JURNAL KIMIA MULAWARMAN
Vol 23, No. 2, Jan - Jun 2026 pp. 70-75
https://jurnal.kimia.fmipa.unmul.ac.id/index.php/JKM
P-ISSN 1693-5616 E-ISSN 2476-9258

Synthesis of Bioethanol from Beneng Taro Tubers (*Xanthosoma undipes* K.Koch) Using Tofu Dregs as a Source of Fermentation Nutrients

Millenica Estrin Ronyarta [a], Rudi Kartika [a], Aman Sentosa Panggabean [a], Subur P. Pasaribu [a,*]

[a] Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Indonesia
* Corresponding Author: rudi_biokimia@yahoo.com

ABSTRACT

Bioethanol is an alternative energy source that can be used as a substitute for fossil fuels. It is a renewable bioenergy product that produces minimal pollution, thus reducing harmful gas emissions and contributing to a lower greenhouse effect compared to fossil fuels. Bioethanol can be produced from materials containing sugar, starch, or cellulose-containing plants through a fermentation process assisted by *Saccharomyces cerevisiae*. Beneng taro tubers, with their relatively high starch content, are one alternative material for bioethanol production. The success of the fermentation process is influenced by the fermentation time, nutrients, and yeast used. In the bioethanol fermentation process, tofu dregs are used as nutrients for the growth of microorganisms. Therefore, this study was conducted with the aim of utilizing beneng taro tubers as an alternative material for bioethanol production by analyzing the effect of tofu pulp as a nutrient for microorganism growth and fermentation time. The stages of glucose synthesis into bioethanol include pre-treatment, fermentation, and purification by distillation. In this study, the nutrient content of tofu dregs used in the fermentation process varied: 5, 10, 15, and 20 (g) with fermentation times of 4, 6, 8, and 10 (days). Based on the results of the study, the optimum fermentation process conditions are using 15 g of tofu pulp for 8 days, which will produce an ethanol content of 59.11%.

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

Article History
Received 2023-12-21
Revised 2025-10-21
Accepted 2026-01-13
Publish 2026-05-31

Keywords
Bioethanol,
Beneng taro tuber,
Fermentation,
Tofu dregs.

1. Pendahuluan

Konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia semakin besar dan menurut data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Republik Indonesia pada tahun 2022 telah mencapai lebih dari 1.100 *Million Barrel Oil Equivalent* (MBOE), meningkat sekitar 30% apabila dibandingkan dengan 10 tahun sebelumnya. Hal tersebut dikarenakan terjadinya peningkatan konsumsi bahan bakar minyak di sektor industri dan transportasi [1]. Maka diperlukan pengembangan sumber energi baru dan terbarukan untuk memenuhi kebutuhan sumber energi dalam negeri yang terus meningkat.

Bioenergi merupakan salah satu jenis energi terbarukan yang memiliki prospek besar untuk dikembangkan di Indonesia karena sumbernya melimpah dan beragam. Bioenergi akan dikonversi dari hasil sumber daya alam menjadi energi baru yang menghasilkan sedikit polusi sehingga ramah lingkungan dan memiliki jejak karbon yang rendah dibandingkan bahan bakar fosil [2] sehingga dapat menurunkan emisi gas berbahaya serta menghasilkan efek rumah kaca lebih sedikit dibandingkan bahan bakar fosil.

Bioetanol yang merupakan bioenergi adalah etanol yang dibuat dengan cara fermentasi biomassa yang mengandung pati, gula, dan tanaman berselulosa [3], umbi talas [4], [5],

singkong, jagung, sorgum, kentang dapat dikonversi menjadi bioetanol melalui proses fermentasi dengan bantuan mikroorganisme [2], [6], [7].

Pada penelitian ini digunakan jenis umbi talas beneng karena memiliki kadar pati cukup tinggi, dan selama ini kurang termanfaatkan sebagai tanaman pangan karena kandungan oksalat yang cukup tinggi. Pengembangan bioetanol membutuhkan nutrisi dan ampas tahu merupakan salah satu nutrisi sebagai sumber nitrogen yang memiliki kadar protein tinggi yaitu 22,2%, sehingga dapat digunakan sebagai sumber nitrogen untuk pembentukan enzim dan kadar lipid yang tinggi dapat digunakan sebagai sumber karbon [8].

2. Metodologi Penelitian

2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik S-AR 210 Fujitsu, kromatografi gas (GC) Tipe 17A 2010 Shimadzu, ayakan, bioreaktor terdiri dari *beaker glass* dan pengaduk kaca, rangkaian alat distilasi terdiri dari labu distilasi, *still head*, termometer, kondensor, selang, *still receiver*, labu distilat, bak penampung air, dan pompa.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah umbi talas beneng (*Xanthosoma undipes* K.Koch), akuades, ampas tahu, dan ragi roti (*Saccharomyces cerevisiae*).

2.2. Prosedur Penelitian

2.2.1. Tahap Preparasi

Pada tahap preparasi, sampel umbi talas beneng dicuci, dipotong, dikeringkan dan dihaluskan kemudian disaring menggunakan ayakan 60 mesh. Dilakukan pengayakan untuk memisahkan sampel dengan padatan asing yang tercampur sebelumnya. Sampel yang telah diayak, dimasukkan ke dalam wadah plastik dan dilakukan tahapan fermentasi.

2.2.2. Tahap Fermentasi

Tahap fermentasi dilakukan dengan mempersiapkan serbuk umbi talas dengan menambahkan akuades sebanyak 400 mL dan memastikan pH gula larutan sampel sekitar 3-4. Kemudian ampas tahu dan ragi roti ditambahkan dengan memanaskan larutan sampel selama 15 menit dengan suhu 80 °C. Larutan didinginkan hingga suhu ruang dan membagi larutan sampel menjadi 4 bagian. Setelah itu, diamkan tiap larutan sampel selama 4 hari, 6 hari, 8 hari, dan 10 hari pada suhu ruang untuk dilanjutkan ke tahap pemurnian.

2.2.3. Tahap Pemurnian

Tahap pemurnian dilakukan dengan proses distilasi dengan suhu 80 °C selama 4 jam. Bioetanol sebagai hasil pemurnian dianalisa menggunakan kromatografi gas dengan menyiapkan 1 µL larutan hasil fermentasi.

2.2.4. Tahap Analisis

Pada penelitian ini terdapat perhitungan analisis yaitu menentukan kadar bioetanol dalam larutan sampel dengan membaca hasil kromatogram, kemudian dilakukan perhitungan luas puncak etanol dari kromatogram dengan persamaan berikut:

$$Kadar\ Etanol\ = \frac{Luas\ Area\ Larutan\ Sampel}{Luas\ Area\ Larutan\ Standar} \times\ Larutan\ Standar\ (\%) \qquad (1)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Fermentasi

Serbuk umbi talas beneng hasil dari proses pengeringan dilanjutkan dengan proses fermentasi menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* sebagai mikroorganisme yang akan bekerja mengubah glukosa menjadi etanol dan ampas tahu sebagai nutrisi mikroorganisme untuk memaksimalkan kinerjanya. Pada proses fermentasi ini digunakan variasi waktu fermentasi dan massa ampas tahu yang bertujuan untuk mengetahui hasil paling optimal dari lama fermentasi dan penambahan massa nutrisi untuk menghasilkan bioetanol. Adapun perbandingan dari nutrisi mikroorganisme dengan *Saccharomyces cerevisiae* yaitu 1:1.

Tabel 1. Waktu fermentasi terhadap persen rendemen volume bioetanol

Waktu Fermentasi (Hari)	Massa Nutrisi (g)	Volume Fermentasi (mL)	Volume Distilat (mL)	Volume Distilat di GC (mL)	Rendemen (%)
4	5	100	4.5	21	4,5
	10		6.0	21	6
	15		8.0	21	8
	20		7.5	21	7,5
6	5	100	10.0	21	10
	10		10.5	21	10,5
	15		14.0	21	14
	20		13.0	21	13
8	5	100	17.0	21	17
	10		19.0	21	19
	15		21.0	21	21
	20		19.5	21	19,5
10	5	100	4.6	21	4,6
	10		6.0	21	6
	15		9.0	21	9
	20		8.5	21	8,5

Umbi talas beneng yang telah difermentasi selanjutnya dilakukan proses distilasi untuk memisahkan komponen etanol yang terbentuk selama fermentasi. Kemudian hasil distilasi yang didapat diukur volumenya. Berdasarkan Tabel 1 didapatkan hasil bahwa kadar etanol yang dihasilkan dengan penambahan nutrisi ampas tahu menghasilkan persen rendemen sebesar 21%.

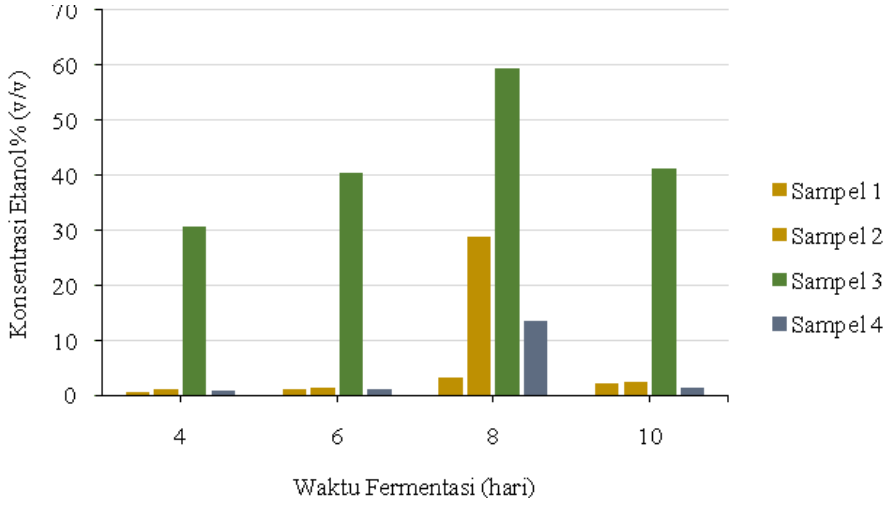
3.2. Kadar Etanol Hasil Pengukuran Kromatografi Gas

Etanol yang diperoleh dari proses fermentasi dan distilasi kemudian dianalisa kadar etanolnya menggunakan instrumen kromatografi gas. Hasil analisa kromatografi gas dapat dilihat di https://drive.google.com/drive/folders/1_DWWYigFBtoC2a4wu8s17MijGlovWFmb?usp=sharing, dan pada Tabel 2 menunjukkan konsentrasi etanol dari umbi talas beneng yang dihasilkan.

Tabel 2. Hasil fermentasi dari pengaruh ampas tahu terhadap konsentrasi etanol dengan instrumen kromatografi gas

Waktu Fermentasi (Hari)	Massa Nutrisi (g)	Waktu Retensi (min)	Luas Area (µV.min)	Kadar Etanol (%)
4	5	3,88	3,30	0,41
	10	3,89	9,30	1,17
	15	3,89	24,80	3,11
	20	3,89	16,80	2,11
6	5	3,89	8,40	1,05
	10	3,89	10,30	1,29
	15	3,88	228,60	28,70
	20	3,89	18,90	2,37
8	5	3,88	242,80	30,48
	10	3,89	320,80	40,27
	15	3,87	470,90	59,11
	20	3,88	327,60	41,12
10	5	3,87	6,90	0,87
	10	3,89	9,40	1,18
	15	3,90	106,30	13,34
	20	3,89	11,10	1,39
Etanol		3,94	78585,80	98,64

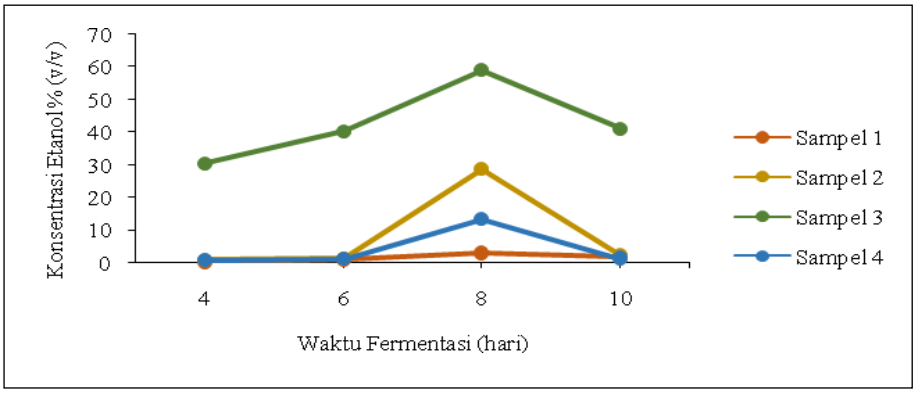
Berdasarkan dari hasil kadar etanol yang diperoleh pada Tabel 2 dapat dibuat grafik hubungan antara lama fermentasi dan penambahan nutrisi terhadap kadar etanol yang dihasilkan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan antara lama fermentasi dan penambahan nutrisi terhadap kadar etanol

3.3. Pengaruh Waktu Fermentasi dan Nutrisi Fermentasi Ampas Tahu terhadap Kadar Etanol

Massa ampas tahu dan ragi roti divariasikan dengan rasio massa umbi talas beneng : ampas tahu : *Saccharomyces cerevisiae* yang digunakan yaitu 4:1:1 (sampel 1) dengan massa umbi talas beneng sebanyak 20 g, massa ampas tahu sebanyak 5 g, dan massa *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 5 g; 4:2:2 (sampel 2) dengan massa umbi talas beneng sebanyak 20 g, massa ampas tahu sebanyak 10 g, dan massa *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 10 g; 4:3:3 (sampel 3) dengan massa umbi talas beneng sebanyak 20 g, massa ampas tahu sebanyak 15 g, dan massa *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 15 g; dan 4:4:4 (sampel 4) dengan massa umbi talas beneng sebanyak 20 g, massa ampas tahu sebanyak 20 g, dan massa *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 20 g, dapat dilihat dari Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Grafik penambahan nutrisi terhadap kadar etanol

Berdasarkan Gambar 2, pada sampel 1 menuju sampel 3 terlihat bahwa kadar etanol mengalami peningkatan sampai batas waktu 8 hari dan pada sampel 4 mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa ampas tahu dapat mempengaruhi kadar pembentukan etanol dalam larutan selama proses fermentasi. Dimana semakin besar jumlah ampas tahu dan *Saccharomyces cerevisiae* pada larutan fermentasi maka kadar etanol yang dihasilkan semakin tinggi. Hal ini disebabkan jumlah sumber nutrisi yang tersedia sebanding dengan *Saccharomyces cerevisiae*. Sedangkan berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Ardiyanti [9] etanol yang dihasilkan akan menurun jika ragi meningkat dengan sumber nutrisi tetap karena *Saccharomyces cerevisiae* lebih banyak menggunakan nutrisi untuk bertahan hidup. Pada penelitian ini proses fermentasi akan berhenti saat konsentrasi etanol yang terbentuk sekitar 12–15%. Hal ini terjadi karena sel hidup bakteri hanya toleran terhadap etanol pada konsentrasi tertentu sehingga saat konsentrasi etanol sudah melebihi batas

toleransi bakteri maka pertumbuhan bakteri akan terhambat dan menghentikan proses fermentasi [5], [10].

Seiring penambahan ampas tahu sebagai nutrisi, maka kadar etanol yang dihasilkan semakin tinggi. Pada waktu fermentasi hari ke 4, kadar etanol yang dihasilkan masih sedikit. Hal ini dikarenakan pada saat tersebut masih memasuki fase pertumbuhan yaitu fase lag, dimana pada fase tersebut mikroorganisme masih beradaptasi dengan media pertumbuhan yang baru sehingga amilase yang dihasilkan sedikit dan kadar etanol yang dihasilkan pun sedikit. Pada waktu fermentasi 6-8 hari, kadar etanol mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan pada saat itu pertumbuhan mikroorganisme sedang memasuki fase eksponensial sehingga aktivitas amilase yang dihasilkan semakin meningkat dan kadar etanol yang dihasilkan pun semakin meningkat [15]. Kadar etanol mengalami penurunan pada waktu fermentasi 10 hari. Hal ini disebabkan karena banyaknya glukosa dari sampel yang telah terurai seluruhnya menjadi etanol dan sebagian etanol yang dihasilkan telah teroksidasi menjadi asam asetat yang dapat menyebabkan kematian pada *Saccharomyces cerevisiae* [3], [11], [12].

Kadar etanol semakin bertambah seiring dengan bertambahnya ampas tahu. Pada saat kondisi media dalam keadaan aerobik mikroorganisme belum menghasilkan etanol karena mikroorganisme hanya melakukan respirasi biasa. Ketika terjadinya laju perkembangbiakan mikroorganisme yang sangat cepat pada awal fermentasi menyebabkan laju konsumsi glukosa juga semakin cepat sehingga ketika memasuki kondisi anaerobik artinya saat mikroorganisme sudah bisa menghasilkan etanol, ketersediaan glukosa dalam media sudah mulai menipis [7], [13]. Pertumbuhan mikroorganisme dipengaruhi tersedianya nutrisi yang cukup dalam larutan fermentasi. Semakin besar konsentrasi sumber nitrogen yang ditambahkan ke dalam media fermentasi maka semakin besar jumlah sel mikroorganisme yang terbentuk [2], [14]. Hal ini juga berbanding lurus dengan penambahan *Saccharomyces cerevisiae* dalam larutan fermentasi. Dalam proses fermentasi jumlah enzim yang terlalu sedikit akan menyebabkan waktu fermentasi berjalan lambat. Sedangkan jumlah enzim yang terlalu tinggi dapat menyebabkan banyak alkohol yang terkonversi saat awal proses sehingga banyak glukosa yang belum terkonversi [8], [15], [16].

Semakin besar jumlah ampas tahu yang ditambahkan maka semakin tinggi kadar etanol yang dihasilkan. Begitu juga sebaliknya, semakin kecil jumlah ampas tahu pada larutan fermentasi maka kadar etanol yang dihasilkan semakin rendah. Peristiwa ini dikarenakan adanya pengaruh ampas tahu sebagai sumber nitrogen yang ditambahkan pada larutan fermentasi. Nitrogen akan menyusup ke jaringan bakteri untuk sintesis protein. Sintesis protein merupakan proses memproduksi senyawa polipeptida dalam tubuh bakteri yang berguna untuk perkembangbiakan bakteri, sehingga penambahan nutrisi dapat meningkatkan jumlah bakteri dalam larutan fermentasi [1], [6]. Penambahan nutrisi pada larutan fermentasi mampu meningkatkan populasi bakteri sehingga penambahan nutrisi dapat meningkatkan aktivitas bakteri dalam memanfaatkan glukosa dan memproduksi etanol [4], [17]. Bakteri *Saccharomyces cerevisiae* akan memanfaatkan glukosa yang terdapat pada larutan fermentasi untuk pertumbuhan sel dan produksi etanol. Sel akan merombak glukosa menjadi etanol melalui proses glikolisis.

4. Kesimpulan

Rendemen bioetanol optimum yang dihasilkan melalui proses fermentasi umbi talas beneng menggunakan nutrisi ampas tahu dan *Saccharomyces cerevisiae* disertai proses pemurnian diperoleh sebanyak 21%. Kadar bioetanol bertambah seiring dengan penambahan nutrisi ampas tahu dalam larutan fermentasi dengan kadar tertinggi 59,11% ketika penambahan 15 g ampas tahu selama 8 hari fermentasi.

References

[1] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, “Hadiri forum bioetanol, Menteri ESDM ungkap pemanfaatan BBN di sektor transportasi,” *ESDM*, 2023. [Online]. Available: https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/

[2] S. Jain and S. Kumar, "A comprehensive review of bioethanol production from diverse feedstocks: Current advancements and economic perspectives," *Energy*, vol. 296, Mar. 2024, Art. no. 131130, doi: 10.1016/j.energy.2024.131130.

[3] T. J. Tse, D. J. Wiens, and M. J. T. Reaney, "Production of bioethanol—A review of factors affecting ethanol yield," *Fermentation*, vol. 7, no. 4, pp. 1–18, 2021, doi: 10.3390/fermentation7040268.

[4] Y. Febriani, B. R. Sidharta, and F. S. Pranata, "Produksi bioetanol pati umbi talas (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) dengan variasi konsentrasi inokulum dan waktu fermentasi *Zymomonas mobilis*," *Biota J. Ilm. Ilmu-Ilmu Hayati*, vol. 5, no. 2, pp. 92–98, 2020, doi: 10.24002/biota.v5i2.2506.

[5] K. Jonathan and M. T. Gultom, "Evaluasi efektivitas efektif mikroorganisme (EM) berbasis buah-buahan dan sayur-sayuran dalam menurunkan parameter pencemar limbah cair tahu," *Metta J. Ilmu Multidisiplin*, vol. 5, no. 2, pp. 69–83, 2025, doi: 10.37329/metta.v5i2.4151.

[6] A. Devi *et al.*, "A panoramic view of technological landscape for bioethanol production from various generations of feedstocks," *Bioengineered*, vol. 14, no. 1, pp. 81–112, 2023, doi: 10.1080/21655979.2022.2095702.

[7] I. Fikry, N. D. Wuryaningrum, A. Wahidin, and H. N. Abdillah, "Perkembangan bio-ethanol sebagai sumber energi alternatif di Indonesia," *J. Rekayasa Energi Mekanika*, vol. 4, no. 2, pp. 128–136, 2025.

[8] R. V. Okawanti, W. Astuti, and R. Kartika, "The ethanol making out of cempedak seeds (*Artocarpus champedan*) with tofu dregs addition as fermentation nutrition," *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 9, no. 2, pp. 622–625, 2020.

[9] S. Ardhiany, "Pengaruh penambahan ragi terhadap kadar alkohol pada proses pembuatan bioethanol dari kulit pisang," *J. Tek. Patra Akad.*, vol. 10, no. 1, 2019.

[10] G. R. Sahana *et al.*, "A review on ethanol tolerance mechanisms in yeast: Current knowledge in biotechnological applications and future directions," *Process Biochem.*, vol. 138, pp. 1–13, Jan. 2024, doi: 10.1016/j.procbio.2023.12.024.

[11] H. Zhang, P. Zhang, T. Wu, and H. Ruan, "Bioethanol production based on *Saccharomyces cerevisiae*: Opportunities and challenges," *Fermentation*, vol. 9, no. 8, p. 709, Jul. 2023, doi: 10.3390/fermentation9080709.

[12] M. A. Salam *et al.*, "The effect of glucose, temperature and pH on bioethanol production by *Saccharomyces cerevisiae*," *J. Popul. Ther. Clin. Pharmacol.*, vol. 31, no. 1, pp. 656–667, 2024. [Online]. Available: https://jptcp.com/index.php/jptcp/article/view/4174

[13] S. M. R. Khattab, M. Katahira, and T. Watanabe, "Engineering *Saccharomyces cerevisiae* for ethanol production from glycerol, xylose, acetic acid, and glucose," *Bioresour. Technol.*, vol. 435, p. 132921, Jun. 2025, doi: 10.1016/j.biortech.2025.132921.

[14] D. R. W. A. Hermawan, T. Utami, and M. N. Cahyanto, "Fermentasi etanol dari sari buah jambu mete (*Anacardium occidentale* L) oleh *Saccharomyces cerevisiae* FNCC 3015 menggunakan amonium sulfat dan urea sebagai sumber nitrogen," *Agritech*, vol. 20, no. 2, pp. 93–98, 2020, doi: 10.22146/agritech.13696.

[15] A. M. Jannah, I. Wahyuni, R. Amalia, C. Savrinda, and I. H. Permata, "The effect of enzyme concentration, yeast, and duration of fermentation on bioethanol production from *Chlorella pyrenoidosa*," *J. Tek. Kim. USU*, vol. 13, no. 2, pp. 113–121, 2024.

[16] C. S. Varize *et al.*, "Increasing ethanol tolerance and ethanol production in an industrial fuel ethanol *Saccharomyces cerevisiae* strain," *Fermentation*, vol. 8, no. 10, pp. 1–14, 2022, doi: 10.3390/fermentation8100470.

[17] A. I. Nuraini and N. Ratni, "Pengaruh waktu dan nutrien pada proses fermentasi sampah organik menjadi bioetanol dengan metode SSF," *Envirous*, vol. 1, no. 2, pp. 76–82, 2023, doi: 10.33005/envirous.v1i2.40.