

Pengaruh Metode Ko-Inokulasi Bakteri Asam Laktat dan Yeast terhadap Karakterisasi dan Atribut Aroma Tuak

Effect of Co-Inoculation Method with Lactic Acid Bacteria and Yeast to Obtain Characterization and Aroma Attribute in Palm Wine

Berlian Simanjuntak^{*1}, Theodora M Putri¹, Rachel Sinaga¹, Michael Sipayung²

¹Program Studi Teknik Bioproses, Fakultas Bioteknologi, Institut Teknologi Del, Situluama, Laguboti, Toba, Sumatera Utara, 22381, Indonesia

²Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Sumatera Utara, 20221, Indonesia

*Email: berlian.simanjuntak@del.ac.id

Article history:

Diterima : 26 Mei 2026
Direvisi : 22 Agustus 2026
Disetujui : 18 September 2026
Mulai online : 29 September 2026

E-ISSN: 2337-4888

How to cite:

Berlian Simanjuntak, Theodora M Putri, Rachel Sinaga, Michael Sipayung. (2026). Pengaruh Metode Ko-Inokulasi Bakteri Asam Laktat dan Yeast terhadap Karakterisasi dan Atribut Aroma Tuak. Jurnal Teknik Kimia USU, 15(2), 102-111.

ABSTRAK

Penelitian sebelumnya, uji Friedman terhadap aroma tuak dengan penambahan mikroorganisme diduga bakteri asam laktat (BAL), yeast, dan konsorsium tidak menunjukkan adanya perbedaan nyata, namun tuak dengan penambahan mikroorganisme diduga BAL lebih disukai. Karena ketidakmampuan panelis dalam menentukan aroma spesifik, pada penelitian ini dilakukan uji deskripsi, perbandingan jamak, dan hedonik untuk mengetahui apakah teknik ko-inokulasi dapat meningkatkan atribut aroma tuak. Uji dilakukan pada 11 orang panelis tetap. Berdasarkan uji ANOVA, hasil uji deskripsi dan perbandingan jamak menunjukkan bahwa aroma tuak dengan ko-inokulasi tidak memiliki perbedaan aroma nyata dengan tuak tanpa ko-inokulasi ($F_{hitung} < F_{tabel}$), namun aroma tuak dengan ko-inokulasi lebih baik dengan tingkat perbedaan sedang (tuak dengan ko-inokulasi memiliki karakter aroma menyerupai etil laktat dan tanpa ko-inokulasi menyerupai asam laktat). Pada uji hedonik, panelis lebih menyukai aroma tuak ko-inokulasi dengan perbandingan mikroorganisme diduga BAL terhadap yeast, 1:2. Pada kondisi ini, kadar alkohol tuak $0,94\% \pm 0,06$ dan pH $3,95 \pm 0,03$.

Kata kunci: ko-inokulasi, aroma, tuak, organoleptik

ABSTRACT

In previous research, the Friedman test on the aroma of tuak with the addition of suspected as Lactic Acid Bacteria (LAB), yeast, and a consortium showed no significant difference among the samples. However, tuak with suspected as LAB was preferred by the panelists. Due to the panelists inability to determine specific aromas, this study was conducted to identify the specific aroma attributes from the fermentation of palm sap. Following this, a multiple comparison test and a hedonic test were performed to determine if the coinoculation technique improves the aroma quality of tuak. The results of the descriptive test were consistent with the ANOVA test results, showing that the aroma of tuak with co-inoculation differed from tuak without co-inoculation. Tuak with co-inoculation detected the aroma like ethyl lactate, while tuak without co-inoculation had a aroma like lactic acid. In the multiple comparison test, the aroma of co-inoculated tuak was better with a moderate level of difference. The hedonic test showed that panelists preferred the aroma of co-inoculated tuak, specifically with a yeast to suspected as LAB ratio of 1:2. The alcohol levels of the tuak under these conditions were $0.94\% \pm 0.06$ with pH 3.95 ± 0.03 .

Keyword: co-inoculation, aroma, tuak, organoleptic



This work is licensed under a Creative Commons
Attribution-ShareAlike 4.0 International.
<https://doi.org/10.32734/jtk.v15i2.25740>

1. Pendahuluan

Tuak adalah salah satu minuman yang termasuk ke dalam golongan alkohol yang diperoleh dari hasil fermentasi dari bahan minuman atau buah yang mengandung gula [1]. Bahan baku produksi tuak yaitu air nira yang berasal dari sadapan pohon aren sehingga disebut tuak aren. Tuak aren adalah salah satu minuman tradisional yang biasa dikonsumsi oleh masyarakat di daerah Toba. Dalam tradisi suku Batak, tuak merupakan jamuan yang wajib ada pada acara-acara sakral, seperti acara pernikahan [2]. Kelezatan dan keunikan rasa tuak menjadikannya minuman yang diminati. Hal ini juga didukung aromanya yang khas sehingga memikat hati konsumen yang meminumnya [3].

Aroma merupakan salah satu karakteristik utama dalam minuman tuak karena aroma memengaruhi preferensi konsumen dalam memilih untuk meminumnya atau tidak [4]. Aroma yang khas dapat meningkatkan daya tarik tuak, serta membantu konsumen, mengingat dan membedakan minuman tersebut dari minuman lainnya. Aroma tuak muncul karena hasil konversi glukosa menjadi senyawa volatil oleh mikroorganisme yang ada di air nira [5]. Menurut masyarakat yang suka meminum tuak, umumnya, aroma tuak adalah aroma asam dan ada juga yang menyatakan sebagai aroma alkohol [6]. Aroma yang dihasilkan dapat bervariasi karena pada tuak yang terfermentasi secara alami terdapat banyak jenis mikroorganisme yang berperan. Aroma asam karena aktivitas bakteri asam laktat (BAL), sedangkan aroma alkohol berasal dari *yeast*.

Berdasarkan penelitian Qonita dkk. [7], ditemukan bahwa dari 14 isolat BAL dalam air nira yang diuji, 13 diantaranya bersifat homofermentatif dan satu isolat bersifat heterofermentatif. Pembentukan senyawa aroma dapat dilihat dari fasa pertumbuhan BAL. Pada umumnya, pada fasa log, BAL mengalami pembelahan sel dengan cepat yang disertai dengan pembentukan senyawa aroma yang dipengaruhi oleh produksi metabolit primer, sedangkan pada BAL yang sudah mencapai fasa stasioner, sel tidak membelah lagi dan pertumbuhan mulai terhenti dan dapat menghasilkan metabolit sekunder. Pada metabolit primer, BAL menghasilkan asam laktat sebagai produk utama dari proses metabolisme, sedangkan pada metabolit sekunder dihasilkan senyawa volatil seperti senyawa ester, asetaldehida, asam asetat, etanol, etil ester karena terjadi reaksi esterifikasi antara gugus alkil dari asam karboksilat dan gugus alkil dari alkohol [8]. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan fermentasi air nira dengan pengambilan mikroorganisme pada awal fasa stasioner. Selain BAL, ada juga *yeast* yang mengonversi gula menjadi etanol dan karbon dioksida (CO₂). *Yeast* menghasilkan senyawa etanol dalam produk fermentasi, etanol menghasilkan aroma alkohol dan dapat tercium dengan konsentrasi 1-2% [9].

Hutasoit dkk. [10] melakukan uji Friedman terhadap rasa dan aroma tuak yang dibuat menggunakan mikroorganisme yang diduga sebagai BAL, *yeast*, dan konsorsium (BAL, *yeast*, dan bakteri asam asetat atau BAA) dengan volume starter 10 ml. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa penelitian memengaruhi rasa tuak, tetapi tidak dengan aroma tuak. Aroma tuak dengan mikroorganisme yang diduga sebagai BAL adalah aroma asam yang sedikit tajam dengan rasa manis, *yeast* adalah aroma asam yang sedang dengan rasa manis, konsorsium adalah aroma asam yang sedang dengan rasa asam manis, dan tuak lokal adalah aroma asam yang sedang dengan rasa pahit. Selanjutnya, uji Wilcoxon juga dilakukan dan disimpulkan bahwa profil rasa manis dengan aroma asam yang sedikit tajam adalah profil rasa dan aroma terbaik yang disukai oleh panelis (tuak yang dibuat dengan mikroorganisme yang diduga sebagai BAL), namun tuak dengan *yeast* juga disukai hampir sama baiknya dengan tuak yang dibuat dengan mikroorganisme yang diduga sebagai BAL. Tingkat kesukaan terhadap aroma asam yang sedang hingga sedikit tajam pada tuak ini masih bersifat subjektif karena belum dikarakterisasi dan diidentifikasi jenis senyawa volatil atau senyawa asam organik yang tercium pada aroma asam tersebut, sehingga pada penelitian ini dilakukan uji organoleptik berupa karakterisasi senyawa volatil terhadap aroma tuak menggunakan 6 jenis senyawa asam organik sehingga diketahui dengan pasti aroma senyawa organik pada tuak yang disukai panelis.

Peningkatan aroma dapat dilakukan dengan dua strategi, yaitu strategi sekuensial [11] dan strategi ko-inokulasi [12]. Pada penelitian ini digunakan strategi ko-inokulasi karena dengan melakukan penambahan *yeast* dan mikroorganisme yang diduga sebagai BAL secara bersamaan, interaksi antara keduanya dapat dimulai dari awal sehingga menciptakan lingkungan yang lebih kondusif untuk pertumbuhan mikroorganisme yang diduga sebagai BAL dan *yeast*, selain itu juga dapat mempercepat produksi aroma. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Gallo dkk. [13] yang menyatakan bahwa metode ko-inokulasi menghasilkan fermentasi yang lebih cepat, lingkungan fermentasi yang sesuai, serta dapat meningkatkan profil aroma dan data yang diperoleh dari penelitian ini merupakan data dari uji organoleptik (pengujian sensoris yang melibatkan penggunaan indera manusia), yang terdiri dari uji deskripsi yang bertujuan untuk memberikan gambaran atribut aroma, uji perbandingan jamak yang bertujuan mengetahui perbedaan aroma tuak dengan ko-inokulasi terhadap tuak tanpa ko-inokulasi dengan parameter lebih baik, sama dengan, dan lebih buruk, serta mengetahui sejauh mana tingkat pengaruh ko-inokulasi, dan uji tingkat hedonik yang bertujuan untuk mengetahui tuak yang paling disukai panelis.

2. Metode

Penyadapan air nira

Air nira yang digunakan berasal dari pohon aren di Laguboti, Sumatera Utara.

Sterilisasi air nira

Air nira yang telah disaring dimasukkan ke dalam wadah tertutup, selanjutnya wadah diletakkan pada *water bath* dengan suhu 100 °C selama 20 menit.

Isolasi mikroorganisme yang diduga sebagai BAL dari air nira

Hutasoit dkk. [14] telah melakukan identifikasi morfologi pada mikroorganisme yang diisolasi dari air nira dan diperoleh gram positif yang berbentuk batang dan bulat serta negatif pada uji katalase sehingga mikroorganisme yang diisolasi dapat diduga sebagai BAL. Media pertumbuhan mikroorganisme yang diduga sebagai BAL, yaitu MRSA disiapkan sebanyak 150 mL, selanjutnya ditambahkan 1,5 g CaCO_3 dan dilarutkan. Media dan peralatan tersebut kemudian disterilkan. Untuk persiapan kultur, sampel air nira segar diambil sebanyak 1 mL. Selanjutnya, sampel tersebut disuspensikan dalam tabung reaksi berisi 9 mL larutan NaCl 1% dan dihomogenkan hingga mendapatkan pengenceran 10^{-1} hingga 10^{-6} . Masing-masing 1 mL serial pengenceran ditumbuhkan pada media MRSA dengan metode sebar, lalu diinkubasi pada suhu 37 °C selama 48 jam [10]. Koloni yang digunakan selanjutnya pada penelitian ini adalah koloni dari hasil pengenceran 10^{-4} .

Isolasi yeast dari air nira

Tahapan isolasi dilakukan sama dengan isolasi mikroorganisme yang diduga sebagai BAL, namun media pertumbuhan yang digunakan adalah Potato Dextrose Agar (PDA).

Pembuatan inokulum untuk fermentasi

Mikroorganisme yang digunakan pada penelitian ini adalah mikroorganisme yang berada pada fase awal stasioner kurva pertumbuhan, yaitu pada jam 21 untuk mikroorganisme yang diduga sebagai BAL dan jam 24 untuk *yeast* (penelitian ini). Masing-masing 1 ose koloni tunggal yang diperoleh dimasukkan ke dalam air nira steril sebanyak 150 mL.

Fermentasi air nira untuk produksi tuak

Starter mikroorganisme yang telah disiapkan, kemudian diambil sesuai dengan variasi mikroorganisme yang diduga sebagai BAL terhadap *yeast* (v/v) yaitu 1:1 (S1), 1:2 (S2), 2:1 (S3), 0:1 (S4), 1:0 (S5) sebanyak 20 mL dan ditransfer ke dalam air nira steril dengan volume kerja 500 mL untuk proses produksi tuak. Setiap wadah difermentasi selama 10 jam pada suhu 37 °C. Setelah 10 jam fermentasi, dilakukan uji organoleptik terhadap hasil fermentasi.

Fermentasi air nira untuk uji pH dan kadar alkohol

Starter mikroorganisme yang telah disiapkan, kemudian diambil sesuai dengan rasio mikroorganisme yang diduga sebagai BAL terhadap *yeast*, yaitu 1:2, 2:1, 1:1, 1:0, dan 0:1 (v/v) sebanyak 20 mL dan ditransfer ke dalam air nira steril dengan volume kerja 500 mL. Setiap wadah difermentasi pada suhu 37 °C selama 10 jam. Pengukuran pH dan kadar alkohol dilakukan setiap 1 jam hingga akhir fermentasi secara duplo (*biological replicates*). Pengukuran pH menggunakan pH meter OHAUS Starter 3100 dan kadar alkohol menggunakan refraktometer RA-600. Dalam pengukuran kadar alkohol dibutuhkan kurva kalibrasi untuk mengkonversi nilai yang diukur dalam indeks bias [10,15].

Kurva kalibrasi alkohol

Alkohol dengan variasi konsentrasi 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% disiapkan dari larutan induk alkohol 10%, kemudian diukur indeks bias masing-masing menggunakan refraktometer RA-600. Kurva kalibrasi ditentukan dengan memplot memplot nilai indeks bias terhadap konsentrasi alkohol sehingga diperoleh persamaan regresi linier, yaitu $y = 0,0005x$, $R^2 = 0,9805$ [15].

Uji organoleptik

Uji organoleptik dilakukan sesuai dengan Hutasoit dkk. [10]. Pemilihan panelis dilakukan melalui beberapa tahapan seleksi, yaitu (1) seleksi kriteria panelis (umum, kesehatan, dan food habits), (2) seleksi awal kemampuan sensorik, dan (3) uji lanjutan kemampuan sensorik, yaitu pengenalan 7 aroma standar, antara lain etil laktat, etil asetat, asam laktat, asam asetat, asetaldehida, dan etanol. Setelah melalui tahapan tersebut, diperoleh panelis tetap yang akan melanjutkan uji organoleptik.

Pelaksanaan uji organoleptik

Panelis tetap diarahkan untuk menunggu di ruang tunggu sebelum dipanggil bergantian untuk melakukan uji organoleptik di laboratorium uji (setiap sesi melibatkan 4 panelis). Setelah dipanggil memasuki laboratorium uji, panelis diarahkan menuju meja uji yang telah disediakan 5 sampel tuak yang diberi kode S1, S2, S3, S4, dan S5 serta 6 atribut aroma berupa senyawa organik yang diberi kode C1, C2, C3, C4, C5, dan C6 (meja uji masing-masing panelis diberi jarak 3 meter ke samping dan belakang sehingga tidak ada kemungkinan panelis berkomunikasi dengan panelis lain). Peneliti selanjutnya memberikan arahan (*briefing*) terkait pelaksanaan uji organoleptik yang terdiri dari uji identifikasi deskripsi, uji perbandingan jamak, dan uji

hedonik, khususnya untuk menghirup aroma kopi pada setiap pergantian sampel maupun senyawa organik untuk menentralkan indera penciuman panelis. Setelah selesai, panelis diminta untuk pulang (keluar dari laboratorium uji dan tidak berada di ruang tunggu). Untuk menghindari bias penelitian dilakukan pengawasan oleh tim peneliti selama uji orgaleptik dan pemberian kuesioner sesuai dengan urutan pengerjaan uji organoleptik yang dilakukan.

Uji identifikasi deskripsi

Pada identifikasi deskripsi, panelis diarahkan untuk membuka penutup *cup* sampel S1, mengarahkan *cup* mendekati indera penciuman panelis, dan mengingat aroma S1. Selanjutnya, panelis diminta untuk membuka penutup *cup* atribut aroma C1 dan memberikan skala numerik 1 jika aroma S1 tercium menyerupai C1, 2 jika samar-samar menyerupai S1, dan 3 jika tidak tercium menyerupai S1 pada lembar kuesioner uji identifikasi deskripsi. Selanjutnya, panelis diarahkan untuk menghirup aroma kopi untuk menentralkan indera penciuman panelis. *Cup* C2 selanjutnya dibuka dan dicium untuk memberikan skala numerik 1 jika S1 tercium menyerupai C2, 2 jika samar-samar menyerupai S1, dan 3 jika tidak tercium menyerupai S1 pada kuesioner yang ada di atas meja, demikian seterusnya untuk C3, C4, C5, dan C6 serta S2, S3, S4, dan S5 masing-masing terhadap C1, C2, C3, C4, C5, C6. Selanjutnya, skala numerik panelis dijumlahkan untuk setiap atribut aroma pada masing-masing sampel tuak. Jumlah tertinggi pada skala numerik menunjukkan atribut aroma yang menurut panelis paling menonjol dalam sampel tuak (Kesimpulan: jika jumlah skala numerik 23-33 maka aroma tercium, jika 12-22 maka aroma samar-samar, dan jika 1-11 maka aroma tidak tercium).

Uji perbandingan jamak S1, S2, dan S3 terhadap S4

Pada uji perbandingan jamak, panelis diarahkan untuk membuka penutup *cup* sampel S1, mengarahkan *cup* mendekati indera penciuman panelis, dan mengingat aroma S1. Selanjutnya, panelis diminta untuk membuka penutup *cup* sampel S4 dan memberi skala numerik 3 jika S1 lebih baik dari S4, 2 jika S1 sama baiknya dengan S4, dan 1 jika S1 lebih buruk dari S4 pada lembar kuesioner uji perbandingan berpasangan. Hasil skala numerik panelis terhadap S1 kemudian dirata-ratakan dan disesuaikan dengan rata-rata skala numerik untuk menarik kesimpulan (jika rata-rata 2,05-3 maka disimpulkan S1 lebih baik dari S4, jika 1,05-2 maka S1 sama baiknya dengan S4, dan jika 0,05-1 maka S1 lebih buruk dari S4).

Setelah uji perbandingan jamak, panelis diminta untuk menentukan tingkat perbedaannya melalui uji tingkat perbedaan. Pada uji tingkat perbedaan, panelis diminta untuk membuka penutup *cup* sampel S4 dan memberi skala numerik 5 jika tingkat perbedaan S1 terhadap S4 sangat banyak, 4 jika tingkat perbedaan S1 terhadap S4 banyak, 3 jika tingkat perbedaan S1 terhadap S4 sedang, 2 jika tingkat perbedaan S1 terhadap S4 sedikit, dan 1 jika tingkat perbedaan S1 terhadap S4 tidak ada pada lembar kuesioner uji tingkat perbedaan. Hasil skala numerik panelis terhadap S1 kemudian dirata-ratakan dan disesuaikan dengan rata-rata skala numerik untuk menarik kesimpulan (jika rata-rata 4,1-5 disimpulkan tidak ada tingkat perbedaan antara S1 dan S4, jika 3,1-4 disimpulkan terdapat perbedaan S1 dan S4 aroma dengan tingkat sedikit, jika 2,1-3 disimpulkan terdapat perbedaan S1 dan S4 aroma dengan tingkat sedang, jika 1,1-2 disimpulkan terdapat perbedaan S1 dan S4 aroma dengan tingkat banyak, dan jika 0,1-1 disimpulkan terdapat perbedaan S1 dan S4 aroma dengan tingkat sangat banyak. Demikian seterusnya dilakukan untuk sampel S2 dan S3).

Uji perbandingan jamak S1, S2, dan S3 terhadap S5

Tahapan uji sama dengan uji perbandingan jamak S1, S2, dan S3 terhadap S4, namun S4 diganti dengan S5. Selanjutnya, untuk membuktikan bahwa aroma tuak dengan ko-inokulasi berbeda dengan aroma tuak tanpa ko-inokulasi, dilakukan uji anova pada tingkat signifikansi 0,05, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Uji ANOVA

Variansi	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rataan Kuadrat	Fhitung
Perlakuan	JKA	k-1	$S1^2 = JKA/k-1$	
Galat	JKG	k(n-1)	$S^2 = JKG/k(n-1)$	$S1^2/S^2$
Total	JKT	(Nk)-1		

Uji hedonik

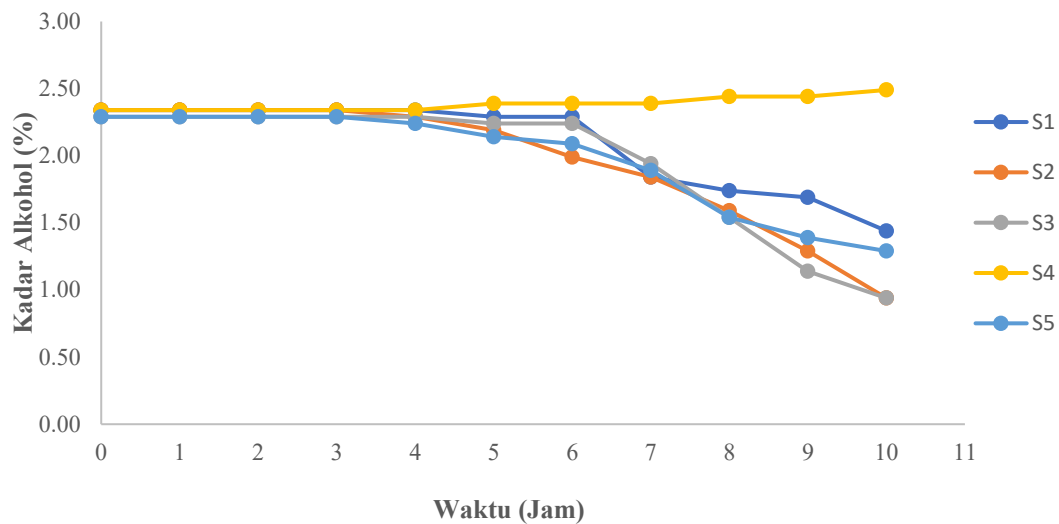
Pada uji hedonik, panelis diarahkan untuk membuka penutup *cup* sampel S1, mengarahkan *cup* mendekati indera penciuman panelis dan memberi skala numerik 5 jika panelis sangat suka terhadap aroma S1, 4 jika suka terhadap aroma S1, 3 jika cukup suka terhadap aroma S1, 2 jika kurang suka terhadap aroma S1, dan 1 jika tidak suka terhadap aroma S1 pada lembar kuesioner uji hedonik. Hasil skala numerik panelis terhadap S1 kemudian dirata-ratakan dan disesuaikan dengan rata-rata skala numerik untuk menarik kesimpulan (jika rata-rata 4,5-5 disimpulkan panelis sangat suka aroma S1, jika 3,1-4 panelis suka aroma S1, jika 2,1-3 panelis cukup

suka aroma S1, jika 1,1-2 panelis kurang suka aroma S1, dan jika 0,1-1 panelis tidak suka aroma S1). Demikian seterusnya untuk sampel S2, S3, S4, dan S5.

3. Hasil

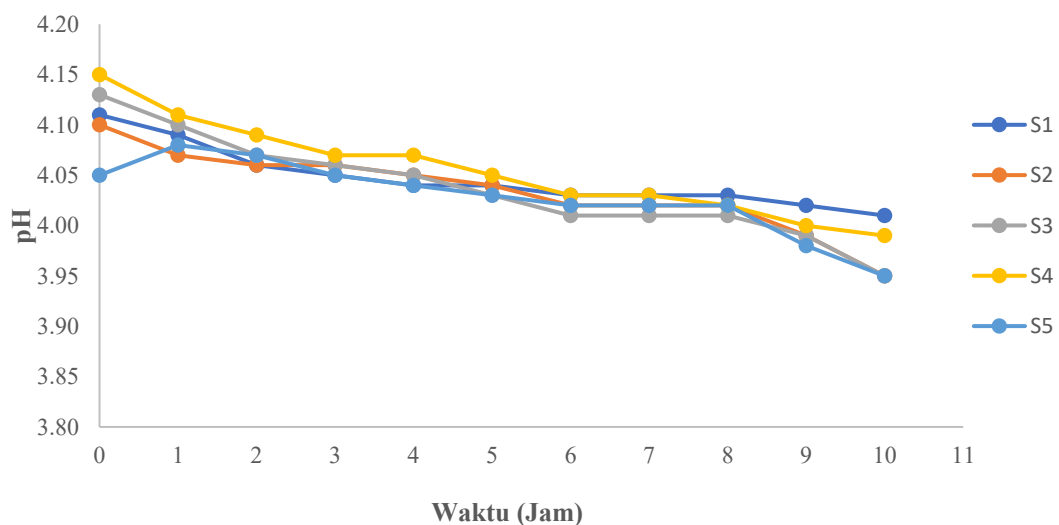
Pengukuran kadar alkohol fermentasi air nira

Gambar 1 menunjukkan bahwa kadar alkohol mengalami penurunan selama proses fermentasi air nira dengan ko-inokulasi serta pada fermentasi mikroorganisme yang diduga sebagai BAL, sementara pada fermentasi menggunakan *yeast* mengalami kenaikan. Kadar alkohol S1 (mikroorganisme yang diduga sebagai BAL terhadap *yeast*, 1:1) dari $2,34 \pm 0,00$ menjadi $1,44 \pm 0,00$ %, S2 (mikroorganisme yang diduga sebagai BAL terhadap *yeast*, 1:2) dari $2,34 \pm 0,02$ menjadi $0,94 \pm 0,06$ %, S3 (mikroorganisme yang diduga sebagai BAL terhadap *yeast*, 2:1) dari $2,29 \pm 0,01$ menjadi $0,94 \pm 0,00$ %, S4 (*yeast*) dari $2,34 \pm 0,00$ menjadi $2,49 \pm 0,01$ % dan S5 (mikroorganisme yang diduga sebagai BAL) dari $2,29 \pm 0,01$ menjadi $1,29 \pm 0,01$ %. Penurunan tertinggi terjadi pada tuak S2, yaitu 59,83% dan penurunan terendah pada tuak S1, yaitu 38,46%. Kadar alkohol pada S4 mengalami kenaikan sebesar 6,41%. Pada kurva alkohol disimpulkan bahwa kadar alkohol yang semakin rendah menunjukkan bahwa tuak cenderung menghasilkan senyawa asam dibandingkan alkohol. Penurunan kadar alkohol sejalan dengan pemanfaatan alkohol oleh bakteri asam laktat untuk bertahan hidup [10].



Gambar 1. Kadar alkohol selama 10 jam fermentasi

Pengukuran pH fermentasi air nira



Gambar 2. Pengukuran pH selama 10 jam fermentasi produksi tuak

Gambar 2 menunjukkan bahwa pH mengalami penurunan selama fermentasi. Setelah 10 jam fermentasi, pH S1 dari $4,11 \pm 0,00$ menjadi $4,01 \pm 0,00$, S2 dari $4,10 \pm 0,00$ menjadi $3,95 \pm 0,03$, S3 dari $4,13 \pm 0,01$ menjadi $3,95 \pm 0,03$, S4 dari $4,15 \pm 0,02$ menjadi $3,99 \pm 0,01$, dan S5 dari $4,05 \pm 0,03$ menjadi $3,95 \pm 0,03$. Penurunan pH terjadi akibat aktivitas metabolisme sel yang terus berlangsung membentuk asam laktat. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hutasoit dkk. [10] yang menunjukkan bahwa nilai pH terendah fermentasi air nira ditemukan pada wadah yang ditambahkan koloni mikroorganisme yang diduga sebagai BAL.

Uji organoleptik Seleksi Panelis

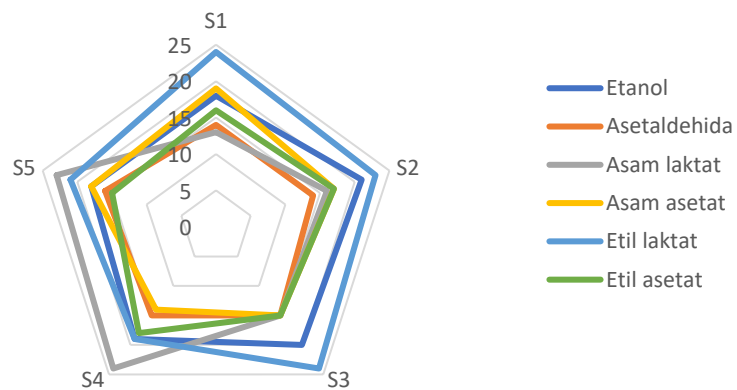
Pemilihan panelis dilakukan secara bertahap, dimulai dengan pengisian kuesioner hingga Tes Kemampuan Dasar (TKD). Sebanyak 20 orang yang memenuhi kriteria diundang (dari 31 calon panelis) untuk mengikuti uji seleksi awal aroma untuk menentukan panelis yang dapat mengikuti TKD. Setelah seleksi awal aroma, 15 panelis dinyatakan lulus dan melanjutkan ke tahap TKD (jawaban benar minimal 80%). Setelah tahap TKD, diperoleh 11 panelis tetap yang memenuhi syarat untuk mengikuti uji organoleptik aroma tuak. Jumlah panelis ini masih sesuai dengan persyaratan uji organoleptik, yang mensyaratkan minimal 8 panelis yang telah lulus uji [17].

Uji Identifikasi Deskripsi

Tabel 2 menunjukkan data mentah hasil uji identifikasi deskripsi panelis dan Gambar 3 hasil uji identifikasi deskripsi panelis dari lima sampel aroma tuak yang dibuat dalam *spider chart*. Sampel S1, S2, dan S3 tercium aroma menyerupai atribut aroma C5, yaitu menyerupai etil laktat karena skala numerik tertinggi untuk S1, S2, dan S3 secara berurutan adalah 24, 23, 24, sedangkan S4 dan S5 secara berurutan berada pada skala numerik 24 dan 23 dengan kesimpulan sampel S4 dan S5 tercium aroma menyerupai atribut aroma C3, yaitu menyerupai asam laktat (C1 adalah etanol, C2 asetaldehida, C4 asam asetat, C6 etil asetat).

Tabel 2. Data hasil uji identifikasi deskripsi

Inisial	S1						S2						S3						S4						S5					
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C1	C2	C3	C4	C5	C6
ON	2	3	1	3	1	3	3	3	1	2	3	3	3	3	1	2	3	1	2	1	3	3	1	3	2	3	3	1	1	3
DT	2	1	1	2	3	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	3	1
TS	1	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1
FK	2	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1
BS	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	2	1	2	2	1	1	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1
AS	1	1	1	1	3	1	2	1	1	1	2	3	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1
JP	3	1	1	3	3	1	3	1	3	1	2	3	1	1	3	1	3	1	1	1	3	1	3	3	2	1	2	3	3	1
DL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1
LS	1	2	1	1	3	2	1	2	1	2	2	1	1	2	1	1	2	2	1	2	2	1	2	3	2	2	1	3	3	2
KS	1	1	2	3	3	2	2	1	1	2	2	1	3	2	1	2	3	3	2	3	3	2	2	1	2	2	3	2	2	2
GS	2	1	1	2	3	2	2	1	1	3	3	1	3	1	1	3	3	1	3	2	2	1	3	1	1	2	3	2	2	1



Gambar 3. Hasil uji identifikasi deskripsi (uji organoleptik)

Uji perbandingan

Tabel 3 menunjukkan hasil uji perbandingan aroma tuak. Nilai rata-rata untuk sampel tuak dengan ko-inokulasi adalah 2,33, ketika dibandingkan dengan aroma tuak S4 dan S5. Ini menunjukkan bahwa sampel tuak dengan ko-inokulasi berada pada skala numerik 2,05–3, dengan kesimpulan bahwa aroma tersebut lebih baik dibandingkan dengan aroma tuak tanpa ko-inokulasi (S4 dan S5), yang artinya aroma yang dihasilkan dengan metode penggabungan mikroorganisme yang diduga sebagai BAL dan *yeast* dalam fermentasi air nira menghasilkan aroma yang lebih baik daripada fermentasi tanpa ko-inokulasi.

Tabel 3. Rata-rata hasil uji perbandingan jamak (uji perbandingan)

S4		S5	
Sampel	Rata-rata	Sampel	Rata-rata
S1	2,4	S1	2,7
S2	2,3	S2	2,2
S3	2,3	S3	2,1
Rata-rata	2,33	Rata-rata	2,33

Uji tingkat perbedaan

Uji tingkat perbedaan bertujuan untuk menentukan tingkat perbedaan aroma tuak ko-inokulasi dengan aroma tuak tanpa ko-inokulasi. Tabel 4 menunjukkan hasil uji tingkat perbedaan lanjutan untuk uji perbandingan aroma tuak. Nilai rata-rata aroma tuak dengan ko-inokulasi sebesar 2,8 dibandingkan dengan S4, dan 2,5 dibandingkan dengan S5. Ini mengindikasikan bahwa aroma tuak dengan ko-inokulasi berada dalam rentang 2,1–3, menunjukkan parameter sedang, dan berdasarkan Tabel 3 dan 4, diperoleh informasi bahwa aroma tuak dengan ko-inokulasi lebih baik daripada tanpa ko-inokulasi, dengan perbedaan tingkat sedang.

Tabel 4. Rata-rata hasil uji perbandingan jamak (uji tingkat perbedaan)

S4		S5	
Sampel	Rata-rata	Sampel	Rata-rata
S1	2,9	S1	2,4
S2	2,8	S2	2,4
S3	2,7	S3	2,7
Rata-rata	2,8	Rata-rata	2,5

Uji anova

Hasil penilaian panelis terhadap aroma tuak diolah secara statistik menggunakan uji F yang dihitung dengan nilai Jumlah Kuadrat (JK), Derajat Kebebasan (DK), Rata-Rata Kuadrat (RK) dan F hitung. Perbandingan nilai F hitung dengan nilai F tabel dapat dilihat pada Tabel 5 dan 6. Tabel 5 merupakan hasil uji anova aroma tuak dengan ko-inokulasi terhadap tuak tanpa ko-inokulasi sampel S4. Nilai F hitung pada Tabel 5 lebih kecil dari nilai F tabel, yang berarti aroma tuak dengan ko-inokulasi tidak memiliki perbedaan yang nyata atau sama

dengan S4, aroma tuak tanpa ko-inokulasi. Tabel 6 merupakan hasil uji anova tuak dengan ko-inokulasi terhadap aroma tuak tanpa ko-inokulasi sampel S5. Nilai F hitung pada Tabel 6 lebih kecil dari nilai F tabel yang berarti aroma tuak dengan ko-inokulasi juga tidak memiliki perbedaan yang nyata atau sama dengan S5, aroma tuak tanpa ko-inokulasi.

Tabel 5. Uji anova dengan S4

Variansi	Jumlah kuadrat	Derajat kebebasan	Rataan kuadrat	F hitung	F tabel
Perlakuan	0,8	2	0,39		
Galat	141,5	30	4,72	0,08	3,13
Total	142,2	32			

Tabel 6. Uji anova dengan S5

Variansi	Jumlah Kuadrat	Derajat kebebasan	Rataan kuadrat	F hitung	F tabel
Perlakuan	11,9	2	5,94		
Galat	115,1	30	3,84	1,5	3,13
Total	127	32			

Uji hedonik

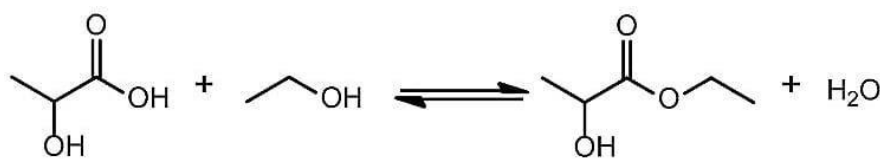
Uji hedonik bertujuan untuk mengetahui tingkat kesukaan panelis biasa terhadap aroma tuak. Rata-rata aroma tuak dengan ko-inokulasi yaitu 3,7 yang berada pada skala 3,1–4 dengan parameter suka, sedangkan rata-rata aroma tuak tanpa ko-inokulasi yaitu 2,6 berada pada skala 2,1–3 dengan parameter cukup suka sehingga disimpulkan aroma tuak dengan ko-inokulasi lebih disukai dibandingkan aroma tuak tanpa ko-inokulasi. Tuak S2 merupakan aroma tuak dengan nilai rata-rata tertinggi yaitu 3,9, artinya aroma tuak S2 lebih disukai dibandingkan aroma tuak lainnya. Pada kondisi ini diperoleh kadar alkohol 0,94% dan pH 4,01, dimana kadar alkohol ini lebih rendah dibandingkan kadar alkohol S4 yaitu 2,49%. Hal ini menunjukkan bahwa kadar alkohol dapat memengaruhi aroma yang muncul pada tuak, dimana semakin tinggi kadar alkohol maka aroma yang tercipta adalah aroma seperti obat-obatan yang tidak disukai oleh panelis [5]. Selain itu, pH juga memengaruhi aroma yang muncul pada tuak. pH pada S1 adalah pH tertinggi. Semakin rendah pH tuak fermentasi, semakin disukai aromanya karena semakin mendekati aroma menyerupai etil laktat.

Proses fermentasi air nira menggunakan mikroorganisme yang diduga sebagai BAL dan *yeast* menghasilkan berbagai senyawa aromatik yang berperan dalam pembentukan aroma tuak. Berdasarkan identifikasi deskripsi menggunakan *spider chart*, tercium aroma menyerupai etil laktat pada fermentasi dengan ko-inokulasi (S1, S2, dan S3), sementara aroma menyerupai asam laktat tercium pada fermentasi tanpa ko-inokulasi (S4 dan S5). Hal ini sesuai dengan penelitian Akissi dkk. [18] yang menyatakan bahwa terdapat senyawa volatil asam laktat dalam tuak dan etil laktat pada penelitian Lasekan dkk. [19].

Aroma menyerupai asam laktat yang dihasilkan oleh fermentasi tuak tanpa ko-inokulasi menggunakan mikroorganisme yang diduga sebagai BAL terjadi karena mikroorganisme yang diduga sebagai BAL dapat menghasilkan asam laktat melalui jalur glikolisis *Embden-Meyerhof-Parnas* (EMP). Jalur EMP merupakan salah satu jalur pemecahan glukosa menjadi asam piruvat yang berlangsung di sitoplasma dan tidak memerlukan oksigen. Gambar 4 dan 5 menunjukkan reaksi esterifikasi hasil dari jalur metabolisme BAL heterofermentatif dan *yeast*. Berdasarkan gambar tersebut, BAL akan mengubah glukosa menjadi gliseraldehida 3 posfat. Pada BAL, gliseraldehida-3-posfat diubah menjadi piruvat menggunakan enzim piruvat kinase. Kemudian pada BAL, piruvat diubah menjadi asam laktat sebagai produk utama dengan bantuan enzim laktat dehidrogenase dengan produk samping etanol [20]. Aroma menyerupai asam laktat pada proses fermentasi menggunakan *yeast* disebabkan oleh air nira steril yang dipanaskan pada suhu 100°C yang masih belum steril dan masih mengandung mikroorganisme lain seperti mikroorganisme yang diduga sebagai BAL. Oleh karena itu, pada tuak tercium aroma menyerupai asam laktat karena adanya bakteri yang mampu menghasilkan asam laktat. Untuk itu, perlu dilakukan identifikasi apakah air nira yang digunakan sudah bebas dari mikroorganisme lain.

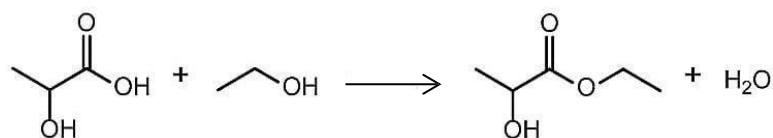
Selama fermentasi menggunakan BAL, terjadi reaksi esterifikasi antara asam laktat dan etanol. Hal ini disebabkan oleh produk akhir metabolisme BAL heterofermentatif yang menghasilkan asam laktat dan etanol. Dalam penelitian ini, diduga bahwa mikroorganisme yang diduga sebagai BAL yang digunakan bersifat heterofermentatif karena proses fermentasi menghasilkan CO₂ dalam bentuk buih atau gelembung udara. Hal

ini didukung oleh penelitian [9,20] yang menyatakan bahwa BAL pada air nira adalah heterofermentatif. Reaksi esterifikasi ini menghasilkan etil laktat dan air (Gambar 4).



Gambar 4. Reaksi esterifikasi asam laktat dengan etanol [21]

Berdasarkan reaksi diatas, gugus karboksil (-COOH) dari asam laktat bereaksi dengan gugus etil (-C₂H₅) dari etanol. Namun, reaksi ini berlangsung bolak-balik, di mana etil laktat dapat diubah kembali menjadi asam laktat dan etanol. Pada fermentasi yang dilakukan dengan metode ko-inokulasi, aroma yang diidentifikasi adalah aroma menyerupai etil laktat. Hal ini terjadi karena etanol yang dihasilkan oleh *yeast* pada ko-inokulasi bertindak sebagai pereaksi berlebih, sehingga reaksi pada Gambar 5 menjadi reaksi searah yang menghasilkan etil laktat dan air. Menurut Hendarto dkk. [22] reaksi esterifikasi biasanya terjadi dalam lingkungan fermentasi yang asam. Hal ini sesuai dengan hasil pengukuran pH fermentasi tuak pada penelitian ini, yaitu $4,01 \pm 0,00$ pada S1, $3,95 \pm 0,03$ pada S2, $3,94 \pm 0,03$ pada S3, $3,99 \pm 0,01$ pada S4 dan $3,95 \pm 0,03$ pada S5.



Gambar 5. Reaksi searah esterifikasi asam laktat dengan etanol

4. Kesimpulan

Bagian ini berisi tentang kesimpulan akhir ataupun rekomendasi dari hasil penelitian. (Times New Roman, 11 pt) Atribut aroma yang tercipta dari proses fermentasi air nira menggunakan mikroorganisme yang diduga sebagai BAL dan *yeast* menyerupai etil laktat pada S1, S2, dan S3 dan menyerupai aroma asam laktat pada S4 dan S5, uji perbandingan jamak menunjukkan aroma tuak dengan ko-inokulasi mikroorganisme yang diduga sebagai BAL dan *yeast* lebih baik dengan tingkat perbedaan sedang, dan uji hedonik menunjukkan bahwa tuak dengan ko-inokulasi dengan perbandingan mikroorganisme yang diduga sebagai BAL dan *yeast* 1:2 (v/v) lebih disukai. Penelitian lanjutan, dari segi produksi disarankan untuk memastikan bahwa pada air nira steril tidak terdapat mikroorganisme dan perlu dilakukan uji senyawa volatil menggunakan GC-MS. Dari segi penyusunan kuesioner, rentang skala tingkat kesukaan diperluas dan dilakukan uji membedakan aroma setiap produk yang dihasilkan, dan dari segi pelaksanaan uji organoleptik, dilakukan pengenceran aroma standar sehingga tidak mengganggu indera penciuman dan penglihatan panelis, penambahan jumlah panelis dan penambahan tuak komersial pada uji organoleptik untuk membandingkan aroma tuak yang diproduksi dengan aroma tuak komersial.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Institut Teknologi Del.

6. Konflik Kepentingan

Semua penulis tidak memiliki konflik kepentingan (*conflict of interest*) pada publikasi artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] A. A. Pradnyandari, I. G. A. S. Dhyana Putri, dan I. N. Jirna, “Kajian karakteristik objektif dan subjektif tuak aren (*Arenga pinnata*) berdasarkan lama waktu penyimpanan,” *Mediatory*, vol. 2, no. 1, hal. 13-22, 2017.
- [2] H. B. Firmendo, “Kearifan lokal minuman tradisional tuak dalam merajut harmoni sosial di Tapanuli bagian utara,” *Aceh Anthropological Journal*, vol. 4, no. 2, hal. 197-212, 2020.
- [3] L. Natadjaja, “Narasi visual dan kearifan lokal pada kemasan minuman tradisional tuak,” *Prosiding Seminar Nasional Desain dan Arsitektur (SENADA)*, 2022, vol. 5.

- [4] D. Sinta, N. Nurhaeda, R. Rasbawati, F. Fitriani, “Uji organoleptik dan tingkat kesukaan nugget ayam broiler dengan penambahan susu bubuk SKIM pada level yang berbeda,” *Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (SMIPT)*, vol.2, hal. 301, 2019.
- [5] G. Styger, B. Prior, dan F. F. Bauer, “Wine flavor and aroma,” *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, vol. 38, no. 9, hal. 1146-1148, 2011.
- [6] Sulfiani, “Identifikasi bakteri asam laktat pada minuman tradisional tuak nira aren (*Arenga pinnata*),” *Jurnal Biology Science and Education*,” vol. 10, no. 1, hal. 112-121, 2021.
- [7] Qonita, “Karakterisasi bakteri asam laktat dari nira kelapa dan nira aren sebagai agen fermentasi,” *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*,” vol. 15, no. 3, hal. 147-156, 2018.
- [8] P. F. Fox, T. P. Guinee, T. M. Cogan, P. L.H. McSweeney, *Fundamentals of Cheese Science*, edisi 2. Switzerland: Springer, 2017.
- [9] D. Suseno dan Q. Qomariyah, “Analisis kadar alkohol dalam obat batuk sirup dengan menggunakan metode headspace kromatografi gas,” *Jurnal Kesehatan Vokasional*, vo. 6, no. 3, hal. 139-146, 2021.
- [10] S. Hutasoit, N. J. R. Turnip, Y. Agnesia, dan M. M. Martgrita, “Effect of controlling the number of natural microorganisms on the taste and aroma of tuak (North Sumatra traditional beverage),” *Journal of Advances in Food Sciences, Sustainable Agriculture and Agroindustrial Engineering*, vol. 8, no. 2, hal. 136-145, 2025.
- [11] Natania, M. Susanto dan A. H. Chayana, “Pengaruh fermentasi bakteri asam laktat terhadap aktivitas antioksidan dan kadar antosianin buah duwet (*Syzygium cumini*),” *FaST-Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 3, no. 2, hal. 17-26, 2019.
- [12] L. Bartle, K. Sumby, J. Sundstrom, dan V. Jiranek, “The microbial challenge of winemaking: yeast-bacteria compatibility,” *FEMS*, vo. 19, no. 4, hal. 1-16, 2019.
- [13] A. Gallo, T. Roman, M. Paolini, N. Cappello, R. Guzzon, F. Carrau, R. Scheider, dan R. Larcher, “Aroma features of *Hanseniaspora vineae* Hv205 wines in sequential and co-inoculation strategies,” *fermentation*, vol. 10, no. 4, hal. 1-14, 2024.
- [14] N. J. Turnip, Y. Agensia, A. Aditia, K. Simanjuntak, dan A. Pangaribuan, “Effect of nira (*Arenga pinnata* Merr) tapping tools on the abundance and identification of microorganisms,” *Journal of Engineering and Scientific Research*, vol.5, no. 2, hal. 112-117, 2023.
- [15] N. I. F. Nisa dan A. Aminudin, “Pengaruh waktu distilasi etanol-air terhadap konsentrasi *overhead product* dan *bottom product*,” *Chemical Engineering Research Articles*, vol. 2, no. 1, hal 19-25, 2019.
- [16] D. Wulansari, S. Rahmi, F. Fiardilla, dan S. Ningsih, “Uji organoleptik minuman serbuk effervescent daun pulai (*Alstonia scholaris* (L.) R.BR.),” *Jurnal Pengembangan Agroindustri Terapan*, vol. 2, no. 1, 2023.
- [17] M. C. Meilgaard, G. V. Civille, dan B. T. Carr, *Sensory Evaluation Techniques*, edisi 3. Boca Raton, FL: CRC Press, 1999.
- [18] M. D. Akissi, C. A. Kouakou-Kouamé, C. K. Attchelouwa, M. Lebrun, C. Teyssier, J.-C. Meile, and F. K. N'Guessan, "Dynamic changes in volatile organic compounds during the spoilage of palm wine stored at ambient temperature," *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, vol. 12, no. 2, hal. 318–326, 2024.
- [19] O. Lasekan, A. Buettner, dan M. Christlbauer, “Investigation of important odorants of palm wine (*Elaeis guineensis*),” *Food Chemistry*, vol. 105, hal. 15-23, 2007.
- [20] Zhang, Heping, dan Y. Cai, *Lactic Acid Bacteria: Fundamentals and Practice*, New York: Springer Science and business, 2014.
- [21] S. Figalla, J. Petruj, dan T. Svestkova, “Transesterification of lactic acid oligomers with etanol, a way to anhydrous ethyl lactate: A kinetic study,” *Molecules*, vol. 23, hal. 1-13, 2018.
- [22] D. R. Hendarto, A. P. Handayani, E. Esterelita, dan Y. A. Handoko, “Mekanisme biokimiawi dan optimalisasi *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* dalam pengolahan yoghurt yang berkualitas,” *J. Sains Dasar*, vo. 8, no. 1, hal. 13-19, 2019.