

TESIS
AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN ANTIBAKTERI
***Staphylococcus epidermidis* MINYAK ATSIRI KULIT**
BUAH JERUK KALAMANSI, JERUK NIPIS, DAN
JERUK PURUT

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Magister
Sains Biologi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya



OLEH
ASTRI INDAH LESTARI
NIM. 08082682226001

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024

HALAMAN PENGESAHAN

**AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN ANTIBAKTERI
Staphylococcus epidermidis MINYAK ATSIRI KULIT BUAH
JERUK KALAMANSI, JERUK NIPIS, DAN JERUK PURUT**

TESIS

**Diajukan untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Magister Sains Biologi**

Oleh :

**ASTRI INDAH LESTARI
NIM. 08082682226001**

Pembimbing I,



Prof. Dr. Salni, M.Si.
NIP. 196608231993031002

**Palembang, Juli 2024
Pembimbing II,**



Dr. Laila Hanum, M.Si.
NIP. 197308311998022001

**Mengetahui,
Wakil Dekan I Fakultas Matematika
dan Ilmu Pengetahuan Alam,**



Prof. Dr. Hasanudin, S.Si., M.Si.
NIP. 197205151997021003

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tesis ini dengan judul "Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri *Staphylococcus epidermidis* Minyak Atsiri Kulit Buah Jeruk Kalamansi, Jeruk Nipis, dan Jeruk Purut" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya pada tanggal 9 Juli 2024.

Palembang, 9 Juli 2024
Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Tesis,

Ketua:

1. Prof. Dr. Salni, M.Si.
NIP. 196608231993031002


()

Anggota:

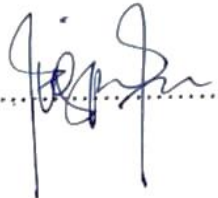
2. Dr. Laila Hanum, M.Si.
NIP. 197308311998022001

()

3. Prof. Dr. Hary Widjajanti, M.Si.
NIP. 196112121987102001

()

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

()

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika
dan Ilmu Pengetahuan Alam,



Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197111191997021001

Wakil Dekan I Fakultas Matematika
dan Ilmu Pengetahuan Alam,



Prof. Dr. Hasanudin, S.Si., M.Si.
NIP. 197205151997021003

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Astri Indah Lestari

NIM : 08082682226001

Judul : Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri *Staphylococcus epidermidis*
Minyak Atsiri Kulit Buah Jeruk Kalamansi, Jeruk Nipis, dan Jeruk Purut.

Menyatakan bahwa Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, 23 Juli 2024



Astri Indah Lestari
Astri Indah Lestari
NIM. 08082682226001

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian serta penulisan tesis yang berjudul “Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri *Staphylococcus epidermidis* Minyak Atsiri Kulit Buah Jeruk Kalamansi, Jeruk Nipis, dan Jeruk Purut”.

Pada penulisan tesis ini, penulis telah mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua Bapak Ahmad Yusri, SST. dan Ibu Agustina, SST., yang senantiasa memberikan dukungan moril, materil, dan senantiasa mendoakan penulis. Serta keluarga besar yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis. Tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Salni, M.Si. dan Dr. Laila Hanum, M.Si. selaku pembimbing, yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan dan arahan, selama penyusunan tesis ini. Serta Prof. Dr. Hary Widjajanti, M.Si. dan Dr. Elisa Nurnawati, M.Si., selaku dosen pembahas yang telah memberikan saran-saran perbaikan penulisan tesis ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih, kepada alumni, teman-teman, dan adik-adik program studi magister biologi, yang telah memberikan bantuan dan motivasi selama penyusunan tesis ini. Serta segenap dosen dan staff akademik yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, dan kemudahan dalam pengurusan administrasi selama penulisan tesis ini.

Semoga Allah, SWT senantiasa melimpahkan karunia-Nya dan membalas amal dan kebaikan pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan tesis ini. Semoga tesis ini dapat bermanfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan dan bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkan.

Palembang, 23 Juli 2024
Penulis.



Astri Indah Lestari
NIM. 08082682226001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Astri Indah Lestari

NIM : 08082682226001

Judul : Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri *Staphylococcus epidermidis*
Minyak Atsiri Kulit Buah Jeruk Kalamansi, Jeruk Nipis, dan Jeruk
Purut.

Memberikan izin kepada pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju menempatkan pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 23 Juli 2024
Penulis.



Astri Indah Lestari
NIM. 08082682226001

RINGKASAN

AKTIVITAS ANTIOKSIDAN DAN ANTIBAKTERI *Staphylococcus epidermidis* MINYAK ATSIRI KULIT BUAH JERUK KALAMANSI, JERUK NIPIS, DAN JERUK PURUT

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, Juni 2024

Astri Indah Lestari, dibimbing oleh Prof. Dr. Salni, M.Si., Dr. Laila Hanum, M.Si.

Antioxidant and *Staphylococcus epidermidis* Antibacterial Activities of Essential Oils from Calamansi Orange, Lime, and Kaffir Lime Fruit Peels.

xv + 91 halaman, 17 Gambar + 10 Tabel + 9 Lampiran

RINGKASAN

Penyakit yang banyak diderita oleh masyarakat Indonesia diantaranya adalah penyakit degeneratif dan infeksi. Faktor meningkatnya penyakit degeneratif disebabkan oleh paparan radikal bebas yang semakin meningkat. Sedangkan penyakit infeksi disebabkan oleh mikroorganisme. Penggunaan antioksidan dan antibakteri sintetik memiliki efek samping yang cukup serius jika digunakan dalam jangka panjang. Antioksidan sintetik yang biasa digunakan oleh industri pangan, seperti BHT dan BHA, telah dilakukan penelitian diduga memiliki efek samping yaitu karisogenik dan kerusakan hati. Antibiotik topikal yang umum digunakan dalam pengobatan jerawat, seperti eritromisin dan klindamisin telah dilakukan penelitian menyebabkan resistensi terhadap *S. epidermidis*. Adanya masalah efek samping ini, maka perlu dicari obat alternatif lain yang memiliki efek samping minimum bersumber dari bahan alam. Bahan alam yang memiliki potensi adalah kulit buah jeruk kalamansi, jeruk nipis, dan jeruk purut. Kulit buah jeruk tersebut menghasilkan minyak atsiri yang terdiri dari senyawa aktif salah satunya adalah limonene. Senyawa ini telah diteliti memiliki aktivitas antioksidan dan antibakteri. Beberapa peneliti telah melaporkan minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi, jeruk nipis, dan jeruk purut memiliki aktivitas antioksidan dan antibakteri pada beberapa bakteri gram positif dan gram negatif. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis aktivitas antioksidan minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi, jeruk nipis, dan jeruk purut berdasarkan nilai IC₅₀ dan menganalisis aktivitas antibakteri *Staphylococcus epidermidis* minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi, jeruk nipis, dan jeruk purut berdasarkan KHM.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2023 sampai dengan bulan Februari 2024 di Laboratorium IPA Terpadu Pascasarjana Universitas Sriwijaya Palembang dan Balai Besar Laboratorium Kesehatan (BBLK) Palembang. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu tahap identifikasi tanaman jeruk kalamansi, jeruk nipis, dan jeruk purut; tahap persiapan alat dan bahan; tahap distilasi minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi, jeruk nipis, dan jeruk purut; tahap identifikasi komponen kimia minyak atsiri menggunakan metode GC-MS, tahap uji pendahuluan aktivitas antioksidan dengan metode KLT,

tahap uji aktivitas antioksidan dengan metode spektrofotometri; tahap uji aktivitas antibakteri, dan tahap uji KHM.

Hasil penelitian menunjukkan minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi, jeruk nipis, dan jeruk purut memiliki aktivitas antioksidan, dengan nilai IC_{50} terkecil dimiliki oleh minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi yaitu 21,84 ppm (antioksidan kuat), diikuti oleh minyak atsiri kulit buah jeruk nipis dengan nilai IC_{50} 65,03 ppm (antioksidan kuat), dan minyak atsiri kulit buah jeruk purut dengan nilai IC_{50} 127,06 ppm (antioksidan sedang).

Minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi, jeruk nipis, dan jeruk purut memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus epidermidis*, dengan KHM berada pada konsentrasi 50.000 ppm. Diameter rata-rata zona hambat terbesar dimiliki oleh minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi yaitu 7,5 mm (antibakteri lemah), diikuti minyak atsiri kulit buah jeruk purut dengan diameter zona hambat yaitu 7,33 mm (antibakteri lemah), dan minyak atsiri kulit buah jeruk nipis dengan diameter zona hambat yaitu 7,17 mm (antibakteri lemah).

Kata kunci : Kulit Buah Jeruk, Antioksidan, Antibakteri

Kepustakaan : 147 (1981-2024)

SUMMARY

ANTIOXIDANT AND *Staphylococcus epidermidis* ANTIBACTERIAL ACTIVITIES OF ESSENTIAL OILS FROM CALAMANSI ORANGE, LIME, AND KAFFIR LIME FRUIT PEELS

Scientific written work in the form of a thesis, June 2024

Astri Indah Lestari, supervised by Prof. Dr. Salni, M.Si., Dr. Laila Hanum, M.Sc.

Antioxidant and *Staphylococcus epidermidis* Antibacterial Activities of Essential Oils from Calamansi Orange, Lime, and Kaffir Lime Fruit Peels.

xv + 91 pages, 17 Figures + 10 Tables + 9 Appendices

SUMMARY

The diseases that many Indonesian people suffer from include degenerative and infectious diseases. The increasing factor in degenerative diseases is caused by increasing exposure to free radicals. Meanwhile, infectious diseases are caused by microorganisms. The use of synthetic antioxidants and antibacterials has quite serious side effects if used long term. Synthetic antioxidants commonly used by the food industry, such as BHT and BHA, have been researched to have side effects, namely carcinogenicity and liver damage. Topical antibiotics commonly used in the treatment of acne, such as erythromycin and clindamycin, have been studied to cause resistance to *S. epidermidis*. If there is a problem with these side effects, it is necessary to look for alternative medicines that have minimum side effects that come from natural ingredients. Natural ingredients that have potential are calamansi orange, lime, and kaffir lime fruit peels. Orange peel produces essential oil which consists of active compounds, one of which is limonene. This compound is has been researched to have antioxidant and antibacterial activity. Several researchers have reported that the essential oils from calamansi orange, lime and kaffir lime fruit peels have antioxidant and antibacterial activity on several gram-positive and gram-negative bacteria. The aim of this research was to analyze the antioxidant activity of the essential oils from calamansi orange, lime and kaffir lime fruit peels based on the IC₅₀ value and to analyze the antibacterial activity of *Staphylococcus epidermidis* essential oils from calamansi orange, lime and kaffir lime fruit peels based on the MIC.

This research was carried out from December 2023 to February 2024 at the Laboratory IPA Integrated Postgraduate Program at Sriwijaya University, Palembang and the Palembang Health Laboratory Center (BBLK). This research consists of several stages, namely the identification stage of calamansi orange, lime and kaffir lime plants; tool and material preparation stage; the distillation stage of the essential oils from calamansi orange, lime and kaffir lime fruit peels; the stage of identifying the chemical components of essential oils using the GC-MS method, the preliminary test stage of antioxidant activity using the TLC

method, the stage of testing antioxidant activity using the spectrophotometric method; antibacterial activity test stage, and MIC test stage.

The results of the research show that the essential oil of calamansi, lime, and kaffir lime fruit peels has antioxidant activity, with the smallest IC₅₀ value belonging to calamansi orange fruit peels essential oil, namely 21,84 ppm (a strong antioxidant), followed by lime fruit peels essential oil with an IC₅₀ value of 65.03 ppm (strong antioxidant), and kaffir lime fruit peels essential oil with an IC₅₀ value of 127,06 ppm (medium antioxidant).

The essential oil from calamansi orange, lime and kaffir lime fruit peels has antibacterial activity against *Staphylococcus epidermidis*, with the MIC at a concentration of 50,000 ppm. The largest average diameter of the inhibitory zone belongs to calamansi orange fruit peels essential oil, namely 7.5 mm (weak antibacterial), followed by kaffir lime fruit peels essential oil with an inhibitory zone diameter of 7.33 mm (weak antibacterial), and lime fruit peel essential oil with an inhibitory zone diameter of 7.17 mm (weak antibacterial).

Keywords : Orange Fruit Peels, Antioxidant, Antibacterial

Literature : 147 (1981-2024)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	I
HALAMAN PENGESAHAN.....	II
HALAMAN PERSETUJUAN	III
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	IV
KATA PENGANTAR.....	V
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	VI
RINGKASAN	VII
SUMMARY	IX
DAFTAR ISI.....	XI
DAFTAR TABEL	XIII
DAFTAR GAMBAR.....	XIV
DAFTAR LAMPIRAN	XV
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1. 1 Latar Belakang	1
1. 2 Rumusan Masalah.....	4
1. 3 Tujuan Penelitian	4
1. 4 Manfaat Penelitian	4
1. 5 Hipotesis	5
1. 6 Kerangka Pikir Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Minyak Atsiri.....	7
2.2 Antioksidan.....	8
2.3 Antibakteri	10
2.4 <i>Staphylococcus epidermidis</i>	12
2.5 Jeruk Kalamansi.....	14
2.6 Jeruk Nipis	15
2.7 Jeruk Purut	17
2.10Metode <i>1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil</i> (DPPH)	19
2.11Metode Kirby-Bauer	21

BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan.....	22
3.3 Prosedur Penelitian	22
3.3.1 Identifikasi Tanaman Jeruk Kalamansi, Jeruk Nipis, dan Jeruk Purut	23
3.3.2 Tahapan Persiapan Alat dan Bahan.....	23
3.3.3 Distilasi Minyak Atsiri Kulit Buah Jeruk Kalamansi, Jeruk Nipis, dan Jeruk Purut.....	24
3.3.4 Analisis Komponen Minyak Atsiri Menggunakan Metode GC-MS	24
3.3.5 Uji Aktivitas Antioksidan.....	25
3.3.6 Uji Aktivitas Antibakteri.....	28
3.3.7 Uji Konsentrasi Hambat Minimum (KHM).....	30
3.3 Penyajian Data	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Rendemen Minyak Atsiri Kulit Buah Jeruk Kalamansi, Jeruk Nipis, dan Jeruk Purut	32
4.2 Analisis Komponen Minyak Atsiri Menggunakan Metode GC-MS	33
4.3 Uji Aktivitas Antioksidan	41
4.3.1 Uji Pendahuluan Aktivitas Antioksidan Menggunakan Metode KLT	41
4.3.2 Uji Aktivitas Antioksidan Menggunakan Metode Spektrofotometri	43
4.4 Uji Aktivitas Antibakteri.....	48
4.2 Uji Konsentrasi Hambat Minimum.....	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	58
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 Kategori kekuatan aktivitas antioksidan	27
Tabel 3. 2 Kategori kekuatan aktivitas antibakteri.....	30
Tabel 4. 1 Rendemen minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi, jeruk nipis, dan jeruk purut	32
Tabel 4. 2 Komponen minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi	34
Tabel 4. 3 Komponen minyak atsiri kulit buah jeruk nipis.....	35
Tabel 4. 4 Komponen minyak atsiri kulit buah jeruk purut	36
Tabel 4. 5 Nilai RF aktivitas antioksidan uji KLT.....	41
Tabel 4. 6 Hasil uji aktivitas antioksidan	44
Tabel 4. 7 Rata-Rata diameter zona hambat uji aktivitas antibakteri	49
Tabel 4. 8 Rata-rata diameter zona hambat uji konsentrasi hambat minimum.....	51

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. 1 Kerangka pikir penelitian.....	6
Gambar 2. 1 Perubahan superoksida menjadi oksigen dan hidrogen peroksida	10
Gambar 2. 2 Mekanisme kerja antibakteri minyak atsiri	12
Gambar 2. 3 <i>Staphylococcus epidermidis</i>	13
Gambar 2. 4 Jeruk kalamansi	14
Gambar 2. 5 Jeruk nipis	16
Gambar 2. 6 Jeruk purut.....	18
Gambar 2. 7 Reaksi DPPH dengan senyawa antioksidan	20
Gambar 4. 1 Kromatogram GC minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi	33
Gambar 4. 2 Kromatogram GC minyak atsiri kulit buah jeruk nipis.....	34
Gambar 4. 3 Kromatogram GC minyak atsiri kulit buah jeruk purut	35
Gambar 4. 4 Profil KLT uji pendahuluan aktivitas antioksidan	42
Gambar 4. 5 Perbandingan aktivitas antioksidan sampel uji dengan kontrol positif berdasarkan nilai IC_{50}	45
Gambar 4. 6 Reaksi peredaman radikal bebas DPPH oleh senyawa antioksidan ..	48
Gambar 4. 7 Hasil uji aktivitas antibakteri.....	49
Gambar 4. 8 Hasil uji konsentrasi hambat minimum.....	52
Gambar 4. 9 Perbandingan rata-rata diameter zona hambat pada uji KHM	53

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Hasil Determinasi Tanaman Jeruk Kalamansi, Jeruk Nipis, dan Jeruk Purut	73
Lampiran 2 Surat Izin Penelitian di Laboratorium IPA Terpadu Pascasarjana Universitas Sriwijaya Palembang	74
Lampiran 3 Surat Izin Penelitian di Laboratorium Balai Besar Kesehatan (BBLK) Palembang	75
Lampiran 4 Proses Distilasi Minyak Atsiri Kulit Buah Jeruk kalamansi, Jeruk Nipis, dan Jeruk Purut.....	76
Lampiran 5 Pengujian GC-MS Minyak Atsiri Kulit Buah Jeruk kalamansi, Jeruk Nipis, dan Jeruk Purut	78
Lampiran 6 Uji Pendahuluan Aktivitas Antioksidan Menggunakan Metode KLT.....	82
Lampiran 7 Uji Aktivitas Antioksidan Menggunakan Metode Spektrofotometri	83
Lampiran 8 Uji Aktivitas Antibakteri dan Uji KHM	88
Lampiran 9 <i>Letter Of Acceptance</i> Publikasi Artikel Jurnal	91

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1 Latar Belakang

Penyakit degeneratif dan infeksi diderita oleh sebagian besar masyarakat Indonesia. Meningkatnya kadar radikal bebas merupakan kontributor utama penyakit degeneratif. Sedangkan penyakit infeksi disebabkan oleh mikroorganisme (Suiraoaka, 2012).

Molekul atau atom yang memiliki satu atau bahkan lebih elektron yang tidak memiliki pasangan dikenal sebagai radikal bebas. Senyawa ini dapat menyebabkan senyawa lain teroksidasi, dengan menarik elektron dari molekul lain. Hal ini berpotensi menyebabkan kerusakan makromolekul seluler karena terjadi perubahan kimiawi pada lipid, asam nukleat, dan karbohidrat (Astuti, 2008). Menurut Anggraito dkk., (2018) dan Lü dkk., (2010) stres oksidatif merupakan faktor berkembangnya beberapa penyakit degeneratif diantaranya adalah kardiovaskular, inflamasi, kanker, diabetes, alzheimer, katarak, autisme, dan penuaan. Pengaruh buruk dari senyawa radikal tersebut dapat dikurangi menggunakan antioksidan. Antioksidan merupakan zat yang memiliki kemampuan menetralkan senyawa radikal bebas dengan cara mencegah, menghambat, dan menunda oksidasi (Yuslianti, 2018). Mekanisme kerja antioksidan untuk mencegah oksidasi adalah dengan memberikan elektron kepada senyawa oksidan (Indrayani, 2016).

Mikroorganisme patogen seperti bakteri, parasit, jamur, dan virus dapat menyebabkan infeksi (Suiraoaka, 2012). Bakteri *Staphylococcus epidermidis* adalah salah satu dari beberapa bakteri yang dapat menyebabkan penyakit infeksi. *S. epidermidis* merupakan bakteri anaerob fakultatif gram positif (X. Zhou & Li, 2015). Bakteri ini terlibat dalam patogenesis penyakit *acne vulgaris* (jerawat). *S. epidermidis* dapat menyebabkan infeksi ketika sistem kekebalan tubuh lemah, dengan menghasilkan enzim yang dapat mengubah asam lemak dari lipid kulit menjadi kolesterol (Kumar dkk., 2016). Antibiotik adalah obat yang umum

digunakan untuk mengobati *acne vulgaris*, karena memiliki sifat antibakteri (Sibero dkk., 2019). Antibakteri merupakan senyawa yang dapat mengendalikan pertumbuhan bakteri patogen (Martiyanto dkk., 2016).

Penggunaan antioksidan dan antibakteri sintetik memiliki efek samping yang cukup serius jika digunakan dalam jangka panjang. Antioksidan sintetik yang umumnya digunakan industri pangan, seperti *Butyl Hydroxy Toulene* (BHT) dan *Butylated Hydroxyl Anisole* (BHA), telah dilakukan penelitian diduga memiliki efek samping yaitu karisogenik (penyebab kanker) dan kerusakan hati (Osawa & Namiki, 1981; Sayuti & Yenrina, 2015). Antibiotik topikal yang biasanya digunakan dalam pengobatan *acne vulgaris*, seperti clindamycin dan erythromycin telah dilakukan penelitian dapat menyebabkan resistensi terhadap *S. epidermidis* (Hellmark dkk., 2009; Sibero dkk., 2019). Adanya masalah efek samping dari penggunaan antioksidan dan antibakteri sintetik ini, maka perlu dicari obat alternatif lain yang memiliki efek samping minimum yang bersumber dari bahan alam. Bahan alam yang berpotensi memiliki aktifitas antioksidan dan antibakteri alami adalah tanaman yang mengandung minyak atsiri (Sharifi-Rad dkk., 2017).

Minyak atsiri adalah campuran senyawa volatil yang banyak dihasilkan oleh tumbuhan aromatik melalui metabolisme kompleks. Senyawa-senyawa tersebut merupakan metabolit sekunder, yang terutama dihasilkan oleh jalur mevalonat, terdiri dari senyawa terpene termasuk monoterpen dan sesquiterpene, selain itu juga dihasilkan melalui jalur sikimat yaitu senyawa fenolik (Dhifi dkk., 2016). Minyak atsiri memiliki berbagai manfaat untuk kesehatan, beberapa penelitian praklinis telah melaporkan minyak atsiri memiliki aktivitas sebagai antioksidan, antimikroba, antiinflamasi, dan antikanker (Sharifi-Rad dkk., 2017). Tanaman yang menghasilkan minyak atsiri diantaranya adalah jeruk (Kurniawan dkk., 2008).

Tanaman jeruk banyak dibudidayakan di Indonesia. Buahnya sering dikonsumsi oleh masyarakat, karena mengandung vitamin dan gizi yang bermanfaat bagi kesehatan (Andrini dkk., 2021; Wirahadi, 2017). Masyarakat umumnya memanfaatkan buah jeruk untuk di konsumsi secara langsung atau sebagai bahan tambahan makanan dan minuman, sedangkan kulit buahnya tidak

dimanfaatkan dan seringkali dibuang sebagai limbah (Kurniawan & Deglas, 2019). Menurut Lestari, (2023) kulit buah jeruk berpotensi digunakan sebagai antioksidan dan antibakteri alami, karena mengandung minyak atsiri. Beberapa jenis jeruk yang mudah dijumpai di Sumatera Selatan adalah jeruk kalamansi (*Citrus madurensis* Lour.), jeruk nipis (*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle, orth.), dan jeruk purut (*Citrus hystrix* DC.).

Minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi, jeruk nipis, dan jeruk purut telah dilaporkan mengandung lebih dari 50% senyawa monoterpene hidrokarbon dengan limonene sebagai komponen utama yang cukup tinggi yaitu (87,52%) pada jeruk kalamansi, (77,5%) pada jeruk nipis, dan (40,65%) pada jeruk purut (Chen dkk., 2017; Lemes dkk., 2018; Srifuengfung dkk., 2020). Senyawa limonene yang dimiliki minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi, jeruk nipis, dan jeruk purut, diketahui lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa kulit buah jeruk lainnya seperti jeruk pamelon (3,8%), lemon (9,195), bergamot (17,06%), dan jeruk bali (31,83%) (Cebi & Erarslan, 2023; Gyawali dkk., 2012; Mehmood dkk., 2019; Singh dkk., 2010). Limonene dilaporkan dapat meningkatkan aktivitas superoksida dismutase (SOD) (Roberto dkk., 2009). Superoksida dismutase adalah antioksidan yang dapat mengkatalis superoksida menjadi hidrogen peroksida dan oksigen, sehingga dapat mengurangi tekanan stres oksidatif (Nurhayati dkk., 2011). Selain itu limonene juga dilaporkan memiliki aktivitas antibakteri dengan mekanisme kerja antara lain adalah menghambat pembentukan biofilm, merusak dinding sel, merusak membrane sel, dan menghambat sintesis ATP bakteri (Han dkk., 2020; Luciardi dkk., 2016). Beberapa peneliti telah melaporkan minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi, jeruk nipis, dan jeruk purut terbukti menunjukkan efek antioksidan dan antibakteri terhadap berbagai bakteri gram negatif dan gram positif (Chen dkk., 2017; Costa dkk., 2014; Husni dkk., 2021; Lin dkk., 2019; Warsito dkk., 2017).

Aktivitas antioksidan dan antibakteri minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi, jeruk nipis, dan jeruk purut sudah pernah diteliti, namun informasi mengenai potensi minyak atsiri kulit buah tanaman tersebut belum banyak diketahui. Maka dari itu peneliti ingin mengetahui aktivitas antioksidan dan antibakteri *Staphylococcus epidermidis* minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi,

jeruk nipis, dan jeruk purut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat bahwa kulit buah jeruk kalamansi, jeruk nipis, dan jeruk purut bukan hanya sekedar limbah, tetapi memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi obat alami penyakit degeneratif dan penyakit infeksi (*acne vulgaris*) yang disebabkan oleh bakteri *S. epidermidis*.

1. 2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana aktivitas antioksidan minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi, jeruk nipis, dan jeruk purut berdasarkan nilai *Inhibition Concentration* (IC₅₀)?
2. Bagaimana aktivitas antibakteri minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi, jeruk nipis, dan jeruk purut terhadap *Staphylococcus epidermidis* berdasarkan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) ?

1. 3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis aktivitas antioksidan minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi, jeruk nipis, dan jeruk purut berdasarkan nilai IC₅₀.
2. Menganalisis aktivitas antibakteri minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi, jeruk nipis, dan jeruk purut terhadap *Staphylococcus epidermidis* berdasarkan KHM.

1. 4 Manfaat Penelitian

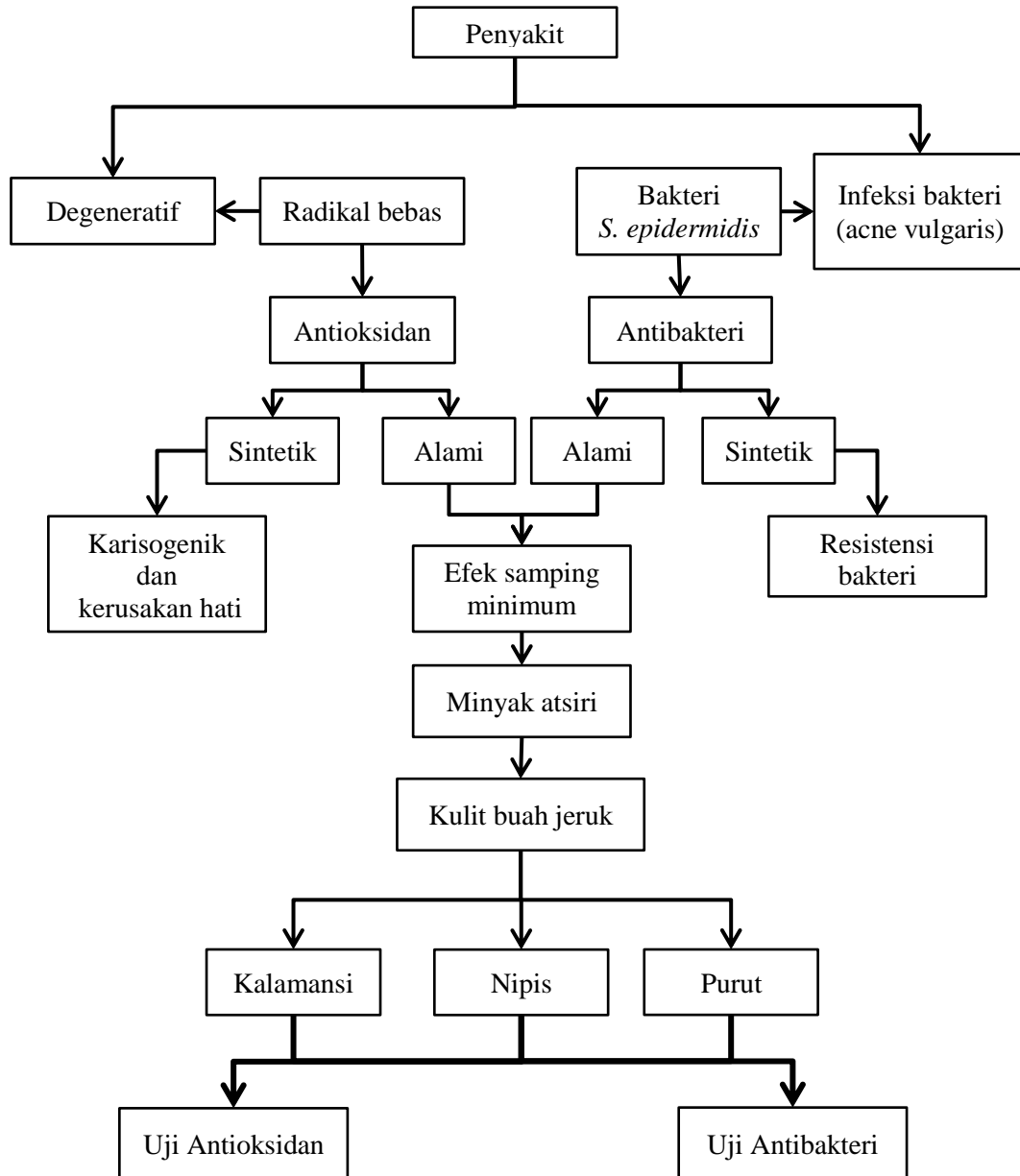
1. Mendapatkan informasi mengenai aktivitas antioksidan minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi, jeruk nipis, dan jeruk purut berdasarkan nilai IC₅₀, sehingga dapat dijadikan referensi dalam pembuatan obat alami.
2. Mendapatkan informasi mengenai aktivitas antibakteri minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi, jeruk nipis, dan jeruk purut terhadap *Staphylococcus epidermidis* berdasarkan KHM, sehingga dapat dijadikan referensi dalam pembuatan obat alami.

1. 5 Hipotesis

H_0 : Minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi, jeruk nipis, dan jeruk purut tidak memiliki aktivitas antioksidan dan antibakteri *Staphylococcus epidermidis*.

H_1 : Minyak atsiri kulit buah jeruk kalamansi, jeruk nipis, dan jeruk purut memiliki aktivitas antioksidan dan antibakteri *Staphylococcus epidermidis*.

1. 6 Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 1. 1 Kerangka pikir penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyasa, I. W. P., Wartini, N. M., & Yoga, I. W. G. S. (2014). Karakteristik minyak atsiri daun pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) hasil perlakuan lama *curing* dan lama ekstraksi. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 2(2), 77–86.
- Agustiana, I., Tika, I. N., & Martiningsih, N. W. (2015). Perbaikan teknik pengolahan minyak atsiri dari daun cengkeh pada penyulingan rakyat di Desa Lemukih Buleleng. *Majalah Aplikasi Ipteks NGAYAH*, 6(1).
- Aida, A. N., Suswati, E., & Misnawi. (2016). Uji in vitro efek ekstrak etanol biji kakao (*Theobroma cacao*) sebagai antibakteri terhadap *Propionibacterium acnes*. *E-Jurnal Pustaka Kesehatan*, 4(1), 127–131.
- Anandakumar, P., Kamaraj, S., & Vanitha, M. K. (2021). D-limonene: A multifunctional compound with potent therapeutic effects. *Journal of Food Biochemistry*, 45(1), 1–10.
- Andrade, B. F. M. T., Barbosa, L. N., Júnior, I. da S. P., & Fernandes, A. (2014). Antimicrobial activity of essential oils. *Journal of Essential Oil Research*, 26(1), 34–40.
- Andrini, A., Martasari, C., Budiyati, E., & Zamzami, L. (2021). *Teknologi inovatif jeruk sehat nusantara*. Bogor: IPB Press.
- Anggraeni, V. J., Kurnia, D., Djuanda, D., & Mardiyani, S. (2023). Komposisi kimia dan penentuan senyawa aktif antioksidan dari minyak atsiri kunyit (*Curcuma longa* L.). *Jurnal Farmasi Higea*, 15(1), 54–63.
- Anggraito, Y. U., Susanti, R., Iswari, R. S., Yuniastuti, A., Lisdiana, WH, N., Habibah, N. A., & Bintari, S. H. (2018). *Metabolit sekunder dari tanaman: aplikasi dan produksi*. Yogyakarta: FMIPA UNNES.
- Angin, M. indah perangin. (2015). Karakterisasi senyawa kimia dan uji aktivitas antibakteri minyak atsiri bunga kecombrang (*Etlingera elatior*) yang diisolasi dengan destilasi stahl. *Agrica Ekstensia*, 9(1), 27–33.
- Arce-Amezquita, P. M., Beltrán-Morales, F. A., Manríquez-Rivera, G. A., Cota-Almanza, M. E., Quián-Torres, A., & Peralta-Olachea, R. G. (2019). Nutritional value of conventional, wild and organically produced fruits and vegetables available in Baja California Sur markets. *Terra Latinoamericana*, 37(4), 401–406.
- Ariyanti, M., & Asbur, Y. (2018). Cendana (*Santalum album* L.) sebagai tanaman penghasil minyak atsiri. *Jurnal Kultivasi*, 17(1), 558–567.
- Astuti, S. (2008). Isoflavon kedelai dan potensinya sebagai penangkap radikal bebas. *Jurnal Teknologi Industri Dan Hasil Pertanian*, 13(2), 126–136.

- Aviany, H. B., & Pujiyanto, S. (2020). Analisis efektivitas probiotik di dalam produk kecantikan sebagai antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus epidermidis*. *Jurnal Berkala Bioteknologi*, 3(2), 24–31.
- Aziz, Z., & Djamil, R. (2013). Isolasi dan identifikasi senyawa flavonoid dari fase n-Butanol daun jeruk purut (*Citrus hystrix* DC.). *Seminar POKJANAS TOI Ke-XLIV*, 14–16.
- Bicas, J. L., Neri-Numa, I. A., Ruiz, A. L. T. G., De Carvalho, J. E., & Pastore, G. M. (2011). Evaluation of the antioxidant and antiproliferative potential of bioflavors. *Food and Chemical Toxicology*, 49(7), 1610–1615.
- Budilaksono, W., Wahdaningsih, S., & Fahrurroji, A. (2014). Uji aktivitas antioksidan fraksi n-heksana kulit buah naga merah menggunakan metode DPPH (1,1-Difenil -2- Pikrilhidrazil). *Jurnal Mahasiswa Farmasi Fakultas Kedokteran UNTAN*, 1(1), 1–11.
- Cane, H. P. C. A., Saidi, N., Mustanir, M., Darusman, D., Idroes, R., & Musman, M. (2020). Evaluation of antibacterial and antioxidant activities of xanthone isolated from *Orophea crymbosa* leaf. *Rasayan Journal of Chemistry*, 13(4), 2215–2222.
- Cebi, N., & Erarslan, A. (2023). Determination of the antifungal, antibacterial activity and volatile compound composition of *Citrus bergamia* peel essential oil. *Foods*, 12(1), 1–12.
- Chabi, R., & Momtaz, H. (2019). Virulence factors and antibiotic resistance properties of the *Staphylococcus epidermidis* strains isolated from hospital infections in Ahvaz, Iran. *Tropical Medicine and Health*, 47(1), 1–9.
- Chen, M.-H., Yang, K.-M., Huang, T.-C., & Wu, M.-L. (2017). Traditional small-size citrus from taiwan: essential oils, bioactive compounds and antioxidant capacity. *Medicines*, 4(2), 28–39.
- Costa, R., Bisignano, C., Filocamo, A., Grasso, E., Occhiuto, F., & Spadaro, F. (2014). Antimicrobial activity and chemical composition of *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle essential oil from Italian organic crops. *Journal of Essential Oil Research*, 26(6), 400–408.
- Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Review*, 12(4), 564–582.
- Cristani, M., D'Arrigo, M., Mandalari, G., Castelli, F., Sarpietro, M. G., Micieli, D., Venuti, V., Bisignano, G., Saija, A., & Trombetta, D. (2007). Interaction of four monoterpenes contained in essential oils with model membranes: Implications for their antibacterial activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(15), 6300–6308.
- Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N., & Mnif, W. (2016). Essential oils' chemical characterization and investigation of some biological activities: a critical review. *Medicines*, 3(25), 1–16.

- Donlan, R. M. (2002). Biofilms: microbial life on surfaces. *Anales de La Real Academia Nacional de Farmacia*, 8(9), 881–890.
- Eduardo, de S. L., Farias, T. C., Ferreira, S. B., Ferreira, P. B., Lima, Z. N., & Ferreira, S. B. (2018). Antibacterial activity and time-kill kinetics of positive enantiomer of α -pinene against strains of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 18(11), 917–924.
- Effendi, V. P., & Widjanarko, S. B. (2014). Distilasi dan karakterisasi minyak atsiri rimpang jeringau (*Acorus calamus*) dengan kajian lama waktu distilasi dan rasio bahan : pelarut. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 2(2), 1–8.
- Emelda, Safitri, E. A., & Fatmawati, A. (2021). Aktivitas inhibisi ekstrak etanolik *Ulva lactuca* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. *Pharmaceutical Journal of Indonesia*, 7(1), 43–48.
- Faradiba, A., Gunadi, A., & Praharani, D. (2016). Daya antibakteri infusa daun asam jawa (*Tamarindus indica* Linn.) terhadap *Streptococcus mutans*. *E-Jurnal Pustaka Kesehatan*, 4(1), 55–60.
- Farahmandfar, R., Tirgarian, B., Dehghan, B., & Nemati, A. (2020). Comparison of different drying methods on bitter orange (*Citrus aurantium* L.) peel waste: changes in physical (density and color) and essential oil (yield, composition, antioxidant and antibacterial) properties of powders. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(2), 862–875.
- Faridah, Jayuska, A., & Ardiningsih, P. (2022). Aktivitas antibakteri isolat jamur endofit dari daun insulin (*Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robb) terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Pharmacon*, 11(2), 1481–1487.
- Feng, X., Xiao, Z., Yang, Y., Chen, S., Liao, S., Luo, H., He, L., Wang, Z., & Fan, G. (2021). β -Pinene Derived Products With Enhanced In Vitro Antimicrobial Activity. *Natural Product Communications*, 16(2), 1–8.
- Forestryana, D., Ramadhan, H., Sayakti, P. I., Nurjanah, T., Faradillah, N., & Nafila. (2022). Identification of essential oils from the bark of balik angin (*Alphitonia incana* (Roxb.) Teijsm. & Binn. Ex Kurz). *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 1(1), 85–95.
- Gunawan, D., & Kurniaty, R. (2021). Pemanfaatan minyak atsiri daun sirih (*Piper betle* Linn) sebagai anti nyamuk. *Journal of Pharmaceutical and Health Research*, 2(2), 46–49.
- Gunawan, I. W. G., Bawa Putra, A. A., & Widihati, I. A. G. (2016). The response to oxidative stress α -humulene compounds *Hibiscus manihot* L leaf on the activity of δ -hydroxy-2-deoksiquanosin levels pancreatic β -cells in diabetic rats. *Biomedical and Pharmacology Journal*, 9(2), 433–441.
- Guo, Y., Baschieri, A., Amorati, R., & Valgimigli, L. (2021). Synergic antioxidant activity of γ -terpinene with phenols and polyphenols enabled by

- hydroperoxyl radicals. *Food Chemistry*, 345, 1–37.
- Gupta, A., Jeyakumar, E., & Lawrence, R. (2021). Journey of limonene as an antimicrobial agent. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 15(3), 1094–1110.
- Gyawali, R., Jeon, D. H., Moon, J., Kim, H., Song, Y. W., Hyun, H. B., Jeong, D., & Cho, S. K. (2012). Chemical composition and antiproliferative activity of supercritical extract of *Citrus grandis* (L.) Osbeck fruits from Korea. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 15(6), 915–925.
- Han, Y., Chen, W., & Sun, Z. (2021). Antimicrobial activity and mechanism of limonene against *Staphylococcus aureus*. *Journal of Food Safety*, 41(5), 1–14.
- Han, Y., Sun, Z., & Chen, W. (2020). Antimicrobial susceptibility and antibacterial mechanism of limonene against *Listeria monocytogenes*. *Molecules*, 25(1), 1–15.
- Hasan, D. A., & Fernanda, M. A. H. F. (2022). Perbedaan kandungan asam askorbat buah nanas dan keripik nanas yang beredar di pasar Wonokusumo menggunakan metode spektrofotometri ultra violet. *Borneo Journal of Pharmascientech*, 6(2), 80–85.
- Hasma, & Winda. (2019). Identifikasi senyawa metabolit sekunder ekstrak kulit pisang kepok (*Musa paradisiaca* L) dengan metode KLT. *Jurnal Kesehatan Manarang*, 5(2), 125–131.
- Hastuty, H. S. B., Purba, P. N., & Nurfadillah, E. (2018). Uji stabilitas fisik formulasi sediaan gel ekstrak daun ketepeng cina (*Cassia alata* L.) dengan gelling agent Na CMC terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 230840. *Gema Kesehatan*, 10(1), 22–27.
- Hellmark, B., Unemo, M., Nilsson-Augustinsson, Å., & Söderquist, B. (2009). Antibiotic susceptibility among *Staphylococcus epidermidis* isolated from prosthetic joint infections with special focus on rifampicin and variability of the rpoB gene. *Clinical Microbiology and Infection*, 15(3), 238–244.
- Hudzicki, J. (2016). Kirby-bauer disk diffusion susceptibility test protocol. *American Society For Microbiology*, 1–13.
- Husni, E., Yeni, F., & Dachriyanus. (2021). chemical contents profile of essential oil from calamansi (*Citrus microcarpa* Bunge.) peels and leaves and its antibacterial activities. *Prosiding Seminar ICCSP Dengan Tema Advances in Health Sciences Research*, 314–322.
- Ibok, M. G., Odeja, O. O., Okpala, E. O., Eghwubare, J. E., & Anifalaje, E. O. (2023). *Eremomastax speciosa* (Hochst.): GC/MS profiling, antioxidant and antimicrobial activities of stem essential oil. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 9(51), 1–10.

- Ibrahim, F. M., Fouad, R., EL-Hallouty, S., Hendawy, S. F., Omer, E. A., & Mohammed, R. S. (2021). Egyptian *Myrtus communis* L. essential oil potential role as in vitro antioxidant, cytotoxic and α -amylase inhibitor. *Egyptian Journal of Chemistry*, 64(6), 3005–3017.
- Indrayani, N. L. (2016). Studi pengaruh ekstrak eceng gondok sebagai inhibitor korosi untuk pipa baja Ss400 pada lingkungan air. *Jurnal Imiah Teknik Mesin*, 4(2), 47–56.
- Irianti, T. T., Sugiyanto, Nuranto, S., & Kuswandi. (2017). *Antioksidan*. Yogyakarta: UGM.
- Iryani, A. S., & Deka, A. (2018). Pembuatan minyak atsiri dari kulit jeruk purut (*Citrus hirtus*) dengan metode ekstraksi. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M)*, 159–161.
- Isnindar, Wahyuono, S., & Setyowati, E. P. (2011). Isolasi dan identifikasi senyawa antioksidan daun kesemek (*Diospyros kaki* Thunb.) dengan metode DPPH (2,2-Difenil-1- Pikrilhidrazil). *Majalah Obat Tradisional*, 16(3), 161–169.
- Jabir, M. S., Taha, A., & Sahib, U. (2018). Antioxidant activity of linalool. *Engineering and Technology Journal*, 36(1), 64–67.
- Jang, H. I., Rhee, K. J., & Eom, Y. Bin. (2020). Antibacterial and antibiofilm effects of α -humulene against *Bacteroides fragilis*. *Canadian Journal of Microbiology*, 66(6), 389–399.
- Juniarti, D. O., & Yuhernita. (2009). Kandungan senyawa kimia uji toksisitas (*Brine Shrimp Lethality Test*) dan antioksidan (1,1-diphenyl-2-pikrilhidrazil) dari ekstrak daun saga (*Abrus precatorius* L.). *Makara Journal of Science*, 13(1), 50–54.
- Kankeaw, U., & Rawanna, R. (2015). The study of antibacterial activity of benzimidazole derivative synthesized from Citronellal. *International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics*, 5(5), 280–287.
- Karou, D., Savadogo, A., Canini, A., Yameogo, S., Montesano, C., Simpore, J., Colizzi, V., & Traore, A. S. (2005). Antibacterial activity of alkaloids from *Sida acuta*. *African Journal of Biotechnology*, 4(12), 1452–1457.
- Kaur, S., Chowhan, N., Sharma, P., Rathee, S., Singh, H. P., & Batish, D. R. (2022). β -Pinene alleviates arsenic (As)-induced oxidative stress by modulating enzymatic antioxidant activities in roots of *Oryza sativa*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 229, 1–8.
- Kumar, B., Pathak, R., Mary, P. B., Jha, D., Sardana, K., & Gautam, H. K. (2016). New insights into acne pathogenesis: Exploring the role of acne-associated microbial populations. *Dermatologica Sinica*, 34(2), 67–73.
- Kurniawan, A., Kurniawan, C., Indraswati, N., & Mudjijati. (2008). Ekstraksi

- minyak kulit jeruk dengan metode distilasi, pengepresan dan leaching. *Widya Teknik*, 7(1), 15–24.
- Kurniawan, T. W., & Deglas, W. (2019). Pemanfaatan kulit buah jeruk mandarin (*Citrus reticulata*) dalam pembuatan permen jelly dengan variasi konsentrasi bubuk agar. *Agrofood*, 1(2), 1–5.
- Kusumawati, E., Apriliana, A., & Khatimah, K. (2017). Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun kerahu (*Callicarpa longifolia* Lam.) terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Ilmiah Manuntung*, 2(2), 166–172.
- Kwiatkowski, P., Łopusiewicz, Ł., Pruss, A., Kostek, M., Sienkiewicz, M., Bonikowski, R., Wojciechowska-Koszko, I., & Dołęgowska, B. (2020). Antibacterial activity of selected essential oil compounds alone and in combination with β -lactam antibiotics against MRSA strains. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(19), 1–15.
- Lasmana Tarigan, I., Ayunda Triani, A., & Latief, M. (2023). Antidiabetic activity of the methanol fraction of sungkai leaves (*Peronema canescens* Jack). *The Journal of Pure and Applied Chemistry Research*, 12(2), 117–127.
- Latifah, F., Taufiq, H., & Fitriyana, N. M. (2023). Uji antioksidan dan karakterisasi minyak atsiri dari kulit jeruk purut (*Citrus hystrix* D. C.). *JPSCR: Journal of Pharmaceutical Science and Clinical Research*, 8(1), 46–62.
- Leite-Sampaio, N. F., Gondim, C. N. F. L., Martins, R. A. A., Siyadatpanah, A., Norouzi, R., Kim, B., Sobral-Souza, C. E., Gondim, G. E. C., Ribeiro-Filho, J., & Coutinho, H. D. M. (2022). Potentiation of the activity of antibiotics against ATCC and MDR bacterial strains with (+)- α -Pinene and (-)-Borneol. *BioMed Research International*, 3, 1–10.
- Lemes, R. S., Alves, C. C. F., Estevam, E. B. B., Santiago, M. B., Martins, C. H. G., Dos Santos, T. C. L., Crotti, A. E. M., & Miranda, M. L. D. (2018). Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from *Citrus aurantifolia* leaves and fruit peel against oral pathogenic bacteria. *Anais Da Academia Brasileira de Ciencias*, 90(2), 1285–1292.
- Lestari, A. I. (2023). Atsiri oil potential of peel of keffir lime, lime, and calamansi orange as antioxidant and antibacterial. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 11(1), 203–219.
- Lin, L. Y., Chuang, C. H., Chen, H. C., & Yang, K. M. (2019). Lime (*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle) essential oils: volatile compounds, antioxidant capacity, and hypolipidemic effect. *Foods*, 8(9), 398–409.
- Liu, K., Chen, Q., Liu, Y., Zhou, X., & Wang, X. (2012). Isolation and biological activities of decanal, linalool, valencene, and octanal from sweet orange oil. *Journal of Food Science*, 77(11), 1156–1161.

- Long, D. M., Quoc, L. P. T., Nhung, T. T. P., Thy, V. B., & Nhu, N. L. Q. (2023). Chemical profiles and biological activities of essential oil of *Citrus hystrix* DC. peels. *Korean Journal of Food Preservation*, 30(3), 395–404.
- LPPT. (2018). *Peralatan laboratorium: Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu*. Yogyakarta: LPPT UGM.
- Lü, J. M., Lin, P. H., Yao, Q., & Chen, C. (2010). Chemical and molecular mechanisms of antioxidants: Experimental approaches and model systems. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, 14(4), 840–860.
- Lu, Y., Khoo, T. J., & Wiart, C. (2014). Tourette syndrome: current controversies and the battlefield landscape. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 5(4), 395–400.
- Luciardi, M. C., Blázquez, M. A., Cartagena, E., Bardón, A., & Arena, M. E. (2016). Mandarin essential oils inhibit quorum sensing and virulence factors of *Pseudomonas aeruginosa*. *Food Science and Technology*, 68, 373–380.
- Maesaroh, K., Kurnia, D., & Al Anshori, J. (2018). Perbandingan metode uji aktivitas antioksidan DPPH, FRAP dan FIC terhadap asam askorbat, asam galat dan kuersetin. *Chimica et Natura Acta*, 6(2), 93–100.
- Magvirah, T., Marwati, & Ardhani, F. (2019). Uji daya hambat bakteri *Staphylococcus aureus* menggunakan ekstrak daun tahongai (*Kleinhovia hospita* L.). *Jurnal Peternakan Lingkungan Tropis*, 2(2), 41–50.
- Martiyanto, K., Nugroho, D., & Kimia, J. (2016). Isolasi senyawa bioaktif batang pisang ambon (*Musa paradisiaca* var. *sapientum*) sebagai bahan baku antibakteri. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5(3), 206–210.
- Matias, E. F. F., Alves, E. F., Silva, M. K. N., Carvalho, V. R. A., Figueredo, F. G., Ferreira, J. V. A., Coutinho, H. D. M., Silva, J. M. F. L., Ribeiro-Filho, J., & Costa, J. G. M. (2016). Seasonal variation, chemical composition and biological activity of the essential oil of *Cordia verbenacea* DC (Boraginaceae) and the sabinene. *Industrial Crops and Products*, 87, 45–53.
- Maurya, A., Prasad, J., Das, S., & Dwivedy, A. K. (2021). Essential oils and their application in food safety. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 1–25.
- Mehmood, T., Afzal, A., Anwar, F., Iqbal, M., Afzal, M., & Qadir, R. (2019). Variations in the composition, antibacterial and haemolytic activities of peel essential oils from unripe and ripened *Citrus limon* (L.) Osbeck fruit. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 22(1), 159–168.
- Miladi, H., Zmantar, T., Kouidhi, B., Al Qurashi, Y. M. A., Bakhrouf, A., Chaabouni, Y., Mahdouani, K., & Chaieb, K. (2017). Synergistic effect of eugenol, carvacrol, thymol, p-cymene and γ -terpinene on inhibition of drug resistance and biofilm formation of oral bacteria. *Microbial Pathogenesis*, 112, 156–163.

- Molaveisi, M., Avval, M. N., Noghabi, M. S., & Mohammadi, M. (2020). Chemical composition, antioxidant potential, and antimicrobial activity of essential oil of *Elettaria cardamomum* essential oil. *Tarbiat Modares University Press*, 6(1), 51–62.
- Moosavy, M. H., Hassanzadeh, P., Mohammadzadeh, E., Mahmoudi, R., Khatibi, S. A., & Mardani, K. (2017). Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil of lemon (*Citrus limon*) peel in vitro and in a food model. *Journal of Food Quality and Hazards Control*, 4(2), 42–48.
- Muharni, Fitriya, & Farida, S. (2017). Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol tanaman obat Suku Musi di Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 7(2), 127–135.
- Mulyani, S., Purwanto, Sudarsono, Wahyono, Pramono, S., Purwanti, I., G., A. P., Santosa, D., Hertiana, T., Fkhrudin, N., Murti, Y. B., & T.P., S. U. (2020). *Minyak atsiri*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Najib, A. (2018). *Ekstraksi senyawa bahan alam*. Yogyakarta: Deepublish.
- Namvar, A. E., Bastarahang, S., Abbasi, N., Ghehi, G. S., Farhadbakhtiaran, S., Arezi, P., Hoessini, M., Zaeemi, S., Baravati, Jokar, Z., & Chermahin, S. G. (2014). Clinical characteristics of *Staphylococcus epidermidis*: a systematic review. *GMS Hygiene and Infection Control*, 9(3), 1–10.
- Nurhayati, S., Kisananto, T., & Syarifudin, M. (2011). Superoksida dismutase (SOD): apa dan bagaimana peranannya dalam radioterapi. *Pusat Teknologi Keselamatan Dan Metrologi Radiasi*, 67–74.
- Oliveira, T. M. De, Carvalho, R. B. F. De, Costa, wyson H. F. Da, Oliveira, G. A. L. De, Alexandre Araujo, D. S., Lima, S. G. De, & Freitas, R. M. De. (2015). Evaluation of p-cymene, a natural antioxidant. *Pharmaceutical Biology*, 53(3), 423–428.
- Omale, J., & Nnacheta, O. P. (2009). Cytotoxicity and antioxidant screening of some selected nigerian medicinal plants. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 2(4), 48–53.
- Omari, N. El, Mrabti, H. N., Benali, T., Ullah, R., Alotaibi, A., Abdullah, A. D. I., Goh, K. W., & Bouyahya, A. (2023). Expediting multiple biological properties of limonene and α -pinene: main bioactive compounds of *Pistacia lentiscus* L., essential oils. *Frontiers in Bioscience - Landmark*, 28(9), 1–12.
- Osawa, T., & Namiki, M. (1981). A novel type of antioxidant isolated from leaf wax of eucalyptus leaves. *Agricultural and Biological Chemistry*, 45(3), 735–739.
- Palma, C. E., Cruz, P. S., Cruz, D. T. C., Bugayong, A. M. S., & Castillo, A. L. (2019). Chemical composition and cytotoxicity of Philippine calamansi essential oil. *Industrial Crops and Products*, 128, 108–114.

- Pereira, R. L. S., Campina, F. F., Costa, M. do S., Pereira da Cruz, R., Sampaio de Freitas, T., Lucas dos Santos, A. T., Cruz, B. G., Maciel de Sena Júnior, D., Campos Lima, I. K., Xavier, M. R., Rodrigues Teixeira, A. M., Alencar de Menezes, I. R., Quintans-Júnior, L. J., Araújo, A. A. d. S., & Melo Coutinho, H. D. (2021). Antibacterial and modulatory activities of β -cyclodextrin complexed with (+)- β -citronellol against multidrug-resistant strains. *Microbial Pathogenesis*, *156*, 1–7.
- Permadi, N., Nurzaman, M., Doni, F., & Julaeha, E. (2024). Elucidation of the composition, antioxidant, and antimicrobial properties of essential oil and extract from *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle peel. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *31*(6), 1–11.
- Prastiyanto, M. E., Tama, P. D., Ananda, N., Wilson, W., & Mukaromah, A. H. (2020). Antibacterial potential of *Jatropha sp.* latex against multidrug-resistant bacteria. *International Journal of Microbiology*, *8*, 1–6.
- Prins, C. L., Vieira, I. J. C., & Freitas, S. P. (2010). Growth regulators and essential oil production. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, *22*(2), 91–102.
- Purwanto, & Irianto, I. D. K. (2022). *Senyawa alam sebagai antibakteri dan mekanisme aksinya*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Quintans-Júnior, L., Da Rocha, R. F., Caregnato, F. F., Moreira, J. C. F., Da Silva, F. A., De Souza Araújo, A. A., Santos, J. P. A. Dos, Melo, M. S., De Sousa, D. P., Bonjardim, L. R., & Gelain, D. P. (2011). Antinociceptive action and redox properties of Citronellal, an essential oil present in Lemongrass. *Journal of Medicinal Food*, *14*(6), 630–639.
- Rahman, I. W., Fadlilah, R. N., Ka'bah, Kristiana, H. N., & Dirga, A. (2022). Potensi ekstrak daun jambu biji (*Psidium guajava*) dalam menghambat pertumbuhan *Serratia marcescens*. *Jurnal Ilmu Alam Dan Lingkungan*, *13*(1), 14–22.
- Retnaningsih, A., Primadhamanti, A., & Marisa, I. (2019). Uji daya hambat ekstrak etanol biji pepaya terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Shigella dysenteriae* dengan metode difusi sumuran. *Jurnal Analis Farmasi*, *4*(2), 122–129.
- Roberto, D., Micucci, P., Sebastian, T., Graciela, F., & Anesini, C. (2009). Antioxidant activity of limonene on normal murine lymphocytes: relation to H₂O₂ modulation and cell proliferation. *Basic and Clinical Pharmacology and Toxicology*, *106*(1), 38–44.
- Sari, I., Misrahanum, M., Faradilla, M., Ayuningsih, C. M., & Hilda Maysarah. (2022). Antibacterial activity of citronella essential oil from *Cymbopogon nardus* (L.) Rendle) against methicillin resistant *Staphylococcus aureus*. *Indonesian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, *5*(1), 16–22.
- Sarwono, B. (1993). *Jeruk dan Kerabatnya*. Jakarta: Penebar Swadaya.

- Sayuti, K., & Yenrina, R. (2015). *Antioksidan alami dan sintetik*. Padang: Andalas University Press.
- Services, M. (2015). *UK standards for microbiology investigations*. London: Public Health England.
- Sharifi-Rad, J., Sureda, A., Tenore, G. C., Daglia, M., Sharifi-Rad, M., Valussi, M., Tundis, R., Sharifi-Rad, M., Loizzo, M. R., Oluwaseun Ademiluyi, A., Sharifi-Rad, R., Ayatollahi, S. A., & Iriti, M. (2017). Biological activities of essential oils: from plant chemoeology to traditional healing systems. *Molecules*, 22(70), 1–55.
- Sibero, H. T., Putra, W. A., & Aggraini, D. I. (2019). Tatalaksana terkini acne vulgaris. *JK Unila*, 3(2), 313–320.
- Sieniawska, E., Swatko-Ossor, M., Sawicki, R., Skalicka-Woźniak, K., & Ginalska, G. (2017). Natural Terpenes Influence the Activity of Antibiotics against natural terpenes influence the activity of antibiotics against isolated *Mycobacterium tuberculosis*. *Medical Principles and Practice*, 26(2), 108–112.
- Simanjuntak, T. O., Mariani, Y., & Yusro, F. (2021). Komponen kimia minyak atsiri daun jeruk purut (*Citrus hystrix*) dan bioaktivitasnya terhadap bakteri *Salmonella typhi* dan *Salmonella typhimurium*. *Cendekia Eksakta*, 6(1), 49–56.
- Singh, P., Shukla, R., Prakash, B., Kumar, A., Singh, S., Mishra, P. K., & Dubey, N. K. (2010). Chemical profile, antifungal, antiaflatoxigenic and antioxidant activity of *Citrus maxima* Burm. and *Citrus sinensis* (L.) Osbeck essential oils and their cyclic monoterpene, DL-limonene. *Food and Chemical Toxicology*, 48(6), 1734–1740.
- Sreepian, A., Popruk, S., Nutalai, D., Phutthanu, C., & Sreepian, P. M. (2022). Antibacterial activities and synergistic interaction of citrus essential oils and limonene with gentamicin against clinically isolated methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Scientific World Journal*, 1.
- Sreepian, A., Sreepian, P. M., Chanthong, C., Mingkhwancheep, T., & Prathit, P. (2019). Antibacterial activity of essential oil extracted from *Citrus hystrix* (Kaffir lime) peels: An in vitro study. *Tropical Biomedicine*, 36(2), 531–541.
- Srifuengfung, S., Bunyapraphatsara, N., Satitpatipan, V., Tribuddharat, C., Junyaprasert, V. B., Tungrugsasut, W., & Srisukh, V. (2020). Antibacterial oral sprays from kaffir lime (*Citrus hystrix* DC.) fruit peel oil and leaf oil and their activities against respiratory tract pathogens. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 10(6), 594–598.
- Stiawan, Y. A., Nasution, R. S., Bhernama, B. G., Stiawan, Y. A., Nasution, R. S., Bhernama, B. G., & Aceh, B. (2023). Identifikasi komponen minyak atsiri dari kulit buah jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) dan jeruk purut (*Citrus hystrix*) berdasarkan ketinggian lokasi tumbuh menggunakan GC-MS. 1(2),

60–72.

- Suiraoaka, I. (2012). *Penyakit degeneratif, mengenal, mencegah dan mengurangi faktor resiko 9 penyakit degeneratif*. Yogyakarta: Nuha Medika.
- Sukarta, I. N., Imanuella, N., Armayanti, I. G. A. A. D., Arsini, D. P. E. C., & Sitiari, N. M. (2022). Pengujian efektivitas ekstrak kulit jeruk bali (*Citrus Maxima*) berdasarkan perbedaan tingkat kematangan terhadap daya hambat jamur pada roti. *Wahana Matematika Dan Sains: Jurnal Matematika, Sains, Dan Pembelajaran*, 16(2), 21–33.
- Sulaswatty, A., Rusli, M. S., Abimanyu, H., & Tursiloadi, S. (2019). *Quo vadis minyak serai wangi dan produk turunannya*. Jakarta: LIPI Press.
- Sumpono, Putri, H. D., & Sari, L. R. (2019). Uji aktivitas antiobakterial dan antioksidan asap cair cangkang buah karet (*Hevea brassiliensis*) serta implementasinya sebagai pengawet dan penghambat ketengikan daging. *Prosiding Seminar Nasional Kimia UNY*, 2(2), 215–228.
- Tang, Z., Chen, H., Zhang, M., Fan, Z., Zhong, Q., Chen, W., Yun, Y. H., & Chen, W. (2022). Antibacterial mechanism of 3-carene against the meat spoilage bacterium *Pseudomonas lundensis* and its application in pork during refrigerated storage. *Foods*, 11(1), 1–17.
- Tranter, J., Crawford, K., Richardson, J., & Schollar, J. (2016). *Basic practical microbiology*. Microbiology Society: London.
- Trisia, A., Philyria, R., & Toemon, A. N. (2018). Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun kalanduyung (*Guazuma ulmifolia* Lam.) terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dengan metode difusi cakram (Kirby-Bauer). *Anterior Jurnal*, 17(2), 136–143.
- Tutuarima, T., & Antara, Y. I. (2020). Kinerja alat penyulingan minyak atsiri limbah industri sirup kalamansi skala kecil dengan metode *steam distillation*. *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian*, 9(2), 42–47.
- Usman, Y., & Muin, R. (2023). Uji kualitatif dan perhitungan nilai RF senyawa flavonoid dari ekstrak daun gulma siam. *Journal of Pharmaceutical Science and Herbal Technology*, 1(1), 10–15.
- Utomo, A. R., Retnowati, R., & Juswono, U. P. (2013). Pengaruh konsentrasi minyak kenanga (*Cananga odorata*) terhadap aktivitasnya sebagai antiradikal bebas. *Kimia Student Journal*, 1(2), 264–268.
- Varia, R. D., Patel, J. H., Modi, F. D., Vihol, P. D., & Bhavsar, S. K. (2020). In vitro and in vivo antibacterial and anti-inflammatory properties of linalool. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(9), 1481–1489.
- Visakh, N. U., Pathrose, B., Chellappan, M., Ranjith, M. T., Sindhu, P. V., & Mathew, D. (2022). Chemical characterisation, insecticidal and antioxidant

- activities of essential oils from four *Citrus spp.* fruit peel waste. *Food Bioscience*, 50, 1–12.
- Voo, S. S., Grimes, H. D., & Lange, M. B. (2012). Assessing the biosynthetic capabilities of secretory glands in citrus peel. *Plant Physiology*, 159(1), 81–94.
- Wahyuni, S., Vifta, R. L., & Erwiyani, A. R. (2018). Kajian aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun jati belanda (*Guazuma ulmifolia* Lamk) terhadap pertumbuhan *Streptococcus mutans*. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 3(1), 25–30.
- Wang, C. Y., Chen, Y. W., & Hou, C. Y. (2019). Antioxidant and antibacterial activity of seven predominant terpenoids. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 229–237.
- Warsito, W., Noorhamdani, N., Sukardi, S., & Suratmo, S. (2017). Aktivitas antioksidan dan antimikroba minyak jeruk purut (*Citrus hystrix* DC.) dan komponen utamanya. *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology*, 4(1), 13–18.
- Wibaldus, Jayuska, A., & Ardiningsih, P. (2016). Biokativitas minyak atsiri kulit buah jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) terhadap rayap tanah (*Coptotermes sp.*). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 5(1), 44–51.
- Widyanti, T., & Fatmawati, A. (2022). Deteksi kelompok Enterobacteriaceae pada tanah di lingkungan tempat pembuangan akhir sampah Tamangapa Kecamatan Manggala Makassar. *Jurnal Ilmu Alam Dan Lingkungan*, 13(1), 23–31.
- Wijaya, D. P., Paendong, J. E., & Abidjulu, J. (2014). Skrining fitokimia dan uji aktivitas antioksidan dari daun nasi (*Phrynium capitatum*) dengan metode DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil). *Jurnal MIPA UNSRAT*, 3(1), 11–15.
- Wijayati, N., Mursiti, S., Pranowo, H. D., Jumina, Triyono, & Utomo, A. B. (2016). Antibacterial Studies of α -terpineol derived from α -pinene. *10th Joint Conference on Chemistry (JCC)*, 1, 1–6.
- Wijayati, N., Pratiwi, D., Wirasti, H., & Mursiti, S. (2023). *Konservasi alam*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Wilapangga, A., & Syaputra, S. (2018). Analisis antibakteri metode agar cakram dan uji toksisitas menggunakan BSTL (*Brine Shrimp Lethality Test*) dari ekstrak metanol daun salam (*Eugenia polyantha*). *IJOB*, 2(2), 50–56.
- Wirahadi, M. (2017). Elemen interior berbahan baku pengolahan sampah styrofoam dan sampah kulit jeruk. *Jurnal Intra*, 5(2), 144–153.
- Xanthis, V., Fitsiou, E., Voulgaridou, G. P., Bogadakis, A., Chlichlia, K., Galanis, A., & Pappa, A. (2021). Antioxidant and cytoprotective potential of the essential oil *Pistacia lentiscus* var. Chia and its major components myrcene

and α -pinene. *Antioxidants*, 10(1), 1–19.

- Yanti, R., Wulandari, P., Pranoto, Y., & Muhammad Nur Cahyanto. (2017). Karakteristik, identifikasi dan uji aktivitas anti jamur minyak atsiri daun jeruk purut (*Citrus hystrix*) terhadap *Aspergillus*. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 8(2), 8–15.
- Yuan, C., & Hao, X. (2023). Antibacterial mechanism of action and in silico molecular docking studies of *Cupressus funebris* essential oil against drug resistant bacterial strains. *Heliyon*, 9(8), 1–13.
- Yuslianti, E. R. (2018). *Radikal bebas dan antioksidan*. Yogyakarta: Deepublish.
- Yusmaniar, Wardiyah, & Nida, K. (2017). *Mikrobiologi dan parasitologi*. Jakarta: Pusdik SDM Kesehatan.
- Zhang, L., Feng, X. Z., Xiao, Z. Q., Fan, G. R., Chen, S. X., Liao, S. L., Luo, H., & Wang, Z. De. (2021). Design, synthesis, antibacterial, antifungal and anticancer evaluations of novel β -pinene quaternary ammonium salts. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(20), 1–15.
- Zhou, J., Azrad, M., & Kong, L. (2021). Effect of limonene on cancer development in rodent models: a systematic review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 1–11.
- Zhou, X., & Li, Y. (2015). Atlas of oral microbiology. In *Atlas of Oral Microbiology*. China: Zhejiang University Press.