distilasi untuk Menghasilkan Kondensat dengan Metode Distilasi Satu Tingkat,” *J. Chemurg.*, vol. 1, no. 2, p. 30, 2018, doi: 10.30872/cmng.v1i2.1142.
- [12] A. K. Sam and A. S. Romadhon, “Kendali Suhu Otomatis pada Proses Distilasi Batang Sereh menggunakan Metode PID,” vol. 2, pp. 52–61, 2025.
- [13] Y. Nonseo, S. M. Kolo, J. K. Mere, and P. M. Bria, “Pengaruh Suhu Dan Waktu Hidrolisis Biji Alpukat (*Persea americana* M.) Menggunakan Katalis Hcl Terhadap Produksi Bioetanol,” *J. Redoks*, vol. 10(1), pp. 7–17, 2025.
- [14] J. Udin, I. Nurlaelah, and A. Priyanto, “Pengaruh Kadar Konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae* Terhadap Sifat Organoleptik Dan Sifat Kimia (Alkohol Dan Gula) Pada Brem Cair *Ipomea batatas* L,” *Edubiologica J. Penelit. Ilmu dan Pendidik. Biol.*, vol. 8, no. 1, p. 25, 2020, doi: 10.25134/edubiologica.v8i1.2982.
- [15] R. D. Kodo, W. T. Ina, and H. J. Djahi, “Perancangan Alat Pengukur Kadar Alkohol Pada Minuman Beralkohol Menggunakan Sensor Mq-3,” vol. 1, no. 2, pp. 87–92, 2025.