

**AKTIVITAS ANTIMIKROBA CUKA NIRA DAN ANALISIS
KANDUNGAN SENYAWA AKTIF DENGAN METODE GC-MS**



**INDRIA PALUPI
NIM. 22032076/2022**

**DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2026**

**AKTIVITAS ANTIMIKROBA CUKA NIRA DAN ANALISIS
KANDUNGAN SENYAWA AKTIF DENGAN METODE GC-MS**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains*



**Oleh:
INDRIA PALUPI
NIM. 22032076/2022**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
DEPARTEMEN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2026**

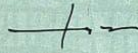
PERSETUJUAN SKRIPSI

AKTIVITAS ANTIMIKROBA CUKA NIRA DAN ANALISIS KANDUNGAN SENYAWA AKTIF DENGAN METODE GC-MS

Nama : Indria Palupi
NIM/TM : 22032076/2022
Program Studi : Biologi
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 26 Januari 2026

Mengetahui:
Kepala Departemen Biologi



Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si. M.Biomed
NIP. 197508152006042001

Disetujui Oleh:
Pembimbing



Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si. M.Biomed
NIP. 197508152006042001

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

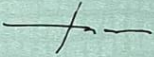
Nama : Indria Palupi
NIM/TM : 22032076/2022
Program Studi : Biologi
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

AKTIVITAS ANTIMIKROBA CUKA NIRA DAN ANALISIS KANDUNGAN SENYAWA AKTIF DENGAN METODE GC-MS

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi Departemen
Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 26 Januari 2026

Tim Penguji

	Nama	
1. Ketua	: Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si, M.Biomed	
2. Anggota	: Dr. Irdawati, M.Si	
3. Anggota	: Yusni Atifah, S.Si., M.Si	

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

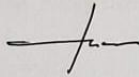
Nama : Indria Palupi
NIM/TM : 22032076/2022
Program Studi : Biologi
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa, skripsi saya dengan judul "Aktivitas Antimikroba Cuka Nira dan Analisis Kandungan Senyawa Aktif Dengan Metode GC-MS" adalah benar merupakan karya sendiri, bukan dari hasil plagiat dari karya orang lain. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya yang ditulis dan diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 26 Januari 2026

Mengetahui:
Kepala Departemen Biologi



Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si, M.Biomed
NIP. 197508152006042001

Saya yang menyatakan,



Indria Palupi
NIM. 22032076

AKTIVITAS ANTIMIKROBA CUKA NIRA DAN ANALISIS KANDUNGAN SENYAWA AKTIF DENGAN METODE GC-MS

Indria Palupi

ABSTRAK

Nira aren (*Arenga pinnata* Merr.) merupakan bahan alami yang berpotensi diolah menjadi produk fermentasi bernilai tambah, salah satunya cuka nira. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas cuka nira hasil fermentasi, menentukan persentase starter dan lama fermentasi terbaik dalam menghasilkan aktivitas antimikroba, menganalisis interaksi kedua faktor tersebut, mengkaji hubungan bakteri asam laktat (BAL) dengan aktivitas antimikroba, serta mengidentifikasi senyawa aktif antimikroba menggunakan metode GC-MS.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial dua faktor, yaitu persentase starter *Acetobacter aceti* (5%, 10%, 15%, dan 20%) dan lama fermentasi (3, 6, dan 12 hari) dengan tiga ulangan. Aktivitas antimikroba diuji terhadap *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Candida albicans* menggunakan metode difusi cakram, sedangkan analisis senyawa aktif melalui skrining fitokimia dan metode GC-MS. Analisis data dilakukan menggunakan ANOVA dua arah dan uji lanjut Duncan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa cuka nira memenuhi standar mutu SNI 01-4371-1996. Lama fermentasi dan persentase starter berpengaruh sangat signifikan terhadap aktivitas antimikroba ($p < 0,001$), serta terdapat interaksi sangat signifikan antara kedua faktor tersebut. Kombinasi perlakuan terbaik untuk aktivitas antibakteri diperoleh pada lama fermentasi 12 hari dengan persentase starter 20%, sedangkan aktivitas antijamur terbaik pada 6 hari dengan persentase starter 15%. Secara faktor tunggal, lama fermentasi optimal untuk antibakteri adalah 12 hari dan untuk antijamur 6 hari, sedangkan persentase starter optimal untuk keduanya adalah 15%. Analisis korelasi menunjukkan hubungan yang bervariasi antara jumlah BAL dan zona hambat, dengan korelasi positif kuat pada *C. albicans*. Skrining fitokimia cuka nira positif mengandung senyawa saponin, tanin, fenol dan terpenoid dan analisis GC-MS mengidentifikasi senyawa 9-octadecenoic acid, asam asetat, 9,12-octadecadienoic acid dan hexadecanoic acid.

Kata kunci: Antimikroba, BAL, Cuka Nira, GC-MS

ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF NIRA VINEGAR AND ANALYSIS OF ITS BIOACTIVE COMPOUNDS USING GC–MS

Indria Palupi

ABSTRACT

Arenga palm sap (*Arenga pinnata* Merr.) is a natural raw material with strong potential to be processed into value-added fermented products, one of which is arenga vinegar. This study aimed to evaluate the quality of fermented palm sap vinegar, determine the optimal starter percentage and fermentation duration for producing antimicrobial activity, analyze the interaction between these two factors, examine the relationship between lactic acid bacteria (LAB) and antimicrobial activity, and identify antimicrobial active compounds using the GC–MS method.

This research was conducted as an experimental study using a completely randomized factorial design with two factors, namely the percentage of *Acetobacter aceti* starter (5%, 10%, 15%, and 20%) and fermentation duration (3, 6, and 12 days), with three replications. Antimicrobial activity was tested against *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and *Candida albicans* using the disc diffusion method, while active compound analysis was carried out through phytochemical screening and GC–MS analysis. Data were analyzed using two-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test.

The results showed that palm sap vinegar met the quality standards of SNI 01-4371-1996. Fermentation duration and starter percentage had a highly significant effect on antimicrobial activity ($p < 0,001$), and a highly significant interaction was observed between both factors. The best treatment combination for antibacterial activity was obtained at a fermentation duration of 12 days with a starter percentage of 20%, while the highest antifungal activity was achieved at 6 days with a starter percentage of 15%. Based on single-factor analysis, the optimal fermentation duration was 12 days for antibacterial activity and 6 days for antifungal activity, while the optimal starter percentage for both was 15%. Correlation analysis revealed variable relationships between LAB counts and inhibition zones, with a strong positive correlation observed against *C. albicans*. Phytochemical screening indicated that palm sap vinegar contained saponins, tannins, phenols, and terpenoids, while GC–MS analysis identified 9-octadecenoic acid, acetic acid, 9,12-octadecadienoic acid, and hexadecanoic acid.

Keywords: Antimicrobial Activity, Arenga Vinegar, LAB, GC-MS

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Aktivitas Antimikroba Cuka Nira dan Analisis Kandungan Senyawa Aktif Dengan Metode GC-MS”**. Shalawat beriring salam penulis kirimkan untuk Rasulullah Muhammad SAW junjungan umat seluruh alam.

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains di Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan dan dukungan berbagai pihak. Pada kesempatan ini ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Ibu Dr. Dwi Hilda Putri, S.Si, M. Biomed. selaku Ketua Departemen Biologi, Dosen Pembimbing dan Dosen Penasehat Akademik (PA) yang telah memberikan nasehat, semangat dan banyak motivasi dari awal penulis belajar dan beraktivitas di Departemen Biologi serta meluangkan waktu, tenaga dan pikiran serta untuk membimbing dalam melaksanakan penelitian dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi.
2. Ibu Dr. Irdawati, M. Si. dan Yusni Atifah, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penguji yang telah membantu memberikan banyak arahan, saran dan kritikan untuk kesempurnaan penulisan skripsi ini.

3. Bapak Ibu Dosen dan Staff Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang yang telah membantu untuk kelancaran dalam proses penelitian hingga penulisan skripsi ini.
4. Orang tua tercinta Bapak Sabar Waluyo dan Ibu Misiyah, Ibu yang penulis panggil “mimom” yang dengan penuh kasih sayang tidak pernah lelah memberikan doa, perhatian, serta dukungan tanpa batas. Suara yang selalu terdengar dan semangat yang Ibu berikan menjadi sumber kekuatan utama bagi penulis dalam menghadapi setiap proses dan tantangan selama masa studi. Ayah yang senantiasa memberikan doa, keteladanan, serta dukungan yang menjadi landasan kekuatan penulis. Ayah juga setiap hari dengan penuh ceria menjadi pendengar keluh kesah penulis, memberikan nasihat dan apresiasi sehingga penulis mampu bertahan dan menyelesaikan studi hingga jenjang sarjana.
5. Adik tersayang dan satu-satunya Galuh Tunjung Pramesti (yayuhti), yang menjadi motivasi terbesar penulis untuk terus berproses dan yang selalu memberikan semangat untuk penulis melalui suara cerianya sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini.
6. Teruntuk Rian Alvarizi, S.Pt. yang telah memberi dukungan emosional sejak penulis berjuang masuk perguruan tinggi hingga berhasil menyelesaikan studi sarjana, kesabarannya mendengarkan keluh kesah penulis, serta menjadi sosok yang selalu meyakinkan penulis bahwa skripsi ini pasti bisa terselesaikan tepat pada waktunya.

7. Sillviana Yuan Arista, S.T. (Endel), sosok yang penulis sebut '*my twins*'. Kehadiran yang maknanya melampaui ikatan darah persaudaraan dan lebih dari sekadar definisi sahabat. Terima kasih telah menjadi teman utuh dari perjalanan penulis dari lahir hingga kini, serta selalu meluangkan waktu dan dukungan hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
8. Sahabat terdekat Alifah Hazelia Elviana dan Olivia Reyhana Martin, yang telah menjadi sahabat penulis selama kuliah, memberi banyak bantuan dan selalu menjadi tempat untuk penulis bercerita hingga penulis menyelesaikan studi.
9. Teman-teman penelitian (Annisa cimet, Laila, Eka dan Astrid) yang telah berproses bersama. Terimakasih atas semua bantuan, dukungan dan kerjasama selama proses penelitian hingga penulisan skripsi.
10. Kakak senior biologi (Kak Liza Febrianti, S.Si. dan Kak Tesya Wulandari, S.Si.) terimakasih atas bantuan dan arahan mulai dari awal penulis melakukan penelitian sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi.
11. Semua pihak yang terlibat, berpartisipasi dan memberikan dukungan kepada penulis selama perkuliahan sampai penyelesaian skripsi.

Semoga bantuan yang Bapak/Ibu serta rekan-rekan berikan, bernilai ibadah dan mendapatkan pahala dari Allah SWT. Penulis berharap skripsi ini bisa memberikan manfaat bagi semua orang yang membacanya.

Padang, 26 Januari 2026

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Hipotesis Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Tanaman Aren dan Potensi Nira	7
B. Fermentasi Cuka Nira	8
C. Fitokimia.....	10
D. Metode Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS).....	11
E. Cuka Sebagai Antimikroba	12
F. BAL sebagai Produsen Senyawa Antimikroba.....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	16
A. Jenis Penelitian	16
B. Waktu dan Tempat	16
C. Alat dan Bahan.....	16
D. Prosedur Penelitian	17
E. Analisis Data	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
A. Hasil Pengamatan	26
B. Pembahasan	31
BAB V PENUTUP.....	38
A. Kesimpulan.....	38
B. Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel.	Halaman
1. Kualitas Cuka Berdasarkan SNI 01-3711-1996	10
2. Fermentasi Cuka	21
3. Kualitas Cuka Nira Berdasarkan SNI 01-4371-1996	26
4. Hasil Uji Fitokimia Cuka Nira	30
5. Senyawa Aktif yang Teridentifikasi dari Cuka Nira Menggunakan Analisis GC-MS	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar.	Halaman
1. Representasi Skematis Bioproses Produksi Cuka.....	8
2. Prinsip Dasar Analisis GC-MS	11
3. Mekanisme Cuka Melawan Bakteri Patogen	13
4. Pengukuran Diameter Zona Bening.....	22
5. Zona Hambat Cuka Nira Terhadap Tiga Mikroba Patogen Uji.....	27
6. Grafik Zona Hambat Cuka Nira Terhadap Tiga Mikroba Patogen Uji	28
7. Grafik Korelasi BAL dengan Diameter Zona Hambat Pada Perlakuan Lama Fermentasi	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran.	Halaman
1. Uji Standar Mutu Cuka Nira Parameter pH dan Asam Asetat	45
2. Uji Aktivitas Antimikroba Cuka Nira	46
3. Hasil Uji keberadaan Bakteri Asam Laktat (BAL)	49
4. Uji senyawa aktif cuka nira.....	55
5. Hasil Uji Statistik (<i>Two way</i> ANOVA) dan Uji Duncan	56

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Nira aren merupakan cairan manis yang disadap dari bunga jantan tanaman *Arenga pinnata*. Cairan ini sudah lama dikenal sebagai bahan baku utama dalam pembuatan gula aren. Kandungan gula dalam nira segar berkisar antara 10-15%. Selain kaya akan gula, nira aren juga mengandung nutrisi lain seperti air (91,1%), karbohidrat (8,21%), dan protein (0,41%). Menariknya, penelitian sebelumnya juga mengungkapkan bahwa nira aren memiliki indeks glikemik yang rendah, sehingga berpotensi sebagai alternatif minuman yang lebih baik dalam menjaga kadar gula darah (Simatupang *et al.*, 2023).

Lebih dari sekadar pemanis, nira aren memiliki potensi untuk diolah menjadi berbagai produk fermentasi dan non fermentasi. Salah satu produk fermentasi nira aren yang terkenal adalah minuman beralkohol. Setiap daerah memiliki nama yang berbeda untuk menyebut minuman beralkohol dari nira aren ini, seperti ijuk, peluluk, tuwak dan lain-lain. Di Sumatera Barat, minuman yang berasal dari air nira dikenal dengan nama “Aie Niro”. Kadar alkohol pada minuman nira bervariasi, berkisar antara 6-10% (Amema *et al.*, 2021. Nasution *et al.*, 2025)

Kandungan alkohol sebagai produk fermentasi pada air Nira tidak selalu bisa diterima oleh semua kalangan masyarakat, khususnya terkait dengan masalah keyakinan atau agama. Berdasarkan fatwa MUI No.10 Tahun 2018 tentang produk makanan dan minuman yang masuk kategori khamr adalah minuman yang mengandung alkohol (C_2H_5OH) minimal 0.5 %.

Alkohol bukanlah produk akhir dari proses fermentasi air nira. Apabila proses fermentasi tidak dihentikan, maka akan menghasilkan produk - produk

lanjutan lainnya seperti cuka. Proses pembuatan cuka melibatkan dua tahap fermentasi. Tahap pertama adalah fermentasi alkohol, dimana karbohidrat diubah menjadi etanol oleh *Saccharomyces cerevisiae* dalam kondisi anaerob. Apabila fermentasi alkohol berlanjut, etanol akan menjadi substrat bagi bakteri asam asetat, terutama *Acetobacter aceti* dalam kondisi aerob untuk menghasilkan asam asetat, komponen utama dalam cuka (Nugrahani *et al.*, 2021).

Kemampuan cuka dari berbagai bahan organik sudah banyak diuji dalam menghasilkan senyawa bioaktif yang bermanfaat untuk tubuh. Cuka nanas dapat mengatur ekspresi gen terkait obesitas dan memodulasi mikrobiota usus (Jumadi *et al.*, 2023), cuka anggur berperan dalam memperlancar aliran darah dan membantu proses detoksifikasi dalam peredaran darah (Harahap *et al.*, 2022), serta cuka apel mampu memperbaiki metabolisme tubuh. Selain manfaat tersebut, cuka juga diketahui memiliki sifat antiseptik dan aktivitas antimikroba, terutama dalam menghambat pertumbuhan bakteri pada saluran pencernaan (Dahang *et al.*, 2025). Aktivitas antimikroba cuka dipengaruhi oleh kandungan senyawa bioaktif hasil fermentasi yang komposisinya berbeda pada setiap jenis cuka tergantung pada bahan organiknya.

Analisis senyawa aktif antimikroba dapat dilakukan melalui uji fitokimia dan uji GC-MS. Fitokimia adalah senyawa bioaktif dalam tumbuhan yang dapat memberikan efek kesehatan pada manusia. Senyawa kimia bermolekul kecil pada tumbuhan disebut sebagai metabolit sekunder (Yanti *et al.*, 2019), sedangkan metode *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GC-MS) yaitu teknik pemisahan sampel yang dilakukan melalui kromatografi gas dan diikuti dengan analisis menggunakan spektrometri massa. Teknik GC-MS memiliki ketajaman tinggi

untuk pemisahan senyawa yang tercampur dan menganalisis senyawa dalam berbagai kadar atau konsentrasi yang rendah (Nuriah *et al.*, 2023). Keunggulan metode GC-MS adalah waktu identifikasinya cepat, sensitifitas yang tinggi, pemisahan yang baik, dan alat dapat dipakai dalam waktu lama (Chandra *et al.*, 2017). Eksplorasi senyawa aktif antimikroba baru sangat dibutuhkan untuk menemukan senyawa baru yang memiliki aktifitas antimikroba yang lebih baik.

Beberapa faktor yang akan mempengaruhi proses fermentasi asam asetat adalah konsentrasi starter dan lama fermentasi. Penelitian yang dilakukan oleh Sandi (2012) menunjukkan bahwa cuka kulit singkong yang ditambahkan *A. aceti* 10% menghasilkan kadar asam asetat tertinggi sebesar 2,58%. Hal ini juga didukung oleh penelitian Welkriana *et al.*, (2022) yang menambahkan *A. aceti* 10% kedalam cuka kulit pisang kepok sehingga menghasilkan kadar asam asetat 13,06%.

Penelitian Listya *et al.*, (2020), menyatakan semakin lama waktu fermentasi, maka semakin tinggi kadar asam asetat yang dihasilkan. Hasil fermentasi asetat selama 12 hari menghasilkan kadar tertinggi sebesar 7,76%, karena *A. aceti* secara aerob mengoksidasi alkohol menjadi asam asetat pada kondisi optimum suhu 15–34 °C dan pH 3,0–4,0. Menurut Febriani & Azizati (2018), kriteria mutu cuka yang utama adalah kandungan asam asetat paling sedikit 4%.

Selain bakteri asam asetat, proses fermentasi bahan berpati juga melibatkan bakteri asam laktat (BAL). BAL merupakan jenis bakteri yang sangat penting dalam pengolahan minuman probiotik. Mutu minuman probiotik juga sangat ditentukan oleh jumlah bakteri asam laktat yang terdapat pada minuman tersebut (Agustine *et al.*, 2018). Menurut Zahrani *et al.*, (2025), BAL menghasilkan senyawa

asam organik yang menurunkan pH dan dalam bentuk tak terdisosiasi dapat menembus membran patogen, mengganggu metabolisme, dan menyebabkan kematian sel. Kontribusi BAL sebagai mikroorganisme penghasil senyawa antimikroba pada cuka nira belum banyak dikaji. Oleh karena itu, penting untuk mengetahui hubungan antara jumlah BAL yang terbentuk selama fermentasi dengan diameter zona hambat sebagai indikator aktivitas antimikroba.

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian dengan judul “Aktivitas Antimikroba Cuka Nira Terhadap Mikroba Patogen dan Analisis Kandungan Senyawa Aktif dengan Metode GC-MS”.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana kualitas cuka nira hasil fermentasi?
2. Berapa persentase starter terbaik untuk fermentasi asam asetat dari air nira dalam menghambat pertumbuhan mikroba uji?
3. Berapa lama fermentasi terbaik untuk fermentasi asam asetat dari air nira dalam menghambat pertumbuhan mikroba uji?
4. Apakah ada interaksi antara persentase starter dan lama fermentasi dalam proses fermentasi asam asetat dari air nira dalam menghambat pertumbuhan mikroba uji?
5. Apakah ada hubungan keberadaan BAL dengan aktivitas antimikroba?
6. Senyawa aktif antimikroba apa yang terkandung pada cuka air nira?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kualitas cuka nira hasil fermentasi
2. Mengetahui persentase starter terbaik untuk fermentasi asam asetat dari air nira dalam menghambat pertumbuhan mikroba uji.

3. Mengetahui lama fermentasi terbaik untuk fermentasi asam asetat dari air nira dalam menghambat pertumbuhan mikroba uji.
4. Mengetahui interaksi antara persentase starter dan lama fermentasi dalam proses fermentasi asam asetat dari air nira dalam menghambat pertumbuhan mikroba uji.
5. Mengetahui hubungan keberadaan BAL dengan aktivitas antimikroba.
6. Mengetahui senyawa aktif antimikroba yang terkandung pada cuka air nira.

D. Hipotesis Penelitian

1. Semakin tinggi persentase starter maka aktivitas antimikroba cuka nira semakin besar.
2. Semakin lama waktu fermentasi maka aktivitas antimikroba cuka nira semakin besar.
3. Terdapat interaksi antara persentase starter dan lama fermentasi dalam proses fermentasi asam asetat dari air nira dalam menghasilkan senyawa aktif antimikroba.
4. Terdapat korelasi positif antara keberadaan BAL dengan zona hambat mikroba uji.

E. Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi ilmiah mengenai potensi senyawa aktif antimikroba cuka nira sebagai agen alami dalam menghambat pertumbuhan mikroba patogen.
2. Menambah pengetahuan di bidang mikrobiologi pangan terkait pengaruh konsentrasi starter dan lama fermentasi terhadap aktivitas antimikroba cuka nira.

3. Menjadi dasar pengembangan produk fermentasi alami yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan antimikroba ramah lingkungan dan aman dikonsumsi.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan:

1. Kualitas cuka nira hasil fermentasi yang diperoleh pada penelitian tergolong baik berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-4371-1996.
2. Persentase starter terbaik dalam menghasilkan aktivitas antimikroba, baik terhadap bakteri maupun jamur adalah 15%.
3. Lama fermentasi terbaik untuk menghasilkan aktivitas antibakteri adalah 12 hari, sedangkan aktivitas antijamur terbaik diperoleh pada lama fermentasi 6 hari
4. Terdapat interaksi yang sangat signifikan antara persentase starter dan lama fermentasi ($p < 0,001$), kombinasi perlakuan terbaik untuk aktivitas antibakteri pada 20% starter dengan lama fermentasi 12 hari, sedangkan untuk aktivitas antijamur pada 15% starter dengan lama fermentasi 6 hari.
5. Korelasi BAL dan zona hambat tidak selalu searah, tapi bergantung pada lama fermentasi dan jenis mikroorganisme uji.
6. Hasil analisis senyawa aktif menunjukkan bahwa cuka nira mengandung empat senyawa antimikroba diantaranya adalah octadecenoic acid, asam asetat, 9,12-octadecadienoic acid, dan hexadecanoic acid.

B. Saran

Pada penelitian ini, aktivitas antimikroba cuka nira masih terbatas pada pengukuran diameter zona hambat, sehingga diperlukan uji lanjutan untuk menentukan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM). Selain itu, hasil analisis GC-MS menunjukkan bahwa cuka nira berpotensi memiliki berbagai aktivitas biologis,

seperti antikanker, antidiabetik, dan antioksidan yang perlu dikonfirmasi lebih lanjut melalui pengujian *in vitro*. Mengingat potensi cuka nira untuk dikembangkan sebagai minuman probiotik, uji toksisitas juga diperlukan guna menilai tingkat keamanannya. Oleh karena itu, penelitian ini masih perlu dikembangkan lebih lanjut agar manfaat yang dihasilkan dapat lebih luas dan memberikan dampak nyata bagi masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustine, Okfrianti, & Yenni. (2018). Identifikasi Total Bakteri Asam Laktat (BAL) Pada Yoghurt Dengan Variasi Sukrosa Dan Susu Skim. *Journal of The World of Nutrition*, 1(2), 79. <https://ejournal.helvetia.ac.id/jdg>
- Arisandi, H., & Aminah, S. (2021). Pemanfaatan Limbah Kayu Praktikum dan Penelitian Untuk Pembuatan Cuka Kayu Sebagai Salah Satu Bahan Pembuatan Hand Sanitizer. *Indonesian Journal Of Laboratory*, 4(3), 82–89.
- Aryasa, & Putu, N. (2022). Antibakteri Cuka Apel Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* Secara *In Vitro*. *Surabaya : The Journal of Muhamadiyah Medical Laboratory Technologist*, 5(5), 106–114.
- Assah, Yunita, Kurniawan Makalalag, & Ardi. (2021). Analisis Kadar Sukrosa, Glukosa Dan Fruktosa Pada Beberapa Produk Gula Aren *Analysis Of Sucrose, Glucose, And Fructose Levels In Some Products of Palm Sugar. Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 13(1), 2021.
- Baharuddin, Syahidah, & Nyni Yatni, dan. (2008). *The Quality Determination of Sugar Palm (Arenga pinnata) Venegar Based on SNI Standard 01-4371-1996. Jurnal Perennial*, 1(5), 31–35.
- Branson, S. R., Broadbent, J. R., & Carpenter, C. E. (2022). *Internal pH and Acid Anion Accumulation in Listeria monocytogenes and Escherichia coli Exposed to Lactic or Acetic Acids at Mildly Acidic pH. Frontiers in Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.803271>
- Ch Amema, D., Tuju, T., Rawung, H., Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian UNSRAT Manado, M., & Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas, D. (2017). *Fermentasi alkohol dari nira aren (Arenga pinnata Merr.) dengan menggunakan metode fed batch*. 4.
- Chandra, A., Proborini, W. D., Ps,), Kimia, T., Teknik, F., Tribhuwana, U., & Malang, T. (2017). Analisa Komposisi Minyak Atsiri Kulit Jeruk Manis Hasil Ekstraksi Metode *Microwave Hydrodiffusion And Gravity* Dengan GC-MS. *Jurnal Reka Buana*, 3(1), 53–57.
- Chen, X., Bai, H., Mo, W., Zheng, X., Chen, H., Yin, Y., Liao, Y., Chen, Z., Shi, Q., Zuo, Z., Liang, Z., & Peng, H. (2025). *Lactic Acid Bacteria Bacteriocins: Safe and Effective Antimicrobial Agents*. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 26, Issue 9). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/ijms26094124>
- Fadlurrahman, F. H., Arfiyanti, M. P., & Ratnaningrum, K. (2022). Potensi Antibakteri Cuka Nanas (*Ananas comosus*) Terhadap Bakteri *Escherichia coli* Antibacterial. *Prosiding Seminar Nasional UNIMUS*, 5, 820–826.
- Febriani, D. R., & Azizati, Z. (2018). Pembuatan Cuka Alami Buah Salak dan Pisang Kepok Beserta Kulitnya Teknik Fermentasi. *Walisongo Journal of Chemistry*, 1(2), 72. <https://doi.org/10.21580/wjc.v2i2.3105>

- Fitri W E, & Putrs A. (2021). Peranan Senyawa Flavonoid Dalam Meningkatkan Sistem Imun Di Masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Syedza Saintika*.
- Geraldi Simon, C., & Sombolayuk, O. (2025). Pengembangan Herbisida Alami Dari Cuka Aren Untuk Meningkatkan Produktifitas Pertanian Lokal. *BERNAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(1), 26–32. <https://doi.org/10.31949/jb.v6i1.10811>
- Gondo, K. G., Hanny Ferry, M. F., Asroriyah, H., Ilmu Farmakognosi, B., Farmasi Surabaya, A., Ilmu Kimia, B., & Program Studi DIII Farmasi, M. (2017). Identifikasi Senyawa Tanin Pada Daun Kemuning (*Murraya panicullata* L. Jack) Dengan Berbagai Jenis Pelarut Pengekstraksi. *Journal of Pharmacy and Science*, 2(1). <http://pustan.bpkimi.kemenperin.go.id/files/SN>
- Hafidz Asy'ari Hasbullah, U. (2016). Kandungan senyawa Saponin pada daun, batang dan umbi tanaman Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten) Steenis). *Planta Tropika: Journal of Agro Science*, 4(1), 20–24. <https://doi.org/10.18196/pt.2016.052.20-24>
- Harmawan, T., Febri Azhari, M., & Yusak, Y. (2019). Penentuan Kadar Alkohol pada Air Nira Aren di Kecamatan Namorambe Kabupaten Deli Serdang Berdasarkan Lama Waktu Penyimpanan pada Suhu Ruang dengan Metode Gravimetri. In *Jurnal Kimia Sains dan Terapan* (Vol. 1, Issue 2).
- Herlina, N., Zaaenal Mustopa, A., Sari Surachma, R., Triratna, L., Kartina, G., & Nurul Alfisyahrin, W. (2019). Aktivitas Antibakteri dan Antioksidan Peptida Susu Kambing Hasil Hidrolisis dengan Protease *Lactobacillus plantarum* S31. *Jurnal Biologi Indonesia*, 15(1), 23–31. <https://doi.org/10.47349/jbi/15012019/23>
- Hotijah, S., Rofieq, A., Wahyuni, S., Miftachul Hudha, A., Jaya Miharja, F., Kunci, K., & Lama Penyimpanan Nira Siwalan Waktu Penyadapan, K. (2020). Pengaruh waktu penyadapan nira dan lama penyimpanan terhadap kualitas nira siwalan (*Borassus flabellifer* L.). *Jurnal Konservasi Dan Pengelolaan Lingkungan*.
- Hotmian, E., Suoth, E., & Tallei, T. (2021). Gc-Ms (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*) Analysis Of Nut Grass Tuber (*Cyperus rotundus* L.) Methanolic Extract. *Jurnal Farmasi*, 10(2), 849–855.
- Hutami, R., Pribadi, M. F. I., Nurcahali, F., Septiani, B., Andarwulan, N., Sapanli, K., Zuhud, E. A. M., Al Manar, P., Ichsan, N., & Wahyudi, S. (2023). Proses Produksi Gula Aren Cetak (*Arenga pinnata*, Merr) Di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, 5(2), 119–130. <https://doi.org/10.30997/jiph.v5i2.10237>
- Ibrahim, S. A., Ayivi, R. D., Zimmerman, T., Siddiqui, S. A., Altemimi, A. B., Fidan, H., Esatbeyoglu, T., & Bakhshayesh, R. V. (2021). *Lactic acid bacteria as antimicrobial agents: Food safety and microbial food spoilage prevention*. In *Foods* (Vol. 10, Issue 12). MDPI. <https://doi.org/10.3390/foods10123131>

- Kamariyah, Erna, B., Sri, & Qamarul. (2023). Identifikasi Senyawa Aktif Ekstrak Daun Jarak Kepyar (*Ricinus Communis*) Dengan Analisis Fitokimia Dan GC-MS Sebagai Kandidat Senyawa Obat. *Jurnal Sains Dan Ilmu Farmasi*, 8(1).
- Khalifea, H., & Ali, N. (2025). Exploring the Principles of GC-MS: *Techniques and Applications*. *Physical Sciences, Life Science and Engineering*, 2(3), 10. <https://doi.org/10.47134/pslse.v2i3.388>
- Komal Pramod, S., Amol Navnath, K., Mahesh Pramod, S., Shri Babanrao, H., & Komal Pramod Hon Shri Babanrao Pachpute Vichardhara, S. (2021). A Review On *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS). *World Journal of Pharmaceutical Research SJIF Impact Factor*, 10(3), 741–763. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/GAFMT>
- Listya, S., Susantyo, N., Goretti, M., Purwanto, M., & Pantjajani, T. (2020). *Pemanfaatan Buah Ceremei (Phyllanthus acidus L. Skeels) sebagai Bahan Baku Pembuatan Cuka* (Vol. 9, Issue 1).
- Minarno, E. B. (2015). Skrining Fitokimia Dan Kandungan Total Flavanoid Pada Buah Carica pubescens lenne & K. koch Di Kawasan Bromo, Cangar, Dan Dataran Tinggi Dieng. *El-Hayah*, 5(2), 73–82.
- Mota, J., & Vilela, A. (2024). *Aged to Perfection: The Scientific Symphony behind Port Wine, Vinegar, and Acetic Acid Bacteria*. In *Fermentation* (Vol. 10, Issue 4). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/fermentation10040200>
- Muthamil, S., Prasath, K. G., Priya, A., Precilla, P., & Pandian, S. K. (2020). *Global proteomic analysis deciphers the mechanism of action of plant derived oleic acid against Candida albicans virulence and biofilm formation*. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61918-y>
- Nugrahaini, D. L., Kusdiyantini, E., Tarwotjo, U., & Prianto, A. H. (2017). *Identifikasi Kandungan Senyawa Kimia Cuka Kayu dari Sekam Padi* (Vol. 19, Issue 1).
- Nurfitria, H., Apriyani, I., & Bahri, S. (2021). Analisis Kadar Asam Asetat Hasil Fermentasi Buah Kedondong (*Spondias dulcis* Parkinson) dengan Metode Titrasi Alkalimetri. *Jurnal Ilmu Kefarmasian*, 14(2).
- Nuriah, S., Desvi Putri, M., Rahayu, S., Vanya Advait, C., Nurfadhila, L., & Rahmawati Utami, M. (2023a). *Qualitative Analysis of Paracetamol Compounds in Biological Samples Using Gas Chromatography - Mass Spectrometry (GC-MS) Method*. *JOURNAL OF PHARMACEUTICAL AND SCIENCES*, 6(2656–3088), 795–803. <https://www.journal-jps.com>
- Nuriah, S., Desvi Putri, M., Rahayu, S., Vanya Advait, C., Nurfadhila, L., & Rahmawati Utami, M. (2023b). *Qualitative Analysis of Paracetamol Compounds in Biological Samples Using Gas Chromatography - Mass Spectrometry (GC-MS) Method*. *Journal Of Pharmaceutical And Sciences*, 6(2), 795–803. <https://www.journal-jps.com>

- Ousaaaid, D., Mechchate, H., Laaroussi, H., Hano, C., Bakour, M., El Ghouizi, A., Conte, R., Lyoussi, B., & El Arabi, I. (2022). *Fruits vinegar: Quality characteristics, phytochemistry, and functionality*. *Molecules*, 27(1). <https://doi.org/10.3390/molecules27010222>
- Pertiwi, F. D., Rezaldi, F., & Puspitasari, R. (2022). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.) Terhadap Bakteri *Staphylococcus epidermidis*. *Biosaintropis (Bioscience-Tropic)*, 7(2), 57–68. <https://doi.org/10.33474/e-jbst.v7i2.471>
- Pilato, S., Carradori, S., Melfi, F., Di Giacomo, S., Ciavarella, S., Ciulla, M., Fontana, A., Di Profio, P., Aschi, M., Moffa, S., & Siani, G. (2025). *Phenolic terpenes in liposomal bilayers: Unraveling physicochemical interactions and membrane perturbation via biophysical and computational approaches*. *Journal of Colloid and Interface Science*, 700. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2025.138358>
- Piras, C., Soggiu, A., Greco, V., Di Ciccio, P. A., Bonizzi, L., Procopio, A. C., Urbani, A., & Roncada, P. (2025). *Lactic Acid Bacteria (LAB) and Their Bacteriocins for Applications in Food Safety Against Listeria monocytogenes*. *Antibiotics*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/antibiotics14060572>
- Pontoh, J., Gunawan, I., Feti, D., Kimia, F. J., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2011). Analisa Kandungan Protein Dalam Nira Aren. *Chem. Journal*, 4(2).
- Putra, G. P. G., Wartini, N. M., & Darmayanti, L. P. T. (2017). Kajian Metode dan Waktu Fermentasi Cairan Pulpa pada Perubahan Karakteristik Cuka Kakao. *Agritech*, 37(1), 39. <https://doi.org/10.22146/agritech.17007>
- Sandi, S. (2012). Nilai Nutrisi Kulit Singkong yang Mendapat Perlakuan Bahan Pengawet Selama Penyimpanan. In *Jurnal Penelitian Sains* (Vol. 15).
- Setiawan, Y. (2020). Analisis Fisikokimia Gula Aren Cair. *Jurnal Agroscience*, 10(1).
- Shin, S., Tae, H., Park, S., & Cho, N. J. (2023). *Lipid Membrane Remodeling by the Micellar Aggregation of Long-Chain Unsaturated Fatty Acids for Sustainable Antimicrobial Strategies*. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(11). <https://doi.org/10.3390/ijms24119639>
- Sianipar, N. F., Assidqi, K., Hadisaputri, Y. E., Salam, S., Tarigan, R., & Purnamaningsih, R. (2021). *Determination of Bioactive Compounds of Superior Mutant Rodent Tuber (Typhonium flagelliforme) in Various Fractions Using GC-MS*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 794(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/794/1/012144>
- Simatupang, U. C. J., Sinaga, A. H., & Gea, B. J. P. (2023). Study Nilai Tambah Air Nira Menjadi Gula Merah Di Desa Buluh Awar, Kecamatan

- Sibolangit, Kabupaten Deli Serdang. *Jurnal Darma Agung*, 31(3), 112.
<https://doi.org/10.46930/ojsuda.v31i3.3410>
- Syahputri, A. A., & Permadi, A. (2025). Review: Proses Pembuatan Cuka Buah Apel Melalui Pendekatan Fermentasi Dan Evaluasi Kandungan Gizi. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Seri III*, 2(1), 3047–6569.
- Tri Utami Nasution, A., Sartika Daulay, A., & Putri Rahayu, Y. (2025). Isolasi Dan Identifikasi Jamur *Saccharomyces Cerevisiae* Dari Air Nira Aren Daerah Tanjung Morawa. *FARMASAINKES: Jurnal Farmasi, Sains, Dan Kesehatan*, 4(2).
- Wangi, A., malis, E., Ayun, Q., priagung Banar, D. S., Studi Kimia, P., Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F., & Article, R. (2024). Pengaruh Variasi Ragi, Waktu Fermentasi Dan Glukosa Pada Pembuatan Cuka (Vinnegar) Dari Jambu Kristal (*Psidium Guajava*). *Jurnal Crystal: Publikasi Penelitian Kimia Dan Terapannya*, 6(2), 72–161.
- Wangi Wibowo, A., malis, E., Ayun, Q., priagung Banar, D. S., Studi Kimia, P., Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F., & Article, R. (2024). Pengaruh Variasi Ragi, Waktu Fermentasi Dan Glukosa Pada Pembuatan Cuka (Vinnegar) Dari Jambu Kristal (*Psidium guajava*). *Jurnal Crystal: Publikasi Penelitian Kimia Dan Terapannya*, 6(2), 72–161.
- Welkriana, P. W., Dheaputri, A., Febriyanto, T., Rs, S., & Sitompul, L. (2022). Uji Aktivitas *Staphylococcus aureus* Dengan Pemberian Daya Hambat Cuka Kulit Pisang Kepok (*Musa-eumusa-ABB*). *Jurnal Fatmawati Laboratory & Medical Science*.
- Wibisono, Y., Izza, N., Savitri, D., Rosalia Dewi, S., & Wahyu Putranto, A. (2020). Ekstraksi Senyawa Fenolik Dari Bawang Putih (*Allium Sativum* L.) Untuk Agen Anti-Biofouling Pada Membran. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 8(1), 100–109.
<https://doi.org/10.29303/jrpb.v8i1.165>
- Widiari, N. N., Arini, N. P. D. T., Karta, I. W., & Dwija Putra, I. G. N. (2024). Potensi Cuka Salak Sibetan sebagai Disinfektan pada Alat Penatah Gigi Sangging dalam Upacara Potong Gigi “Metatah.” *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, 13(3), 424–433.
<https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v13i3.84648>
- Yanti, S., Program, Y. V., Farmasi, S., Sarjana, P., Aufa, S., & Padangsidimpuan, R. (2019). Skrining Fitokimia Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi*). *Jurnal Kesehatan Ilmiah Indonesia*, 4(2).
- Zahrani, M., Candra S, T., & Meryandini, A. (2025). Produksi Asam Asetat dari Pulp Kopi Robusta Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dan *Acetobacter aceti* *Acetic Acid*. *Jurnal Sumberdaya*, 11(1), 16–22.
<https://journal.ipb.ac.id/index.php/sumberdayahayat>