

**AKTIVITAS ANTIBAKTERI HASIL FERMENTASI LIMBAH  
KULIT JERUK SIAM (*Citrus nobilis* L.) TERHADAP  
*Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus***

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
di Jurusan Biologi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sriwijaya

**OLEH :**

**LIA DWI MARTA**

**08041282025041**



**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2025**

## HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Aktivitas Antibakteri Hasil Fermentasi Limbah Kulit Jeruk Siam (*Citrus nobilis* L.) Terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*

Nama Mahasiswa : Lia Dwi Marta

NIM : 08041282025041

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Biologi

Telah disidangkan pada tanggal 17 Maret 2025

Indralaya, Maret 2025

Pembimbing :

1. Dwi Hardestyariki, M.Si.  
NIP. 198812112019132012

()

## HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Aktivitas Antibakteri Hasil Fermentasi Limbah Kulit Jeruk Siam (*Citrus nobilis* L.) Terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*

Nama Mahasiswa : Lia Dwi Marta

NIM : 08041282025041

Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Biologi

Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya Pada Tanggal 17 Maret 2025 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, Maret 2025

### Pembimbing :


1. Dwi Hardestyariki, M.Si.  
NIP. 198812112019132012

  
(.....)

Pembahas :  
2. Prof. Dr. Hary Widjajanti, M.Si.  
NIP. 196112121987102001

  
(.....)

3. Dr. Elisa Nurnawati, M.Si.  
NIP. 197504272000122001

  
(.....)

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sriwijaya



Dr. Laila Hanum, M.Si.  
NIP. 197211221998031001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Lia Dwi Marta  
NIM : 08041282025041  
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/  
Biologi

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan Strata Satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya,      Maret 2025  
Penulis,



Lia Dwi Marta  
NIM. 08041282025041

## HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Lia Dwi Marta  
NIM : 08041282025041  
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Biologi  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*)” atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Aktivitas Antibakteri Hasil Fermentasi Limbah Kulit Jeruk Siam (*Citrus nobilis* L.) Terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*”

Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya,           Maret 2025  
Penulis,



Lia Dwi Marta  
NIM. 08041282025041

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan Skripsi ini untuk:

1. Allah SWT. dan Nabi Muhammad SAW.
2. Orang tuaku tercinta Ibu Mainun yang telah mendo'akan dan dukungan disaat aku terpuruk. Serta untuk orang tuaku yang telah berpulang Ayah Alm. Moh. Teguh dan Ibu Alm. Erlina, semoga amal baik keduanya diterima serta senantiasa berada di sisi-Nya.
3. Abangku Lingga Adi Pratama A.Md.Kom., S.Kom. dan adikku Labid Tri Nugraha yang mendukungku dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Dwi Harderstyari, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing.
5. Serta Almamater kebanggaanku, Universitas Sriwijaya.

***"Hidup akan menemukan jalannya ketika kamu memiliki keyakinan dan keberanian."***

***"Hidup ini terlalu singkat untuk menyerah pada impian."***

***"Manusia membutuhkan kesulitan karena mereka perlu menikmati keberhasilan."***

***"Sebuah payung tidak bisa menghentikan hujan, tapi ia mampu melindungi diri kita dari derasnya hujan. Seperti do'a, do'a tidak membuat kita luput dari ujian. Tapi do'a membuat kita tenang meskipun kita sedang diuji."***



## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT. karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Aktivitas Antibakteri Hasil Fermentasi Limbah Kulit Jeruk Siam (*Citrus nobilis* L.) Terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus***” sebagai syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains di Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari dalam proses penelitian dan penulisan skripsi banyak mengalami kesulitan dan kendala, tetapi berkat bantuan, bimbingan, dan masukan dari berbagai pihak, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dan membimbing penulis dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan tugas akhir ini, antara lain kepada:

1. Ayah Alm. M. Teguh, Ibu Alm. Erlina, Emak Mainun, Abang Lingga Adi Pratama, A.Md.Kom., S.Kom.
2. Bapak Prof. Taufiq Marwa, S.E., M.Si. selaku Rektor dan Cavitas Akademik, Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Dr. Laila Hanum, M.Si. selaku ketua jurusan Biologi dan Ibu Dr. Elisa Nurnawati, M.Si. selaku Sekretaris jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Enggar Patriono, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang sudah memberikan arahan, dan bimbingan selama perkuliahan.
6. Ibu Dwi Harderstyariki, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah membimbing, membantu dan mengarahkan penulis dengan penuh kesabaran dan keikhlasan dalam penyelesaian tugas akhir.
7. Ibu Prof. Dr. Hary Widjajanti, M.Si. dan Ibu Dr. Elisa Nurnawati, M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberi saran dan kritikan kepada

penulis dalam merampungkan skripsi ini.

8. Seluruh Bapak/Ibu dosen jurusan Biologi yang telah memberikan ilmunya selama masa perkuliahan, serta staff/karyawan yang telah membantu dalam perkuliahan.
9. Ibu Rosnia, S.T., M.Si. selaku Analis Laboratorium Mikrobiologi dan Kak Agus, S.Si. selaku Analis Laboratorium Genetika Bioteknologi yang telah banyak membantu, memberikan saran serta masukkan kepada penulis selama melakukan penelitian di Laboratorium.
10. Teman seperjuangan tugas akhir penulis Debi Yola br. Sinukaban dan teman lainnya yang turut membersamai serta membantu selama penelitian.
11. Almamater tercinta, teman-teman angkatan 2020 jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.
12. Seluruh pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-satu yang terlibat dalam penyelesaian tugas akhir.
13. Terimakasih kepada diri sebagai penulis yang telah menyelesaikan tulisan ini. Proses yang penulisan ini melewati perjuangan yang panjang, halang rintang yang datang dan tetap dijalani dengan lapang dada. Penulis menyadari bahwa tulisan ini jauh dari kata sempurna, namun skripsi ini akan di kenang sebagai bentuk perjuangan akhir selama perkuliahan.

Semoga Allah SWT. selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya serta membalas segala amal kebaikan pihak yang telah membantu penyusunan skripsi ini. Penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diperlukan untuk kebaikan skripsi ini dimasa mendatang.

Indralaya, Maret 2025

Lia Dwi Marta  
NIM: 08041282025041



**ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF FERMENTATION  
RESULTS OF SIAMESE ORANGE PEEL WASTE  
(*Citrus nobilis* L.) AGAINST *Escherichia coli* and  
*Staphylococcus aureus***

**Lia Dwi Marta  
08041282025041**

**SUMMARY**

Organic waste is the residual result of human activity that is easily decomposed but unused, such as fruit peel waste, which can cause ecological pollution. Processing organic waste into fermented products from Siamese orange peel (*Citrus nobilis* L.) can maintain ecological quality and has the potential as an antibacterial agent because it contains inhibitory chemical compounds. The fermentation of the peel can form organic acids, alcohol, and secondary metabolite compounds, so it can make it an antibacterial agent that inhibits bacterial growth.

This study aims to determine the characteristics of organic waste fermentation which includes pH, alcohol, acetic acid, and other chemical compounds, and to determine the antibacterial process of Siamese orange peel waste fermentation against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. The test methods are antibacterial activity test, thin layer chromatography (TLC) test, and bioautography test.

This research on the two bacteria can be inhibited by bacterial agents produced by the fermentation of Siamese orange peel. The fermentation of Siamese orange peel waste (*Citrus nobilis* L.) has a pH of 3.4; acetic acid with a level of 4.92%; alcohol content of 5.81% and chemical compounds including flavonoids, alkaloids, and tannins. Chemical compounds can be produced by the metabolism of local microorganisms (MOL), which utilize the substrate. Antibacterial activity using the agar diffusion method resulted in an inhibition zone diameter of 4.67 mm against *Escherichia coli* and 6.16 mm against *Staphylococcus aureus*. Bioautography test showed the presence of an inhibition zone on the stain with the tannin compound group. This research is an effort to develop environmentally friendly natural antibacterial materials more precisely.

**Keywords:** Organic Waste, Fermentation, Siamese Orange Peel, Antibacterial.

**AKTIVITAS ANTIBAKTERI HASIL FERMENTASI LIMBAH  
KULIT JERUK SIAM (*Citrus nobilis* L.) TERHADAP  
*Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus***

**Lia Dwi Marta  
08041282025041**

**RINGKASAN**

Limbah organik merupakan hasil sisa aktivitas manusia yang mudah terurai namun tidak terpakai seperti limbah kulit buah sehingga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Dengan adanya pengolahan limbah menjadi produk fermentasi dari kulit jeruk Siam (*Citrus nobilis* L.) dapat menjaga kualitas lingkungan dan berpotensi sebagai agen antibakteri karena mengandung senyawa kimia penghambat. Hasil fermentasi dari kulit buah dapat membentuk asam organik, alkohol dan senyawa metabolit sekunder, sehingga dapat menjadikannya sebagai agen antibakteri dalam menghambat pertumbuhan bakteri.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik fermentasi limbah kulit jeruk Siam yang meliputi pH, alkohol, asam asetat, dan senyawa kimia lain serta mengetahui proses antibakteri fermentasi limbah kulit jeruk Siam terhadap bakteri patogen seperti *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Metode uji yang dilakukan berupa uji aktivitas antibakteri, uji kromatografi lapis tipis (KLT), serta uji bioautografi.

Dari penelitian yang dilakukan terhadap kedua bakteri tersebut dapat dihambat oleh agen bakteri yang dihasilkan oleh fermentasi kulit jeruk siam. Hasil fermentasi limbah kulit jeruk Siam (*Citrus nobilis* L.) memiliki pH yaitu 3,4; asam asetat dengan kadar 4,92%; dan kadar alkohol sebesar 5,81% dan senyawa kimia termasuk flavonoid, alkaloid dan tanin. Senyawa-senyawa kimia dapat dihasilkan oleh metabolisme mikroorganisme lokal (MOL), yang memanfaatkan substrat. Aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi agar menghasilkan diameter zona hambat sebesar 4,67 mm terhadap *Escherichia coli* dan sebesar 6,16 mm terhadap *Staphylococcus aureus*. Uji bioautografi menunjukkan adanya zona hambat pada noda dengan golongan senyawa tanin. Penelitian ini sebagai upaya pengembangan bahan antibakteri.

**Kata Kunci:** Limbah Organik, Fermentasi, Kulit Jeruk Siam, Antibakteri

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>ix</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	5
1.3. Tujuan Penelitian .....	5
1.4. Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1. Limbah Kulit Jeruk Siam ( <i>Citrus nobilis</i> L.) .....	6
2.2. Fermentasi .....	7
2.3. Metabolit Primer dan Metabolit Sekunder .....	11
2.4. Skrining Fitokimia .....	12
2.5. KLT-Bioautografi .....	13
2.6. Antibakteri .....	15
2.7. <i>Escherichia coli</i> .....	17
2.8. <i>Staphylococcus aureus</i> .....	18
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>20</b>
3.1. Waktu dan Tempat .....	20

3.2.	Alat dan Bahan.....	20
3.3.	Cara Kerja .....	21
3.3.1.	Sterilisasi Alat dan Bahan.....	21
3.3.2.	Preparasi Sampel .....	21
3.3.3.	Proses Fermentasi Limbah Kulit Jeruk Siam ( <i>Citrus nobilis</i> L) .....	22
3.3.4.	Karakteristik Fermentasi Limbah Kulit Jeruk Siam ( <i>Citrus nobilis</i> L.) .....	22
3.3.5.	Skrining Fitokimia .....	24
3.3.6.	Uji Aktivitas Antibakteri .....	25
3.3.7.	Uji Kromatografi Lapis Tipis .....	27
3.3.8.	Uji Bioautografi .....	28
3.4.	Variabel Pengamatan .....	29
3.5.	Analisis Data .....	29
3.6.	Penyajian Data .....	29
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
4.1.	Karakteristik Fermentasi Limbah Kulit Jeruk Siam .....	30
4.2.	Skrining Fitokimia dari Fermentasi Limbah Kulit Jeruk Siam ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	33
4.3.	Uji Aktivitas Antibakteri.....	36
4.4.	Uji Kromatografi Lapis Tipis (KLT) .....	40
4.5.	Uji Bioautografi .....	42
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>46</b>
5.1.	Kesimpulan .....	46
5.2.	Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>47</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>58</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....</b>		<b>61</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1. Perbedaan antara metabolit primer dan sekunder. ....	12
Tabel 4.1. Hasil pengamatan karakteristik fermentasi limbah kulit jeruk Siam ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	30
Tabel 4. 2. Hasil skrining fitokimia dari fermentasi limbah kulit jeruk Siam ( <i>Citrus nobilis</i> L.).....	33
Tabel 4. 3. Hasil uji aktivitas antibakteri terhadap <i>Escherichia coli</i> dan <i>Staphylococcus aureus</i> .....	36
Tabel 4. 4. Hasil uji kromatografi lapis tipis.....	40
Tabel 4. 5. Hasil uji bioautografi .....	42

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1. Fase pertumbuhan mikroorganisme Tropophase dan Idiophase .....	11
Gambar 2. 2. <i>Escherichia coli</i> perbesaran 100x .....	17
Gambar 2. 3. <i>Staphylococcus aureus</i> perbesaran 100x.....	18
Gambar 4. 1. Aktivitas antibakteri dari hasil fermentasi limbah kulit jeruk Siam ( <i>Citrus nobilis</i> L.) terhadap <i>Escherichia coli</i> dan <i>Staphylococcus aureus</i> .....	37
Gambar 4. 2. Hasil uji KLT fermentasi limbah kulit jeruk Siam ( <i>Citrus nobilis</i> L.) pada fase diam silika gel GF <sub>254</sub> dan fase gerak etil asetat. ....	40
Gambar 4. 3. Hasil uji bioautografi hasil fermentasi limbah kulit jeruk Siam ( <i>Citrus nobilis</i> L.) terhadap <i>Escherichia coli</i> dan <i>Staphylococcus aureus</i> .....	43

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Komposisi media yang digunakan.....	58
Lampiran 2. Komposisi reagen yang digunakan.....	58
Lampiran 3. Proses pembuatan fermentasi limbah kulit jeruk Siam .....	59
Lampiran 4. Proses uji karakteristik larutan fermentasi.....	59
Lampiran 5. Hasil uji fitokimia.....	59
Lampiran 6. Hasil uji aktivitas antibakteri.....	60
Lampiran 7. Kromatografi lapis tipis .....	60
Lampiran 8. Bioautografi .....	60



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kulit jeruk ditemukan sebagai salah satu jenis limbah organik yang tidak terpakai. Sebesar 40-50% bagian dari bobot total buah jeruk merupakan bagian kulit (Singh *et al.*, 2020). Menurut data Organisasi Pangan dan Pertanian (FAO), Indonesia merupakan negara penghasil jeruk terbesar ke-8 di dunia tahun 2020 dengan jumlah produksi mencapai 2,7 juta ton. Angka produksi tersebut menghasilkan limbah kulit jeruk dalam jumlah besar (sekitar 1,3 juta ton).

Limbah organik yang terbuang menumpuk dan tidak adanya penanganan akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Salah satu alternatif yang efektif, murah, dan cepat dapat dilakukan dengan mengolah limbah menjadi produk berguna, seperti produk fermentasi dari limbah organik (Astutik *et al.*, 2024). Hasil fermentasi memiliki sifat antibakteri dan antioksidan yang memanfaatkan limbah dari kulit buah melalui proses fermentasi (Kim *et al.*, 2017).

Hasil fermentasi dapat berupa larutan organik kompleks yang berasal dari limbah organik kulit buah dan sayur. Jenis limbah organik yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku fermentasi dapat berupa kulit buah, daging buah, dan biji. Proses fermentasi dari kulit buah, seperti kulit jeruk lemon dapat menghasilkan komponen seperti rantai protein, asam organik, garam mineral, polihidroksibutirat, *pullan*, dan *xanthan gum* (Saramanda dan Kaparapu, 2017).

Limbah organik berfungsi sebagai substrat yang menyediakan energi bagi mikroorganisme lokal (MOL) untuk memproduksi metabolit primer dan sekunder melalui proses metabolisme (Pratiwi, 2024). MOL adalah mikroorganisme yang

terdapat pada bahan organik yang berasal dari tumbuhan maupun hewan. Fermentasi oleh MOL terjadi secara spontan, tanpa penambahan *starter* spesifik (Rahmi et al., 2020). Larutan MOL mengandung unsur hara mikro dan makro, serta bakteri yang berpotensi menjadi bioproduk (Kurniawan, 2018).

*The U.S. Department of Agriculture (USDA)* menyebutkan kulit jeruk mengandung 25 gram karbohidrat; 1,5 gram protein; dan 0,2 gram lipid, yang berguna bagi metabolisme MOL. Menurut Rivas *et al.* (2008), kulit jeruk manis mengandung sukrosa sebanyak 8.3 g/L, glukosa 13.7 g/L, dan fruktosa 16.2 g/L. Larutan yang dihasilkan dari autohydrolysis kulit jeruk memproduksi substrat berupa monosakarida dan oligosakarida. Menurut Hidayat et al. (2018), berbagai jenis substrat dapat digunakan untuk proses fermentasi, di antaranya selulosa, pati, laktosa, glukosa, dan sukrosa berfungsi sebagai sumber karbon. Asam amino, protein, nitrat, garam ammonium, dan sisa fermentasi sebagai sumber nitrogen.

Mikroorganisme lokal (MOL) sangat berperan penting dalam memproduksi metabolit selama proses fermentasi spontan yang berasal dari limbah organik. Menurut Razola-Díaz *et al.* (2024), kulit jeruk di fermentasi oleh beberapa spesies *Aspergillus* untuk menghasilkan asam sitrat (*A. niger*), asam D-galacturonic (*A. oryzae* dan *A. niger*), asam ellagic (*A. fumigatus*), atau asam organik lain (*A. awamori*). Bortolini *et al.* (2016) mengidentifikasi *Acetobacter*, *yeast*, dan *Lactobacillus* merupakan populasi mikroba yang dominan dalam proses fermentasi, menghasilkan produk fermentasi utama seperti etanol dan asam asetat.

Fermentasi dapat menghasilkan metabolit sekunder yang dirombak oleh MOL dari bahan baku jenis limbah. Metabolit sekunder adalah senyawa bioaktif yang dapat dihasilkan oleh bakteri, jamur, *Actinomycetes*, tumbuhan, dan hewan

saat mengalami keterbatasan nutrisi. Menurut Kumar *et al.* (2021) metabolit sekunder mulai diproduksi oleh mikroba pada fase *Idiophase*. Senyawa yang dihasilkan dari proses fermentasi meliputi alkohol, asam asetat, serta senyawa kimia aktif yang memiliki sifat antibakteri. Salah satu senyawa yang dihasilkan seperti asam organik, asam yang terbentuk dapat berupa asam asetat, asam sitrat, asam laktat, asam malat dan asam oksalat. Kehadiran asam organik yang terbentuk selama fermentasi dapat mempengaruhi nilai pH di dalam larutan (Sambaraju dan Lakshmi, 2020).

Semakin tinggi kadar asam maka semakin rendah nilai pH, hasil fermentasi yang ideal memiliki nilai pH dibawah empat ( $\text{pH} < 4$ ). pH fermentasi yang disebabkan kehadiran asam organik yang diproduksi oleh MOL. MOL mensekresi enzim ekstraseluler untuk membentuk asam. Enzim memecah substrat kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana. Saat substrat dipecah, berbagai metabolit diproduksi, beberapa di antaranya memiliki sifat antibakteri. Jenis enzim tertentu dapat memfasilitasi pelepasan senyawa fenolik atau peptida yang menunjukkan aktivitas antibakteri (Haliza *et al.*, 2020).

Mikroba memproduksi metabolit sekunder sebagai respons terhadap kondisi stres ketika kehabisan salah satu sumber nutrisi seperti karbon, nitrogen atau fosfat. Situasi ini menyebabkan mikroba tidak berkembang optimal, dan memproduksi metabolit sekunder. Jenis MOL yang terdapat dari limbah kulit buah seperti *Azotobacter sp.*, *Lactobacillus sp.*, *Bacillus sp.* dan khamir yang berperan dalam produksi metabolit (Alimuddin dan Syam, 2024).

Kulit jeruk Siam mengandung berbagai senyawa kimia yang berpotensi sebagai agen antibakteri. Senyawa yang terkandung dalam proses fermentasi

dapat menghasilkan larutan yang dapat dimanfaatkan sebagai disinfektan dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Menurut Nirmalasari *et al.* (2024), kulit jeruk Siam secara khusus mengandung senyawa flavonoid, saponin, tanin, alkaloid, minyak atsiri, likopene, serta pektin yang berpotensi sebagai antibakteri.

*Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* merupakan mikroflora yang ada di tubuh manusia. *E. coli* dapat menjadi patogen ketika jumlahnya meningkat dan menghasilkan endotoksin penyebab penyakit diare, infeksi saluran kemih dan pencernaan (Senditya *et al.*, 2014). *S. aureus* mampu menginfeksi luka. Upaya pengurangan populasi bakteri penyebar penyakit memerlukan agen antibakteri (Morguette *et al.*, 2023). Potensi dan kemampuan dari fermentasi kulit Jeruk Siam menghasilkan senyawa metabolit yang bersifat antibakteri (Lina *et al.*, 2021).

Kulit jeruk berpotensi sebagai bahan baku fermentasi karena kulit jeruk dikenal sebagai agen antibakteri. Menurut Prasetyo *et al.* (2024), senyawa yang dihasilkan dari fermentasi limbah kulit jeruk Siam mengandung 73,66 mg/L alkaloid; 22,7 mg/L saponin; flavonoid 969,5 mg/L; 15,9 mg/L steroid; 247,5 mg/L terpenoid; dan tanin sebesar 107,3 mg/L yang berpotensi sebagai antibakteri. Kemampuan hasil fermentasi kulit jeruk lemon pada konsentrasi 15% yang diteliti oleh Saramanda dan Kaparapu (2017) mampu menghambat pertumbuhan *Escherichia coli* dengan nilai zona hambat sebesar 11 mm dan sebesar 10 mm terhadap *Staphylococcus aureus*. Namun belum pernah ada penelitian mengenai hasil fermentasi limbah kulit jeruk Siam (*Citrus nobilis* L.) yang diuji antibakteri terhadap bakteri *E. coli* dan *S. aureus*. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menguji kemampuan yang dimiliki dari fermentasi limbah kulit jeruk Siam dalam menghambat pertumbuhan kedua bakteri uji tersebut.

## 1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik hasil fermentasi limbah kulit jeruk Siam meliputi pH, kadar alkohol dan asam asetat?.
2. Apakah hasil fermentasi limbah kulit jeruk Siam memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*?.
3. Senyawa kimia apa yang terkandung dari hasil fermentasi limbah kulit jeruk Siam yang bersifat sebagai antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*?.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik dari hasil fermentasi limbah kulit jeruk Siam meliputi pH, kadar alkohol dan asam asetat.
2. Mengetahui aktivitas antibakteri hasil fermentasi limbah kulit jeruk Siam terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*?.
3. Mengetahui senyawa kimia yang terkandung dalam hasil fermentasi limbah kulit jeruk Siam yang bersifat sebagai antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*?.

## 1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini bermanfaat dalam pemanfaatan limbah kulit jeruk yang difermentasi untuk pengembangan bahan antibakteri alami ramah lingkungan. Serta pengendalian limbah kulit jeruk yang dapat dimanfaatkan secara lebih tepat dalam menjaga kualitas lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afa, M., Irwansyah, I., dan Junaedi, J. 2024. Uji Kualitas Pupuk Organik Cair (POC) berbahan Dasar Jeroan Ayam Menggunakan Mikroorganisme Lokal (MOL) dari Limbah Buah sebagai Dekomposer. *Tarjih Tropical Livestock Journal*. 4(2): 45-52.
- Afriani, R. 2011. *Aktivitas Antimikroba Madu dari Lebah Apis dorsata dan Apis Mellifera Terhadap Pertumbuhan Bakteri Staphylococcus aureus dan Escherichia coli*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura: Pontianak.
- Aguilar-Zárate, P., Cruz-Hernández, M., Montañez, J., Belmares-Cerda, R., dan Aguilar, C. 2014. Bacterial Tannases: Production, Properties and Applications. *Revista mexicana de ingeniería química*. 13(1): 63-74.
- Agustina, M., Soegianto, L., dan Sinansari, R. 2021. Uji Aktivitas Antibakteri Hasil Fermentasi Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Terhadap *Propionibacterium acnes*. *Jurnal Farmasi Sains dan Terapan (Journal of Pharmacy Science and Practice)*. 8(1): 1-7.
- Alimuddin, S., dan Syam, N. 2024. Pemanfaatan Berbagai Jenis Mikroorganisme Lokal (MOL) Sebagai Bioaktivator Pada Pengomposan Sampah Rumah Tangga. *AGROTEK: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*. 8(1): 105-118.
- Amin, L. Z. 2014. Pemilihan Antibiotik yang Rasional. *Medicinus*. 27(3): 40-45.
- Andini, A. S., Syuhriatin, S., dan Swandayani, R. E. 2019. Aktivitas Antibakteri Cacing Tanah (*Perionyx excavatus*) Terhadap Bacteri patogen MRSA (*Methicillin Resistant Staphylococcus aureus*) Secara *in-vitro*. *AVESINA: Media Informasi Ilmiah Universitas Islam Al-Azhar*. 13(1): 1-8.
- Andrini, A., Martasari, C., Budiyati, E., dan Zamzami, L. (2021). *Teknologi Inovatif Jeruk Sehat Nusantara*. Bandung: IPB Press.
- Arifuddin, M., dan Bone, M. 2020. Skrining Fitokimia dan Profil Kromatografi Lapis Tipis (KLT) Tumbuhan Antimalaria Asal Indonesia. *Jurnal Sains dan Kesehatan*. 2(3): 174-181.
- Aslah, A., Lolo, W. A., dan Jayanto, I. 2019. Aktivitas Antibakteri dan Analisis KLT-Bioautografi dari Fraksi Daun Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.). *Pharmacon*. 8(2): 505-515.
- Asngad, A., dan Nopitasari, N. 2018. Kualitas Gel Pembersih Tangan (*Handsanitizer*) dari Ekstrak Batang Pisang dengan Penambahan Alkohol, Triklosan dan Gliserin yang Berbeda Dosisnya. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*. 4(2): 61-70.

- Astutik, R. P., Septian, P. D., Andini, I. N., Fitriya, N. I., dan Radianto, D. O. 2024. Pengembangan Teknologi Ramah Lingkungan Untuk Pengolahan Limbah Padat Menuju Produksi Bebas Limbah. *Venus: Jurnal Publikasi Rumpun Ilmu Teknik*. 2(2): 83-96.
- Banso, A., dan Adeyemo, S. 2007. Evaluation of Antibacterial Properties of Tannins Isolated from *Dichrostachys cinerea*. *African Journal of Biotechnology*. 6(15).
- Behera, S. S., Ray, R. C., Das, U., Panda, S. K., dan Saranraj, P. (2019). *Microorganisms in Fermentation*. Bern: Essentials in Fermentation Technology.
- Bortolini, C., Patrone, V., Puglisi, E., dan Morelli, L. 2016. Detailed Analyses of the Bacterial Populations in Processed Cocoa Beans of Different Geographic Origin, Subject to Varied Fermentation Conditions. *International journal of food microbiology*. 236: 98-106.
- Bria, D. I., Missa, H., dan Sombo, I. T. 2022. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri *Escherichia coli* pada Bahan Pangan Berbasis Daging di Kota Kupang. *JUSTER: Jurnal Sains dan Terapan*. 1(2): 82-89.
- Budiyanto, R., Satriawan, N. E., dan Suryani, A. 2021. Identifikasi dan Uji Resistensi *Staphylococcus aureus* terhadap Antibiotik (*Chloramphenicol* dan *Cefotaxime Sodium*) dari Pus Infeksi Piogenik di Puskesmas Proppo. *Jurnal Kimia Riset*. 6(2): 154-162.
- Delima, A. A., dan Pratiwi, U. M. 2019. Potensi Aktivitas Antimikroba Madu dan Habbatussauda Terhadap Bakteri *Escherichia coli* Secara in Vitro. *IJCNP (Indonesian Journal of Clinical Nutrition Physician)*. 2(1): 11-19.
- Dewanjee, S., Gangopadhyay, M., Bhattacharya, N., Khanra, R., dan Dua, T. K. 2015. Bioautography and Its Scope in the Field of Natural Product Chemistry. *Journal of pharmaceutical analysis*. 5(2): 75-84.
- Dewi, A. D. R. 2019. Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri Ekstrak Kulit Jeruk Manis dan Aplikasinya Sebagai Pengawet Pangan. *Jurnal Teknologi & Industri Pangan*. 30(1): 83-90.
- Dewi, M., Anugrah, R., dan Nurfitri, Y. 2015. "Uji Aktivitas Antibakteri Ekoenzim Terhadap *Escherichia coli* dan *Shigella dysenteriae*". *Seminar Nasional Farmasi (SNIFA)*. 2.
- Dewi, S. P., Devi, S., dan Ambarwati, S. 2022. "Pembuatan dan Uji Organoleptik *Eco-enzyme* dari Kulit Buah Jeruk". *Prosiding Seminar Nasional Hukum, Bisnis, Sains dan Teknologi*. 2(1): 649-649.



- Doss, A., Mubarack, H. M., dan Dhanabalan, R. 2009. Antibacterial Activity of Tannins from the Leaves of *Solanum trilobatum* Linn. *Indian journal of science and technology*. 2: 41-43.
- Farma, S., Islami, A., Putri, I., Handayani, D., Putri, D., dan Anhar, A. 2024. "Identification of Acetic Acid Levels in Ecoenzyme from Organic Materials of Orange Peel with Acid-base Titration Method". *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1312(1): 012055.
- Fatonah, R., dan Mulyaningsih, S. 2021. Penentuan Kadar Total Tanin dari Ekstrak Daun Binahong (*Anredera cordifolia*). *Jurnal Life Science: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Pengetahuan Alam*. 3(2).
- Firawati, F. 2017. Identifikasi Senyawa Tanin Ekstrak Daun Trawas (*Litsea Adorifera* Val) Secara Spektrofotometri Infra Merah. *FARBAL (Jurnal Farmasi dan Bahan Alam)*. 5(1): 6-9.
- Foekh, N. P., dan Safitri, U. A. 2024. Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* Pada Media Rebusan Biji Nangka Sebagai Substitusi Media Nutrient Agar. *An-Najat*. 2(3): 126-134.
- Forestryana, D., dan Arnida, A. 2020. Skrining Fitokimia dan Analisis Kromatografi Lapis Tipis Ekstrak Etanol Daun Jeruju (*Hydrolea spinosa* L.). *Jurnal Ilmiah Farmako Bahari*. 11(2): 113-124.
- Girish, V., Kumar, K. R., dan Girisha, S. T. 2014. Estimation of Sugar and Bioethanol from Different Decaying Fruits Extract. *Adv Appl Sci Res*. 5(1): 106-110.
- Guranda, I., dan Maulanza, H. 2016. Uji Effektfitas Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) sebagai Anti Mikroorganisme pada Bakteri *Escherechia coli*. *Serambi Saintia: Jurnal Sains dan Aplikasi*. 4(2).
- Haliza, W., Purwani, E. Y., Fardiaz, D., dan Suhartono, M. T. 2020. Kakao Fermentasi: Pelepasan Peptida Bioaktif Dan Manfaatnya Bagi Kesehatan. *Perspektif*. 18(2): 104-119.
- Hariati, S., Wahjuningrum, D., Yuhana, M., Tarman, K., Effendi, I., dan Saputra, F. 2018. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kapang Laut *Nodulisporium* sp. KT29 Terhadap *Vibrio harveyi*. *JPHPI*. 21(2): 250-257.
- Hayati, L. N., Tyasningsih, W., Praja, R. N., Chusniati, S., Yunita, M. N., dan Wibawati, P. A. 2019. Isolasi dan identifikasi *Staphylococcus aureus* pada Susu Kambing Peranakan Etawah Penderita Mastitis Subklinis di Kelurahan Kalipuro, Banyuwangi. *Jurnal Medik Veteriner*. 2(2): 76-82.
- Hendri, H., Zakiah, Z., dan Kurniatuhadi, R. 2023. Antibacterial Activity of Pineapple Peel Eco-enzyme (*Ananas comosus* L.) on Growth

*Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus epidermidis*. *Jurnal Biologi Tropis*. 23(3): 464-474.

- Hidayat, N., Meitiniarti, I., Setyahadi, S., Pato, U., Susanti, E., Padaga, M. C., Wardani, A. K., dan Purwandari, U. (2018). *Mikrobiologi Industri Pertanian*: Universitas Brawijaya Press.
- Hutagalung, S. 2023. Karakterisasi Senyawa Metabolit Sekunder Arak Tradisional Bali dan Koktail Menggunakan Skrining Fitokimia, Spektrofotometer UV-Vis dan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi-Spektrometri Massa. *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*. 6(1): 7-19.
- Januarti, P., Fadhlurrohman, K. P., dan Nurhafidza 2023. Optimalisasi Ekstrak Kulit Jeruk Siam (*Citrus reticulata*) Pada Bioplastik Ampas Tebu (*Saccharum*). *Cendekia Sambas*. 1(2): 11-21.
- Jawetz, E., Melnick, J., dan Adelberg, E. (2001). *Mikrobiologi Kedokteran: Edisi XXII*. Jakarta: Salemba Medika.
- Jayaprakashvel, M., Akila, S., Venkatramani, M., Vinothini, S., Bhagat, J., dan Hussain, A. 2014. Production of Bioethanol from Papaya and Pineapple Wastes Using Marine Associated Microorganisms.
- Juariah, S., Wiranda, J., dan Sepryani, H. 2022. Uji Efektifitas Ekstrak Daun Pandan Wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Streptococcus mutans*. *Journal of Indonesian Medical Laboratory and Science (JoIMedLabS)*. 3(1): 89-96.
- Kamaruddin, M. A., Ibrahim, M. H., Thung, L. M., Emmanuel, M. I., Niza, N. M., Shadi, A. M. H., dan Norashiddin, F. A. 2019. Sustainable Synthesis of Pectinolytic Enzymes from *Citrus* and *Musa acuminata* peels for Biochemical Oxygen Demand and Grease Removal by Batch Protocol. *Applied water science*. 9(68): 1-10.
- Kaper, J. B., Nataro, J. P., dan Mobley, H. L. 2004. Pathogenic *Escherichia coli*. *Nature Reviews Microbiology*. 2(2): 123-140.
- Karimela, E. J., Ijong, F. G., dan Dien, H. A. 2017. Karakteristik *Staphylococcus aureus* yang di Isolasi dari Ikan Asap Pinekuhe Hasil Olahan Tradisional Kabupaten Sangihe. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(1): 188-198.
- Katrin, D., Idiawati, N., dan Sitorus, B. 2015. Uji Aktivitas Antibakteri dari Ekstrak Daun Malek (*Litsea graciae* Vidal) Terhadap Bakteri *Stapylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 4(1): 7-12.

- Khoiriyah, A., Sumardi, S., dan Busman, H. 2022. Identifikasi dan Patogenesitas *Escherichia coli* dari Swab Kloaka Ayam. *Jurnal Ilmiah Peternakan Terpadu*. 10(3): 323-332.
- Kim, S. S., Park, K. J., An, H. J., dan Choi, Y. H. 2017. Phytochemical, Antioxidant, and Antibacterial Activities of Fermented *Citrus unshiu* byproduct. *Food Science and Biotechnology*. 26: 461-466.
- Kumar, V., Ahluwalia, V., Saran, S., Kumar, J., Patel, A. K., dan Singhania, R. R. 2021. Recent Developments on Solid-State Fermentation for Production of Microbial Secondary Metabolites: Challenges and Solutions. *Bioresource Technology*. 323: 124566.
- Kurniawan, A. 2018. Produksi MOL (Mikroorganisme Lokal) dengan Pemanfaatan Bahan-Bahan Organik yang Ada di Sekitar. *Jurnal Hexagro*. 2(2).
- Kusmawati, W. 2017. Analisis Kadar Asam Asetat dalam Media Limbah Fermentasi Biji Kakao Akibat Penambahan Konsentrasi *Acetobacter aceti* dan Waktu Inkubasi. *Paradigma: Jurnal Filsafat, Sains, Teknologi, dan Sosial Budaya*. 23(1): 67-72.
- Lestari, S. I., dan Santoso, B. 2021. Analisis Kromatografi Lapis Tipis (KLT dan Aktivitas Penangkapan Radikal Bebas (PRB) Ekstrak Etanol Lempuyang Emprit (*Zingiber Americans*) Hasil Maserasi Sekali dan Maserasi Berulang. *Biomedika*. 13(1): 76-82.
- Liling, V. V., Lengkey, Y. K., Sambou, C. N., dan Palandi, R. R. 2020. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Kulit Buah Pepaya *Carica papaya* L. Terhadap Bakteri Penyebab Jerawat *Propionibacterium acnes*. *Biofarmasetikal Tropis (The Tropical Journal of Biopharmaceutical)*. 3(1): 112-121.
- Lina, L., Rusmiyanto, E., dan Kurniatuhadi, R. 2021. Khamir Potensial Probiotik Hasil Isolasi dari Fermentasi Jus Jeruk Siam (*Citrus nobilis* var. microcarpa). *Biologica Samudra*. 3(2): 115-132.
- Lumowa, S. V., dan Bardin, S. 2018. Uji Fitokimia Kulit Pisang Kapok (*Musa paradisiacal*.) Bahan alam sebagai Pestisida Nabati Berpotensi Menekan Serangan Serangga Hama Tanaman Umur Pendek. *Jurnal Sains dan Kesehatan*. 1(9): 465-469.
- Marlinda, M., Sangi, M. S., dan Wuntu, A. D. 2012. Analisis Senyawa Metabolit Sekunder dan Uji Toksisitas Ekstrak Etanol Biji Buah Alpukat (*Persea americana* Mill.). *Jurnal Mipa*. 1(1): 24-28.
- Maryani, Y., Rochmat, A., Khastini, R. O., Kurniawan, T., dan Saraswati, I. 2021. Identification of Macro Elements (Sucrose, Glucose and Fructose) and

Micro Elements (Metal Minerals) in the Products of Palm Sugar, Coconut Sugar and Sugar Cane. *Joint proceedings of the 2nd and the 3rd International Conference on Food Security Innovation (ICFSI 2018-2019)*.

- 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: Jurnal Biologi*. 5(2): 73-82.
- Morguette, A. E. B., Bartolomeu-Gonçalves, G., Andriani, G. M., Bertoncini, G. E. S., Castro, I. M. d., Spoladori, L. F. d. A., Bertão, A. M. S., Tavares, E. R., Yamauchi, L. M., dan Yamada-Ogatta, S. F. 2023. The Antibacterial and Wound Healing Properties of Natural Products: A Review on Plant Species with Therapeutic Potential against *Staphylococcus aureus* Wound Infections. *Plants*. 12(11): 2147.
- Mulangsri, D. A. K., Ningrum, R. A., dan Imliyyah, N. 2022. Antibacterial Activity of N-hexane and Diethyl Ether Fraction of Piper betle L. leaf against *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* bacteria. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 11(1): 26-32.
- Munfaati, P. N., Ratnasari, E., dan Trimulyono, G. 2015. Aktivitas Senyawa Antibakteri Ekstrak Herba Meniran (*Phyllanthus niruri*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Shigella dysenteriae* Secara *in vitro*. *Lentera bio*. 4(1): 64-71.
- Murelina, E. M., dan Wijayanti, E. D. 2018. *Perbandingan Kadar Fenolik Total Sari Rimpang Temu Giring (Curcuma heyneana) Segar dan Terfermentasi*. Skripsi. Akademi Farmasi Putera Indonesia Malang:
- Neupane, K., dan Khadka, R. 2019. Production of Garbage Enzyme from Different Fruit and Vegetable Wastes and Evaluation of Its Enzymatic and Antimicrobial Efficacy. *Tribhuvan University Journal of Microbiology*. 6: 113-118.
- Nirmalasari, N. K. D. A., Permatananda, P. A. N. K., Udiyani, D. P. C., Aryastuti, A. A. S. A., dan Dewi, E. S. 2024. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Limbah Kulit Jeruk Siam Kintamani (*Citrus Nobilis*) Dengan Pelarut Polar, Semipolar, Dan Nonpolar. *Jurnal Ners*. 8(1): 210-215.
- Nofitarini, R., Novita, F. S., dan Hidayah, F. N. 2019. "Uji Kualitatif Alkaloid dan Tannin Ekstrak Kulit Bawang dan Daun Ketapang dengan Metode Ekstraksi Ultrasonik". *Prosiding Seminar Sains Nasional dan Teknologi*. 1(1).
- Nout, M. (2014). *Food Technologies: Fermentation*. Wageningen: Academic Press.

- Nugraha, A. C., Prasetya, A. T., dan Mursiti, S. 2017. Isolasi, Identifikasi, Uji Aktivitas Senyawa Flavonoid sebagai Antibakteri dari Daun Mangga. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 6(2): 91-96.
- Nugrahani, R., Andayani, Y., dan Hakim, A. 2016. Skrining Fitokimia dari Ekstrak Buah Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) dalam Sediaan Serbuk. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. 2(1).
- Paputungan, W. A., Lolo, W. A., dan Siampa, J. P. 2019. Aktivitas Antibakteri dan Analisis KLT-Bioautografi dari Fraksi Biji Kopi Robusta (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner). *Pharmacon*. 8(3): 516-524.
- Paramita, S., Yasir, Y., Yuniati, Y., dan Sina, I. 2018. Analisis Bioautografi Kromatografi Lapis Tipis dan Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Bawang Tiwai (*Eleutherine bulbosa* (Mill.) Urb.) terhadap *Methicillin-resistant Staphylococcus aureus* (MRSA). *Jurnal Sains dan Kesehatan*. 1(9): 470-478.
- Perangin-Angin, Y., Purwaningrum, Y., Asbur, Y., Rahayu, M. S., dan Nurhayati, N. 2019. Pemanfaatan Kandungan Metabolit Sekunder yang Dihasilkan Tanaman pada Cekaman Biotik. *Agriland: Jurnal Ilmu Pertanian*. 7(1): 39-47.
- Permatananda, P. A. N. K., dan Pandit, I. G. S. 2023. Characteristic of Orange Peel Waste-Based on Eco Enzyme at Different Fermentation Duration. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. 9(6): 4289-4293.
- Prasetyo, B., Widowati, H., dan Sutanto, A. 2024. Produksi dan Skrining Senyawa Metabolit Sekunder Fermentasi Kulit Buah Jeruk BW dan Jeruk Siam yang Berpotensi sebagai Bioinsektisida. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 24(3): 395-403.
- Pratiwi, M. K. 2024. Pembuatan Pupuk Organik Berbasis MOL (Mikroorganisme Lokal) dengan Metode Fermentasi Menggunakan *Saccharomyces cerevesiae*. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*. 3(8): 2307-2316.
- Purnamasari, W. 2017. "Jenis-Jenis Sel Sekretori pada Tumbuhan Jeruk Keprok Siam (*Citrus nobilis*)". *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi*.
- Putri, I. I., dan Chatri, M. 2024. Peranan Metabolit Sekunder sebagai Antimikroba. *Jurnal Pendidikan Tambusai*. 8(1): 15933-15940.
- Putri, R. M., Diana, V. E., dan Fitri, K. 2019. Perbandingan Uji Aktivitas Antibakteri dari Ekstrak Etanol Bunga, Daun dan Akar tumbuhan Rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Dunia Farmasi*. 3(3): 131-143.

- Rahman, I. R., dan Kurniawan, H. 2023. Uji Aktivitas Antibakteri Minyak Atsiri Kulit Jeruk Pontianak (*Citrus nobilis* Lour. var. *microcarpa*) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus mutans*. *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*. 5(1): 63-70.
- Rahmi, N., Khairiah, N., Rufida, R., Hidayati, S., dan Muis, A. 2020. Pengaruh Fermentasi Terhadap Total Fenolik, Aktivitas Penghambatan Radikal Dan Antibakteri Ekstrak Tepung Biji Teratai (*Nymphaea Pubescens* Willd.). *Biopropal Industri*. 11(1): 9-18.
- Ramadani, A. H., Karima, R., dan Ningrum, R. S. 2022. Antibacterial Activity of Pineapple Peel (*Ananas comosus*) Eco-enzyme Against Acne Bacterias (*Staphylococcus aureus* and *Prapionibacterium acnes*). *Indonesian Journal of Chemical Research*. 9(3): 201-207.
- Razola-Díaz, M. d. C., De Montijo-Prieto, S., Guerra-Hernández, E. J., Jiménez-Valera, M., Ruiz-Bravo, A., Gómez-Caravaca, A. M., dan Verardo, V. 2024. Fermentation of Orange Peels by Lactic Acid Bacteria: Impact on Phenolic Composition and Antioxidant Activity. *Foods*. 13(8): 1212.
- Rifa'i, M., Mukti, B. H., dan Lagiono, L. 2018. Pengaruh Perbedaan Media Air Terhadap Karakteristik Hasil Fermentasi Kulit Nangka. *Jurnal Pendidikan Hayati*. 4(2).
- Rini, C. S., dan Rohmah, J. (2020). *Buku Ajar Mata Kuliah Bakteriologi Dasar*. Siduarjo: Umsida Press.
- Rivas, B., Torrado, A., Torre, P., Converti, A., dan Domínguez, J. M. 2008. Submerged Citric Acid Fermentation on Orange Peel Autohydrolysate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56(7): 2380-2387.
- Rosamah, E. (2019). *Kromatografi Lapis Tipis: Metode Sederhana dalam Analisis Kimia Tumbuhan Berkayu*. Samarinda: Mulawarman University press.
- Rusdianasari, R., Syakdani, A., Zaman, M., Sari, F. F., Nasyta, N. P., dan Amalia, R. 2021. Utilization of Eco-Enzymes from Fruit Skin Waste as Hand Sanitizer. *AJARCDE (Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment)*. 5(3): 23-27.
- Sambaraju, S., dan Lakshmi, V. S. 2020. Eco-friendly Treatment of Dairy Wastewater Using Garbage Enzyme. *Materials Today: Proceedings*. 33(1 {Sambaraju, 2020 #97}): 650-653.
- Saputra, O., dan Anggraini, N. 2016. Khasiat Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* L.) Terhadap Penyembuhan *Acne vulgaris*. *Jurnal Majority*. 5(1): 76-80.

- Saramanda, G., dan Kaparapu, J. 2017. Antimicrobial Activity of Fermented Citrus Fruit Peel Extract. *Int. Journal of Engineering Research and Application*. 7(11): 25-28.
- Sarosa, A. H., P HT, S. B., Nurhadianty, V., dan Cahyani, C. 2018. Pengaruh Penambahan Minyak Nilam sebagai Bahan Aditif pada Sabun Cair dalam Upaya Meningkatkan Daya Antibakteri Terhadap *Staphylococcus aureus*. *Indonesian Journal of Essential Oil*. 3(1): 1-8.
- Senditya, M., Hadi, M. S., Estiasih, T., dan Saparianti, E. 2014. Efek Prebiotik dan Sinbiotik Simplisia Daun Cincau Hitam (*Mesona palustris* BL) secara *in vivo*: Kajian Pustaka. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(3): 141-151.
- Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A., dan Singh, N. 2020. Phenolic Composition, Antioxidant Potential and Health Benefits of Citrus Peel. *Food Research International*. 132(1): 109-114.
- Sinthalarosa, M. D., Suartha, I. N., dan Sudipa, P. H. 2023. Uji Daya Hambat Ekoenzim terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus spp.* yang Diisolasi dari Jaringan Ektodermal Kulit Anjing. *Buletin Veteriner Udayana Volume*. 15(2): 278-285.
- Socol, C. R., Vandenberghe, L. P., Rodrigues, C., Medeiros, A. B. P., Larroche, C., dan Pandey, A. 2008. Production of Organic Acids by Solid-State Fermentation. *Current developments in solid-state fermentation*. 205-229.
- Soleha, T., Carolia, N., dan Kurniawan, S. 2015. The Inhibition Test of Red Betel Leaves (*Piper crocatum*) Towards *Staphylococcus aureus* and *Salmonella typhi*. *Jurnal Majority*. 4(5): 117-122.
- Styawan, A. A., Putri, A., dan Cholifa, R. R. N. 2021. Analisis Kadar Tanin Dari Kelopak Bunga Rosella Merah (*Hibiscus Sabdariffa* L.) Secara Permanganometri. *Urecol Journal. Part D: Applied Sciences*. 1(1): 1-8.
- Subramaniyam, R., dan Vimala, R. 2012. Solid State and Submerged Fermentation for the Production of Bioactive Substances: A Comparative Study. *Int J Sci Nat*. 3(3): 480-486.
- Sugijanto, N., Yodianto, B., Kusumajaya, M. N., dan Zaini, N. C. 2014. Aktivitas Antimikroba dan Analisis KLT-Densitometri Metabolit Fraksi-Fraksi Ekstrak Endofit Dari *Aglaia odorata*. *Berkala Ilmiah Kimia Farmasi*. 3(1): 20-27.
- Suprayogi, D., Asra, R., dan Mahdalia, R. 2022. Analisis Produk Eco Enzyme dari Kulit Buah Nanas (*Ananas comosus* L.) dan Jeruk Berastagi (*Citrus X sinensis* L.). *Jurnal Redoks*. 7(1): 19-27.



- Suryati, N., Bahar, E., dan Ilmiawati, I. 2018. Uji Efektivitas Antibakteri Ekstrak *Aloe vera* Terhadap Pertumbuhan *Escherichia coli* secara *in vitro*. *Jurnal Kesehatan Andalas*. 6(3): 518-522.
- Sutrisna, R., Ekowati, C. N., dan Sinaga, E. S. 2015. Pengaruh pH Terhadap Produksi Antibakteri oleh Bakteri Asam Laktat dari Usus Itik. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 15(3).
- Thomas, L., Larroche, C., dan Pandey, A. 2013. Current Developments in Solid-State Fermentation. *Biochemical engineering journal*. 81: 146-161.
- VH, E. S., Mulyani, S., Ariani, S. R. D., Utomo, S. B., dan Antrakusuma, B. 2021. Phytochemical Screening of Honey Pineapple Peel Extract and Its Application as An Antibacterial Additive in Dish Soap Formulation. *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia)*. 6(1): 49-58.
- Wahidah, N., Ratman, R., dan Ningsih, P. 2017. Analisis Senyawa Metabolit Primer Pada Jamur Merang (*Volvariella volvaceae*) Di Daerah Perkebunan Kelapa Sawit Lalundu. *Jurnal Akademika Kimia*. 6(1): 43-47.
- Wu, Y., Ma, H., Zheng, M., dan Wang, K. 2015. Lactic Acid Production from Acidogenic Fermentation of Fruit and Vegetable Wastes. *Bioresource Technology*. 191: 53-58.
- Wulandari, E., Idiyanti, T., dan Sinaga, E. 2012. Limbah Molas: Pemanfaatan sebagai Sumber Karbohidrat untuk Perkembangbiakan Mikroorganisme. *Jurnal Kimia VALENSI*. 2(5).
- Wulandari, Y. W., dan Mustofa, A. 2016. Karakteristik Kimiawi Tepung Mocaf dengan Variasi Fermentasi Spontan menggunakan Youghurt sebagai *Starter Culture*. *JITIPARI (Jurnal Ilmiah Teknologi dan Industri Pangan UNISRI)*. 1(1).
- Yani, S., dan Opik, T. (2021). *Mikrobiologi Dasar*. Bandung: Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati.
- Yuliana, S., dan Handayani, D. 2022. Jenis-Jenis Cendawan dari Ampas Ecoenzyme dengan Sumber Bahan Organik Berbagai Jenis Kulit Jeruk. *Jurnal Serambi Biologi*. 7(1): 120-126.
- Yusnita, M. (2020). *Asam, Basa, dan Garam di Lingkungan Kita*. Semarang: Alprin.
- Zahira, S. D., Ihsan, M., dan Maritsa, H. U. 2023. Aktivitas Ekoenzim Nanas (*Ananas comosus* L. Merr.) Var. Queen Sebagai Antimikosis Dermatofita (*Trichophyton rubrum*). *Biospecies*. 16(1): 63-69.

Zulfikri, A., dan Ashar, Y. K. 2020. Dampak Cairan Disinfektan terhadap Kulit Tim Penyemprot Gugus Tugas Covid-19 Kota Binjai. *Menara Medika*. 3(1): 7-14.