

Peningkatan Produksi Bioetanol Nira Aren (*Arenga pinnata* Merr.) Menggunakan Ragi Tempe Selama Proses Fermentasi

“Increasing the Production of Bioethanol from Palm Sap (*Arenga pinnata* Merr.) Using Tempe Yeast During The Fermentation Process”

Zulkahfi^{1*}, Vanto Niger¹, Nur Azizah¹, Novita Sari Parenden¹, Yeyen Thumena¹, Sri Arfiani Rahim Sila¹

¹Program Studi Kehutanan, Universitas Sulawesi Barat, Majene

*Corresponding author's email: zulkahfi@unsulbar.ac.id

Diterima: 16 Desember 2024	Disetujui: 22 Desember 2024	Diterbitkan: 28 Desember 2024
----------------------------	-----------------------------	-------------------------------

ABSTRAK: Etanol merupakan salah satu cairan kimia yang sering digunakan di dunia kesehatan sebagai media pembuatan obat-obatan dan bahan sterilisasi, selain itu bahan ini juga telah dimanfaatkan sebagai energi alternatif di segala bidang. Pembuatan etanol selama ini berasal dari minyak bumi yang semakin berkurang dan non-renewable. Pengembangan etanol dapat berasal dari bahan lain seperti nira aren yang melimpah dan terbarukan dan dapat menghasilkan sebuah produk bioetanol yang dapat menggantikan etanol komersial. Tujuan dari penelitian ini untuk mendeteksi kualitas bioetanol nira aren yang diperoleh dari desa Mombi menggunakan fermentasi ragi tempe. Penelitian menggunakan metode experimental dengan pola Rancangan Acak Lengkap dengan variabel konsentrasi ragi/nira aren diantaranya 2 g/200 mL, 6 g/200 mL, 10 g/200 mL, 14 g/200 mL, dan kontrol (tanpa campuran ragi). Parameter yang diamati diantaranya kadar pH, jumlah bioetanol, dan kadar alkohol bioetanol. Hasil menunjukkan bahwa terdapat penurunan nilai pH larutan nira aren setelah dilakukan destilasi, dimana terjadi peningkatan asam pada produk bioetanol yang dihasilkan. Rata-rata jumlah bioetanol yang dihasilkan mencapai 48,86% namun kadar alkohol dalam bioetanol tersebut sangat rendah hanya mencapai 15,46%.

Kata kunci: alkohol, bioetanol, fermentasi, nira aren, ragi tempe.

ABSTRACT: Ethanol is one of the chemical liquids that is often used in the world of health as a material for making medicines and sterilization materials, in addition this material has also been used as an alternative energy in all fields. Ethanol production so far comes from petroleum which is decreasing and non-renewable. Ethanol development can come from other materials such as abundant and renewable palm sap and can produce a bioethanol product that can replace commercial ethanol. The aim of this study was to detect the quality of palm sap bioethanol obtained from Mombi village using tempe yeast fermentation. The study used an experimental method with a Complete Random Design pattern with yeast/palm sap concentration variables, namely 2 g/200 mL, 6 g/200 mL, 10 g/200 mL, 14 g/200 mL, and control (without yeast mixture). The parameters observed included pH levels, the amount of bioethanol and the alcohol content of bioethanol. The results showed that there was a decrease in the pH value of the palm sap solution after distillation, where there was an increase in acid in the resulting bioethanol product. The average amount of bioethanol produced reaches 48.86% but the alcohol content in the bioethanol is very low, only reaching 15.46%.

Key words: alcohol, bioethanol, fermentation, palm sap, tempe yeast.

1. PENDAHULUAN

Etanol atau *ethyl alcohol* (C₂H₅OH) merupakan cairan pelarut polar yang sering digunakan untuk melarutkan berbagai jenis kandungan dan sterilisasi yang biasanya sangat dibutuhkan dunia kedokteran dan dunia farmasi. Kebutuhan akan etanol semakin meningkat menyebabkan jumlah permintaan yang tinggi sehingga harga etanol semakin meningkat (Fahmi dkk., 2014). Permintaan yang tidak tercukupi dikarenakan etanol banyak



berasal dari minyak bumi yang jumlahnya semakin berkurang dan *non-renewable*. Oleh karena itu, pengembangan etanol telah banyak dilakukan dengan menggunakan bahan alami yang biasa disebut sebagai bioetanol. Salah satu bahan alam yang berpotensi untuk pengembangan produk bioetanol adalah nira aren.

Nira aren merupakan salah satu hasil hutan bukan kayu yang diproduksi dari pohon aren melalui proses penyadapan. Pengembangan nira aren telah banyak dilakukan untuk menghasilkan berbagai jenis produk, salah satunya produk bioetanol. Aren memiliki komponen gula yang cukup tinggi yang dapat berubah menjadi struktur alkohol melalui proses fermentasi. Kadar gula nira aren segar dapat mencapai 13,9-14,9% (Hutami dkk., 2023). Namun, dalam proses fermentasi yang normal membutuhkan waktu yang cukup lama untuk dapat merubah seluruh komponen gula menjadi komponen alkohol dalam aren. Penelitian yang telah berkembang banyak berfokus untuk mempercepat proses fermentasi tersebut, beberapa diantara dengan menggunakan bakteri, jamur, atau enzim yang dihasilkan oleh jamur. Penelitian Peningkatan jumlah bioetanol pernah dilakukan (Hidayati dkk., 2022; Widyanigrum dkk., 2016) menggunakan bakteri EM4 dan enzim jamur *saccharomyces cerevisiae*. Salah satu jamur yang telah dikembangkan dan telah digunakan dalam industri pangan yaitu *Rhizopus oligosporus* dalam ragi tempe.

Ragi merupakan enzim salah satu cendawan yang mampu mengurai sumber gula menjadi gugus alkohol. Ragi sering digunakan dalam pengolahan makanan yang membutuhkan proses fermentasi. Proses pembuatan bioetanol salah satunya melalui proses fermentasi yang merubah struktur gula menjadi gugus alkohol. Proses pembentukan bioetanol dapat memanfaatkan sifat yeast atau ragi (Minarni dkk., 2013) Penggunaan ragi dalam pembuatan bioetanol aren dapat mempercepat pembentukan gugus alkohol sehingga dapat mengurangi waktu fermentasi.

Provinsi Sulawesi Barat merupakan salah satu provinsi yang banyak memanen air nira aren sebagai bahan baku pembuatan gula aren, terutama di desa Mombi. Produksi aren di Sulawesi Barat tahun 2023 mencapai 1.567 ton dimana Kabupaten Polewali Mandar mencapai 902 ton (BPS, 2024). Produksi gula aren telah lama dilakukan sebagai salah satu produk yang bernilai ekonomi. Namun, tingginya produktivitas produk gula aren tidak sebanding dengan jumlah kebutuhan masyarakat yang rendah sehingga akhir-akhir ini gula aren yang diproduksi juga rendah, hal ini menyebabkan sejumlah besar air nira aren yang tidak dipanen dan tidak termanfaatkan. Oleh karena itu, perlu dilakukan

pengujian produk lain yang dapat dihasilkan dari air nira aren. Salah satu produk tersebut merupakan bioetanol yang dapat menjadi salah satu alternatif energi baru terbarukan dan bahan baku produk kimia.

Penelitian terkait pembuatan bioetanol dari nira aren dari daerah Manado Pernah dilakukan (Luntungan dkk., 2022; Ibrahim dkk., 2019), namun pembuatan bioetanol dari nira aren yang diperoleh dari desa Mombi Sulawesi Barat belum pernah dilakukan. Selain itu, proses fermentasi nira aren menggunakan ragi roti pernah dilakukan (Riza dkk., 2023; Taslim dkk., 2017), tetapi produksi bioetanol nira aren dengan fermentasi menggunakan ragi tempe belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini untuk mendeteksi kualitas bioetanol nira aren yang diperoleh dari desa Mombi menggunakan fermentasi ragi tempe.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan selama dua bulan dari bulan Agustus hingga bulan September 2023. Pengambilan sampel aren dilaksanakan di desa Mombi, Kecamatan Alu, Kabupaten Polewali Mandar. Pelaksanaan pencampuran ragi, fermentasi, dan destilasi aren dilaksanakan di Laboratorium Kehutanan Lab Terpadu Lt.1 Universitas Sulawesi Barat.

2.2. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilaksanakan dengan beberapa tahapan yang dapat dilihat pada diagram alir (Gambar 1).

a. Proses Fermentasi

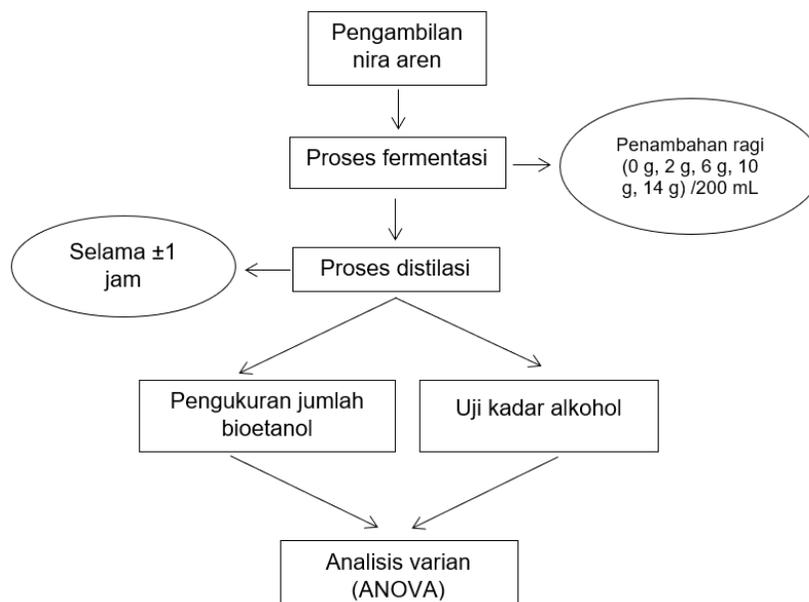
Sebanyak 200 mL aren dicampur dengan ragi tempe dengan konsentrasi ragi/aren masing-masing 2 g/200 mL, 6 g/200 mL, 10 g/200 mL, 14 g/200 mL, dan sebanyak 200 mL aren tanpa pencampuran ragi tempe sebagai kontrol. Campuran yang telah dibuat dilakukan fermentasi dengan cara penyimpanan masing-masing campuran selama 5 hari diruang tertutup tanpa terpapar matahari.

b. Proses Destilasi

Sampel aren yang telah difermentasi selanjutnya dilakukan pemisahan cairan aren yang selanjutnya dilakukan pengukuran dengan alat pH meter untuk memperoleh nilai pH sebelum destilasi. Cairan aren dimasukkan kedalam rangkaian destilasi untuk pemisahan bioetanol yang telah terbentuk dalam cairan aren. Proses destilasi berlangsung selama satu jam 15 menit hingga bioetanol sepenuhnya terpisah dari sampel cairan aren.

c. Pengukuran Parameter

Parameter yang diukur diantara jumlah bioetanol dan kadar alkohol bioetanol yang diperoleh. Jumlah bioetanol yang diperoleh dari proses destilasi diukur dengan alat ukur gelas (gelas kimia) dengan satuan mL. Pengukuran kadar alkohol dalam hasil bioetanol dilakukan dengan menggunakan alat alkohol meter. Bioetanol dimasukkan ke wadah tabung kecil dan Panjang yang diisi hingga penuh. Alkohol meter dimasukkan kedalam wadah berisi bioetanol hingga alat tersebut melayang dalam cairan bioetanol. Skala ukur dari alkohol meter yang sejajar dengan permukaan cairan bioetanol merupakan nilai dari kadar alkohol dalam bioetanol.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

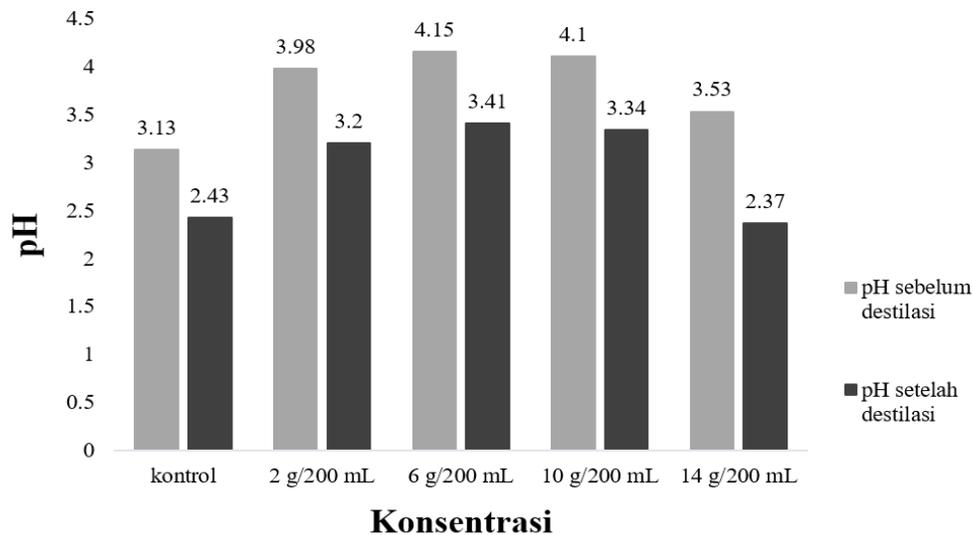
2.3. Analisis Data

Penelitian ini dianalisis dengan analisis ragam (ANOVA) dengan pola RAL dimana variabelnya merupakan konsentrasi ragi dalam aren dengan taraf: 2 g/200 mL, 6 g/200 mL, 10 g/200 mL, 14 g/200 mL, dan kontrol (tanpa campuran ragi). Parameter yang diamati diantaranya kadar pH, jumlah bioetanol, dan kadar alkohol bioetanol. Analisis korelasi digunakan untuk melihat hubungan persentase jumlah bioetanol dengan kadar alkohol bioetanol.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Nilai pH

Pengamatan nilai pH merupakan salah satu parameter penting yang perlu diperhatikan dalam proses fermentasi gula. Perubahan struktur gula menjadi struktur alkohol akan diikuti dengan peningkatan jumlah keasaman bahan.



Gambar 2. Nilai pH aren sebelum dan setelah proses destilasi

Nilai pH yang diperoleh disajikan dalam gambar 2. Hasil menunjukkan bahwa secara umum terjadi penurunan nilai pH atau terjadi peningkatan keasaman setelah sampel disestilasi pada semua konsentrasi ragi yang diberikan. Penurunan nilai pH atau peningkatan keasaman yang paling tinggi terjadi pada perlakuan konsentrasi ragi sebesar 14 g dalam 200 mL aren dimana nilai pH sebelum destilasi mencapai 3,53 setelah dilakukan destilasi turun hingga 2,37. Hal ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Sinaga dkk. (2021) yang melakukan fermentasi nira aren tanpa menggunakan bantuan mikroba dengan pH setelah fermentasi mencapai pH 6,8-6,9. Hal yang berbeda dideteksi Yunus dkk. (2020) dimana dengan penambahan ragi tape pada proses fermentasi dapat menurunkan pH nira aren mencapai pH asam. Hal ini sesuai dengan penelitian yang mendeteksi perubahan rasa dan bau nira setelah dilakukan fermentasi (Mussa, 2014). Penurunan nilai pH hingga titik asam merupakan salah satu ciri peningkatan kadar alkohol dalam proses fermentasi kandungan gula. Proses perubahan gula nira menjadi alkohol dengan bantuan mikroba melalui proses fermentasi

menghasilkan bahan menjadi asam (Mulyawanti dkk., 2011). Penambahan ragi tempe menyebabkan aktivitas mikroba meningkat yang dapat mempercepat fermentasi nira aren. Salah satu penyebab asamnya produk gula aren disebabkan peningkatan aktivitas mikroba dalam bahan baku nira aren (Wilberta dkk., 2021).

3.2 Bioetanol Nira Aren

Pengukuran bioetanol dilakukan setelah dilakukan fermentasi aren dan pemisahan dengan teknik destilasi. Proses ini kemudian menghasilkan sejumlah bioetanol serta variasi kadar alkohol yang terkandung dalam bioetanol yang menjadi parameter ukuran variabel dan metode yang digunakan. Adapun hasil jumlah dan kadar alkohol bioetanol disajikan dalam tabel 1.

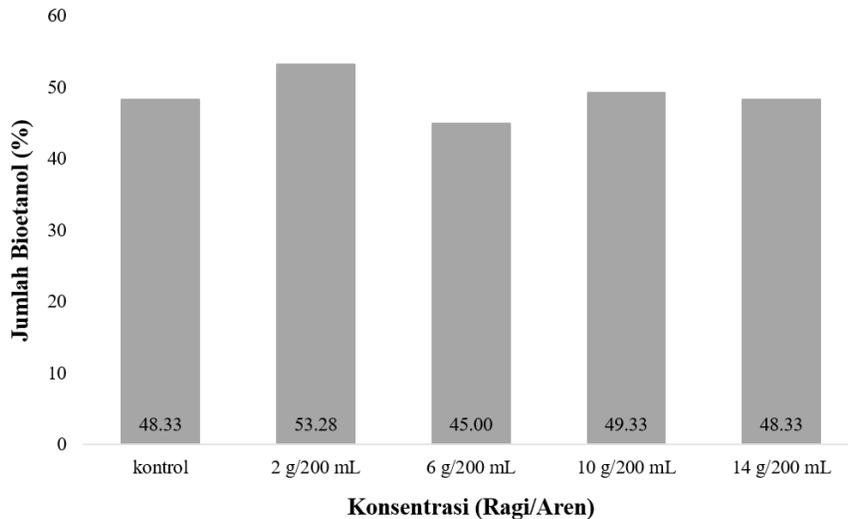
Tabel 1. Persentase jumlah dan kadar alkohol bioetanol

Parameter	Konsetrasi (Ragi/Aren)					Rata-rata
	kontrol	2 g/200 mL	6 g/200 mL	10g/200 mL	14 g/200 mL	
Jumlah Bioetanol (%)	48,33±3,33	53,28±16,57	45,00±0,00	49,33±5,33	48,33±3,33	48,86 ^{tn}
Kadar Alkohol (%)	15,66±2,00	14,33±4,00	17,67±0,67	15,66±2,67	14,00±3,33	15,46 ^{tn}

Keterangan: tn = tidak berpengaruh; * = berpengaruh nyata ($P < 0,05$); ** = berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$)

Hasil menunjukkan bahwa terdapat variasi persentase jumlah bioetanol yang diperoleh berdasarkan besarnya konsentrasi jumlah ragi dalam pencampuran dengan aren. Secara umum rata-rata persentase jumlah bioetanol yang diperoleh mencapai 48,86% dengan kadar alkohol mencapai 15,46% setelah dilakukan fermentasi selama 5 hari dan destilasi selama satu jam. Jumlah tersebut sangat tinggi jika dibandingkan dengan jumlah bioetanol yang dihasilkan oleh (Riza dkk., 2023; Adrianto dkk., 2020) sebesar masing-masing 2,6-7,3% dan 20-24%. Namun kadar alkohol yang dihasilkan masih sangat rendah jika dibandingkan kadar alkohol bioetanol nira aren yang dihasilkan oleh (Luntungan dkk., 2022; Ibrahim dkk., 2019) masing-masing 77,6-83,8% dan 87,5%. Hal ini diduga suhu yang digunakan selama proses distilasi terlalu tinggi dan melewati titik didih bioetanol. Kadar alkohol dalam bioetanol semakin menurun seiring dengan peningkatan suhu selama pemasakan, namun jumlah bioetanol yang diperoleh semakin meningkat (Maidangkay dan Dosoputranto, 2021). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Fransisca dkk (2013) yang mendeteksi bahwa kadar alkohol bioetanol yang mencapai 83% dengan proses destilasi menggunakan suhu 82-85° C.

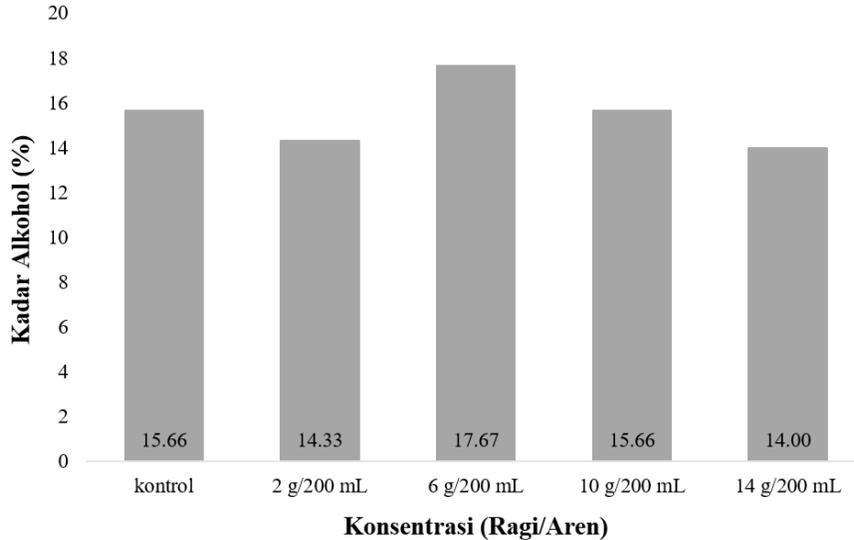
Pemberian ragi dalam aren selama fermentasi tidak berpengaruh terhadap hasil persentase jumlah bioetanol dan kadar alkohol yang diperoleh. Hal ini diduga bahwa jamur *Rhizopus* sp. yang terkandung dalam ragi tempe tidak mampu merubah kadar gula dalam nira aren menjadi gugus alkohol. Hasil pengamatan produk yang dibuat dari ragi tempe terbukti mengandung berbagai jenis jamur *Rhizopus* (Ardini dkk., 2024). Salah satu jenis *Rhizopus* memiliki kemampuan mengurai lemak menjadi asam amino (Maryana dkk., 2016).



Gambar 3. Jumlah bioetanol setelah fermentasi aren dengan ragi

Secara detail pada pengukuran jumlah bioetanol yang diperoleh ditunjukkan pada gambar 3. Persentase jumlah bioetanol yang diperoleh dari aren dengan pencampuran ragi tempe dengan kontrol masih dalam kisaran yang sama. Nilai persentase jumlah bioetanol yang paling tinggi ditunjukkan pada konsentrasi 2 g ragi tempe dalam 200 mL aren sebesar 53,28%. Jumlah tersebut sangat tinggi jika dibandingkan dengan jumlah bioetanol yang diperoleh dalam penelitian (Riza dkk., 2023; Maidangkay dan Dosoputranto, 2021) sekitar 3,2%-6,8%; 4,3%-6,1%. Sedangkan kadar alkohol bioetanol yang diperoleh hanya mencapai sekitar 14%-17,67% (Gambar 4). Hasil tersebut masih sangat rendah jika dibandingkan dengan kadar alkohol bioetanol yang dihasilkan penelitian (Maidangkay dan Dosoputranto, 2021; Yunus dkk., 2020) mencapai 60%-91%; 82,7%. Tingginya jumlah bioetanol dan rendahnya kadar alkohol dalam bioetanol yang dihasilkan diduga suhu yang dihasilkan dalam proses pemasakan sangat tinggi yang menyebabkan kadar air juga ikut menguap sehingga bercampur dengan bioetanol yang dihasilkan. Bioetanol yang dihasilkan

dengan suhu mendekati 100° C mengandung cukup banyak kadar air, sedangkan penguapan kadar air cenderung rendah pada pemasakan dengan suhu kisaran 75°-85° C (Letelay dkk., 2024).



Gambar 4. Kadar alkohol bioetanol setelah fermentasi aren dengan ragi

4. KESIMPULAN

Bioetanol yang berasal dari nira aren dengan penambahan ragi tempe selama proses fermentasi menghasilkan perbuahan nilai pH setelah fermentasi dengan setelah distilasi, dimana terdapat penurunan nilai pH pada larutan bioetanol yang diperoleh yang menandakan bahwa larutan semakin asam setelah proses distilasi. Selain itu, jumlah bioetanol yang diperoleh cukup tinggi mencapai rata-rata 48,86% dari nira aren yang digunakan. Sebaliknya kadar alkohol yang terkandung dalam bioetanol cukup rendah hanya mencapai rata-rata 15,46%. Secara statistik pemberian ragi tempe berbagai konsentrasi tidak berpengaruh terhadap jumlah dan kadar alkohol bioetanol yang dihasilkan, sehingga disimpulkan bahwa ragi tempe tidak memiliki dampak terhadap proses fermentasi nira aren.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianton, A., Hasanuddin, M.R., dan Jamaluddin, J. 2020. Pemanfaatan nira aren sebagai bahan baku etanol dalam pembuatan hand sanitizer. *Jurnal Dedikatif Kesehatan Masyarakat*. 1(1): 13-23. DOI: 10.22487/dedikatifkesmas.v1i1.144
- Ardiani, I., Aýun, Q., dan Nazua, K.S. 2024. Variations in *Rhizopus* species that play a role in making tempeh in the Bekasi area. *BIOSEL (Biology Science and Education): Jurnal Penelitian Science dan Pendidikan*. 13(1): 10-18. DOI: 10.33477/bs.v13i1.6816
- Badan Pusat Statistik. 2024. Provinsi Sulawesi Barat dalam angka. Volume 20. BPS Sulawesi Barat.
- Fahmi, D., Susilo, B., dan Nugroho, W.A. 2014. Pemurnian etanol hasil fermentasi kulit nanas (*Ananas comosus* L. Merr) dengan menggunakan destilasi vakum. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. 2(2): 131-137.
- Hidayati, M., Sapalian, K. D., Febriana, I., & Bow, Y. (2022). PENGARUH pH dan waktu fermentasi molase menjadi bioetanol menggunakan bakteri EM4. *Publikasi Penelitian Terapan dan Kebijakan*, 5(1), 33-40. DOI: 10.46774/pptk.v5i1.394
- Hutami, R., Pribadi, M. F. I., Nurcahali, F., Septiani, B., Andarwulan, N., Sapanli, K., Zuhud, E.A.M., Al Manar, P., Ichsan, N., dan Wahyudi, S. (2023). Proses Produksi Gula Aren Cetak (*Arenga pinnata*, Merr) Di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, 5(2), 119-130. DOI: 10.30997/jiph.v5i2.10237
- Ibrahim, A.R., Sangian, H.F., Mosey, H.I., dan Purwadi, R. 2019. Pemanfaatan nira aren menjadi bioetanol untuk bahan bakar emulsi yang ramah lingkungan. *Pharmacon*. 8(4): 895-903. DOI: 10.35799/pha.8.2019.29367
- Letelay, L.K., dan Malle, D. 2024. Optimization of bioethanol production from palmyrah sap through a fermentation process. *Molluca Journal of Chemistry Education (MJoCE)*. 14(1): 22-27. DOI: 10.30598/MJoCEvol14iss1pp22-27
- Luntungan, F., Siwi, H., Sirun, A., dan Priyono, P. 2022. Pembuatan bioetanol dari nira aren sebagai energi alternatif. *Otopro*. 18(1): 18-22. DOI: 10.26740/otopro.v18n1.p18-22
- Maidangkay, A., dan Dosoputranto, E. 2021. Pengaruh lamanya fermentasi dan temperatur destilasi nira aren (saguer) terhadap kualitas bioetanol. *Jurnal Masina Nipake*. 1(1): 47-56.
- Maryana, L., Anam, S., dan Nugrahani, A.W. 2016. Produksi protein sel tunggal dari kultur *Rhizopus oryzae* dengan medium limbah cair tahu. *Galenika Journal of Pharmacy*. 2(2): 132-137. DOI: 10.22487/j24428744.2016.v2.i2.5987
- Minarni, N., Ismuyanto, B., dan Sutrisni. 2013. Pembuatan Bioetanol Dengan Bantuan *Saccharomyces Cerevisiae* Dari Glukosa Hasil Hidrolisis Biji Durian (*Durio Zibethinus*). *Kimia Student Journal*. 1(1): 36-42.
- Mulyawanti, I., Setyawan, N., Syah, A.N.A., dan Risfaheri. 2011. Evaluasi mutu kimia, fisika dan mikrobiologi nira aren (*Arenga pinnata*) selama penyimpanan. *Agritech*. 31(4): 325-332. DOI: 10.22146/agritech.9640

- Mussa, R. 2014. Kajian tentang lama fermentasi nira aren (*Arenga pinnata*) terhadap kelimpahan mikroba dan kualitas organoleptik tuak. *Biopendix*. 1(1): 56-60. DOI: 10.30598/biopendixvol1issue1page56-60
- Niastiwa, F. 2013. Pemanfaatan Nira Aren Menjadi Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Banten: Cilegon. Universitas Sultan AgengTirtayasa*.
- Riza, M.A., Azhari, A., Bahri, S., Ibrahim, I., dan Suryati, S. 2023. Produksi bioetanol dari nira aren melalui proses fermentasi menggunakan ragi roti. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*. 3(2): 236-246. DOI: 10.29103/cejs.v3i2.9891
- Sinaga, O.T., Fevria, R., Violita, V., dan Chatri, M. 2021. Pengaruh suhu terhadap waktu fermentasi nira aren (*Arenga pinnata* Merr.). *Symbiotic: Journal of Biological Education and Science*. 2(1): 21-27. DOI: 10.32939/symbiotic.v2i1.12
- Taslim, M., Mailoa, M., dan Rijal, M. 2017. Pengaruh pH, dan lama fermentasi terhadap produksi ethanol dari *Sargassum crassifolium*. *BIOSEL (Biology Science and Education): Jurnal Penelitian Science dan Pendidikan*. 6(1): 13-25. DOI: 10.33477/bs.v6i1.129
- Widyaningrum, T., Prastowo, I., Parahadi, M., Prasetyo, A.D. 2016. Production of bioethanol from the hydrolysate of brown seaweed (*Sargassum crassifolium*) using a naturally β -glucosidase producing yeast *Saccharomyces cereviceae* JCM 3012. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 13(3), 1333-1340. DOI: 10.13005/bbra/2274
- Wilberta, N., Sonya, N.T., dan Lydia, S.H.R. 2021. Analisis kandungan gula reduksi pada gula semut dari nira aren yang dipengaruhi pH dan kadar air. *BIOEDUKASI: Jurnal Pendidikan Biologi*. 12(1): 101-108. DOI: 10.24127/bioedukasi.v12i1.3760
- Yunus, Y., Hamsina, H., dan Tang, M. 2020. Produksi bioetanol dari nira aren. *Jurnal Saintis*. 1(1): 33-39.