p-ISSN: 2963-7856| e-ISSN: 2961-9890
Available online at jerkin.org/index.php/jerkin
Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan
Volume 5 No. 2, Oktober - Desember 2026, pp 5280-5293

Pemanfaatan Limbah Buah Tomat di Pasar Alok untuk Pembuatan Bioetanol Sebagai Sumber Bahan Bakar Terbarukan

Siti Zuraidah [1*]
[1]Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Maumere, Jl. Jenderal Sudirman, Kel. Waioti, Kec. Alok Timur, Kabupaten Sikka, Nusa Tenggara Timur (NTT).
E-mail: zyikif2004@gmail.com
*Corresponding Author

https://doi.org/10.31004/jerkin.v5i2.8142

ARTICLE INFO

Article history:
Received: 23 Okt 2026
Revised: 03 Nov 2026
Accepted: 11Nov 2026

Kata Kunci:
Limbah Buah Tomat, Bioetanol, Fermentasi, Destilasi, Energi Terbarukan.

Keywords:
Tomato Waste, Bioethanol, Fermentation, Distillation, Renewable Energy.

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi pemanfaatan limbah buah tomat dari Pasar Alok sebagai bahan baku pembuatan bioetanol serta mengetahui pengaruh variasi waktu fermentasi terhadap kualitas bioetanol yang dihasilkan. Latar belakang penelitian ini didasarkan pada tingginya jumlah limbah organik buah tomat yang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Di sisi lain, limbah tomat memiliki kandungan karbohidrat yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol, salah satu sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan. Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen dengan bahan utama berupa 500 gram limbah buah tomat dan 100 gram gula pasir. Proses pembuatan bioetanol meliputi tahap pengolahan bahan, fermentasi menggunakan ragi alkohol, dan destilasi pada suhu 78–80°C. Variasi waktu fermentasi yang digunakan adalah 48 jam, 56 jam, dan 78 jam. Analisis hasil dilakukan melalui pengamatan karakteristik fisik bioetanol, volume destilat, serta uji nyala api. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu fermentasi berpengaruh terhadap kualitas bioetanol yang dihasilkan. Fermentasi selama 48 jam menghasilkan bioetanol sebanyak 2,11 ml dengan karakteristik jernih namun tidak mampu menyala. Fermentasi selama 56 jam menghasilkan bioetanol sebanyak 3,14 ml dengan nyala api kecil dan tidak stabil. Sementara itu, fermentasi selama 78 jam menghasilkan bioetanol sebanyak 3,15 ml dengan nyala api lebih besar, lebih stabil, dan durasi pembakaran lebih lama. Lamanya waktu fermentasi meningkatkan kualitas bioetanol, sementara volumenya tetap sama.

This study aimed to analyze the potential utilization of tomato fruit waste from Alok Market as a raw material for bioethanol production and to determine the effect of fermentation time on the quality of the resulting bioethanol. The study was motivated by the increasing amount of organic tomato waste, which can contribute to environmental pollution if not properly managed. On the other hand, tomato waste contains carbohydrates that can be converted into bioethanol, a renewable and environmentally friendly energy source. An experimental method was employed using 500 grams of tomato waste and 100 grams of granulated sugar as the main materials. The bioethanol production process consisted of raw material preparation, fermentation using alcohol yeast, and distillation at a temperature range of 78–80°C. Fermentation times were varied at 48 hours, 56 hours, and 78 hours. Data analysis was conducted through observations of physical characteristics, bioethanol yield, and flame tests. The results showed that fermentation time significantly affected the quality of the produced bioethanol. Fermentation for 48 hours produced 2.11 ml of bioethanol with a clear appearance but failed to ignite. Fermentation for 56 hours produced 3.14 ml of bioethanol with a small and unstable flame. Meanwhile, fermentation for 78 hours produced 3.15 ml of bioethanol with a larger, more stable flame and a longer burning duration. Fermentation time increases the quality of bioethanol, while the volume remains the same.

This is an open access article under the CC–BY-SA license.

How to Cite: Siti Zuraidah, et al. (2026), Pemanfaatan Limbah Buah Tomat di Pasar Alok untuk Pembuatan Bioetanol Sebagai Sumber Bahan Bakar Terbarukan. 5(2) 5280-5293.https://doi.org/10.31004/jerkin.v5i2.8142

PENDAHULUAN

Sampah merupakan salah satu masalah yang tidak ada habisnya, pengelolaan sampah yang baik dan benar sangat diperlukan untuk mengatasi berbagai hal yang bisa terjadi akibat penumpukan sampah. Secara umum sampah bisa dibedakan menjadi sampah organik dan sampah anorganik. Sampah organik yang memiliki sifat mudah membusuk, menjadi salah satu tantangan yang perlu ditindak lanjuti dan ditangani secara baik dan benar khususnya di Indonesia (Nadliroh & Fauzi, 2021).

Berdasarkan penelitian Juhra (2025), jumlah sampah rumah tangga per orang sebesar 0,26 kg/orang/hari. Proyeksi penduduk Indonesia menunjukkan angka penduduk yang terus bertambah dan tentunya akan meningkatkan jumlah sampah. Harus dilakukan suatu upaya agar target *Sustainable Development Goals* (SDGs) atau tujuan pembangunan berkelanjutan 12.5 yang menyatakan negara secara substansial mengurangi timbulan sampah melalui pencegahan, pengurangan, daur ulang, dan penggunaan kembali dapat dicapai.

Data terbaru dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) tahun 2024–2025 menunjukkan bahwa komposisi sampah nasional didominasi oleh sampah organik mencapai 60–63% dari total timbulan sampah, di mana sekitar 40–41% berupa sisa makanan, sayuran, dan buah-buahan (Fatma *et al.,* 2026). Secara rinci, sektor pasar tradisional sendiri menyumbang sekitar 15,68–16,67% dari total sampah nasional, setara lebih dari 5,6 juta ton per tahun, dengan kandungan utama berupa limbah sayuran dan buah-buahan yang mudah membusuk. Jika tidak diolah, sampah ini langsung dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dan menjadi sumber pencemaran lingkungan (Prasetiyo, 2020). Total sampah organik kota sekitar 60% merupakan sampah sayuran dan 40% merupakan gabungan sampah kebun, kulit buah-buahan dan sisa makanan. Berdasarkan persentase di atas akan diperoleh timbulan sampah makanan sangat tinggi apabila langsung dibuang ke TPA tanpa pengolahan terlebih dahulu (Prasetiyo & Rosy, 2020). Hasil pengamatan dan wawancara yang penulis lakukan secara langsung di Pasar Alok, Kabupaten Sikka, sebagai pusat perdagangan masyarakat yang menjadi tempat berlangsungnya berbagai aktivitas ekonomi diketahui bahwa setiap pedagang tomat rata-rata menghasilkan limbah buah tomat yang tidak layak jual atau rusak sebanyak 1 hingga 2 kantong besar setiap minggunya. Jumlah ini baru berasal dari satu pedagang saja; jika dikalikan dengan jumlah pedagang tomat yang ada di seluruh kompleks pasar, maka volume limbah tomat yang terbuang setiap minggunya sangat besar dan menjadi beban lingkungan yang nyata.

Penumpukan limbah organik, termasuk tomat, di lingkungan pasar menimbulkan dampak negatif yang nyata antara lain: menimbulkan bau tidak sedap akibat pembusukan yang cepat, menjadi sumber penyakit dan sarang hama (lalat, tikus), mencemari saluran air dan tanah di sekitar lokasi pembuangan sementara, menghasilkan gas metana (CH_4) dan gas rumah kaca lainnya jika terdekomposisi secara alami di Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Penelitian ini menjadi solusi langsung untuk mengatasi masalah lingkungan tersebut sekaligus memberikan nilai tambah ekonomi dari limbah yang dianggap sampah.

Selain itu sampai saat ini, pengelolaan limbah pasar di Pasar Alok masih bersifat konvensional, yaitu hanya dikumpulkan dan dibuang ke TPA tanpa ada pengolahan lebih lanjut. Belum ada inovasi pemanfaatan limbah buah tomat menjadi produk bernilai guna seperti bioetanol. Oleh karena itu, penelitian ini sangat relevan untuk dilakukan di lokasi ini karena hasilnya nanti dapat langsung diterapkan dan disosialisasikan kepada para pedagang maupun pengelola pasar sebagai model pengelolaan limbah organik yang berbasis ekonomi sirkular (*circular economy*). Dengan alasan-alasan tersebut, Pasar Alok dianggap sebagai lokasi yang paling tepat, relevan, dan strategis untuk melaksanakan penelitian tentang pemanfaatan limbah buah tomat menjadi bioetanol.

Indonesia merupakan salah satu negara agraris yang menghasilkan komoditas pertanian cukup besar di dunia. Salah satu komoditas pertanian yang dihasilkan adalah buah-buahan. Salah satu karakteristik dari bahan pertanian terutama buah-buahan ialah sifatnya yang mudah membusuk, terlebih pada buah tomat yang memiliki sifat yang sama seperti buah yang lain. Hal ini dapat berdampak pada pencemaran lingkungan jika buah-buah sisa tersebut tidak ditangani lebih lanjut (Sahri *et al.,* 2022).

Sekitar 20–30% dari total produksi tersebut tidak dapat dikonsumsi atau dijual karena kerusakan fisik, kelebihan pasokan, atau tidak memenuhi standar kualitas pasar, sehingga langsung menjadi limbah organik. Artinya, setiap tahun terdapat sekitar 240.000 hingga 370.000 ton limbah tomat yang terbuang ke lingkungan di seluruh Indonesia (Lestari, 2025)**.** Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan

teknologi untuk memanfaatkan limbah tomat menjadi produk yang bernilai ekonomis. Limbah tomat yang tidak terpakai dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku bioetanol, mengingat kandungan karbohidratnya yang tinggi. Berikut komponen tersebut: komponen karbohidrat gula (glukosa, Fruktosa) ±2,6 g, serat pangan ±1,2 g, total karbohidrat ±3,8 g (Hasyim *et al.,* 2024).

Bioetanol dari tomat juga memiliki potensi mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 70-80% dibandingkan bahan bakar fosil (Istofany *et al.,* 2024). Oleh karena itu perlu inovasi dan pemanfaatan limbah tomat dalam hal yang lain agar lebih bermanfaat salah satunya menjadi energi terbarukan (Komariyah & Rohmawati, 2021).

Menurut Susmiati, (2021) ketersediaan energi adalah salah satu faktor penting di dalam kehidupan manusia yang berpengaruh terhadap semua lini kehidupan, mulai dari pemerintahan, ekonomi, pendidikan dan juga sosial budaya. Konsumsi energi meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan peningkatan kebutuhan hidupnya. Menurut Firdaus, (2019) Konsumsi etanol total dari tahun 2015 sampai tahun 2024 naik ≈ 20,6% dengan rincian sebagai berikut:

1. Konsumsi etanol total tercatat 136 juta liter (2015) menjadi 164 juta liter kenaikan (164−136)/136 ≈ 0,2059 : 20,6% selama periode tersebut. Ini adalah konsumsi *total*. Konsumsi etanol untuk bahan bakar *(fuel ethanol):* dari nyaris nol → muncul kembali (~5–6 juta liter pada 2024).
2. Pemerintah/analisis teknis memperkirakan kapasitas/produksi nasional dari sekitar 40.000 KL/tahun (2022) naik menjadi ~1.2 juta KL/tahun di 2030 (target/prediksi implementasi E15 dan perluasan tebu/molasses). Itu berarti ≈30 kali lipat atau kira-kira +2.900% peningkatan antara 2022 dan 2030 jika target terealisasi.
3. Laporan menunjukkan kapasitas terpasang bioetanol (total untuk semua keperluan) mencapai ratusan juta liter per tahun. *United States Departement Of Agriculture* (USDA) menyebut *cumulative installed capacity* ~350 juta liter/tahun), namun utilisasi untuk *fuel-grade* sangat rendah (*fuel production/use* baru mencapai jutaan liter) dapat diperhatikan pada Gambar 1.1



Gambar 1. Grafik Peningkatan Kebutuhan Energi

Terkait dengan permasalahan energi, bioenergi adalah energi yang berasal dari bahan hayati atau biomassa, yaitu materi organik yang berasal dari tumbuhan, hewan, maupun limbah organik. Energi ini diperoleh melalui proses biologis seperti fotosintesis, fermentasi, atau dekomposisi alami.

Bahan bakunya bisa diperbarui secara alami (dapat tumbuh atau -dihasilkan kembali), bioenergi termasuk dalam kategori sumber energi terbarukan (*renewable energy)* (Hakim, 2020). Pengembangan bioenergi dapat menjadi alternatif solusinya. Keuntungan dari penggunaan bioenergi adalah dapat mengurangi seluruh siklus bioenergi. Penggunaan biomassa untuk memproduksi biofuel, seperti etanol terbukti dapat mengurangi emisi CO_2 jika dibandingkan dengan produksi bensin (Susmiati, 2021).

Menurut Kurniati *et al.,*(2021) melaporkan bahwa penggunaan biofuel diproyeksikan dapat mengurangi emisi CO_2 sekitar 2,1 gigaton per tahun 2050 jika diproduksi secara stabil. Bioetanol merupakan cairan hasil proses fermentasi gula dari sumber karbohidrat menggunakan bantuan mikroorganisme. Produksi bioetanol dari tanaman yang mengandung pati atau karbohidrat, dilakukan melalui proses konversi karbohidrat menjadi gula atau glukosa dengan beberapa metode diantaranya dengan hidrolisis asam dan secara enzimatis. Metode hidrolisis secara enzimatis lebih sering digunakan karena lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan katalis asam. Metode enzimatis adalah teknik yang menggunakan enzim alami untuk mempercepat reaksi kimia biologis, khususnya dalam proses hidrolisis (pemecahan molekul kompleks menjadi sederhana) (Herawati, 2021).

Copyright © 2026, Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan
ISSN 2963-7856 (print), ISSN 2961-9890 (online)

Dalam konteks bioetanol dari tomat, metode ini digunakan untuk menguraikan pati, selulosa, dan gula kompleks menjadi glukosa dan menyiapkan substrat yang siap difermentasi menjadi bioetanol. Kaitan antara bioetanol dan *eco enzim* dilihat dari fungsi yang terkandung mampu *menghidrolsis*. *Eco enzim* sendiri merupakan cairan yang mengandung banyak jenis enzim alami yang berasal dari buah dan sayuran, serta yang dihasilkan oleh mikroba. Dengan begitu *eco enzyme* dapat digunakan untuk menghidrolisis amilum menjadi glukosa sebagai bahan pembuatan bioetanol (Marlinda *et al.,* 2023).

Terkait dengan permasalahan energi, bioenergi adalah energi yang berasal dari bahan hayati atau biomasa yaitu materi organik yang berasal dari tumbuhan, hewan maupun limbah organik. Energi ini diperoleh melalui proses biologis seperti fotosintesis, fermentasi atau dekomposisi alami. Bahan bakunya bisa diperbarui secara alami (dapat tumbuh atau dihasilkan kembali), bioenergi termasuk dalam kategori sumber energi terbarukan (*renewable energy)* (Hakim, 2020). Agar biomassa dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi, bahan tersebut perlu melalui serangkaian proses pengolahan. Salah satu tahapan yang penting adalah proses hidrolisis yang berfungsi memecah senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga lebih mudah diolah pada tahap berikutnya.

Metode hidrolisis secara enzimatis lebih sering digunakan karena lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan katalis asam. Metode enzimatis adalah teknik yang menggunakan enzim alami untuk mempercepat reaksi kimia biologis khususnya dalam proses hidrolisis (pemecahan molekul kompleks menjadi sederhana). Dalam konteks bioetanol dari tomat, metode ini digunakan untuk menguraikan pati, selulosa dan gula kompleks menjadi glukosa dan menyiapkan substrat yang siap difermentasi menjadi etanol (Herdini *et al.,* 2020).

Berdasarkan permasalahan lingkungan berupa tingginya jumlah limbah buah tomat serta dilihat dari pembusukan tomat dapat menghasilkan beberapa senyawa kimia termasuk asam lemak bebas, senyawa volatil yang menghasilkan aroma tidak sedap serta gas seperti etilen. Proses ini juga dapat meningkatkan kadar asam amino dan senyawa nitrogen organik. Beberapa senyawa tersebut dapat memberikan bau dan rasa yang tidak diinginkan pada tomat yang sudah membusuk (Jayadin *et al.,* 2024).

Manfaat pengembangan bioetanol sebagai alternatif energi terbarukan menjadi dasar dilakukannya penelitian dengan judul "Pemanfaatan Limbah Buah Tomat Di Pasar Alok Untuk Pembuatan Bioetanol Sebagai Sumber Bahan Bakar Terbarukan". Melalui penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan bioetanol dengan bahan dasar limbah pertanian terutama limbah buah tomat.

METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium IPA Universitas Muhammadiyah Maumere. Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 02 Februari 2026 – 04 Mei 2026.

Variabel Penelitian

Variabel pada penelitian ini terdiri dari variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah waktu fermentasi (48 jam, 56 jam, 72 jam), variabel terikat pada penelitian ini adalah kadar bioetanol yang dihasilkan, dengan konsentrasi 1-2% dengan menggunkan enzim selulosa, dan variabel kontrol pada peneilitian ini adalah suhu fermentasi.

Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian yaitu: *stainless steel* atau alumunium (kaleng biskut), blender**,** saringan**,** gelas kimia, termometer, pipet tetes, pH meter dan aluminium foil.
2. Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian yaitu: limbah buah tomat (500 gram), ragi alkohol (1 sendok makan), air (500 ml), gula pasir (100 gram), asam sitrat ($C_6H_8O_7$).

Prosedur Kerja

1. Pengolahan buah tomat.
   Cuci 500 gram buah tomat hingga bersih, potong-potong buah tomat dan blender atau *juicer* buah tomat hingga halus untuk diambil jusnya, saring jus tomat untuk menghilangkan ampas.
2. Pembuatan larutan gula
   Campurkan ekstrak buah tomat dengan air dan gula pasir dengan perbandingan 5:1 (W/V) (Desrianty, 2019), kemudian aduk hingga gula larut sempurna. Pastikan pH larutan berada pada kisaran 4,5–5,5 dengan menambahkan asam sitrat sedikit demi sedikit (Tampubulon, 2025)

3. Fermentasi
   Masukkan larutan 100 gram gula ke dalam gelas kimia, tambahkan 1 sendok makan ragi alkohol lalu tutup gelas kimia menggunakan alumunum foil dan biarkan pada suhu 25-30°C selama 48-72 jam. Periksa fermentasi dengan memeriksa gelembung-gelembung gas (Aritonang, 2025)
4. Destilasi
   Siapkan alat destilasi, masukkan larutan fermentasi ke dalam labu destilasi dan panaskan larutan hingga 78-80°C (Latara *et al*., 2021) kemudian kumpulkan destilat yang di hasilkan (bioetanol).
5. Uji nyala
   Uji nyala dilakukan untuk mengetahui kemampuan bioetanol hasil destilasi sebagai bahan bakar berdasarkan karakteristik nyala api yang dihasilkan.
   a. Siapkan sampel bioetanol hasil destilasi dari masing-masing variasi waktu fermentasi (48 jam, 56 jam, dan 78 jam).
   b. Masukkan bioetanol ke dalam cawan porselen
   c. Letakkan sampel pada permukaan datar yang aman dan jauh dari bahan yang mudah terbakar.
   d. Siapkan sepotong kayu yang akan di bakar
   e. Nyalakan sampel menggunakan korek api
   f. Amati karakteristik nyala api yang meliputi:
      1) Kemampuan sampel untuk menyala atau tidak menyala.
      2) Tinggi nyala api (cm).
      3) Lama waktu pembakaran (detik atau menit).
      4) Stabilitas nyala api selama proses pembakaran.
   g. Catat seluruh hasil pengamatan pada lembar observasi.
   h. Ulangi prosedur yang sama untuk setiap variasi waktu fermentasi.
   i. Bandingkan hasil uji nyala dari masing-masing sampel untuk menentukan kualitas bioetanol yang dihasilkan.

Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini dianalisis menggunakan metode deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Analisis kuantitatif dilakukan dengan membandingkan volume bioetanol yang dihasilkan pada setiap variasi waktu fermentasi, yaitu 48 jam, 56 jam, dan 78 jam. Data volume bioetanol disajikan dalam bentuk tabel dan diagram untuk mempermudah interpretasi hasil penelitian.

Analisis kualitatif dilakukan berdasarkan hasil pengamatan terhadap karakteristik fisik bioetanol yang meliputi tingkat kejernihan larutan, aroma yang dihasilkan selama fermentasi, pembentukan gelembung dan busa, serta hasil uji nyala bioetanol. Hasil uji nyala dianalisis berdasarkan kemampuan bioetanol untuk terbakar, tinggi nyala api, kestabilan nyala api, dan lama waktu pembakaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi pemanfaatan limbah buah tomat dari pasar Alok sebagai bahan baku pembuatan bioetanol melalui proses fermentasi dan destilasi. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah buah tomat sebanyak 500 gram yang dicampurkan dengan 100 gram gula pasir sebagai sumber tambahan karbohidrat untuk mendukung proses fermentasi.

Proses fermentasi dilakukan dengan tiga variasi waktu, yaitu 48 jam, 56 jam, dan 78 jam. Pemilihan variasi waktu tersebut didasarkan pada pertimbangan bahwa proses fermentasi bioetanol oleh *Saccharomyces cerevisiae* berlangsung secara bertahap melalui fase adaptasi (lag), fase pertumbuhan eksponensial (log), dan fase stasioner (Utami, 2024). Waktu fermentasi 48 jam dipilih untuk mewakili fase awal fermentasi, ketika mikroorganisme mulai aktif mengonversi gula menjadi bioetanol. Waktu fermentasi 56 jam dipilih untuk mengamati peningkatan aktivitas fermentasi pada fase log, yaitu saat pertumbuhan mikroorganisme dan produksi bioetanol berlangsung lebih intensif. Sementara itu, waktu fermentasi 78 jam dipilih untuk melihat hasil fermentasi pada fase yang lebih lanjut, ketika produksi bioetanol diperkirakan telah mendekati kondisi optimum sebelum aktivitas mikroorganisme mulai menurun akibat berkurangnya nutrisi dan meningkatnya konsentrasi bioetanol dalam medium fermentasi (Widyastuti *et al.,* 2023).

Dengan demikian, ketiga variasi waktu tersebut digunakan untuk mengetahui pengaruh lama fermentasi terhadap kualitas dan volume bioetanol yang dihasilkan serta menentukan waktu fermentasi

Copyright © 2026, Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan
ISSN 2963-7856 (print), ISSN 2961-9890 (online)

yang memberikan hasil terbaik. Variasi waktu fermentasi tersebut dilakukan untuk mengetahui pengaruh lama fermentasi terhadap karakteristik bioetanol yang dihasilkan. Setelah proses fermentasi selesai, larutan hasil fermentasi kemudian diproses melalui tahap destilasi untuk memisahkan bioetanol dari campuran hasil fermentasi.



Gambar 2. Proses Fermentasi

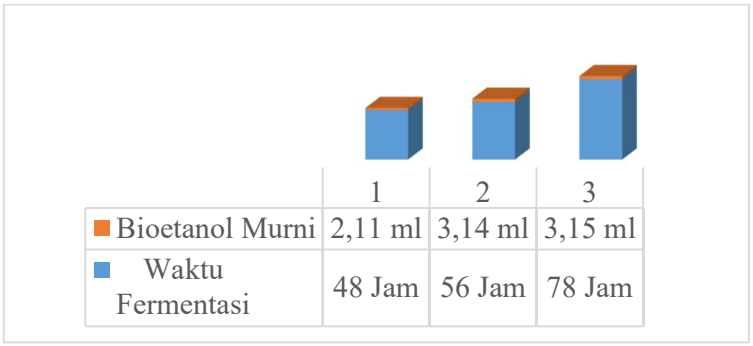
Setelah proses fermentasi berlangsung sesuai variasi waktu yang ditentukan (48 jam, 56 jam, dan 78 jam) dan didapatkan larutan hasil fermentasi yang ditandai dengan terbentuknya gelembung gas serta aroma khas alkohol, maka tahapan selanjutnya yang dilakukan adalah proses destilasi. Tahap ini bertujuan untuk memisahkan dan memurnikan senyawa bioetanol dari campuran larutan fermentasi yang masih mengandung air, sisa nutrisi, dan senyawa lain, berdasarkan perbedaan titik didih masing-masing zat.

Proses destilasi dilakukan pada kisaran suhu 78–80°C karena suhu tersebut merupakan titik didih bioetanol (alkohol) (Prasetyo, 2026). Pada suhu ini, bioetanol akan lebih cepat menguap dibandingkan air yang memiliki titik didih lebih tinggi, yaitu sekitar 100°C. Uap bioetanol yang terbentuk kemudian didinginkan kembali sehingga menghasilkan destilat yang mengandung bioetanol dengan kadar yang lebih tinggi. (Nadliroh & Fauzi, 2021). Proses fermentasi dilakukan dengan memvariasikan lama waktu inkubasi, yaitu selama 48 jam, 56 jam, dan 78 jam. Selama proses berlangsung, dilakukan pengamatan secara berkala terhadap perubahan fisik yang terjadi pada larutan, seperti pembentukan gelembung gas, terbentuknya busa, serta perubahan aroma yang dihasilkan sebagai indikasi aktivitas mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae*. Hasil pengamatan selama proses fermentasi pada masing-masing variasi waktu disajikan secara rinci pada Tabel 1.

Tabel 1. Waktu Fermentasi

No	Lama Fementasi	Waktu Mulai Fermentasi	Waktu pemeriksaan	Hasil Pengamatan
1	48 jam	17:30	17:30 (2 hari kemudian)	Timbul gelembung dan berbau asam
2	56 jam	17:30	01:30 (2 hari 8 jam kemudian)	Semakin berbusa dan bau mulai menyengat
3	78 jam	17:30	23:30 (3 hari 6 jam kemudian)	Permukaan dipenuhi busa dan bau sangat menyengat

Berdasarkan proses fermentasi yang dilakukan menggunakan 500 gram limbah buah tomat dan 100 gram gula pasir, diperoleh bioetanol dengan volume total sebanyak 26 ml. Pada tahapan ini fermentasi 48 jam dengan volume total bioetanol menghasilkan destilat bioetanol sebanyak 2,11 ml, fermentasi 56 jam dengan volume total bioetanol menghasilkan destilat bioetanol sebanyak 3,12 ml dan fermentasi 78 jam dengan volume total bioetanol menghasilkan destilat bioetanol sebanyak 3,14 ml. Hal ini dapat dilihat seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Perbandingan Bioetanol Murni Dengan Waktu Fermentasi

Setelah proses fermentasi berlangsung selama waktu yang ditentukan, larutan hasil fermentasi kemudian dilanjutkan ke tahap destilasi. Destilasi merupakan salah satu metode pemisahan dan pemurnian yang bekerja berdasarkan perbedaan titik didih komponen dalam suatu campuran. Metode ini banyak digunakan untuk meningkatkan kemurnian suatu senyawa, seperti pemurnian minyak atsiri, gliserol, maupun bioetanol. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa proses destilasi, baik destilasi sederhana, fraksional, maupun *pressure swing distillation,* efektif digunakan untuk memperoleh produk dengan tingkat kemurnian yang lebih tinggi (Widyastuti *et al.,* 2023). Tahap ini dilakukan untuk memisahkan bioetanol dari campuran hasil fermentasi sehingga diperoleh bioetanol dengan kadar yang lebih tinggi dapat di lihat pada Gambar 4.

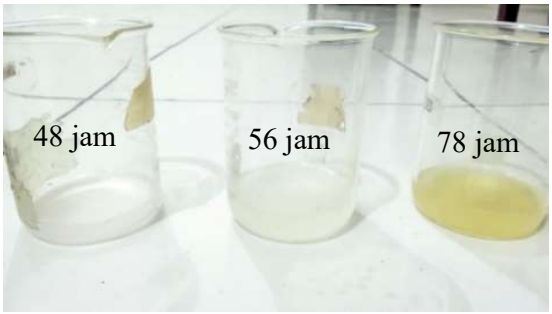


Gambar 4. Proses Destilasi

Hasil pengamatan terhadap karakteristik fisik bioetanol yang dihasilkan menunjukkan adanya perbedaan tingkat kejernihan pada masing-masing variasi waktu fermentasi. Karakteristik larutan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Larutan

No	Waktu Fermentasi	Karakteristik Larutan	Volume Bioetanol
1	48 jam	Larutan jernih	± 2,11 mL
2	56 jam	Larutan keruh	± 3,14 mL
3	78 jam	Larutan sangat keruh	± 3,15 mL



Gambar 5. Etanol yang dihasilkan

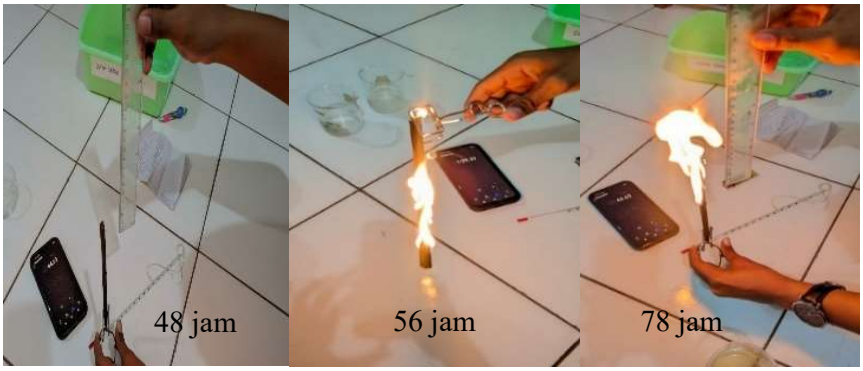
Copyright © 2026, Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan
ISSN 2963-7856 (print), ISSN 2961-9890 (online)

Kondisi destilat pada waktu lama fermentasi 48 jam menghasilkan distilat yang cenderung jernih. Namun, ketika fermentasi berlangsung lebih lama hingga 78 jam, terjadi penurunan aktivitas sel akibat keterbatasan nutrisi dan akumulasi produk metabolit. Pada fase ini, sel ragi mulai mengalami autolisis (pecahnya sel), yang melepaskan protein, lipid, dan komponen lain ke dalam medium fermentasi. sehingga dapat menyebabkan bioetanol tampak keruh atau menyerupai minyak (Lestari *et al.,* 2025).

Akibatnya, bioetanol yang dihasilkan dari fermentasi 78 jam tampak lebih keruh dibandingkan dengan fermentasi 48 jam yang masih berada pada kondisi belum optimal. Selain pengamatan terhadap kejernihan larutan, dilakukan pula uji nyala *(flammability test)* untuk mengetahui kemampuan bioetanol sebagai bahan bakar. Hasil uji nyala menunjukkan perbedaan karakteristik nyala api pada masing-masing sampel (Yuliani *et al.,* 2025)

Tabel 3. Hasil Uji nyala bioetanol

No	Waktu Fermentasi	Karakteristik Nyala Api	Tinggi Api	Lama Nyala
1	48 jam	Tidak menyala	-	-
2	56 jam	Menyala dengan api kecil	± 4 cm	< 4 menit
3	78 jam	Menyala dengan api lebih besar	± 7 cm	> 4 menit



Gambar 6. Uji nyala bioetanol

Pada sampel dengan waktu fermentasi 48 jam, bioetanol yang dihasilkan tidak menunjukkan adanya nyala api saat dilakukan pengujian. Hal ini diduga disebabkan oleh kandungan bioetanol yang masih rendah atau masih bercampur dengan air dalam jumlah yang cukup tinggi sehingga tidak mampu menghasilkan proses pembakaran (Farhani *et al.,* 2025). Fermentasi yang terlalu singkat menyebabkan ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) belum maksimal mengubah gula menjadi bioetanol. Pada fermentasi yang ideal, kadar bioetanol yang dihasilkan seringkali mencapai 10-15%, namun jika terlalu cepat, kadarnya mungkin jauh di bawah itu, sehingga kandungan air masih terlalu tinggi (Dawati, 2025).

Pada sampel dengan waktu fermentasi 56 jam, bioetanol mulai menunjukkan kemampuan untuk terbakar dengan menghasilkan api berwarna merah, namun nyala api yang dihasilkan tidak stabil dan hanya berlangsung dalam waktu yang relatif singkat dengan perkiraan waktu kurang dari satu menit (30-40 detik) dengan suhu hanya mencapai 45°C. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses fermentasi mulai menghasilkan bioetanol, tetapi kadarnya masih belum optimal.

Sementara itu, pada sampel dengan waktu fermentasi 78 jam, bioetanol mampu menghasilkan nyala api berwarna merah dengan durasi pembakaran yang lebih lama dengan perkiraan 5-6 menit sampai sampel (kayu kecil) terbakar habis dibandingkan sampel lainnya dengan suhu pembakaran mencapai 100°C. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu fermentasi, semakin banyak gula yang dikonversi menjadi bioetanol oleh mikroorganisme sehingga meningkatkan kualitas bioetanol yang dihasilkan (Ramadhan, 2024). Hasil uji nyala ini menunjukkan bahwa waktu fermentasi berpengaruh terhadap kemampuan bioetanol untuk terbakar, yang mengindikasikan adanya peningkatan kandungan bioetanol pada waktu fermentasi yang lebih lama.

Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi limbah buah tomat sebagai bahan baku bioetanol melalui proses fermentasi dan destilasi, serta mengkaji pengaruh variasi waktu fermentasi terhadap kualitas bioetanol yang dihasilkan. Berdasarkan hasil penelitian, terdapat beberapa aspek penting yang dapat dibahas, yaitu pengaruh waktu fermentasi terhadap karakteristik larutan, volume bioetanol, serta kemampuan nyala sebagai indikator kualitas bahan bakar.

Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Proses Pembentukan Bioetanol

Proses fermentasi merupakan tahapan utama dalam produksi bioetanol, di mana gula diubah menjadi bioetanol oleh mikroorganisme, khususnya *Saccharomyces cerevisiae* yang terdapat dalam ragi alkohol yang ditambahkan ke dalam media fermentasi. Dalam penelitian ini, penambahan gula pasir sebanyak 100 gram berfungsi sebagai sumber karbon tambahan untuk meningkatkan aktivitas fermentasi.

pH larutan fermentasi dikontrol pada kisaran 4,5–5,5 dengan penambahan asam sitrat karena kisaran pH tersebut merupakan kondisi yang optimal bagi pertumbuhan dan aktivitas metabolisme *Saccharomyces cerevisiae*. Pada kondisi pH yang sesuai, enzim-enzim yang berperan dalam proses fermentasi dapat bekerja secara maksimal sehingga konversi gula menjadi etanol berlangsung lebih efektif. Selain itu, pH yang sedikit asam juga membantu menghambat pertumbuhan mikroorganisme kontaminan, seperti bakteri dan kapang, yang dapat bersaing dengan ragi dalam memanfaatkan substrat. Oleh karena itu, penambahan asam sitrat dilakukan untuk menjaga kestabilan pH larutan selama fermentasi sehingga proses pembentukan bioetanol dapat berlangsung secara optimal (Khafifa, 2023).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi waktu fermentasi (48 jam, 56 jam, dan 78 jam) memberikan pengaruh terhadap kualitas hasil fermentasi. Pada fermentasi selama 48 jam, proses konversi gula menjadi bietanol belum berlangsung secara optimal. Secara kimiawi, gula sederhana seperti glukosa ($C_6H_{12}O_6$) akan dikonversi menjadi etanol (C_2H_5OH) dan karbon dioksida (CO_2) melalui reaksi fermentasi sebagai berikut:

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 \quad (1)$$

Reaksi tersebut menunjukkan bahwa satu molekul glukosa menghasilkan dua molekul bioetanol dan dua molekul karbon dioksida. Proses ini berlangsung melalui tahapan metabolisme, yaitu glikolisis yang dilanjutkan dengan fermentasi alkohol. Apabila bahan baku yang digunakan berupa gula kompleks seperti sukrosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$), maka terlebih dahulu akan mengalami proses hidrolisis menjadi gula sederhana, yaitu glukosa dan fruktosa (Mufaiq *et al*., 2026).

Sukrosa dapat dihidrolisis menjadi glukosa dan fruktosa melalui proses hidrolisis asam. Penelitian oleh (Suwarno, 2015) menunjukkan bahwa asam sitrat sebagai asam organik mampu digunakan sebagai katalis dalam proses hidrolisis dengan reaksi kimia sebagai berikut:

$$C_{12}H_{22}O_{11}\,(\text{sukrosa}) + H_2O \xrightarrow{H+} C_6H_{12}O_6\,(\text{glukosa}) + C_6H_{12}O_6\,(\text{fruktosa}) \quad (2)$$

Selanjutnya, hasil hidrolisis tersebut akan difermentasi oleh ragi menjadi etanol dan karbon dioksida melalui reaksi fermentasi alkohol. Hal ini ditunjukkan dari tidak adanya nyala api pada uji pembakaran, yang mengindikasikan bahwa kandungan etanol masih rendah. Menurut Herawati *et al.,* (2021) seiring bertambahnya waktu fermentasi menjadi 56 jam dan 78 jam, mikroorganisme memiliki waktu yang lebih cukup untuk menguraikan gula menjadi bioetanol, ($C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2$). Pada kondisi ini, proses fermentasi memasuki fase aktif (*log phase*), di mana produksi bioetanol meningkat secara signifikan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa lama waktu fermentasi berbanding lurus dengan jumlah etanol yang dihasilkan hingga mencapai kondisi optimum tertentu yaitu pada saat mikroorganisme (Khamir/yeast) mencapai fase stasioner puncak atau sebelum nutrien dalam substrat habis sepenuhnya (Nurhayati *et al.* 2025).

Karakteristik Fisik Larutan Hasil Fermentasi

Perbedaan waktu fermentasi juga memengaruhi karakteristik fisik larutan yang dihasilkan. Berdasarkan hasil pengamatan: proses fermentasi, terlihat adanya perubahan yang signifikan seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi. Pada fermentasi 48 jam, mulai muncul gelembung dan tercium bau asam. Gelembung yang terbentuk menunjukkan adanya aktivitas metabolisme mikroorganisme, khususnya ragi seperti *Saccharomyces cerevisiae*, yang mulai menguraikan gula menjadi bioetanol dan gas karbon dioksida (CO_2). Bau asam yang terdeteksi mengindikasikan awal terbentuknya senyawa hasil fermentasi (Bhanuaji & Muhaji 2024).

Pada waktu fermentasi 56 jam, kondisi fermentasi menunjukkan peningkatan aktivitas yang ditandai dengan semakin banyaknya busa serta bau yang mulai menyengat. Hal ini mengindikasikan bahwa mikroorganisme telah memasuki fase log *(fase eksponensial),* di mana pertumbuhan sel berlangsung sangat cepat dan aktivitas fermentasi mencapai tingkat yang lebih tinggi. Pada fase ini, konsumsi substrat (gula) berlangsung intensif sehingga produksi bioetanol dan CO_2 meningkat secara signifikan (Nadliroh & Fauzi, 2021).

Copyright © 2026, Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan
ISSN 2963-7856 (print), ISSN 2961-9890 (online)

Selanjutnya, pada fermentasi selama 78 jam, permukaan larutan dipenuhi oleh busa dan menghasilkan bau yang sangat menyengat. Kondisi ini menunjukkan bahwa fermentasi telah berlangsung secara baik di mana kondisi mulai mendekati fase stasioner, laju pertumbuhan mikroorganisme mulai menurun akibat berkurangnya nutrisi serta meningkatnya konsentrasi bioetanol yang dapat menghambat aktivitas sel. Busa yang melimpah merupakan indikasi tingginya produksi gas CO_2, sedangkan bau yang sangat menyengat menunjukkan akumulasi produk fermentasi, termasuk etanol dan kemungkinan senyawa samping lainnya (Nadliroh & Fauzi, 2021).

Pada proses fermentasi, pertumbuhan mikroorganisme seperti *Saccharomyces cerevisiae* berlangsung melalui beberapa fase pertumbuhan yang memengaruhi aktivitas produksi bioetanol. Fase-fase tersebut meliputi fase lag, fase logaritmik (eksponensial), fase stasioner, dan fase kematian.

1. Fase Lag (Adaptasi)
   Pada fase ini, mikroorganisme belum mengalami pertumbuhan yang signifikan karena sel masih menyesuaikan diri dengan lingkungan fermentasi, seperti suhu, pH, dan ketersediaan substrat. Aktivitas metabolisme mulai berlangsung untuk membentuk enzim yang diperlukan dalam proses fermentasi, tetapi produksi etanol dan gas CO_2 masih rendah.
2. Fase Logaritmik (Eksponensial)
   Fase ini ditandai dengan pertumbuhan sel yang sangat cepat karena nutrisi masih tersedia dalam jumlah cukup. Mikroorganisme aktif mengubah gula menjadi etanol dan CO_2 melalui proses fermentasi. Pada tahap ini biasanya mulai muncul gelembung dan busa akibat tingginya produksi gas CO_2, serta aroma khas fermentasi mulai tercium.
3. Fase Stasioner
   Pada fase ini, jumlah sel yang tumbuh mulai seimbang dengan jumlah sel yang mati. Nutrisi dalam medium fermentasi mulai berkurang, sedangkan konsentrasi etanol semakin meningkat sehingga dapat menghambat aktivitas mikroorganisme. Kondisi fermentasi selama 78 jam yang ditandai dengan banyaknya busa dan bau menyengat menunjukkan bahwa fermentasi telah memasuki atau mendekati fase stasioner. Busa yang melimpah menunjukkan tingginya produksi CO_2, sedangkan bau menyengat menandakan akumulasi etanol dan senyawa hasil fermentasi lainnya.
4. Fase Kematian
   Pada fase ini, mikroorganisme mulai mengalami penurunan jumlah sel hidup karena nutrisi habis dan lingkungan menjadi tidak mendukung akibat tingginya kadar etanol serta perubahan pH. Aktivitas fermentasi menurun drastis dan produksi etanol mulai berhenti. Jika fermentasi dibiarkan terlalu lama, kualitas hasil fermentasi dapat menurun karena terbentuknya senyawa samping yang tidak diinginkan (Fitriyah *et al.,* 2022)

Tingkat kekeruhan ini berkaitan dengan aktivitas mikroorganisme dan jumlah biomassa yang terbentuk selama fermentasi. Semakin lama waktu fermentasi, semakin banyak sel ragi dan produk samping metabolisme yang terbentuk dalam larutan, sehingga menyebabkan peningkatan kekeruhan. Kekeruhan yang tinggi pada fermentasi 78 jam menunjukkan bahwa proses fermentasi berlangsung lebih intensif, dengan produksi bioetanol yang lebih tinggi (Komariyah & Rohmawati, 2021).

Analisis Hasil Uji Nyala Bioetanol

Uji nyala digunakan sebagai indikator sederhana untuk menilai kualitas bioetanol sebagai bahan bakar. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan:

1. 48 jam: Tidak menyala
2. 56 jam: Menyala dengan api kecil dan tidak stabil
3. 78 jam: Menyala lebih besar, lebih stabil, dan lebih lama

Pada fermentasi 48 jam, kandungan air masih dominan sehingga tidak mampu menghasilkan nyala api. Hal ini sesuai dengan teori bahwa bioetanol dengan kadar rendah (di bawah ±40%) sulit terbakar secara stabil (Istofany *et al.,* 2024) Pada fermentasi 56 jam, mulai terjadi pembakaran, namun masih belum stabil. Ini menunjukkan bahwa etanol sudah terbentuk, tetapi masih dalam kadar menengah.

Pada fermentasi 78 jam, nyala api lebih stabil dan bertahan lebih lama, bahkan mencapai suhu lebih dari 100°C. Hal ini mengindikasikan bahwa kadar bioetanol sudah cukup tinggi sehingga mampu berfungsi sebagai bahan bakar yang lebih efektif. Menariknya, warna api yang dihasilkan adalah merah, bukan biru seperti etanol murni. Hal ini menunjukkan bahwa bioetanol yang dihasilkan masih

mengandung campuran lain seperti air atau senyawa organik, sehingga pembakaran belum sempurna (Rahmayanti *et al.,* 2021).

Hubungan Waktu Fermentasi dengan Kualitas Bioetanol

Berdasarkan seluruh hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa waktu fermentasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas bioetanol, meskipun tidak terlalu berpengaruh terhadap volume yang dihasilkan. Semakin lama waktu fermentasi maka akan mempengaruhi aktivitas mikroorganisme, konversi gula, kandungan bioetanol, dan kemampuan nyala . Hal ini terjadi karena adanya faktor berikut:

1. Aktivitas mikroorganisme semakin optimal
2. Konversi gula menjadi etanol semakin meningkat
3. Kandungan etanol dalam larutan semakin tinggi
4. Kemampuan nyala sebagai bahan bakar semakin baik

Namun demikian, fermentasi yang terlalu lama juga berpotensi menurunkan kualitas karena bioetanol dapat teroksidasi menjadi asam asetat jika terjadi kontaminasi oksigen (Akbar, 2025) . Oleh karena itu, diperlukan waktu fermentasi optimum untuk menghasilkan bioetanol dengan kualitas terbaik. Lama waktu optimum fermentasi ditentukan dengan membandingkan hasil fermentasi pada beberapa variasi waktu fermentasi. Waktu optimum ditandai dengan terbentuknya busa, gelembung CO_2, dan aroma khas fermentasi (Mufaiq *et al*., 2026).

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa limbah buah tomat dari Pasar Alok, Maumere, Nusa Tenggara Timur memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Pemanfaatan limbah organik ini tidak hanya memberikan nilai tambah pada limbah pasar, tetapi juga mendukung pengembangan sumber energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa limbah buah tomat dari Pasar Alok memiliki potensi yang cukup baik sebagai bahan baku dalam pembuatan bioetanol melalui proses fermentasi dan destilasi. Proses fermentasi yang melibatkan mikroorganisme terbukti mampu mengonversi gula menjadi etanol, meskipun dengan tingkat efektivitas yang dipengaruhi oleh lama waktu fermentasi.

Pada fermentasi selama 48 jam, proses pembentukan etanol belum berlangsung optimal, yang ditunjukkan oleh tidak adanya nyala api pada uji pembakaran. Pada fermentasi 56 jam, bioetanol mulai terbentuk namun masih dalam kadar yang relatif rendah, sehingga menghasilkan nyala api kecil dan tidak stabil. Sementara itu, fermentasi selama 78 jam menghasilkan bioetanol dengan kualitas terbaik, ditandai dengan nyala api yang lebih besar, lebih stabil, dan memiliki durasi pembakaran yang lebih lama. Selain itu, karakteristik fisik larutan juga mengalami perubahan seiring bertambahnya waktu fermentasi, dari jernih menjadi semakin keruh. Hal ini menunjukkan peningkatan aktivitas mikroorganisme serta akumulasi biomassa dan produk metabolit selama proses fermentasi.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan kepada peneliti selanjutnya untuk mengembangkan penelitian ini dengan menambahkan variasi parameter lain seperti konsentrasi ragi, pH, suhu fermentasi, serta metode pemurnian yang lebih optimal agar diperoleh kadar bioetanol yang lebih tinggi dan lebih murni. Selain itu, masyarakat diharapkan dapat memanfaatkan limbah buah tomat sebagai salah satu alternatif pengolahan sampah organik yang bernilai ekonomis dan ramah lingkungan.

Dukungan dari pemerintah dan institusi terkait juga sangat diperlukan dalam pengembangan teknologi bioetanol berbasis limbah organik melalui penyediaan fasilitas, pelatihan, serta sosialisasi kepada masyarakat. Di sisi lain, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam dunia pendidikan, khususnya dalam bidang kimia yang berkaitan dengan energi terbarukan dan pengolahan limbah organik.

REFERENSI

Akbar, M. Z. (2025). Produksi Bioetanol Limbah Sabut Kelapa Menggunakan Enzim Selulase Aspergillus Niger Dan Ragi Roti Dengan Metode Simultaneous Saccharification Fermentation (SSF) (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).

Copyright © 2026, Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan
ISSN 2963-7856 (print), ISSN 2961-9890 (online)

Al Hakim, R. R. (2020). Model Energi Indonesia, Tinjauan Potensi Energi Terbarukan Untuk Ketahanan Energi di Indonesia: Sebuah ulasan *ANDASIH Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, *1*(1). Https://Doi.Org/10.57084/Andasih.V1i1.374.

Alfiyah Rubet Lestari, Sari Megawati, & Agus Wartapa. (2025). Daya Hasil Galur Tomat Hibrida Dataran Rendah (Solanum Lycopersicum L.) Di Kediri Jawa Timur. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 3(4), 4713–4719. Https://Doi.Org/10.31004/Jerkin.V3i4.1080.

Arimba, G. P., Jasman, Hasanuddin, & Syahrul. (2023). Pemurnian Bioetanol Limbah Kulit Nanas Menggunakan Alat Distilasi Sederhana Model Kolom Refluks. *Jurnal ZARAH*, 7(1), 22–28. Https://Doi.Org/10.31629/Zarah.V7i1.1173.

Aritonang, T. M. P. (2025). Pengaruh Dosis Gula Dan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol Pada Pembuatan Bir Umbi Porang (Amorphophallus Muelleri Blume) (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).

Azrin, M., Bahri, S., Nurlaila, R., Meriatna, M., Muarif, A., & Fibarzi, W. U. (2023). Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Kulit Kopi Secara Fermentasi Menggunakan Ragi Roti. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS),* 3(2), 151. Https://Doi.Org/10.29103/Cejs.V3i2.7868.

Bahri, S., Aji, A., & Yani, F. (2018). Pembuatan bioetanol dari kulit pisang kepok dengan cara fermentasi menggunakan ragi roti. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, *7*(2), 85-100. https://doi.org/10.29103/jtku.v7i2.1252.

Bhanuaji, A. N., & Muhaji. (2024). Karakteristik Nyala Api Pembakaran Difusi Dari Campuran Pertalite Dengan Bioethanol Nira Siwalan (Borassus Flabellifer Linn). *Jurnal Teknik Mesin*, 12(2), 101–108. Https://Doi.Org/10.26740/Jtm.V14n04.

Cika, A., Uztamila, Y., Syarif, A., & Hajar, I. (2022). Pengaruh pH fermentasi dan putaran pengadukan pada fermentasi molasses terhadap produksi bioetanol. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, *2*(1), 561-567. Https://Doi.Org/Https://Doi.Org/10.52436/1.Jpti.107.

Dawati, T. (2025). Pengembangan Alat Praktikum Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Kulit Nanas Dengan Metode Simultaneous Saccharification And Fermentation. (Skripsi Sarjana, Universitas Lampung).

Dayatmo, D., & Santoso, H. H. (202233). Pembuatan Bioethanol Dari Limbah Ampas Pati Aren Dengan Metode Hidrolisis Enzimatis Menggunakan Enzim Ligninolitik Dari Jamur Pelapuk Putih. *Jurnal Konversi*, 4(2), 43. Https://Doi.Org/10.24853/Konversi.4.2.43-52.

Desrianty, N. A. (2019). Studi Karakter Terasi Udang Rebon (Acetes Sp.) Dengan Penambahan Bakteri Lactobacillus Plantarum Pada Masa Simpan Hari Ke-0 Dan Hari Ke-14 (Skripsi, Universitas Brawijaya).

Farhani, I., Sawitri, I., Hariningsih, P. D., Farida, I., Sumarna, O., Kimia, P. S., & Indonesia, U. P. (2025). Bioetanol Dari Limbah Sekam Padi Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 9(1), 9–16. Https://Doi.Org/10.30588/Jeemm.V9i1.2052.

Fathoni, A., & Bate'e, T. N. T. (2025). Studi Literatur Potensi Pemanfaatan Limbah Dapur Sebagai Bahan Baku Bioetanol Skala Rumah Tangga. *PESHUM: Jurnal Pendidikan, Sosial Dan Humaniora,* 4(4), 5823–5833. Https://Doi.Org/10.56799/Peshum.V4i4.10101.

Fatma, F., Susanty, S. D., & Putri, G. A. (2026). Efektivitas Penguraian Sampah Organik Menggunakan Maggot (Black Soldier Fly) Di Kelurahan Koto Selayan Kota Bukittinggi. *Human Care Journal*, *10*(3), 284–296. https://doi.org/10.32883/hcj.v10i3.3055.

Firdaus, F. (2019). Jejak Karbon Sektor Energi DI Yogyakarta dan Rekomendasi Jumlah Pohon yang Harus Ditanam untuk Reduksi Emisi Gas CO2. *AJIE (Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship)*, 23-32.

Haqiqi, A. Z. (2023). Penggunaan Biomassa Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik Di Wilayah Pedesaan. *Journal of Optimization System and Ergonomy Implementation*, *1*(1), 42-51. Https://Doi.Org/10.54378/Joseon.V1i1.6766.

Haqiqi, M. H. (2026). Pengaruh Konsentrasi Nutrien NPK Dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Bioethanol Nira Siwalan (Borassus Flabellifer L.) (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).

Hasyim, H., Wulandari, S., & Syahputra, E. (2024). Penerapan Model Pembelajaran The Power Of Two Untuk Meningkatkan Minat Dan Hasil Belajar. *Jurnal Educatio: Jurnal Pendidikan Indonesia*, 10(2), 131. Https://Doi.Org/10.29210/1202424693.

Herawati, N. (2021). Pembuatan Bioetanol Dari Rumput Gajah Dengan Proses Hidrolisis Asam. *Jurnal Redoks*, *6*(1), 35-51. Https://Doi.Org/10.31851/Redoks.V6i1.5566.

Herawati, N., Juniar, H., & Setiana, R. W. (2021). Pembuatan Bioetanol dari Pati Ubi Talas (Colocasia L. Schoot) dengan Proses Hidrolisis. *Jurnal Distilasi*, *6*(1), 7-17. Https://Doi.Org/10.32502/Jd.V6i1.3376.

Istofany, M. A. B., Negara, H. R. P., & Santosa, F. H. (2024). Analisis Penggunaan Teknologi Dalam Pembelajaran Matematika Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Pada Mahasiswa. *Jurnal Ulul Albab*, 28(1), 1. Https://Doi.Org/10.31764/Jua.V28i1.23325.

Jayadin, Gunidar, Putri, L., Sindi, & Windasari. (2024). Identifikasi Pengolahan Sampah Organik Dan Non Organik Di Pasar Alok Kabupaten Sikka. *JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri)*, 5(1), 43–50. Https://Doi.Org/10.30587/Justicb.V5i1.8808.

Juhra, F. (2025). Kajian Pemanfaatan Sampah Organik Sisa Makanan Dalam Pengurangan Timbulan Sampah di Kota Banjarmasin: Upaya Peningkatan Kesehatan Dan Kelestarian Lingkungan. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 4(02), 8–22. Https://Doi.Org/10.56127/Jukim.V4i02.1971.

Khafifa, M. (2023). Pengaruh Kondisi Media Fermentasi Dan Konsentrasi Inokulum Terhadap Karateristik Sensori Dan Fisiko-Kimia Minuman Probiotik Pulpa Kakao (Theobroma Cacao L.) Dengan Lama Fermentasi Menggunakan Khamir Saccharomycess Boulardii Sebagai Starter. (Skripsi Sarjana, Universitas Lampungbandar Lampung).

Komariyah, A. Y., & Rohmawati, L. (2021). Pemanfaatan Limbah Tomat Busuk Dan Ampas Kelapa Sebagai Baterai Alami yang Ramah Lingkungan. In Proceedings Of The Universitas Negeri Surabaya Physics Seminar (Vol. 5, Pp. 161-166).

Kurniati, Y., Khasanah, I. E., & Firdaus, K. (2021). Kajian Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Kulit Nanas (Ananas Comosus. L). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 10(2), 95–101. Https://Doi.Org/10.32734/Jtk.V10i2.6603.

Latara, A., Mustofa, M., & Botutihe, S. (2021). Destilasi Bioetanol dari Nira Aren dengan Variasi Waktu Pengadukan pada Proses Fermentasi. *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo (JTPG)*, *6*(2), 30–35. https://doi.org/10.30869/jtpg.v6i2.809.

Limbah Menjadi Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 20(1), 39. Https://Doi.Org/10.30872/Jkm.V20i1.1130.

Marinos, S., Terpsithea, P., Hamdi, H., Michail, T., Zorpas, A. A., & Agapios, A. (2022). Biochar Production From The Pyrolysis Of Tomato Processing Residues. In Tomato Processing By-Products (Pp. 171–200). *Elsevier*. Https://Doi.Org/10.1016/B978-0-12-822866-1.00002-8.

Marlinda, A. P., Al-Fadhat, F., Cipto, B., & Jubba, H. (2023). Halal Tourism As A Strategic Option For South Korean Tourism. *Journal Of Islamic Marketing*, 14(5), 1276–1290. Https://Doi.Org/10.1108/Jima-03-2021-0074.

Mufaiq, R. R., Al-Firdhaus, M. N. Y., Trienita, G., & Widayoko, A. (2026). Optimalisasi Fermentasi Bioetanol dari Kulit Durian Lokal (Durio zibethinus) dengan Penambahan Vitamin B Kompleks Sebagai Bahan Bakar Rumah Tangga. *Jurnal Integrasi Sains Dan Qur'an (JISQu)*, *5*(01), 508–516. https://doi.org/10.64477/501508-516.

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.

Nugroho, E. A., Setiawan, J. D., M, M., & Rustiyanti, A. (2025). Penerapan Teachable Machine Dan Raspberry Pi Pada Sistem Klasifikasi Citra Untuk Inspeksi Cacat Kain. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 12(1), 77–86. Https://Doi.Org/10.25126/Jtiik.2025128932.

Nurhayati, Rahayu, T. E. P. S., Nugroho, D. H., & Rahmanto, D. E. (2025). Teknologi Pengolahan Limbah. In Afridon (Ed.), Teknologi Pengelolaan Limbah (Vol. 1). CV Hei Publishing Indonesia. Www.Heipublishing.Id.

Prasetiyo, M. B., & Rosy, B. (2020). Model Pembelajaran Inkuiri Sebagai Strategi Mengembangkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Administrasi Perkantoran* (JPAP), 9(1), 109–120. Https://Doi.Org/10.26740/Jpap.V9n1.P109-120.

Prasetyo, I. Towijaya. (2026). Pembuatan Bioetanol Fuel Grade Ethanol (FGE) dari Singkong dengan Proses Dehidrasi Melalui Penyerapan Menggunkan Zeolit Sintesis. *Jurnal Ilmiah Momentum*, *22*(1), 1-6. Https://Doi.Org/10.36499/Jim.V22i1.14694.

Copyright © 2026, Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan
ISSN 2963-7856 (print), ISSN 2961-9890 (online)

Rahmayanti, L., Rahmah, D. M., & Rahmayanti, L. (2021). Analisis Pemanfaatan Sumber Daya Energi Minyak Dan Gas Bumi Di Indonesia. *Jurnal Sains Edukatika Indonesia* (JSEI) Vol. 3(2). Https://Doi.Org/10.3390/Foods13223680.

Ramadhan, M. D. E. (2024). Pengaruh Material Dehidrasi Terhadap Kualitas Bioetanol (Doctoral Dissertation, Universitas Muhammadiyah Ponorogo).

Rohpanae, G., & Hadi, V. (2020). Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Petai (Parkia Speciosa Hassk) Menggunakan Metode Hidrolisis Asam Dan Fermentasi Saccharomyces Cerevisiae. *TEKNOSAINS: Jurnal Sains, Teknologi Dan Informatika*, *7*(2), 119-128. Https://Doi.Org/10.37373/Tekno.V7i2.9.

Sahri, R. J., Hidayah, N., Fadhillah, N., Fuadi, A., Abidin, I., Hannifa, W., & Wulandari, S. (2022). Tanaman Pangan Sebagai Sumber Pendapatan Petani Di Kabupaten Karo. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 2(10), 3223–3230. Https://Doi.Org/10.47492/Jip.V2i10.1348.

Siregar, G. M., Zaida, H. M., Amrul, N., & Hafiz, M. (2024). Pengaruh Media Tanam Dan Kompos Kotoran Kambing Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Tomat (Solanum Lycopersicum L.) Gunji. *Jurnal Agroplasma*, 4(2), 2020–2025. Https://Doi.Org/10.36987/Agroplasma.V12i2.

Siswati, N. D., Dara, P. S., & Wardana, R. A. (2024). Fermentasi Buah Sukun Menjadi Bioetanol. *Jurnal Teknik Kimia*, 11(2), 56–59. Https://Doi.Org/10.33005/Jurnal_Tekkim.V11i2.832.

Susmiati, Y. (2021). The Prospect Of Bioethanol Production From Agricultural Waste And Organic Waste. *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 7(2), 67–80. Https://Doi.Org/10.21776/Ub.Industria.2018.007.02.1.

Suwarno Suwarno, R. D. (2015). Proses Pembuatan Gula Invert Dari Sukrosa Dengan Katalis Asam Sitrat, Asam Tartrat Dan Asam Klorida. *Jurnal Ilmiah Momentum*. Vol. 11 No. 2 https://doi.org/10.36499/jim.v11i2.1382.

Tampubolon, N. (2025). Pengaruh Dosis Gula Dan Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol Pada Pembuatan Bir Ubi Jalar Cilembu (Ipomoea Batatas) (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).

Tuti, I. (2025). Pengembangan Alat Praktikum Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Kulit Nanas Dengan Metode Simultaneous Saccharification And Fermentation. (Skripsi, Universitas Lampung).

Utami, C. R. (2024). Produksi Bioetanol Dari Hidrolisat Ampas Tebu Sistem Selulase B. Subtilis Diikuti Fermentasi Dengan Variasi Waktu Dan Jenis Inokulum. *Indonesian Sugar Research Journal*, 4(2), 80–92. Https://Doi.Org/Https://Doi.Org/10.54256/Isrj.V4i2.130.

Waluyo, T. (2020). Analisis Finansial Aplikasi Dosis Dan Jenis Pupuk Organik Cair Terhadap Produksi Tanaman Tomat (Lycopersicum Esculentum Mill). *Jurnal Ilmu Dan Budaya*, 41(70), 8357–8372. Https://Doi.Org/10.47313/Jib.V41i70.930.

Widyastuti, S., Sutrisno, J., Wiyarno, Y., Gunawan, W., & Nurhayati, I. (2023). Eco Enzim Untuk Pengolahan Air Limbah Tahu. Waktu: *Jurnal Teknik UNIPA*, 21(02). Https://Doi.Org/10.36456/Waktu.V21i02.7260.

Yuliani, F., Fairuzia, F., Hendro, H., Nurfajri, W., & Imanuddin, M. (2025). Upaya Penanggulangan Perubahan Iklim Melalui Pengolahan Limbah Buah Dan Sayur Menjadi Ekoenzim Di Desa Wonosoco, Kabupaten Kudus. *Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 11(2), 257–265. Https://Doi.Org/10.29244/Agrokreatif.11.2.257-265.