

**POTENSI MINYAK SERAI DAPUR DAN MINYAK CENGKEH
KOMERSIAL SEBAGAI AGEN ANTIBAKTERI TERHADAP ISOLAT B.2
DAN O.1**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi Sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana Kimia**



Oleh:

Nabila Alifia Parisya Nisty

22106030004

**STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

Kepada

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2026



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-1996/Un.02/DST/PP.00.9/08/2026

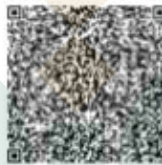
Tugas Akhir dengan judul : "Potensi Minyak Serai Dapur dan Minyak Cengkeh Komersial sebagai Agen Antibakteri terhadap Isolat B.2 dan O.1"

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : NABILA ALIFIA PARISYA NISTY
Nomor Induk Mahasiswa : 22106030004
Telah diujikan pada : Rabu, 19 Agustus 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

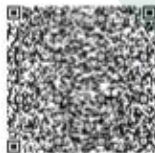
TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Dr. rer. medic. Esti Wahyu Widowati, M.Si., M. Biotech
SIGNED

Valid ID: 6a878403cb50e



Penguji I

Prof. Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si.
SIGNED

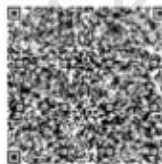
Valid ID: 6a8651a08d1



Penguji II

Dr. Arifah Khusnuryani, S.Si., M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6a87c2890e71



Yogyakarta, 19 Agustus 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6a8806415eb42

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir
Lamp :

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Nabila Alifia Parisya Nisty
NIM : 22106030004
Judul Skripsi : Potensi Minyak Serai Dapur dan Minyak Cengkeh Komersial sebagai Agen Antibakteri terhadap Isolat B.2 dan O.1

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 20 Agustus 2026
Pembimbing



Dr. rer. medic. Esti Wahyu Widowati, M.Si., M.Biotech.
NIP. 19760830 200312 2 001

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Nabila Alifia Parisya Nisty
NIM : 22106030004
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Potensi Minyak Serai Dapur dan Minyak Cengkeh Komersial sebagai Agen Antibakteri terhadap Isolat B.2 dan O.1”** merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 20 Agustus 2026



Nabila Alifia Parisya Nisty
NIM. 22106030004

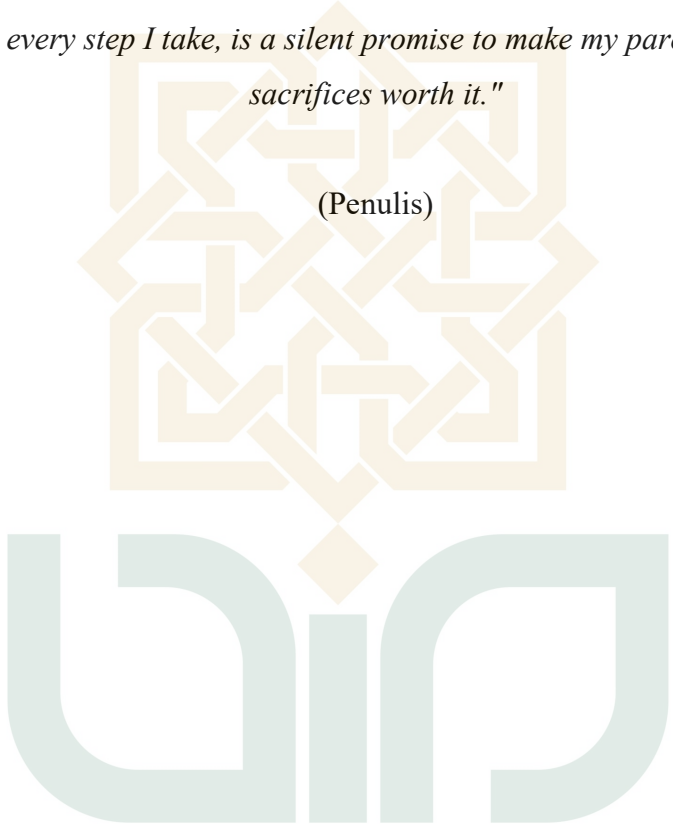
STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN MOTTO

"Allah is always near, and His help is certain; therefore, walk with a peaceful heart. Every destiny has been perfectly measured and will never be misplaced. Trust the journey, for everything we go through today is His most beautiful plan"

"Behind every step I take, is a silent promise to make my parents' countless sacrifices worth it."

(Penulis)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir/skripsi ini dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW, yang selalu menjadi teladan dalam setiap aspek kehidupan.

Alhamdulillah penulis telah menyelesaikan skripsi yang berjudul "Potensi Minyak Serai Dapur dan Minyak Cengkeh Komersial sebagai Agen Antibakteri terhadap Isolat B.2 dan O.1". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si.) pada Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan skripsi ini, banyak tantangan, cobaan, dan kesulitan yang dihadapi. Namun, atas pertolongan Allah SWT serta dukungan, doa, dan motivasi dari berbagai pihak, segala hambatan tersebut dapat dilalui dengan baik. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Noorhaidi Hasan, S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Prof. Dr. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Prof. Dr. Maya Rahmayanti, M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

4. Sudarlin, M.Si selaku Sekretaris Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Prof. Dr. Susy Yunita Prabawati, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan pengarahan selama masa studi.
6. Dr. rer. medic. Esti Wahyu Widowati, M.Si., M.Biotech. selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah meluangkan banyak waktunya untuk membimbing, mengoreksi, dan memberikan motivasi selama proses penyusunan skripsi.
7. Ethik Susiawati Purnomo, S.Si dan Dony Eko Saputro, S.Pd.I. selaku Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP) yang telah mendampingi penulis selama melakukan penelitian di Laboratorium Biologi.
8. Afifah Nurul F., S. Biotek. selaku Laboran di Laboratorium Riset dan Inovasi Biologi UAD yang telah mendampingi, mengarahkan, dan memberikan dukungan kepada penulis selama penelitian di LRIB.
9. Seluruh dosen Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga, khususnya Program Studi Kimia.
10. Seluruh staff dan karyawan Laboratorium Biologi dan Laboratorium UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
11. Kedua orang tua, Ayah Sisjunardi dan Ibu Istiqomah, adik-adik tercinta, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan baik secara material maupun non-material.
12. Fadlila, sebagai teman seperjuangan dalam penelitian yang telah memberikan semangat, afirmasi positif, motivasi, serta dukungan.

13. Ira, Fajar, Elvira, dan Aryas sebagai teman seperjuangan dalam satu grup bimbingan yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan motivasi.
14. Anindya, yang telah memberikan dukungan, bantuan, motivasi, dan semangat selama proses studi, penelitian, dan penyusunan skripsi.
15. Azhar, Ridha, Tari, Hanifah, dan teman-teman “KIMOR” yang telah memberikan dukungan, motivasi dan semangat selama proses studi dan penyusunan skripsi.
16. Teman-teman Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta Angkatan 2022.
17. Seluruh pihak yang telah terlibat yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.
18. Terakhir, kepada diri saya sendiri.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kesalahan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi almamater tercinta, dan perkembangan ilmu pengetahuan khususnya ilmu kimia.

Sleman, 30 Juli 2026

Nabila Alifia Parisya Nisty

DAFTAR ISI

PENGESAHAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR.....	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
HALAMAN MOTTO.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
ABSTRAK.....	1
ABSTRACT.....	2
BAB I.....	3
PENDAHULUAN	3
A. Latar belakang.....	3
B. Batasan Masalah.....	6
C. Rumusan Masalah	6
D. Tujuan Penelitian	7
E. Manfaat Penelitian	7
BAB II	8
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	8
A. Tinjauan Pustaka	8
B. Landasan Teori.....	10
C. Hipotesis	22
BAB III.....	25
METODE PENELITIAN.....	25
A. Waktu dan Tempat Penelitian	25
B. Alat-Alat Penelitian.....	25
C. Bahan-Bahan Penelitian	25
D. Cara Kerja Penelitian	25
BAB IV.....	34

HASIL DAN PEMBAHASAN	34
BAB V	64
KESIMPULAN DAN SARAN	64
DAFTAR PUSTAKA	65



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 1 Struktur senyawa citral yang terdapat dalam minyak serai dapur	14
Gambar 2 2 Struktur senyawa eugenol yang terdapat dalam minyak cengkeh	15
Gambar 4.1 Kromatogram GC-MS minyak serai dapur komersial	34
Gambar 4.2 Usulan jalur fragmentasi massa senyawa citral.....	37
Gambar 4. 3 Kromatogram GC-MS minyak atsiri cengkeh komersial	38
Gambar 4. 4 Jalur fragmentasi massa senyawa eugenol yang diusulkan (Lestari, D., 2011; Lerrick R. & Pake C. I.,2020)	41
Gambar 4.5 Hasil pemurnian (a) isolat B.2, dan (b) isolat O.1 pada media Tryptic Soy Agar (TSA)	42
Gambar 4.6 Hasil pewarnaan Gram isolat B.2 yang menunjukkan Gram positif warna ungu berbentuk batang, perbesaran 10x, 40x, dan 100x	44
Gambar 4.7 Hasil pewarnaan Gram isolat O.1 yang menunjukkan Gram positif warna ungu berbentuk batang, perbesaran 10x, 40x, dan 100x	45
Gambar 4.8 Hasil pewarnaan endospora pada isolat B.2 yang menunjukkan tidak terbentuknya endospora, sehingga memberikan hasil negatif berwarna merah pada pengujian.....	46
Gambar 4.9 Hasil uji tahan asam pada isolat B.2 yang menunjukkan hasil negatif yaitu warna biru yang diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 10x, 40x, 100x.....	47
Gambar 4.10 Pembentukan gelembung pada uji katalase isolat B.2.....	47
Gambar 4.11 Hasil pewarnaan endospora isolat O.1 yang menunjukkan terbentuknya endospora yang ditandai dengan warna hijau, diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 10x, 40x, 100x.....	49
Gambar 4.12 Pertumbuhan isolat O.1 pada media uji anaerob sebagai indikator kemampuan tumbuh terhadap kondisi ketersediaan oksigen	49
Gambar 4.13 Zona hambat yang dihasilkan terhadap isolat B.2 oleh (a) minyak serai dapur konsentrasi 12,5% (b) minyak serai dapur konsentrasi 25% (c) minyak serai dapur konsentrasi 50% (d) minyak cengkeh konsentrasi 12,5% (e) minyak cengkeh konsentrasi 25% (f) minyak cengkeh konsentrasi 50% (g) kontrol positif dan (h) kontrol negatif pada uji antibakteri yang dilakukan dengan metode difusi sumuran	51
Gambar 4.14 Zona hambat yang dihasilkan terhadap isolat O.1 oleh (a) minyak serai dapur konsentrasi 12,5% (b) minyak serai dapur konsentrasi 25% (c) minyak serai dapur konsentrasi 50% (d) minyak cengkeh konsentrasi 12,5% (e) minyak cengkeh konsentrasi 25% (f) minyak cengkeh konsentrasi 50% (g) kontrol positif dan (h) kontrol negatif pada uji antibakteri yang dilakukan dengan metode difusi sumuran	52

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Senyawa dominan yang terdapat dalam minyak serai dapur komersial, dicocokkan dengan database Wiley 9.....	35
Tabel 4.2 Senyawa dominan yang terdapat dalam minyak cengkeh komersial, dicocokkan dengan database Wiley 9.....	39
Tabel 4.3 Morfologis isolat B.2 dan O.1 yang diisolasi dari dinding batuan Candi Sojiwan.....	43
Tabel 4.4 Hasil uji biokimia isolat B.2	47
Tabel 4.5 Hasil uji biokimia isolat O.1	50
Tabel 4.6 Hasil pengukuran diameter zona hambat minyak atsiri dapur dan cengkeh terhadap isolat B.2 dan O.1	53
Tabel 4. 7 Nilai absorbansi isolat B.2 pada panjang gelombang 600 nm sebelum (0 jam) dan sesudah perlakuan (24 jam) sebagai dasar penentuan <i>Minimum Inhibitory Concentration</i> (MIC).....	59
Tabel 4.8 Pengukuran absorbansi sampel O.1 pada Panjang gelombang 600 nm sebelum (0 jam) dan sesudah perlakuan (24 jam) sebagai dasar penentuan <i>Minimum Inhibitory Concentration</i> (MIC)	59

ABSTRAK

POTENSI MINYAK SERAI DAPUR DAN MINYAK CENGKEH KOMERSIAL SEBAGAI AGEN ANTIBAKTERI TERHADAP ISOLAT B.2 DAN O.1

Oleh:

Nabila Alifia Parisya Nisty

NIM. 22106030004

Pembimbing:

Dr. rer. Medic. Esti Wahyu Widowati, M.Si., M. Biotech.

Minyak atsiri merupakan sumber metabolit sekunder alami yang berpotensi dikembangkan sebagai alternatif biosida yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan identifikasi profil metabolit sekunder minyak serai dapur dan minyak cengkeh komersial menggunakan instrumen *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS), serta mengevaluasi aktivitas antibakterinya terhadap isolat B.2 dan O.1 melalui metode difusi sumuran dan mikrodilusi cair untuk menentukan *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC). Hasil analisis GC-MS menunjukkan bahwa minyak serai dapur didominasi oleh senyawa (Z)-citral dan (E)-citral, sedangkan minyak cengkeh mengandung senyawa phenol, 2-methoxy-3-(2-propenyl). Kedua minyak atsiri komersial tersebut menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap dua isolat uji yang ditandai dengan adanya peningkatan diameter zona hambat seiring meningkatnya konsentrasi minyak atsiri yang digunakan. Sementara itu, pada uji MIC minyak cengkeh menunjukkan nilai MIC sebesar 50% pada isolat B.2 dan 25% pada isolat O.1, sedangkan minyak serai dapur belum mencapai nilai MIC hingga konsentrasi 50%. Secara keseluruhan, kedua minyak atsiri yang digunakan dalam penelitian ini memiliki potensi sebagai antibakteri dan dapat digunakan sebagai alternatif biosida alami untuk isolat bakteri yang diisolasi dari batuan Candi Sojiwan.

Kata Kunci: Antibakteri, Biodeteriorasi, GC-MS, *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC), Minyak Atsiri

ABSTRACT

POTENTIAL OF COMMERCIAL LEMONGRASS OIL AND COMMERCIAL CLOVE OIL AS ANTIBACTERIAL AGENTS AGAINST ISOLATES B.2 AND O.1

Author:

Nabila Alifia Parisya Nisty
NIM. 22106030004

Advisor:

Dr. rer. Medic. Esti Wahyu Widowati, M.Si., M. Biotech.

Essential oils are sources of natural secondary metabolites with the potential to be developed as eco-friendly biocide alternatives. This study aimed to identify the secondary metabolite profiles of commercial lemongrass and clove essential oils using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) and to evaluate their antibacterial activity against isolates B.2 and O.1 using the well diffusion method and broth microdilution to determine the Minimum Inhibitory Concentration (MIC). GC-MS analysis results showed that commercial lemongrass oil was dominated by (Z)-citral and (E)-citral compounds, whereas commercial clove oil was dominated by phenol, 2-methoxy-3-(2-propenyl). Both essential oils demonstrated antibacterial activity against the two test isolates, indicated by an increase in the inhibition zone diameter corresponding to the increase in essential oil concentration. Meanwhile, the MIC test revealed that clove oil had an MIC value of 50% for isolate B.2 and 25% for isolate O.1, whereas lemongrass oil did not reach an MIC value even at a concentration of 50%. Overall, the two essential oils used in this study possess antibacterial potential and could serve as natural biocide alternatives against bacterial isolates obtained from the stone of Sojiwan Temple.

Keywords: *Antibacterial, Biodeterioration, GC-MS, Minimum Inhibitory Concentration (MIC), Essential Oil*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Minyak atsiri merupakan salah satu metabolit sekunder dari tumbuhan yang tersusun atas campuran beberapa senyawa hidrofobik yang mudah menguap. Berbagai penelitian telah melaporkan bahwa minyak atsiri memiliki beragam bioaktivitas, seperti antioksidan, antiinflamasi, antijamur, antivirus, antikanker, serta antibakteri. Aktivitas tersebut menjadikan minyak atsiri berpotensi dikembangkan sebagai agen biosida alami yang lebih ramah lingkungan dibandingkan biosida sintetis, hal ini dikarenakan minyak atsiri berasal dari sumber daya yang terbarukan, toksisitasnya yang relatif rendah, serta sifatnya yang mudah terdegradasi di lingkungan (Cahyandaru *et al.*, 2017).

Aktivitas antibakteri minyak atsiri dipengaruhi oleh komposisi senyawa penyusunnya. Senyawa-senyawa tersebut bekerja secara sinergis melalui interaksi dengan membran sel bakteri yang menyebabkan gangguan stabilitas membran. Kerusakan membran tersebut mengakibatkan terjadinya lisis dan kematian sel sehingga pertumbuhan bakteri dapat dihambat. Oleh karena itu, karakterisasi komposisi minyak atsiri menjadi tahapan penting untuk mengetahui senyawa dominan yang berpotensi berkontribusi terhadap aktivitas antibakteri. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan karakterisasi minyak atsiri adalah *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) yang mampu memisahkan komponen berdasarkan waktu retensi dan mengidentifikasinya melalui pola fragmentasi spektrum massa.

Di antara banyaknya minyak atsiri, minyak serai dapur dan minyak cengkeh komersial digunakan dalam penelitian ini karena keduanya diketahui memiliki aktivitas antibakteri. Minyak serai dapur diketahui mengandung citral, trans caryophyllene, citronella, dan senyawa lainnya seperti myrcene, geranyl acetate, juga geraniol yang bekerja secara sinergis dalam menghambat pertumbuhan bakteri (Nisyak & Hartiningsih, 2020). Sementara itu, minyak cengkeh didominasi oleh senyawa eugenol yang mampu merusak kestabilan membran dan menghambat enzim metabolik esensial pada sel bakteri, sehingga menyebabkan lisis dan kematian sel. Selain itu, eugenol dilaporkan dapat memicu perubahan morfologi yang signifikan, hal ini dapat mempertegas efek antimikrobanya (Fadel-Biejda *et al.*, 2025). Berdasarkan karakteristik tersebut, minyak serai dapur dan cengkeh berpotensi dikembangkan sebagai agen antibakteri alami.

Bakteri merupakan mikroorganisme uniseluler yang dapat ditemukan di berbagai tempat dan memiliki berbagai macam aktivitas, salah satunya sebagai penyebab terjadinya pelapukan batuan. Fenomena ini teramati secara jelas pada batuan candi akibat paparan senyawa asam hasil samping metabolisme bakteri (Liu *et al.*, 2020). Aktivitas tersebut memicu terjadinya biodeteriorasi berupa pembentukan kerak garam, peningkatan porositas, perubahan fisik, hingga penurunan kekuatan mekanik pada batu penyusunnya. Oleh karena itu, bakteri menjadi salah satu faktor biologis yang berperan dalam proses pelapukan batuan cagar budaya. Umumnya, upaya pengendalian mikroorganisme telah efektif dilakukan menggunakan biosida sintetis berbahan formaldehid, fenol, dan amonium kuartener. Namun, penelitian terbaru mengungkapkan bahwa

penggunaannya dapat menimbulkan dampak negatif (Mateus *et al.*, 2024), senyawa tersebut sulit terdegradasi dan bersifat persisten sehingga dapat terakumulasi di lingkungan maupun dalam tubuh organisme, yang pada akhirnya mengancam keberlangsungan ekosistem. Selain itu, bahan kimia tersebut juga berisiko membahayakan kesehatan manusia serta mempercepat kerusakan batuan candi. Oleh karena itu, diperlukan alternatif biosida yang lebih aman bagi manusia, lingkungan, dan material penyusun cagar budaya, yang salah satunya berasal dari golongan minyak atsiri.

Berbagai penelitian telah melaporkan aktivitas antibakteri minyak serai dapur dan minyak cengkeh terhadap berbagai bakteri patogen maupun bakteri lingkungan. Akan tetapi, belum banyak penelitian yang mengevaluasi pemanfaatan kedua minyak tersebut sebagai agen antibakteri terhadap bakteri yang diisolasi dari batuan candi yang mengalami pelapukan, serta informasi mengenai karakteristik isolat bakteri lokal tersebut masih sangat terbatas, sehingga efektivitas minyak serai dapur dan minyak cengkeh terhadap isolat bakteri batuan candi perlu dikaji lebih lanjut.

Berdasarkan paparan di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen yang terdapat dalam minyak serai dapur dan minyak cengkeh komersial menggunakan GC-MS, serta mengisolasi dan mengkarakterisasi bakteri yang diperoleh dari sampel batuan candi yang menunjukkan adanya pelapukan. Selanjutnya dilakukan evaluasi aktivitas antibakteri kedua minyak atsiri terhadap isolat terkait melalui pengujian difusi sumuran dan *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC). Diharapkan, hasil penelitian ini dapat memberikan informasi

ilmiah mengenai potensi minyak serai dapur dan minyak cengkeh sebagai agen antibakteri alami terhadap bakteri yang diisolasi dari batuan candi.

B. Batasan Masalah

Supaya penelitian ini tidak meluas pembahasannya, maka diambil batasan masalah sebagai berikut:

1. Minyak atsiri yang digunakan yaitu minyak serai dapur dan minyak cengkeh komersial.
2. Isolat bakteri diambil dari bagian dinding batuan Candi Sojiwan yang menunjukkan tanda-tanda pelapukan.
3. Uji penghambatan mikroorganisme oleh minyak serai dapur dan minyak cengkeh komersial dilakukan secara *in vitro* di laboratorium, bukan dalam kondisi langsung di kawasan candi. Dan penelitian ini tidak mencakup analisis dampak jangka panjang penggunaan minyak serai dapur dan minyak cengkeh komersial terhadap struktur batuan candi.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah profil metabolit sekunder yang terdapat dalam minyak serai dapur dan minyak cengkeh komersial?
2. Bagaimanakah potensi minyak serai dapur dan minyak cengkeh komersial dalam menghambat pertumbuhan bakteri B.2 dan O.1 yang diisolasi dari dinding batuan Candi Sojiwan?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis komposisi senyawa kimia yang terdapat pada minyak serai dapur dan minyak cengkeh komersial menggunakan GC-MS.
2. Menguji kemampuan penghambatan minyak serai dapur dan minyak cengkeh komersial untuk menghambat pertumbuhan bakteri B.2 dan O.1 yang diisolasi dari dinding batuan Candi Sojiwan.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan alternatif biosida alami yang lebih ramah lingkungan dan aman dibandingkan bahan kimia sintetis dalam konservasi candi.
2. Menambah informasi ilmiah mengenai keragaman bakteri yang berperan dalam proses pelapukan batuan candi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil analisis GC-MS menggunakan *database* Wiley 9 menunjukkan bahwa senyawa dominan yang terdapat pada minyak serai dapur komersial adalah (Z)-citral, (E)-citral, l-limonene, α -pinene, trans-caryophyllene, dan citronellal, Sementara itu, senyawa dominan yang terkandung dalam minyak cengkeh komersial adalah phenol, 2-methoxy-3-(2-propenyl), 3-allyl-6-methoxyphenol, α -humulene dan caryophyllene oxide.
2. Hasil pengujian aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi sumuran menunjukkan bahwa kedua minyak atsiri dapat menghambat pertumbuhan bakteri B.2 dan O.1 dengan -MIC masing-masing sebesar 50% (v/v) pada isolat B.2 dan 25% (v/v) pada isolat O.1. Sedangkan minyak serai dapur kemungkinan MIC-nya di atas 50%.

B. SARAN

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Perlu dilakukan optimasi rentang konsentrasi minyak atsiri dan metode penentuan *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC).
2. Perlu dilakukan studi lanjutan untuk karakterisasi bakteri agar diketahui spesies yang lebih spesifik dari bakteri yang berhasil diisolasi dari dinding batuan Candi Sojiwan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, B. P. 2020. Pilihan Material Bangunan pada Candi. *Human Narratives*. 2. 1. 33–38. <https://doi.org/10.30998/hn.v2i1.579>
- Alifia, L., Zulaika, E., & Soeprijanto, S. 2024. Analysis of Bacterial Diversity In Temple Bricks Using Phenetic Numeric Taxonomy Method. *Jurnal Biodjati*. 9. 2. 294–305. <https://doi.org/10.15575/biodjati.v9i2.33476>
- Amelia, B., Saepudin, E., Cahyana, A. H., Rahayu, D. U., Sulistyoningrum, A. S., & Haib, J. 2017. GC-MS analysis of clove (*Syzygium aromaticum*) bud essential oil from Java and Manado. *AIP Conference Proceedings*. 1862. <https://doi.org/10.1063/1.4991186>
- Amelia, R., Hadijah, S., & Nasir, M. 2019. Pengaruh Konsentrasi Asam Alkohol terhadap Hasil Pemeriksaan Basil Tahan Asam Metode Ziehl Nelsen. *Jurnal Media Analis Kesehatan*. 10. 2. <https://doi.org/10.32382/mak.v10i2.1266>
- Apriani *et al.* 2023. Morfologi, Struktur, dan Fisiologi Bakteri. In *Bakteriologi untuk Mahasiswa Kesehatan* (pp. 1–19). Makassar: PT. Masagena Mandiri Medica. ISBN: 978-602-71107-6-2
- Apriliani, D., & Zulaika, D. E. 2021. Viability and Production Calcifying Bacterial Endospore on Sand-Cement Carrier. *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen Dan Keanekaragaman Hayati*. 8. 1. 8–13.
- Apriyanthi, D. P. R. V., Saka Laksmi, A. W., & Putu Widayanti, N. .2022. Identifikasi Bakteri Kontaminan pada Gelang Tri Datu. *BIOMA: Jurnal Biologi Makassar*. 71. 24–33. <https://journal.unhas.ac.id/index.php/bioma>
- Astutiningsih C, Setyani W, Hindratna H. 2014. Uji Daya Antibakteri dan Identifikasi Isolat Senyawa Katekin dari Daun Teh (*Camellia sinensis* L. var *Assamica*). *Jurnal Farmasi Sains dan Komunitas*. 11. 2. <https://doi.org/10.24071/jpsc.00100>
- Azizah, A. N., Ichwanuddin, & Marfu'ah, N. 2020. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Teh Hijau (*Camellia sinensis*) terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus epidermidis*. *Pharmaceutical Journal of Islamic Pharmacy*. 4. 2. 15–23.
- Burt, S. 2004. Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods - A review. In *International Journal of Food Microbiology*. 94. 3. 223–253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>
- Cahyandaru N, Sri Wahyuni, & Yudhi Atmaja Hendra Purnama. 2017. Indonesian Essential As Biocidesin Traditional-Based Artefact Conservationstudy : A mini Review. *Jurnal Konservasi Cagar Budaya Borobudur*. 11. 2. 22–28.
- Candraningrat, I. D. A. A., Santika, A. A. G. J., Dharmayanti, I. A. M. S., & Prayascita, P. W. 2021. Review Kemampuan Metode GC-MS dalam

- identifikasi Flunitrazepam Terkait dengan Aspek Forensik dan Klinik. *Jurnal Kimia*. 15. 1. <https://doi.org/10.24843/jchem.2021.v15.i01.p03>
- Cortes-Torres, A. G., López-Castillo, G. N., Marín-Torres, J. L., Portillo-Reyes, R., Luna, F., Baca, B. E., Sandoval-Ramírez, J., & Carrasco-Carballo, A. (2023). *Cymbopogon citratus* Essential Oil: Extraction, GC–MS, Phytochemical Analysis, Antioxidant Activity, and In Silico Molecular Docking for Protein Targets Related to CNS. *Current Issues in Molecular Biology*. 45. 6. 5164–5179. <https://doi.org/10.3390/cimb45060328>
- Davis, W. W., & Stout, T. R. 1971. Disc Plate Method of Microbiological Antibiotic Assay. *Applied Microbiology*. 22. 4. 659-665.
- De Silva, H. B., Dai, Y., Homer-Vanniasinkam, S., & Edirisinghe, M. 2026. Antimicrobial Effect of Spices and Their Phytochemicals: A Novel Approach to Overcoming Antibiotic Resistance. *MedComm*. 7:e70680. 1-40. <https://doi.org/10.1002/mco2.70680>
- de Sousa, D. P., Damasceno, R. O. S., Amorati, R., Elshabrawy, H. A., de Castro, R. D., Bezerra, D. P., Nunes, V. R. v., Gomes, R. C., & Lima, T. C. 2023. Essential Oils: Chemistry and Pharmacological Activities. *Biomolecules*. 17. 7. <https://doi.org/10.3390/biom13071144>
- Dewi FK. 2010. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Buah Mengkudu (*Morinda citrifolia*, *Linnaeus*) terhadap Bakteri Pembusuk Daging Segar. [Skripsi]. Universitas Sebelas Maret. <http://eprints.uns.ac.id/4024/>
- Elserogy, A., Kanan, G., Hussein, E., & Khreis, S. A. 2016. Isolation, characterization and treatment of microbial agents responsible for the deterioration of archaeological objects in three Jordanian museums. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*. 16. 1. 117–126. <https://doi.org/10.5281/zenodo.35525>
- Fajdek-Bieda, A., Pawlińska, J., Wróblewska, A., Żwierello, W., Łuś, A., & Klimowicz, A. 2025. Antibacterial and Preservative Potential of Eugenol and Ioeugenol in Cosmetics: A Natural Solution for Product Stability. *Applied Sciences*. 15. 2129. <https://doi.org/10.3390/app15042129>
- Ghaffar, L. A., Alfaridzi Sammana, L., & Wisonir. 2017. *Identifikasi Kualitas Andesit Sebagai Bahan Bangunan Berdasarkan Analisis Petrografi dan Nilai Kuat Tekan Batuan Daerah Gunung Berjo, Kab. Sleman, Yogyakarta*. Paper Competition MINESPACE III. STTNAS Yogyakarta.
- Gutiérrez-Pacheco, M. M., Torres-Moreno, H., Flores-Lopez, M. L., Velázquez Guadarrama, N., Ayala-Zavala, J. F., Ortega-Ramírez, L. A., & López-Romero, J. C. 2023. Mechanisms and Applications of Citral's Antimicrobial Properties in Food Preservation and Pharmaceuticals Formulations. *Antibiotic.*, 12. 11. 1–31. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12111608>

- Hanifah, A., & Yulianti, E. 2018. Potensi Minyak Atsiri dalam Menghambat Pertumbuhan Isolat Bakteri yang Ditemukan di Candi Borobudur. *Jurnal Prodi Biologi*. 7. 3. 196–203.
- Hasanuddin, A. R. P., & Salnus, S. 2020. Uji Bioaktivitas Minyak Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Streptococcus mutans* Penyebab Karier Gigi. *BIOMA: Jurnal Biologi Makassar*. 5. 2. 241–250. <http://journal.unhas.ac.id/index.php/bioma>
- Henri, I., N. Bassole, & H. R. Juliani. 2012. Essential Oils in Combination and Their Antimicrobial Properties. *Molecules*. 3989-4006. <https://doi.org/10.3390/molecules17043989>
- Hoar, Y., Salosso, Y., & Priyosantoso. 2020. Identifikasi Parasit dan Bakteri *Vibrio* pada Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Perairan Tanah Merah, Kecamatan Kupang Tengah. *Jurnal Aquatik*. 3. 2. 57–66. <http://ejurnal.undana.ac.id/jaqu/index>
- Hotmian, E., Suoth, E., Fatimawati., & Tallei, T. 2021. Analisis GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*) Ekstrak Metanol dari Umbi Rumput Teki (*Cyperus rotundus* L.). *PHARMACON*. 10. 2. 849-856.
- Hulankova, R. 2024. Methods for Determination of Antimicrobial Activity of Essential Oils In Vitro—A Review. *Plants*. 13. 19. <https://doi.org/10.3390/plants13192784>
- Indriyani, Y., Rusmana, I., Anwar, S., Djajakirana, G., & Andreas, D. S. (2025). Isolation and Electrochemical Evaluation of Electrogenic Bacteria from the Sediment of Two Waterlogged-Ecosystems. *Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 10(1), 28–32. <https://doi.org/10.24002/biota.v10i1.9476>
- Irdawari, Azizah, D. F., Riski Amanda, N., Putri, A., Pebryeni, S., Azhara, S., Cinta Efandri, V., Suherman, D., & Yeriska, F. 2023. *Identifikasi dan Karakterisasi Isolat Bakteri LFP di Laboratorium Fisika*. Universitas Negeri Padang. Prosiding SEMNAS BIO 2023 UIN Raden Fatah Palembang. 242–252.
- Issayeva, A., Sharipova, A., Aidarova, S., Madybekova, G., Katona, J., Turganbay, S., & Miller, R. 2024. A Review of Investigations and Applications of Biocides in Nanomaterials and Nanotechnologies. *Colloids and Interfaces*, 8. 3. <https://doi.org/10.3390/colloids8030031>
- Jones, I. A., & Joshi, L. T. 2021. Biocide use in the antimicrobial era: A review. *Molecules*. 26. 8. 1–11. <https://doi.org/10.3390/molecules26082276>
- Kamlau, R. S. 2025. Efektivitas minyak atsiri daun dan batang semu serai dapur terhadap pertumbuhan *Streptococcus mutans*: studi eksperimental. *Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran*. 37. 3. <https://doi.org/10.24198/jkg.v37i3.61488>

- Karim, H., & Yusuf, N. 2022. *Characteristics of Bacterial Isolates Isolated from Soil Not Exposed to Pesticides in Baraka District, Enrekang Regency*. Prosiding Seminnar Nasional Biologi FMIPA UNM. 393-403.
- Khalifea, H. H., Ali, N. M., 2025. Exploring the Principle of GC-MS: Techniques and Applications. *Physical Sciences, Life Science and Engineering*. 2. 3. 1-10. <https://doi.org/10.47134/pslse.v2i3.388>
- Khunkitti, Watcharee., Aromdee, Chantana., Arunyanart, Channarong., Taweechaisupapong, Suwimol., dan Lertsatitthanakorn, Pилanthana. 2010. Effect of Citronella Oil on Time Kill Profile, Leakage, and Morphological Change of *Propionibacterium acnes*. *Journal of Essential Oil Research*. 22. 271-274.
- Kusno., Wibowo, M. A., Legasari, L. 2024. Identifikasi Komponen Utama dan Aktivitas Antioksidan Minyak Kulit Jeruk Siam (*Citrus nobillis var macrocarpa*) dan Jeruk Madu Susu (*Citrus spp*) Asal Kalimas. *Jurnal Kimia Khatulistiwa (JKK)*. 12. 1. 1-12. ISSN 2303-1077
- Kurniawan, E., Sari, N., & Sulhatun. 2020. Ekstraksi Serai Wangi Menjadi Minyak Atsiri. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 10. 1. 43–53.
- Lestari, Dyah. 2011. Studi Pengaruh Waktu Reaksi Isomersasi Eugenol terhadap Kadar dan Komponen Isoeugenol Menggunakan Katalis Basa Heterogen KF/Al₂O₃. [Skripsi]. Universitas Brawijaya Malang.
- Lerrick, R. I & Pake, C. I. 2020. Chemotype of Flores Indonesia's *Ocimum santum* and *Cymbopogon nardus*. *Chem Notes*. 1. 2. 70-93.
- Li, Q., Zhang, B., He, Z., & Yang, X. 2016. Distribution and diversity of bacteria and fungi colonization in stone monuments analyzed by high-throughput sequencing. *PLoS One*. 11. 9.
- Liu, X., Meng, H., Wang, Y., Katayama, Y., & Gu, J. D. 2018. Water is a Critical Factor in Evaluating and Assessing Microbial Colonization and Destruction of Angkor Sandstone Monuments. *International Biodeterioration and Biodegradation*. 133. 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2018.05.011>
- Liu, Xiaobo., Koestler Robert J., Warscheid, Thomas., Katayama, Yoko., & Gu, Ji-Dong. 2020. Microbial Deterioration and Sustainable Conservation of Stone Monuments and Buildings. *Nature Sustainability*. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00602-5>
- Lu, W. C., Huang, D. W., Wang, C. C. R., Yeh, C. H., Tsai, J. C., Huang, Y. T., & Li, P. H. 2018. Preparation, characterization, and antimicrobial activity of nanoemulsions incorporating citral essential oil. *Journal of Food and Drug Analysis*. 26. 1. 82–89. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.12.018>
- Lutters, E. L., Palupi, B., Batuk, F., & Putra, H. 2023. Pelapukan Sebagai Faktor Kerusakan Batu Andesit Dalam Struktur Bangunan Penyusun Candi Prambanan. *Gewang*. 5. 1. 1–6.

- Mamluhah, L., Murtini, E. S., Sari, W. K., & Hukmah, S. 2026. Validasi Metode Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) untuk Penentuan Kadar Nikotin pada Rokok X. *Journal of Food Safety and Processing Technology (JFSPT)*. 3. 2. 218-227. EISSN: 3025-7344
- Mann, C. M. & Markham, J. L. 1998. A New Method for Determining the Minimum Inhibitory Concentration of Essential Oils. *Journal of Applied Microbiology*. 84. 538-544.
- Masyita, A., Mustika Sari, R., Dwi Astuti, A., Yasir, B., Rahma Rumata, N., Emran, T. bin, Nainu, F., & Simal-Gandara, J. 2022. Terpenes and Terpenoids as Main Bioactive Compounds of Essential Oils, Their Roles in Human Health and Potential Application as Natural Food Preservatives. *Food Chemistry: X*. 13. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100217>
- Mateus, D. M. R., Ferraz, E., Perna, V., Sales, P., & Hipólito-Correia, V. 2023. Essential Oils and Extracts of Plants as Biocides Against Microorganisms Isolated from the Ruins of the Roman City of Conímbriga (Portugal). *Environmental Science and Pollution Research*. 31. 28. 40669–40677. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28212-6>
- Mateus, D., Costa, F., de Jesus, V., & Malaquias, L. 2024. Biocides Based on Essential Oils for Sustainable Conservation and Restoration of Mural Paintings in Built Cultural Heritage. *Sustainability*. 16. 11223. <https://doi.org/10.3390/su162411223>
- Mauboy, R. S., Dima, A. O. M., Ruma, M. T. L., Karyawati, A., Ati, V. M., & Tuaty, N. H. (2022). Cairan Kloaka dan Cangkang Telur Penyu Lekang (*Lepidochelys olivacea* L.). *Jurnal Biotropikal Sains*. 9. 2. 47-55.
- Misgiyarta, & Widowati. 2003. *Seleksi dan Karakterisasi Bakteri Asam Laktat (BAL) Indigenus*. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Rintisan Dan Bioteknologi Tanaman. 374–387.
- Moghaddam, M., & Mehdizadeh, L. 2017. Chemistry of Essential Oils and Factors Influencing Their Constituents. *Soft Chemistry and Food Fermentation*. 379–419. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811412-4.00013-8>
- Moo, Chew-Li., Yang, Shun-Kai., Osman, Mohd-Azuraidi., Yuswan, Mohd, H., Loh, Jiun-Yan., Lim, Wei-Meng., Lim, Shee-Hua-Erin., dan Lai, Kok-Song. 2020. Antibacterial Activity and Mode of Action of Beta-Caryophyllene on *Bacillus cereus*. *Journal of Microbiology*. 69. 1. 49-54. <https://doi.org/10.33073/pjm-2020-007>
- Moreira da Silva, T. L., da rosa, G. I., dos Santos, M. A. L., & Graf, S. L. 2023. Lemongrass Essential Oil (*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf.) Seasonal Evaluation and Microencapsulation by Spray-Drying. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 66. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-ssbfar-2023230016>

- Munawati, R., Octavia, B., & Cahyandaru, N. (2021). Biodiversitas Kapang pada Proses Biodeteriorasi Batuan Candi Borobudur. *Borobudur*, 15(2), 1–17.
- Muthi'ah, Handayani, C. B., Widyastuti, R., dan Arfiyanti. 2021. Pengaruh Penambahan Ekstrak Serai (*Cymbopogon citratus*) pada Edible Film dari Pati Garut (*Marantha arundinaceae* L.) sebagai Antimikroba. *Journal of Food and Agricultural Product*. 1. 2. 58-70.
- Nahda, N., & Mustakim, A. 2025. Pengamatan Mikroskopis dan Klasifikasi Bakteri Tahu Berdasarkan Teknik Pewarnaan Diferensial. *Jurnal Kajian Ilmiah Interdisipliner*. 9. 6. 381-385.
- Ningsih, I., & Safrullah M. I. 2025. Pathogenesis, Diagnosis, and Examination of *Corynebacterium diphtheriae*. *Indonesian Journal of Medical Chemistry and Bioinformatics*. 3. 2. <https://doi.org/10.7454/ijmcb.v3i2.1041>
- Nisyak, K., & Hartiningsih, S. 2020. Aktivitas Antibakteri Minyak Seari Dapur dan Minyak Adas pada *Staphylococcus aureus* di Ruang Inap Rumah Sakit. *Jurnal Tumbuhan Obat Indonesia*. 13. 2. 61–69. <https://doi.org/10.22435/jtoi.v13i2.2227>
- Nuriah, S., Putri, M. D., Rahayu, S., Advait, C. V., Nurfadhila, L., & Utami, M. R. 2023. Analisis Kualitatif Senyawa Parasetamol pada Sampel Biologis Menggunakan Metode *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS). *Journal of Pharmaceutical and Sciences*. 6. 2. 795-803. EISSN: 2656-3088
- Palla, F., Bruno, M., Mercurio, F., Tantillo, A., & Rotolo, V. 2020. Essential oils as natural biocides in conservation of cultural heritage. *Molecules*. 25. 730. <https://doi.org/10.3390/molecules25030730>
- Pandey, A. K., Kumar, P., Singh, P., Tripathi, N. N., & Bajpai, V. K. 2017. Essential oils: Sources of antimicrobials and food preservatives. In *Frontiers in Microbiology*. 7. 2161. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02161>
- Pop, D. M., Timar, M. C., Varodi, A. M., & Beldean, E. C. 2022. An Evaluation of Clove (*Eugenia caryophyllata*) Essential Oil as Potential alternative Antifungan Wood Protection System for Cultural Heritage Conservation. *Maderas: Ciencia y Tecnologia*. 24. 11. 1–16. <https://doi.org/10.4067/S0718-221X2022000100411>
- Pradana, A., Santosa, D., & Sulaiman, T. N. S. 2024. Potensi Cengkeh (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry) di Indonesia Sebagai Sumber Daya Alam dan Bahan Baku Obat Antibakteri dan Antijamur. *Majalah Farmaseutik*. 20. 1. 70–78. <https://doi.org/10.22146/farmaseutik.v20i1.86004>
- Putri, M. T. 2018. Identifikasi Kandungan Senyawa dan Aktivitas Antibakteri Minyak Atsiri Serai Wangi (*Cymbopogon nardus*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.

- Rahmawati, L. M., Buana Januarti, I., Assidiqi, R., & Rosyida, R. 2020. Characteristics and antibacterial activity of cengkeh leaf essential oil from cluwak region against *Staphylococcus aureus* bacteria ATCC 25923. *Journal of Pharmaceutical and Sciences Electronic*. 8. 1. 378–383. <https://doi.org/10.36490/journal-jps.com>
- Randazzo, L., Montana, G., Alduina, R., Quatrini, P., Tsantini, E., & Salemi, B. 2015. Flos Tectorii degradation of mortars: An example of synergistic action between soluble salts and biodeteriogens. *Journal of Cultural Heritage*. 16. 6. 838–847. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2015.04.002>
- Razzouk, S., Mazri, M. A., Jeldi, L., Mnasri, B., Ouahmane, L., & Alfeddy, M. N. (2022). Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oils from Three Mediterranean Plants against Eighteen Pathogenic Bacteria and Fungi. *Pharmaceutics*. 14. 8. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14081608>
- Riwom, Sara, H., M-C Ndoeye Foe, Florentine., Nyegue, M. A., Ambe Wanki, Reskingjoe., Voundi, S., dan Etoa, Francois-Xavier. 2015. Chemical Composition and *in vitro* Antibacterial Activity of the Essential Oils of the Leaves, Resin, and Stem-Barks of *Dacryodes edulis* (G.Don) H.J Lam growing in Cameroon on Diarrhea. *Journal of Applied Pharmacy*. 5. 10. 6-11. doi: 10.7324/JAPS.2015.501002
- Romawan, I. S. R. 2023. Karakterisasi Morfologi dan Biokimia Bakteri yang Diisolasi dari Candi Argosumo. *Skripsi*. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
- Rumaisha *et al.*(2020). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Asam Laktat dari Kefir Susu Kambing Saanen (*Capra aegagrus Hircus*). *Pharmaceutical and Biomedical Sciences Journal*. 2. 2. 79–86.
- Sabbathini, G. C., Pujiyanto, S., Wijanarka, & Lisdiyanti, P. 2017. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Genus *Sphingomonas* dari Daun Padi (*Oryza sativa*) di Area Persawahan Cibirong. *Jurnal Akademika Biologi*. 6. 1. 59–64.
- Salehi, Bahare., Upadhyay, Shashi., Oran, Ilkay, Erdogan., Jugran, A. K., Jayaweera. S. L. D., Dias, Daniel. A., Sharopov, Farukh., Taheri, Yasaman., Martins, Natalia., Baghalpour, Navid., C.Cho. W., dan Sharifi-Rad, Javad. Therapeutic Potential of Alpha Pinene and Beta Pinene:A Miracle Gift of Nature. *Biomolecules*. 9. 738. 1-34. <https://doi.org/10.3390/biom911078>
- Sari *et al.*2025. Konsep Dasar Bakteriologi. *Bakteriologi Teknologi Laboratorium Medis*. (1st ed.). Cilacap:Media Pustaka Indo.
- Sari, N. M., Setyabudi L. S., Yasiroh, H. H., Sani., & Puspitawati, I. N. 2023. Pemanfaatan Bunga Mawar (*Rosa* Sp.) sebagai Minyak Atsiri untuk Peningkatan Ekonomi Masyarakat Desa Kalipucang, Kec Tuter, Kab Pasuruan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat (ENVIRONATION)*. 2. 2. 10–14. <http://environation.upnjatim.ac.id/index.php/environation10>

- Sebayang, Vivian., Rayani, S. B., & Vera, R. 2024. Identifikasi Mycobacterium tuberculosis pada Pasien TB Paru dengan Metode Pewarnaan Ziehl Nelsen di UPT Puskesmas Medan Jombor. *Jurnal Ilmu Kedokteran Dan Kesehatan*. 11. 4. 809–817.
- Stohl, Leonie., Manniger, tanja., von Werder, Julia., Dehn, Frank., Gorbushina, Anna., & Meng, Birgit. 2023. Bioreceptivity of concrete: A review. *Journal of Building Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.107201>
- Sugiantoro., Jayuska, Afghani., Alimuddin, A. H. 2016. Biotransformasi Limonen dari Minyak Atsiri Kulit Jeruk Pontianak Menggunakan Jamur iRhizopus oligosporus dalam media air kelapa. *Jurnal Kimia Khatulistiwa (JKK)*. 5. 3. 40-44. ISSN 2303-1077
- Sururi, A. M., Kartika Maharani, D., & Wati, A. 2023. Potensi Senyawa Eugenol dari Cengkeh (*Syzygium aromaticum*) sebagai Inhibitor Protease HIV-1 (PR). *UNESA Journal of Chemistry*. 12. 1. 26–30.
- Tanjung, Dian. S., Wijaya, S., & Silaen, M. 2022. Efektifitas antibakteri ekstrak daun serai (*Cymbopogon citratus*) konsentrasi 20%, 30%, 40%, dan 50% terhadap Streptococcus mutans. *Prima Journal of Oral and Dental Sciences*. 5. 1. 17–22. <https://doi.org/10.34012/primajods.v5i1.2536>
- Tariq, Hira., Alhudhaibi, A. M., dan Abdallah, Emad, M. 2025. Syzygium aromaticum (Clove buds) as a natural antibacterial agent: a promising alternative to combat multidrug-resistant bacteria. *Front. Microbiol.* 16. 1674590. doi: 10.3389/fmicb.2025.1674590
- Wibaldus., Jayuska, Afghani., & Ardiningsih, Puji. 2016. Bioaktivitas Minyak Atsiri Kulit Buah Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia*) terhadap Rayap Tahan (*Coptotermes* sp.). *Jurnal Kimia Khatulistiwa (JKK)*. 5. 1 . 44-51. ISSN 2303-1077.
- Yanti, R., Nurdiawati, H., Cahyanto, M. N., & Pranoto, Y. 2020. Identifikasi komponen dan Uji Potensi Anti Jamur Minyak Atsiri Serai Dapur (*Cympobogon citratus*) Terhadap Jamur Penghasil Aflatoksin. *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian*. 9. 2. 72–80. <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2020.9.2.72>
- Yuliana, A. D., Nurhidayati, S., Zurohaina, Aswan, A., & Febriana, I. 2020. Proses Pengambilan Minyak Atsiri dari Tanaman Nilam (*Pogestemon cablin Benth*) Menggunakan Metode Microwave Hydrodistillation. *Jurnal Kinetika*. 11. 3. 34–39. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index34>
- Yuliati, T. B., Cahyono, E., & Wijayati, N. 2020. Enkapsulasi Minyak Kemangi (*Ocimum basilicum*) pada Maltodekstrin dan Beta-siklodekstrin. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 9. 1.

- Yunilawati, R., Rahmi, D., Handayani, W., & Imawan, C. 2021. *Minyak Atsiri Sebagai Bahan Antimikroba dalam Pengawetan Pangan*. <https://doi.org/10.15294/.v0i0.24>
- Yunilawati, R., Handayani, W., Rahmi, D., & Imawan, C. 2021. Komposisi Kimia, Aktivitas Antibakteri, dan Potensi untuk Kemasan Antif dari Beberapa Minyak Atsiri Tanaman Rempah Indonesia. *Jurnal Kimia dan Kemasan*. 43. 1. 12-21. <https://doi.org/10.24817/jkk.v43i.6704>
- Yunita, M. *et al.* 2023. *Bakteriologi*. Medan: Yayasan Kita Menulis. ISBN: 978-623-342-965-8.
- Zhao, M., Bai, J., Bu, X., Tang, Y., Han, W., Li, D., *et al.* 2021. Microwave-assisted aqueous two-phase extraction of phenolic compounds from *Ribes nigrum* L. and its antibacterial effect on foodborne pathogens. *Food Control*. 119. 107449. doi: 10.1016/j.foodcont.2020.107449.