

PENGARUH VARIASI BERAT RAGI DAN WAKTU FERMENTASI TERHADAP PRODUKSI BIOETANOL DARI SINGKONG

Raffly Aulia Rachman^{1*}, Asroful Abidin², Kosjoko³

Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jember, Indonesia

*email: rafflyauliarachman80@gmail.com

DOI : 10.48144/suryateknika.v9i2.2237

Received: 24 Oktober 2025

Revised: 29 Oktober 2025

Accepted: 31 Oktober 2025

Abstract

*The global energy crisis drives the development of more sustainable alternative fuels, one of which is bioethanol. Cassava (*Manihot esculenta*) as a local feedstock has a high starch content and can be converted into bioethanol through hydrolysis and fermentation. This study evaluated the effects of varying *Saccharomyces cerevisiae* starter weight (5%, 10%, 15% w/w) and fermentation time (72, 96, 120 hours) on bioethanol production from cassava. The experimental method included liquefaction at 100°C, addition of yeast according to treatment, anaerobic fermentation at room temperature (25–30°C), distillation using a rotary evaporator (78–80°C), and measurement of yield, ethanol concentration, and calorific value using an alcoholmeter and bomb calorimeter. Results showed that the combination of 10% yeast and 120 hours fermentation produced the highest yield (150%), the highest ethanol concentration (79%) was obtained with 10% yeast at 72 hours, and the maximum calorific value (119.30 Cal/g) was achieved with 10% yeast at 96 hours. These findings indicate that the effect of starter weight on bioethanol outputs is non-linear and depends on fermentation duration; process optimization should be aligned with production priorities among yield, purity, and energy content. Recommendations for further research include monitoring process parameters (pH, residual sugar content, yeast viability) as well as the need to optimize saccharification by combining yeast weight and fermentation purification time to balance yield consistency, purity, and bioethanol product quality.*

Keywords: Bioethanol; Calorific value; Cassava; *Saccharomyces cerevisiae*; Yield

Abstrak

Krisis energi mendorong pengembangan bahan bakar alternatif yang lebih berkelanjutan, salah satunya bioetanol. Singkong (*Manihot esculenta*) sebagai bahan baku lokal memiliki kandungan pati tinggi yang potensial dikonversi menjadi bioetanol melalui proses hidrolisis dan fermentasi. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh variasi berat ragi *Saccharomyces cerevisiae* (5%, 10%, 15% w/w) dan waktu fermentasi (72, 96, 120 jam) terhadap produksi bioetanol dari singkong. Metode eksperimen meliputi likuifikasi pada 100°C, penambahan ragi sesuai perlakuan, fermentasi anaerob pada suhu ruang (25–30°C), distilasi menggunakan rotary evaporator (78–80°C), serta pengukuran yield, kadar etanol, dan nilai kalor menggunakan alkoholmeter dan bomb kalorimeter. Hasil menunjukkan kombinasi 10% ragi dan fermentasi 120 jam menghasilkan yield tertinggi sebesar 150%, kadar etanol tertinggi 79% diperoleh pada 10% ragi dan 72 jam, serta nilai kalor maksimum 119,30 Cal/gram dicapai pada 10% ragi dan 96 jam. Temuan ini mengindikasikan bahwa efek berat ragi terhadap keluaran bioetanol bersifat tidak linier dan bergantung pada durasi fermentasi; optimasi kondisi fermentasi perlu disesuaikan dengan prioritas produksi antara yield, kemurnian, dan kandungan energi. Rekomendasi penelitian lanjutan meliputi pemantauan parameter proses (pH, kadar gula residu, viabilitas ragi) serta perlunya optimasi sakarifikasi kombinasi berat ragi dan waktu fermentasi untuk menyeimbangkan konsistensi yield, kemurnian dan kualitas produk bioetanol.

Kata kunci: Bioetanol; Nilai kalor; *Saccharomyces cerevisiae*; Singkong; Yield

1. Pendahuluan

Krisis energi global, termasuk di Indonesia, semakin mendesak karena permintaan energi yang terus meningkat seiring pertumbuhan populasi dan aktivitas ekonomi, sementara cadangan bahan bakar fosil menipis [1]. Ketergantungan pada bahan bakar fosil

menyebabkan ketidakstabilan pasokan dan berdampak negatif pada lingkungan melalui peningkatan emisi gas rumah kaca, sehingga diperlukan solusi energi terbarukan yang berkelanjutan [2].

Bioetanol merupakan kandidat bahan bakar alternatif yang menjanjikan karena beberapa keunggulan: kandungan oksigen yang lebih tinggi, angka oktan yang lebih baik, dan emisi CO₂ yang relatif lebih rendah dibandingkan bahan bakar minyak, sehingga berpotensi mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan kualitas pembakaran [3]. Selain itu, pemanfaatan bahan baku lokal yang melimpah meningkatkan kelayakan ekonomi produksi bioetanol. Di Indonesia, singkong (*Manihot esculenta*) layak dikembangkan sebagai bahan baku bioetanol karena kandungan pati dan gula yang tinggi serta adaptabilitasnya pada lahan marginal, menjadikannya sumber substrat fermentable yang ekonomis [4], [5].

Efisiensi produksi bioetanol dipengaruhi oleh tahap pretreatment, hidrolisis pati menjadi gula fermentable, serta kondisi fermentasi dan pemurnian. Struktur polisakarida pada biomassa memerlukan hidrolisis efektif agar glukosa tersedia untuk konversi menjadi etanol; pretreatment dan parameter hidrolisis menentukan jumlah gula yang dapat difermentasi [6]. Pada tahap fermentasi, variabel seperti massa ragi (starter *Saccharomyces cerevisiae*), waktu fermentasi, suhu, pH, dan ketersediaan nutrisi secara langsung memengaruhi laju fermentasi, yield, dan kadar etanol akhir [7], [8]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa peningkatan massa ragi dapat mempercepat konversi glukosa menjadi etanol tetapi tidak selalu meningkatkan yield secara linear, dan variasi durasi fermentasi dapat menaikkan kadar etanol namun memengaruhi volume distilat akhir [9], [10], [11].

Penelitian ini memiliki kebaruan dalam mengoptimalkan proses fermentasi bioetanol berbahan dasar singkong melalui kombinasi variasi massa ragi dan waktu fermentasi secara simultan untuk menentukan kondisi paling efisien terhadap yield, kadar etanol, dan nilai kalor. Berbeda dari penelitian terdahulu yang umumnya hanya memfokuskan pada salah satu variabel proses, studi ini mengkaji interaksi kedua faktor tersebut secara komprehensif pada bahan baku lokal (singkong) yang potensial dan mudah diperoleh di Indonesia. Pendekatan ini diharapkan dapat menghasilkan formulasi proses fermentasi yang lebih adaptif, ekonomis, dan berkelanjutan bagi pengembangan energi terbarukan nasional.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, artikel ini mengkaji pengaruh variasi berat ragi (5%, 10%, 15%) dan variasi waktu fermentasi (72, 96, 120 jam) terhadap produksi bioetanol berbahan dasar singkong, dengan fokus pada tiga indikator kinerja: yield bioetanol, kadar etanol, dan nilai kalor. Tujuannya adalah mengidentifikasi kombinasi kondisi proses yang memberikan efisiensi konversi paling baik sehingga dapat menjadi rujukan dalam pengembangan teknologi bioetanol berbasis singkong yang lebih efisien dan berkelanjutan [10], [11].

2. Metode

Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen, yakni suatu penelitian untuk mengetahui hasil pengamatan dengan melakukan percobaan [12].

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pisau
2. Talenan

3. Neraca analitik
4. Blender
5. Saringan kain
6. Beaker glass 1000 mL
7. Gelas ukur 100 mL
8. Spatula kayu
9. Hot plate
10. Batang pengaduk
11. Mortar
12. Dirigen
13. Rotary Evaporator
14. Alkoholmeter
15. Bom kalorimeter

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Singkong
2. Aquades
3. Ragi (*Saccharomyces cerevisiae*)

Variabel Penelitian

1. Variabel bebas pada pengujian ini adalah variasi berat ragi 5%, 10%, 15% dan variasi waktu fermentasi 72 jam, 96 jam, dan 120 jam.
2. Variabel terikat pada pengujian ini adalah yield bioetanol, kadar bioetanol, dan nilai kalor

Prosedur Pembuatan Bioetanol

Singkong dipersiapkan dengan cara dikupas, dicuci bersih, dan dihaluskan hingga menjadi tepung atau pasta homogen; setiap sampel ditimbang sehingga berat bahan baku awal adalah 100 g. Untuk proses hidrolisis, serbuk singkong dicampur dengan aquades pada perbandingan padat:cair 1:2 (100 g : 200 mL) lalu dilakukan likuifikasi dengan pemanasan pada suhu 100°C hingga terjadi gelatinisasi; setelah itu bahan didinginkan ke suhu optimal untuk langkah selanjutnya. Sakarifikasi dilaksanakan dengan mendinginkan jel hasil likuifikasi kemudian langsung ditambahkan ragi *Saccharomyces cerevisiae* sesuai perlakuan (5%, 10%, atau 15% berat) dan dicampurkan merata, setelah itu campuran dipindahkan ke dalam dirigen sebagai fermentor dan ditutup rapat. Fermentasi berlangsung dalam kondisi anaerob pada suhu ruang 25–30°C dengan durasi percobaan 72 jam, 96 jam, dan 120 jam sesuai perlakuan; setelah fermentasi selesai, medium difermentasi difiltrasi untuk memisahkan cairan hasil fermentasi dari padatan. Filtrat kemudian dimurnikan melalui proses distilasi menggunakan rotary evaporator dengan pemanasan sehingga uap etanol mengembun pada rentang suhu operasi sekitar 78–80°C; distilat etanol yang terkumpul diukur kadar dan volumenya untuk perhitungan yield, kadar etanol, dan pengujian nilai kalor. bahwa fermentasi dilakukan secara anaerob dan dijaga agar tidak terkontaminasi udara.

Pengujian Bioetanol

Pengujian bioetanol dilakukan dengan menentukan yield bioetanol dengan perhitungan berdasarkan volume bioetanol yang diperoleh, mengukur kadar bioetanol menggunakan

alcoholmeter, serta menguji nilai kalor bioetanol menggunakan bom kalorimeter. Rumus yield bioetanol dijelaskan sebagai berikut:

$$\text{Yield \%} = \frac{\text{Volume Bioetanol (mL)}}{\text{Berat Bahan Baku (g)}} \times 100$$

Untuk menjamin reliabilitas data, setiap perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan (*triplo*). Hasil pengamatan yang diperoleh dihitung rata-ratanya dan dianalisis keseragamannya, guna meminimalkan kesalahan eksperimental dan meningkatkan keandalan hasil penelitian.

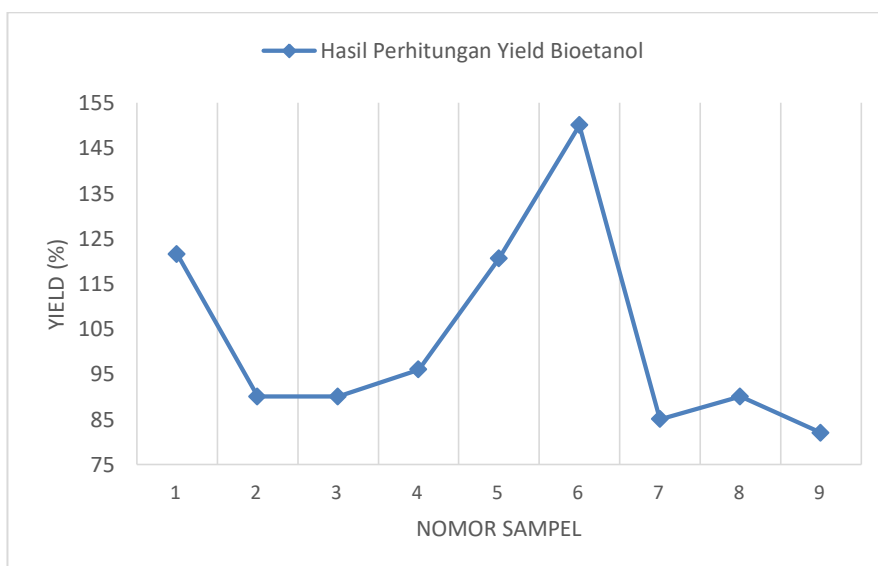
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil

Yield bioetanol dihitung sebagai perbandingan volume bioetanol yang diperoleh dari proses distilasi terhadap volume bahan baku yang digunakan. Tabel 1 menunjukkan hasil yield untuk setiap kombinasi berat ragi dan waktu fermentasi sesuai data percobaan.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Yield Bioetanol

No.	Ragi	Fermentasi	Yield Bioetanol (%)
1	5%	72 Jam	121,5
2	5%	96 Jam	90
3	5%	120 Jam	90
4	10%	72 Jam	96
5	10%	96 Jam	120,5
6	10%	120 Jam	150
7	15%	72 Jam	85
8	15%	96 Jam	90
9	15%	120 Jam	82



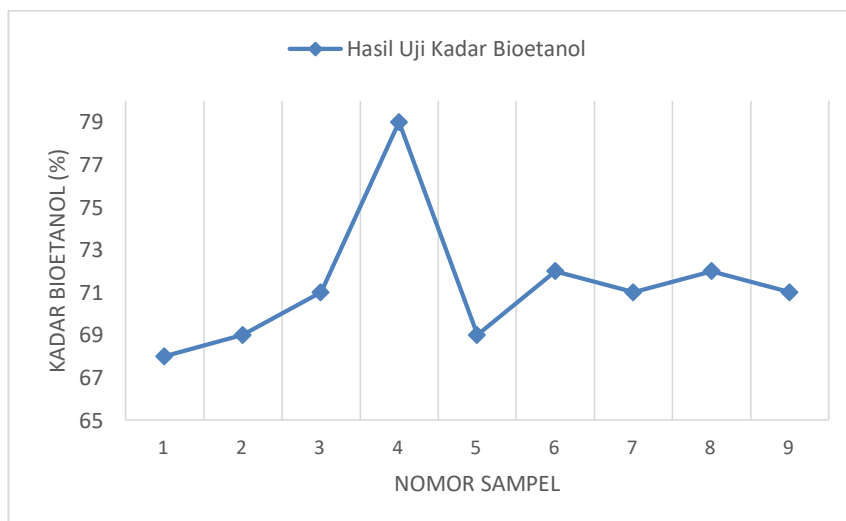
Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa yield tertinggi dicapai pada perlakuan 10% ragi dan fermentasi 120 jam (150%), sedangkan yield terendah tercatat pada 15% ragi dan fermentasi 120 jam (82%). Pola data mengindikasikan bahwa level ragi 10% memberikan

respons positif terhadap perpanjangan waktu fermentasi (96 → 120 jam), sedangkan pada 5% dan 15% yield tidak meningkat konsisten dengan waktu dalam rentang percobaan.

Kadar bioetanol diukur menggunakan alkoholmeter pada hasil distilasi. Tabel 2 menampilkan konsentrasi etanol untuk tiap perlakuan sesuai data.

Tabel 2. Hasil Uji Kadar Bioetanol

No.	Ragi	Fermentasi	Kadar Bioetanol (%)
1	5%	72 Jam	68
2	5%	96 Jam	69
3	5%	120 Jam	71
4	10%	72 Jam	79
5	10%	96 Jam	69
6	10%	120 Jam	72
7	15%	72 Jam	71
8	15%	96 Jam	72
9	15%	120 Jam	71



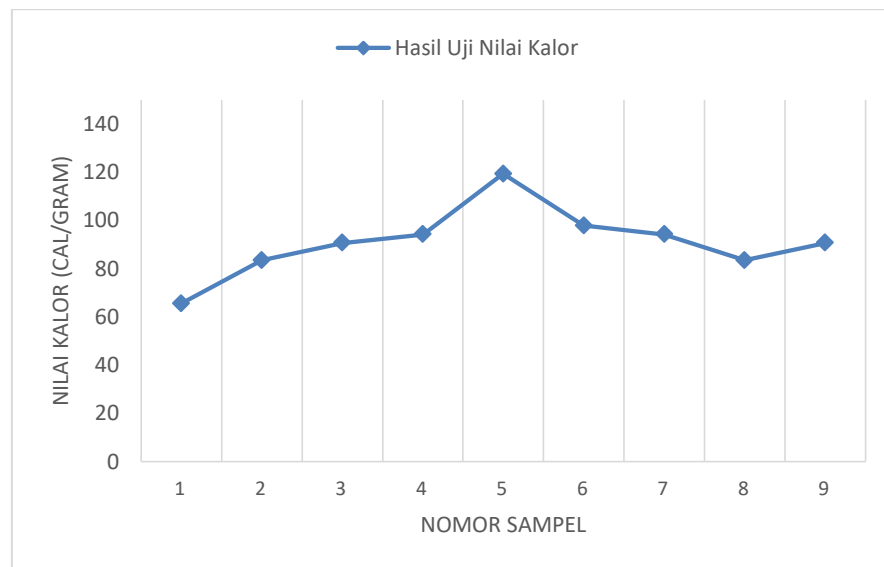
Berdasarkan Tabel 2, kadar etanol tertinggi tercatat pada 10% ragi dan fermentasi 72 jam (79%). Untuk ragi 5% kadar menaik perlahan dengan waktu (68 → 71%), sedangkan ragi 15% relatif stabil (71–72%). Perilaku ragi 10% bersifat tidak linier terhadap waktu dalam percobaan ini: puncak kadar pada 72 jam diikuti penurunan pada 96 jam lalu kenaikan kembali pada 120 jam.

Nilai kalor diukur dengan bomb kalorimeter dan dilaporkan dalam satuan Cal/gram. Tabel 3 memperlihatkan hasil pengukuran sesuai perlakuan.

Tabel 3. Hasil Uji Nilai Kalor

No.	Ragi	Fermentasi	Nilai Kalor (Cal/gram)
1	5%	72 Jam	65,54
2	5%	96 Jam	83,48
3	5%	120 Jam	90,63
4	10%	72 Jam	94,23
5	10%	96 Jam	119,30
6	10%	120 Jam	97,79
7	15%	72 Jam	94,22

8	15%	96 Jam	83,51
9	15%	120 Jam	90,65



Tabel 3 memperlihatkan nilai kalor tertinggi pada 10% ragi dan fermentasi 96 jam (119,30 Cal/gram). Untuk ragi 5% dan 15% nilai kalor cenderung meningkat dari 72 ke 120 jam, sedangkan pada ragi 10% nilai kalor mencapai puncak pada 96 jam lalu menurun pada 120 jam. Pola ini menunjukkan kombinasi ragi dan durasi fermentasi memengaruhi kandungan energi produk akhir, dan kondisi optimal untuk nilai kalor pada percobaan ini adalah 10% ragi dengan 96 jam fermentasi.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi berat ragi dan lama fermentasi berpengaruh terhadap hasil produksi bioetanol, kadar etanol, dan nilai kalor. Namun, pengaruh keduanya tidak selalu meningkat secara sejalan, karena hasil terbaik bergantung pada kombinasi antara jumlah ragi dan waktu fermentasi yang digunakan.

Pada penelitian ini, ragi dengan konsentrasi 10% memberikan hasil paling optimal dibandingkan perlakuan lain. Kombinasi 10% ragi dan fermentasi 120 jam menghasilkan yield tertinggi sebesar 150%, artinya jumlah etanol yang dihasilkan paling banyak. Sementara itu, kadar etanol tertinggi (79%) diperoleh pada kombinasi 10% ragi dan 72 jam fermentasi, dan nilai kalor tertinggi (119,30 Cal/gram) tercapai pada kombinasi 10% ragi dan 96 jam fermentasi. Hal ini menunjukkan bahwa ragi 10% merupakan titik optimal aktivitas mikroba *Saccharomyces cerevisiae* dalam mengubah gula menjadi etanol, meskipun hasil terbaik berbeda tergantung pada parameter yang diukur.

Secara umum, semakin lama fermentasi, yield bioetanol cenderung meningkat, terutama pada ragi 10%. Namun, pada ragi 5% dan 15%, hasilnya tidak stabil. Ragi terlalu sedikit tidak mampu mempertahankan aktivitas fermentasi dalam waktu lama, sedangkan ragi terlalu banyak dapat menyebabkan persaingan nutrisi dan menghasilkan zat samping yang menurunkan efisiensi konversi.

Kadar etanol tidak selalu sejalan dengan yield. Misalnya, kadar tertinggi muncul lebih cepat (72 jam) pada ragi 10%, lalu sedikit menurun pada waktu fermentasi berikutnya. Hal ini bisa terjadi karena semakin lama fermentasi, sebagian etanol mungkin menguap atau

mengalami konversi menjadi senyawa lain. Jadi, kadar etanol tinggi belum tentu menghasilkan jumlah etanol total yang lebih besar.

Nilai kalor bioetanol menunjukkan hubungan erat dengan kemurnian etanol. Semakin murni etanol yang dihasilkan, semakin tinggi nilai kalornya. Kondisi fermentasi terbaik dalam penelitian ini adalah pada ragi 10% selama 96 jam, karena menghasilkan nilai kalor tertinggi. Pada kondisi lain, nilai kalor lebih rendah karena kemungkinan adanya campuran air atau zat organik lain dalam distilat.

Secara praktis, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa proses fermentasi bioetanol dari singkong perlu disesuaikan dengan tujuan produksi. Jika tujuannya memperoleh yield tertinggi, maka fermentasi 120 jam dengan ragi 10% paling efisien. Jika ingin kadar etanol tinggi dalam waktu lebih singkat, maka fermentasi 72 jam lebih cocok. Jika fokusnya pada energi bahan bakar (nilai kalor tinggi), maka fermentasi 96 jam menjadi pilihan terbaik.

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti belum dilakukan pengukuran pH, suhu, gula residu, dan aktivitas ragi selama fermentasi. Faktor-faktor tersebut dapat memengaruhi hasil akhir bioetanol. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan pemantauan parameter proses secara berkala dan analisis komposisi distilat agar mekanisme pembentukan etanol dapat dipahami lebih mendalam.

4. Kesimpulan

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa variasi berat ragi berpengaruh signifikan terhadap ketersediaan substrat fermentasi dan hasil akhir produksi bioetanol, di mana perlakuan dengan ragi 10% memberikan performa terbaik secara keseluruhan pada rentang parameter yang diuji. Kombinasi berat ragi dan durasi fermentasi juga menentukan keluaran berbeda: perlakuan 10% ragi dengan fermentasi 120 jam menghasilkan yield bioetanol tertinggi sebesar 150%, sedangkan kadar bioetanol tertinggi sebesar 79% dicapai pada 10% ragi dengan fermentasi 72 jam, dan nilai kalor tertinggi sebesar 119,30 Cal/gram diperoleh pada 10% ragi dengan fermentasi 96 jam. Temuan ini menegaskan bahwa optimasi proporsi starter—bukan peningkatan massa ragi semata—dan penentuan durasi fermentasi yang tepat mampu meningkatkan efisiensi konversi singkong menjadi bioetanol serta kualitas energinya. Penelitian ini berpotensi diterapkan dalam skala industri kecil atau unit bioenergi desa, dengan memanfaatkan bahan baku lokal seperti singkong untuk menghasilkan bioetanol sebagai sumber energi alternatif. Pendekatan ini dapat mendukung kemandirian energi pedesaan, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, serta membuka peluang ekonomi berbasis sumber daya lokal. Selain itu kontribusi pada pengembangan teknologi bioetanol berbasis sumber daya hayati dengan menunjukkan kondisi operasi yang potensial untuk produksi yang lebih efisien; rekomendasi lanjutan meliputi monitoring parameter proses (pH, kadar gula residu, viabilitas ragi) dan optimasi tahap sakarifikasi serta pemurnian untuk memaksimalkan konsistensi dan kemurnian produk.

Referensi

- [1] M. P. Pasaribu, H. Maksum, Wagino, and T. Sugiarto, “Pengaruh Bioetanol Dari Limbah Kulit Pisang Dengan Campuran Bahan Bakar Sepeda Motor Terhadap Emisi Gas Buang,” *J. Teknol. dan Pendidik. Vokasi Indones.*, no. November 2024, pp. 595–602, 2025.
- [2] R. Siskayanti, L. Muliati, M. F. Abdan, R. N. Jamilah, and G. M. F. Wathoni, “Pembuatan Bioetanol Dari Kulit Nanas Menggunakan *Saccaromyces Cerevisiae* Terimobilisasi Butiran Alginate,” *J. Redoks*, vol. 8, no. 1, pp. 70–80, 2023, doi: 10.31851/redoks.v8i1.11865.
- [3] Herliati, S. Sefaniyah, and A. Indri, “Pemanfaatan limbah kulit pisang sebagai Bahan Baku pembuatan Bioetanol,” *J. Teknol.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–10, 2019, doi: 10.31479/jtek.v6i1.1.
- [4] A. Y. M. Simanjuntak and R. Subagyo, “Analisis Hasil Fermentasi Pembuatan Bioetanol Dengan Variasi Waktu Menggunakan Bahan (Singkong, Beras Ketan Hitam Dan Beras Ketan Putih),” *Sci. J. Mech. Eng. Kinemat.*, vol. 4, no. 2, pp. 79–90, 2019, doi: 10.20527/sjmekinematika.v4i2.119.
- [5] Kusmiyati, “Perbandingan Umbi Iles-Iles dan Singkong Sebagai Substrat Fermentasi *Saccharomyces cerevisiae* dalam Produksi Bioetanol,” *Bioteknologi*, vol. 7, no. 2, pp. 63–72, 2010.
- [6] A. P. Mayang, R. P. Sari, and R. Fathoni, “Pembuatan Glukosa Dari Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca* L.) Dengan Proses Hidrolisis,” *J. Integr. Proses*, vol. 8, no. 1, p. 39, 2019, doi: 10.36055/jip.v8i1.5608.
- [7] D. T. Retno and W. Nuri, “Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang,” *Pros. Semin. Nas. Tek. Kim. “Kejuangan” Pengemb. Teknol. Kim. untuk Pengolah. Sumber Daya Alam Indones.*, pp. E11-1-E11-7, 2011.
- [8] T. Khazalina, “*Saccharomyces cerevisiae* in making halal products based on conventional biotechnology and genetic engineering,” *J. Halal Prod. Res.*, vol. 3, no. 2, p. 88, 2020, doi: 10.20473/jhpr.vol.3-issue.2.88-94.
- [9] J. M. Hutagalung, G. Murdikaningrum, M. Yulianti, and S. Nurcahyani, “Potensi limbah kulit dan biji rambutan (*Nephelium lappaceum* L) sebagai bioetanol,” *Compos. J. Ilmu Pertan.*, vol. 5, no. 2, pp. 76–85, 2023, doi: 10.37577/composite.v5i2.578.
- [10] I. S. Firdaus, E. Marlina, and N. Robbi, “PROSES PRODUKSI BIOETANOL DARI SINGKONG DAN PENGARUH LAMA FERMENTASI TERHADAP KADAR ALKOHOL,” *J. Sains dan Teknol. Tek. Mesin Unisma*, vol. 15, 2020.
- [11] S. Mujiarto, J. Priyanto, and S. J. Purnomo, “PENGARUH KONSENTRASI RAGI DAN DEHIDRASI ZEOLIT TERHADAP PEMBUATAN BIOETANOL SINGKONG (MANIHOT UTILISSIMA),” *Rotary*, vol. 6, no. 2, pp. 171–182, 2024, doi: 10.20527/jtam.
- [12] G. P. Arimba, Jasman, Hasanuddin, and Syahrul, “Pemurnian Bioetanol Limbah Kulit Nanas Menggunakan Alat Distilasi Sederhana Model Kolom Refluks,” *J. Zarah*, vol. 7, no. 1, pp. 22–28, 2019, doi: 10.31629/zarah.v7i1.1173.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)
