



PENGARUH PENCAMPURAN MINYAK NABATI TERHADAP AKTIVITAS ANTIBAKTERI DAN OTENTIKASI MINYAK ATSIRI JAHE GAJAH DENGAN SPEKTROSKOPI FTIR DAN KEMOMETRIK

Submitted: 7 Februari 2026

Edited: 14 April 2026

Accepted: 22 Mei 2026

Suryati Syafri^{1*}, Dhiya Ulwafi², Assyifa Nurul Sabilla³, Dachriyanus Hamidi⁴,
Syofyan Syofyan⁵

^{1,2,3,4}Department of Biology Pharmacy, Faculty of Pharmacy, Universitas Andalas, Padang,
25163, West Sumatra, Indonesia.

⁵Department of Biology Pharmacy, Faculty of Pharmacy, Universitas Andalas, Padang, 25163,
West Sumatra, Indonesia.

Email: suryati@phar.unand.ac.id

ABSTRAK

Minyak atsiri jahe gajah (BGEO) adalah sumber alami yang memiliki aktivitas antibakteri. Beberapa pedagang di platform belanja online menjual minyak jahe yang mungkin diencerkan dengan pelarut, yang mungkin membahayakan pelanggan dengan meningkatkan risiko alergi serta mengurangi aktivitas biologis minyak jahe gajah. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh pengenceran BGEO dengan minyak nabati terhadap aktivitas antibakteri serta untuk mengotentikasi BGEO yang dibeli dari platform belanja online menggunakan spektroskopi FTIR yang dikombinasikan dengan kemometrika. BGEO murni diperoleh dengan hidrodilusi. Sepuluh produk BGEO diperoleh dari platform belanja online. BGEO murni diencerkan dengan tiga minyak nabati: minyak kedelai (SO), minyak kelapa murni (VCO), dan minyak sawit (PO). Aktivitas antibakteri dievaluasi menggunakan metode mikrodilusi. Hasil penelitian menunjukkan nilai Konsentrasi Penghambat Minimum (KHM) minyak atsiri jahe gajah murni terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 dan *Escherichia coli* ATCC 25922 masing-masing sebesar 6,25 mg/mL dan 12,50 mg/mL. Pengenceran minyak atsiri jahe gajah dengan minyak nabati tidak mengurangi aktivitas antibakterinya. Pencampuran minyak atsiri jahe gajah dengan minyak sawit meningkatkan aktivitas antibakterinya terhadap bakteri Gram-positif dan Gram-negatif. Sebagian besar minyak atsiri jahe komersial tidak sama dengan minyak atsiri jahe gajah dari Sumatera Barat, dan salah satu minyak atsiri jahe gajah komersial mungkin mengandung minyak nabati sebagai pengencer. Dapat disimpulkan analisis Komponen Utama (PCA) berhasil mengklasifikasikan minyak atsiri jahe gajah murni dan minyak atsiri jahe komersial. Pemalsuan minyak atsiri jahe gajah dengan minyak nabati tidak mengurangi aktivitas antibakteri BGEO.

Kata Kunci : minyak jahe gajah, otentikasi, FTIR, kemometrika, antibakteri

ABSTRACT

Big ginger essential oil (BGEO) is a natural source with antibacterial activity. Some traders on online shopping platforms sell ginger oil that may be diluted with a solvent, which could harm customers by increasing the risk of allergies and reducing its biological activity. This study aimed to determine the effect of diluting BGEO with vegetable oils on antibacterial activity and to authenticate BGEO purchased from an online market using FTIR spectroscopy combined with chemometrics. Pure BGEO was obtained by hydrodistillation. Ten BGEO products were obtained from an online shopping platform. The pure BGEO was diluted with three vegetable oils: soybean oil (SO), virgin coconut oil (VCO), and palm oil (PO). Antibacterial activity was evaluated using the microdilution method. The result showed the Minimum Inhibitory Concentration (MIC)



values of pure BGEO against Staphylococcus aureus ATCC 25923 and Escherichia coli ATCC 25922 were 6.25 mg/mL and 12.50 mg/mL, respectively. The dilution of big ginger essential oil with vegetable oil did not reduce its antibacterial activity. The adulteration of BGEO with palm oil enhanced its antibacterial activity against Gram-positive and Gram-negative bacteria. Most commercial big ginger oils were not similar to BGEO from West Sumatra, and one of the commercial ginger oils may contain vegetable oil as a diluent. Principal Component Analysis (PCA) successfully classified pure BGEO and commercial BGEO. Adulteration of big ginger essential oil with vegetable oil did not reduce its antibacterial activity.

Keywords : big ginger oil, authentication, FTIR, chemometrics, antibacterial

PENDAHULUAN

Minyak atsiri adalah cairan volatil yang terbuat secara alami dari berbagai bagian tumbuhan termasuk rimpang, bunga maupun daun yang berkonsentrasi tinggi dengan aroma yang khas. Minyak atsiri tidak stabil dan cepat menguap pada suhu ruang. Meskipun hanya satu atau dua yang merupakan komponen utama, minyak atsiri terdiri dari lebih dari 60 senyawa kimia. Kemudian monoterpen, seskuiterpen, dan turunan teroksigenasi dari kedua kelompok kimia ini dapat membentuk minyak atsiri^(1,2).

Minyak atsiri dapat menjadi pengobatan alternatif untuk infeksi dermatologis. Sebuah tinjauan menemukan bahwa sekitar 62% minyak atsiri digunakan untuk mengobati infeksi yang disebabkan oleh bakteri, jamur, atau virus. Bisul, furunkel, selulitis, impetigo, abses (*Staphylococcus aureus*), folikulitis (*S. aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*), kurap (*Microsporum spp.*, *Epidermophyton*

spp., dan *Trichophyton spp.*), jerawat (*P. acnes*), dan bau kaki (*Brevibacterium spp.*) adalah infeksi kulit umum yang disebabkan oleh mikroorganisme^(3,4,5). Sekitar 90 jenis minyak atsiri dan 1.500 kombinasinya telah diidentifikasi dan direkomendasikan untuk penggunaan dermatologis⁽⁶⁾.

Rimpang jahe gajah (Gambar 1) mengandung minyak atsiri yang dilaporkan memiliki aktivitas antibakteri^{7,8}. Minyak ini telah digunakan untuk mengobati memar, luka, dan abses⁽⁶⁾. Tanaman ini ditemukan di berbagai wilayah di seluruh dunia, termasuk Cina, Arab Saudi, India, Afrika, Jepang, Australia, Thailand, dan lainnya^(9,10,11,12), serta di Indonesia, khususnya Sumatera Barat. Sumatera Barat merupakan produsen jahe yang cukup besar di Indonesia, dengan produksi jahe yang meningkat setiap tahunnya hingga mencapai 7213,11 ton pada tahun 2022⁽¹³⁾.



Gambar 1. Rimpang Jahe Gajah

Banyak minyak atsiri dijual di platform belanja online, dengan harga mulai dari yang termurah hingga yang termahal. Praktik pencampuran mungkin terjadi, didorong oleh faktor-faktor seperti toleransi konsumen yang tinggi terhadap minyak atsiri yang dicampur, harga yang murah, motif keuntungan, dan untuk meningkatkan aroma minyak atsiri. Komponen kimia yang memberikan sifat terapeutik pada minyak atsiri murni mungkin tidak terdapat dalam minyak yang dicampur. Selain itu, minyak tersebut dapat mengandung zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan, yang dapat menyebabkan masalah kesehatan kronis⁽¹⁴⁾.

Para pedagang sering mencampurkan minyak atsiri dengan minyak sintetis atau minyak berkualitas rendah. Bahan pencampuran yang umum termasuk minyak nabati dan pelarut organik seperti trietil sitrat^(15,16). Sebuah studi tentang minyak atsiri *Lavandula angustifolia* yang dijual di pasaran menemukan bahwa 49% dari sampel komersial yang diuji telah dicampur⁽¹⁷⁾. Studi lain tentang minyak atsiri mandarin, neroli, dan bergamot yang dibeli secara online menemukan bahwa 45% dari sampel yang dianalisis gagal dalam pengujian, dan lebih dari 19% dicampur dengan pelarut seperti propilen dan dipropilen glikol, trietil sitrat, atau minyak nabati⁽¹⁸⁾. Minyak nabati (VO) dipertimbangkan sebagai salah satu pencampur yang potensial karena sifat dan harganya yang relatif murah⁽¹⁴⁾. Kualitas minyak atsiri jahe gajah tidak tercantum secara spesifik dalam pedoman Organisasi Standar Internasional (ISO) atau Standar Nasional Indonesia (SNI). Dalam ISO 16928: 4 hanya menetapkan karakteristik spesifik minyak atsiri jahe dari Cina, India, dan Afrika Barat. Disamping itu komponen kimia minyak atsiri

sangat bergantung pada lokasi pertumbuhan tanaman, varietas tanaman, metode ekstraksi, dan lainnya^(15,19).

Berbagai teknik analitik telah digunakan untuk mengidentifikasi dan mengotentikasi minyak atsiri, termasuk menggunakan metode fisikokimia dan kromatografi (TLC, HPLC, dan GC-MS) serta metode spektroskopi (UV-Vis, FTIR, dan NMR). Kompleksitas pola spektrum IR membuat interpretasi visual langsung menjadi sulit. Oleh karena itu, teknik kemometrik diperlukan untuk memproses data ini⁽²⁰⁾. Pendekatan sidik jari yang menggabungkan FTIR dengan analisis kemometrik dapat secara efektif menganalisis perbedaan antara BGEO murni dan campuran berdasarkan karakteristik spektrum FTIR-nya⁽²¹⁾. Studi ini bertujuan untuk menentukan pengaruh pencampuran BGEO dengan minyak nabati terhadap aktivitas antibakterinya dan untuk mengotentikasi BGEO yang dibeli dari platform belanja online menggunakan spektroskopi FTIR yang dikombinasikan dengan kemometrik.

METODE PENELITIAN

Bahan

Rimpang segar jahe gajah (*Zingiber officinale* Roscoe) berasal dari Sijunjung, Sumatera Barat, Indonesia. Rimpang tersebut kemudian diidentifikasi di Herbarium Andalas (ANDA), Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat, Indonesia. Minyak kedelai (SO), minyak kelapa murni (VCO), dan minyak kelapa sawit (PO) diperoleh dari pasar lokal di Kota Padang. Sepuluh minyak jahe komersial diperoleh dari platform belanja online, dan rinciannya dijelaskan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Minyak Jahe Komersial Brand A-J

Brand	Asal	Metode Ekstraksi
A	India Utara	Ekstraksi <i>Extraction</i>
B	Indonesia	Tidak disebutkan
C	Tidak diketahui	Tidak disebutkan
D	Indonesia	Steam Distillation
E	Indonesia	Tidak disebutkan
F	Indonesia	Destilasi
G	India	Steam Distillation
H	India	Tidak disebutkan
I	Indonesia	Steam Distillation
J	Indonesia	Steam Distillation

Mikroorganisme Uji

Mikroorganisme uji yang digunakan adalah *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 dan *Escherichia coli* ATCC 25922, yang didapatkan dari Balai Besar Laboratorium Kesehatan Kabupaten Padang. Bakteri tersebut dibudidayakan pada cawan petri Nutrient Agar.

Ekstraksi Minyak Atsiri dan Karakterisasi Fisik

Sebanyak 8,6 kg rimpang jahe gajah diekstraksi menggunakan metode hidrodistilasi selama enam jam. Air sisa dalam minyak atsiri dihilangkan dengan menambahkan natrium sulfat anhidrat. Kemudian, minyak atsiri disimpan pada suhu 4°C sampai digunakan. Karakteristik fisik minyak atsiri jahe gajah murni ditentukan dan dievaluasi, termasuk warna, berat jenis, dan indeks bias⁽¹⁵⁾.

Persiapan Campuran Biner Minyak Atsiri Jahe Gajah dengan Minyak Nabati

Campuran disiapkan dengan mencampurkan BGEO dengan tiga jenis minyak nabati, yaitu minyak kedelai (SO), minyak kelapa murni (VCO), dan minyak kelapa sawit (PO) dalam konsentrasi yang bervariasi⁽¹⁵⁾.

Analisis Komposisi Kimia Minyak Atsiri Jahe Gajah Murni dengan Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa (GC-MS)

Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa (Shimadzu GCMS-QP2010 SE) digunakan untuk menganalisis komponen BGEO. Kondisi eksperimental sesuai dengan yang telah dipublikasikan sebelumnya⁽²²⁾. Senyawa diidentifikasi dengan merujuk pada "WILEY library" dalam perangkat lunak GC-MS. Setiap puncak pada kromatogram dievaluasi berdasarkan *similarity index*, dengan nilai yang dapat diterima ditetapkan di atas 90% *similarity*. Selain itu, pola fragmentasi setiap puncak dibandingkan dengan pola dari studi yang telah dipublikasikan sebelumnya dan NIST Chemistry WebBook, SRD 69, untuk mengonfirmasi identitas senyawa.

Pengukuran Spektrum FTIR Minyak Atsiri Jahe Gajah Murni dan Campuran Biner

Spektrum FTIR BGEO dan campuran binernya diperoleh dari spektrofotometer Thermo Scientific®, Nicolet iS10, yang memindai rentang 4000 hingga 400 cm⁻¹ pada suhu 25°C. Setiap pemindaian terdiri

dari 16 pemindaian dengan resolusi 8 cm⁻¹. Spektrum yang dihasilkan disesuaikan dengan udara latar belakang yang diukur sebelumnya. Setiap pengukuran spektrum dilakukan dalam tripikasi dan diproses menggunakan perangkat lunak OMNIC.

Analisis Kemometrik

Klasifikasi minyak atsiri jahe murni, minyak nabati, dan minyak atsiri jahe komersial dilakukan menggunakan Analisis Komponen Utama (PCA) dengan aplikasi SIMCA versi 14.1.

Penentuan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) Minyak Atsiri Jahe Gajah Murni dan Campuran Biner

Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) ditentukan menggunakan metode mikrodilusi. Minyak atsiri jahe murni dilarutkan dalam DMSO pada konsentrasi yang berbeda (25, 12,5, 6,25, 3,125, 1,57, dan 0,79 mg/mL). Sedangkan konsentrasi campuran biner minyak atsiri jahe gajah dan minyak nabati ditetapkan pada konsentrasi 12,5 mg/mL (100% minyak atsiri jahe gajah). Perbandingan campuran biner bervariasi dari 0–100% BGEO. Sekitar 50 µL dari setiap larutan uji ditempatkan ke dalam setiap sumur, diikuti dengan 50 µL inokulum bakteri dalam MHB dengan konsentrasi 10⁶ CFU/mL, dan 96-well plate diinkubasi selama 18 jam pada 37°C. Setelah inkubasi, 40 µL MTT (3-(4,5-dimetil-2-tiazolil)-2,5-difenil-2H-tetrazolium bromida) dengan konsentrasi 0,5 mg/mL ditambahkan ke semua sumur dan diinkubasi selama 15 menit pada 37°C. Setelah itu, warna berubah dari tak berwarna menjadi ungu, menunjukkan nilai KHM. Kontrol positifnya adalah ofloxacin. Eksperimen dilakukan tiga kali pengulangan^(23,24).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Fisika BGEO

Kualitas minyak atsiri dapat ditunjukkan dari karakteristik fisika minyak atsiri, seperti rendemen, organoleptik, berat jenis, indeks bias, yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Fisika Minyak Atsiri Jahe Gajah

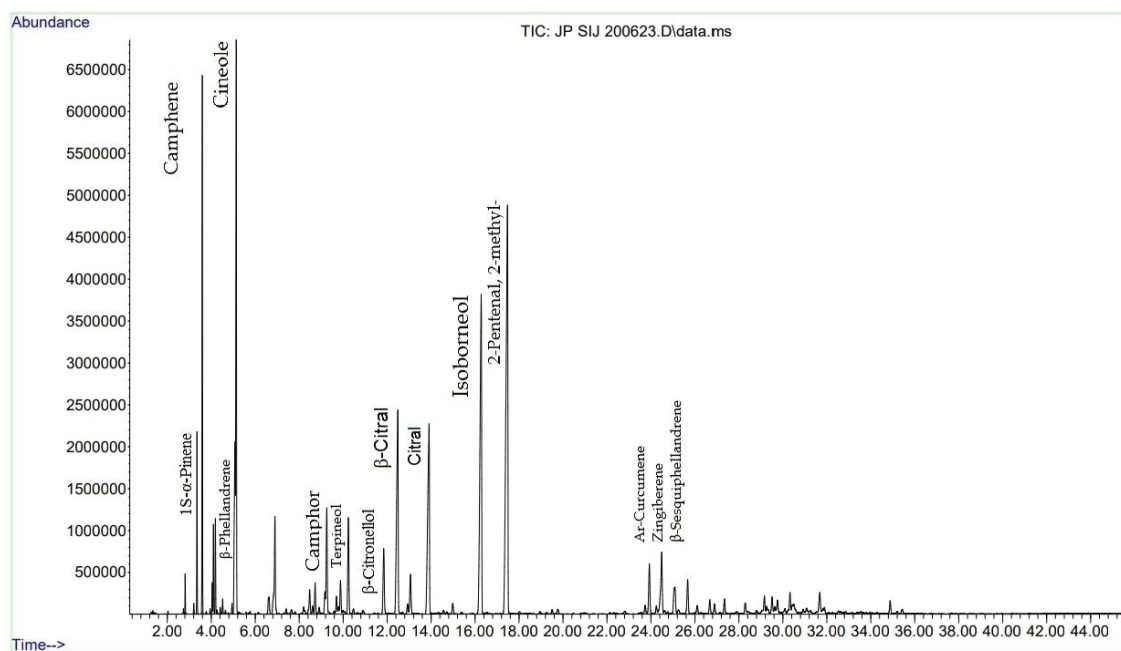
Parameter	Hasil Penelitian	FHI 2017 ²⁵	SNI 1312:2021 ²⁶	Penelitian terdahulu ²⁷
Rendemen (%v/b)	0.106	> 0.80	-	0,08
Warna	Kuning	-	Kuning pucat - kuning	Kuning
Bobot jenis (g/mL)	0,872	-	0,870 - 0,895	0,897
Indeks bias	1,485	-	1,480 - 1,500	1,492

Karakteristik fisika BGEO murni sesuai dengan SNI 1312:2021, namun hasilnya lebih rendah dari yang tercantum dalam Farmakope Herbal Indonesia tahun 2017. Banyak faktor yang dapat memengaruhi kualitas dan hasil minyak atsiri, termasuk asal tanaman/lokasi penanaman, varietas tanaman, iklim, metode ekstraksi, ketinggian, kesuburan tanah, usia tanaman, dan serangan hama^(25,26,27,28). Durasi dan suhu proses distilasi juga berperan signifikan dalam perbedaan tersebut. Distilasi yang berlangsung lama dapat menyebabkan polimerisasi, yang mengakibatkan pembentukan senyawa teroksidasi dan pemanjangan rantai senyawa dengan titik

didih tinggi, sehingga meningkatkan berat jenis dan indeks bias.

Komponen Kimia BGEO

Total Ion Kromatogram dari BGEO dapat dilihat pada Gambar 2. Komponen kimia dari BGEO dapat dilihat pada Tabel 3. BGEO terdiri dari 42 komponen yang terdiri dari senyawa terpenoid (60.016%), termasuk monoterpen hydrocarbons (15.67%), oxygenated monoterpenes (35.63%), sesquiterpene hydrocarbons (6.03%), dan oxygenated sesquiterpenes (0.77%). Senyawa utama dari BGEO yaitu 1,8 Cineole (9.829%), Citral (8.304%), β -Citral (7.767%), Camphene (6.787%), dan β -Phellandrene (4.377%).



Gambar 2. Total Ion Chromatogram (TIC) Minyak Atsiri Jahe Gajah Murni

Tabel 3. Komponen Kimia Minyak Atsiri Jahe Gajah

Komponen Kimia	Persentase Area Relatif (%)		Rumus Molekul	RT
	Hasil Penelitian	Penelitian terdahulu ²⁹		
α -Pinene	2,056	3,22	C ₁₀ H ₁₆	3.351
Camphene	6,787	6,48	C ₁₀ H ₁₆	3.592
β -Pinene	0,417	0,87	C ₁₀ H ₁₆	4.040
Methyl heptenone	1,198	2,33	C ₈ H ₁₄ O	4.098
B- Myrcene	1,290	2,48	C ₁₀ H ₁₆	4.188
α -Phellandrene	0,222	0,53	C ₁₀ H ₁₆	4.518
β -Phellandrene	4,377	-	C ₁₀ H ₁₆	5.078
1,8 Cineole	9,829	6,4	C ₁₀ H ₁₈ O	5.135
α - Terpinolen	0,284	0,64	C ₁₀ H ₁₆	6.897
Camphore	0,591	-	C ₁₀ H ₁₆ O	8.476
Citronellal	0,698	1,31	C ₁₀ H ₁₈ O	8.724
Camphor	2,636	0,45	C ₁₀ H ₁₈ O	9,255
4-Terpineol	0,414	0,88	C ₁₀ H ₁₈ O	9.696
Isogeranial	0,802	-	C ₁₀ H ₁₆ O	9.879
α -Terpineol	2,589	2,24	C ₁₀ H ₁₈ O	10.238
β -Citronellol	1,997	-	C ₁₀ H ₂₀ O	11.842
β -Citral	7,767	11,84	C ₁₀ H ₁₆ O	12.484
Citral	8,304	16,19	C ₁₀ H ₁₆ O	13.909
2-Undecanone	0,309	1,84	C ₁₁ H ₂₂ O	14.986
Germacrene D	0,267	0,35	C ₁₅ H ₂₄	23.735
Ar-Curcumene	1,524	2,75	C ₁₅ H ₂₂	23.925
Naphthalene	0,236	-	C ₁₀ H ₈	24.244
Zingiberene	2,322	0,07	C ₁₅ H ₂₄	24.492
β -Bisabolene	0,534	2,28	C ₁₅ H ₂₄	25.055
β -Sesquiphellandrene	1,093	3,35	C ₁₅ H ₂₄	25.669
Elemol	0,409	-	C ₁₅ H ₂₆ O	26.678
β -Germacrene	0,290	-	C ₁₅ H ₂₄	26.893
Sesquisabinene hydrate	0,360	-	C ₁₅ H ₂₆ O	29.753
Indene	0,414	-	C ₉ H ₈	30.324

Secara umum, terpenoid teroksigenasi memiliki berat jenis yang lebih tinggi dibandingkan dengan senyawa teroksigenasi lainnya⁽³⁰⁾. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa 1,8-Cineole, Citral, and β -Citral sebagai komponen utama⁽²⁹⁾. Perbedaan komposisi kimia dipengaruhi secara signifikan oleh varietas tanaman, kondisi agroklimatik (iklim, musim, geografi), kondisi distilasi, dan faktor lainnya⁽³¹⁾.

Aktivitas Antibakteri dari BGEO Murni dan Campuran Biner BGEO

Pada penelitian ini, aktivitas antibakteri dari BGEO murni dan campuran dari BGEO dan minyak nabati dievaluasi terhadap aktivitas bakteri Gram positif (*Staphylococcus aureus*) dan bakteri Gram negatif (*Escherichia coli*) yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai KHM Minyak Atsiri Jahe Gajah dan Campuran Minyak Atsiri Jahe Gajah dengan Minyak Nabati

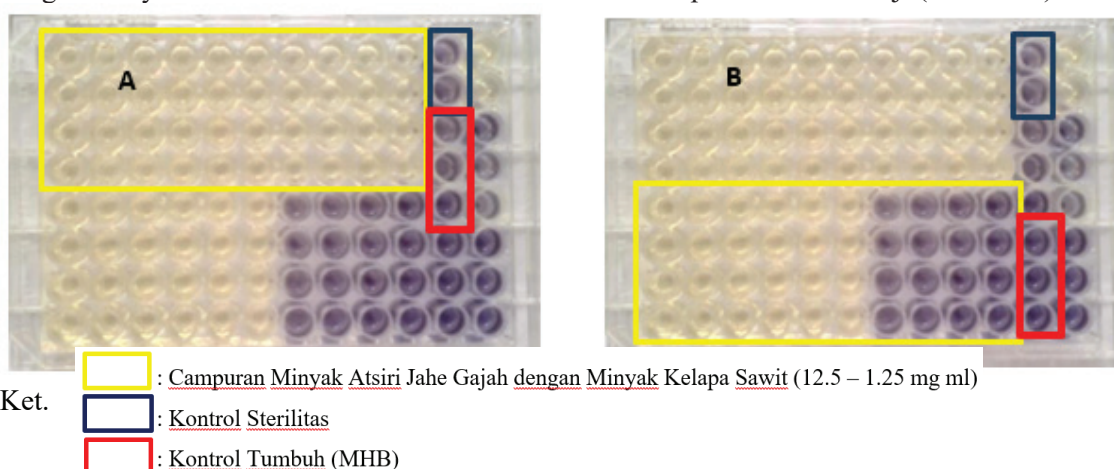
Sampel	KHM (mg/mL)	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>
Minyak Atsiri Jahe Gajah	6,25	12,50
Campuran Minyak Atsiri Jahe Gajah- Minyak Kedelai	6,25	7,50
Campuran Minyak Atsiri Jahe Gajah- Minyak Kelapa Murni	6,25	8,75
Campuran Minyak Atsiri Jahe Gajah- Minyak Kelapa Sawit	1,25	6,25
Kontrol Positif (Ofloxacin)	0,0014	0,00072

Berdasarkan Tabel 4, nilai KHM dari BGEO murni pada *Staphylococcus aureus* adalah 6.25 mg/mL dan 12.50 mg/mL pada *Escherichia coli*. Pada campuran biner dengan persentase (100%-0%) yang diujikan pada konsentrasi 12,50 mg/mL dari BGEO dengan perbandingan 100:0 (100%), menunjukkan aktivitas KHM terhadap bakteri penyebab infeksi luka (*Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*). Evaluasi aktivitas antibakteri BGEO yang dicampur dengan minyak nabati terhadap *S. aureus* menghasilkan nilai KHM sebesar 6,25 mg/mL dengan perbandingan campuran BGEO-SO dan BGEO-VCO sebesar 50:50 (50%). Sementara itu, minyak kelapa sawit memiliki nilai KHM 1,25 mg/mL dengan perbandingan campuran BGEO-PO 10:90 (10%), menunjukkan bahwa minyak kelapa sawit dapat meningkatkan potensi antibakteri BGEO dibandingkan dengan BGEO murni dengan perbandingan 50:50 (50%).

Pada *E. coli*, BGEO yang dicampur dengan minyak nabati memiliki nilai KHM

bervariasi. Pada perbandingan 60:40 (60%) dari campuran BGEO-SO, diperoleh nilai KHM sebesar 7,50 mg/mL. Untuk campuran BGEO-VCO, diperoleh nilai KHM sebesar 8,75 mg/mL dengan perbandingan 70:30 (70%). Nilai KHM sebesar 6,25 mg/mL diperoleh dari perbandingan 50:50 (50%) pada campuran BGEO-PO. Dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari BGEO murni, dapat disimpulkan bahwa pada *E. coli*, campuran minyak nabati dapat meningkatkan potensi antibakteri.

Campuran biner BGEO dengan minyak kedelai (SO) dan minyak kelapa murni (VCO) menunjukkan nilai KHM yang serupa dengan BGEO murni terhadap *Staphylococcus aureus*. Sementara itu, nilai KHM untuk semua campuran biner lebih rendah daripada BGEO murni terhadap *Escherichia coli*. Dapat disimpulkan bahwa campuran BGEO dengan minyak kelapa sawit (PO) meningkatkan aktivitas antibakteri terhadap kedua bakteri uji (Gambar 3).



Gambar 3. Aktivitas Antibakteri Campuran Minyak atsiri Jahe Gajah Murni dengan Minyak Kelapa Sawit Terhadap (A) *Staphylococcus aureus* (B) *Escherichia coli*

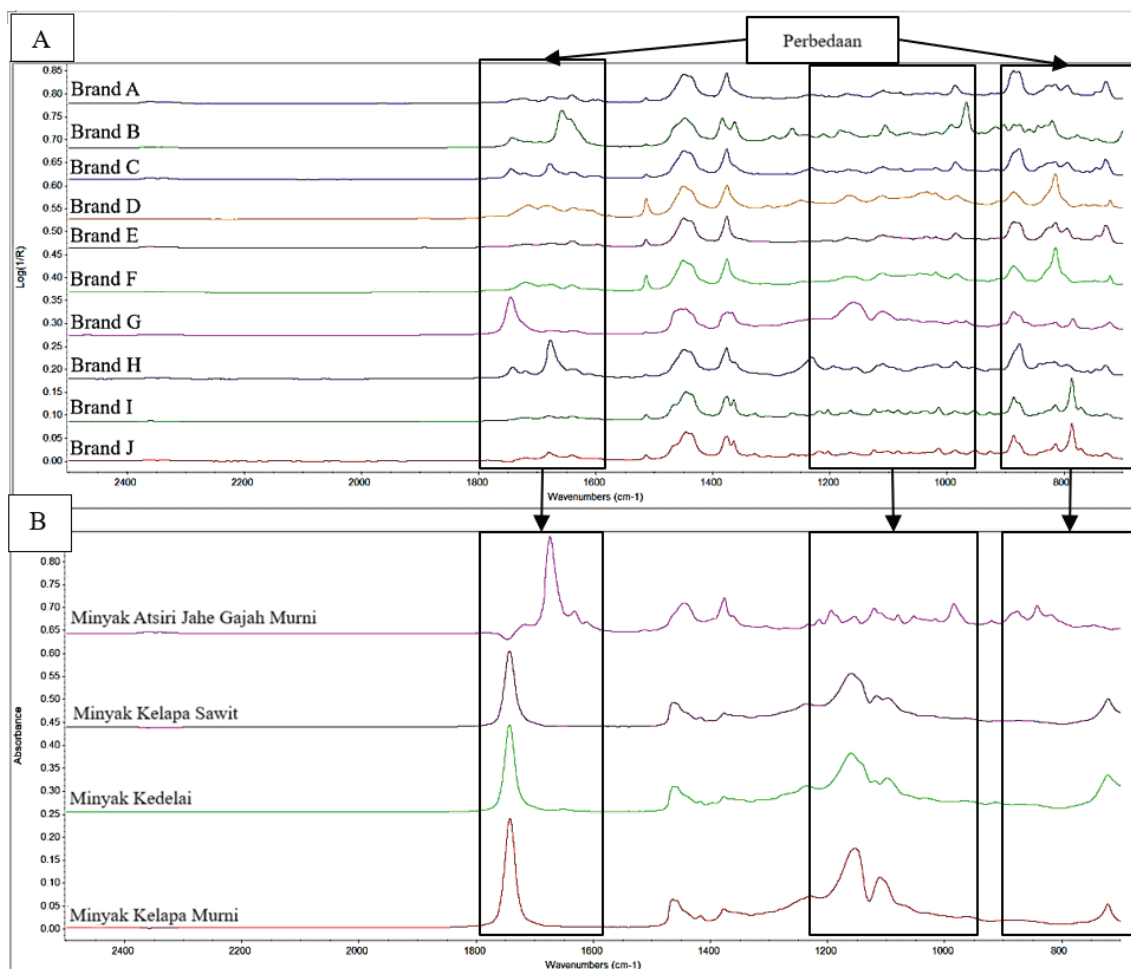
BGEO murni dan campuran BGEO-minyak nabati memiliki aktivitas antimikroba yang lebih tinggi terhadap bakteri gram-positif dibandingkan bakteri gram-negatif. Hal ini mungkin disebabkan oleh adanya ujung lipofilik asam lipoteichoic pada membran sel bakteri gram-positif, yang dapat memudahkan penetrasi minyak atsiri. Di sisi lain, membran luar bakteri gram-negatif mengandung lipopolisakarida (LPS) hidrofilik, yang membentuk penghalang terhadap makromolekul dan senyawa hidrofobik, sehingga bakteri gram-negatif memiliki toleransi yang lebih tinggi terhadap senyawa antimikroba hidrofobik yang terdapat dalam minyak atsiri⁽³²⁾.

Autentikasi Minyak Esensial Jahe Gajah Komersial Menggunakan Spektroskopi FTIR yang Dikombinasikan dengan Kemometrik

Spektrum FTIR dari BGEO murni dan Campuran BGEO dan minyak nabati ditunjukkan pada Gambar 4A dan 4B.

Pada Gambar 4A dan 4B, spektrum BGEO murni menunjukkan adanya perbedaan dengan minyak nabati dan BGEO komersial, di mana terdapat puncak pada 1674 cm^{-1} dan 1633 cm^{-1} yang menunjukkan adanya getaran regangan C=C, hal ini menandakan adanya senyawa terpenoid. Sebaliknya, puncak pada 1743 dan 1742 cm^{-1} menunjukkan adanya getaran karbonil C=O pada minyak nabati, yang merupakan ciri khas kelompok trigliserida⁽³³⁾. Selain itu, BGEO memiliki puncak pada 984 cm^{-1} , yang tidak ditemukan pada spektrum minyak nabati.

Spektrum FTIR diperoleh pada daerah mid-IR dengan rentang $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$. Sebagian besar puncak dan luasan spektrum disebabkan oleh adanya gugus-gugus fungsi, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 5.



Gambar 4. (A) Spektrum FTIR Minyak Jahe Komersial Brand A-J, (B) Spektrum FTIR Minyak Atsiri Jahe Gajah Murni, Minyak Kelapa Sawit, Minyak Kedelai, dan Minyak Kelapa Murni

Tabel 5. Daftar Bilangan Gelombang dan Gugus Fungsi yang terkait

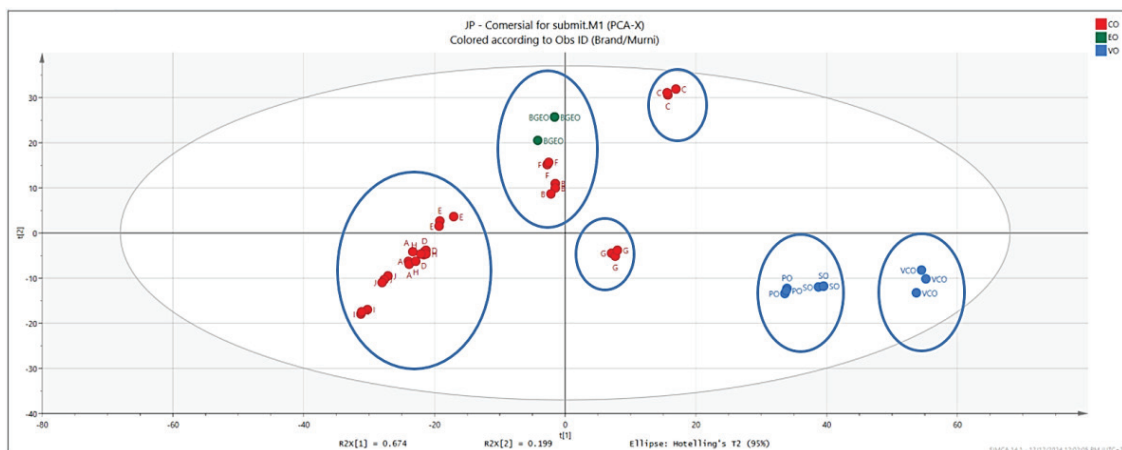
Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi
2965	C-H ulur asimetris metil (CH ₃)
2921, 2917 and 2853, 2852	C-H ulur asimetris dan simetris metilena (CH ₂)
1743 and 1742	Vibrasi ulur karbonil C=O
1674 and 1633	Vibrasi ulur karbonil C=C
1465, 1464, and 1463	Vibrasi lentur metilena (CH ₂)
1443, 1377 and 1376	Vibrasi tekuk metilena (CH ₂) dan metil (CH ₃)
1194, 1160, and 1154	Vibrasi ulur karbonil C-O (eter)
1120, 1116, and 1111	Vibrasi lentur eter (C-O)
984	Vibrasi bidang -HC=CH- (Trans)
842 and 721	Vibrasi bidang -HC=CH- (Cis)

Aktivitas antibakteri minyak atsiri dipengaruhi oleh komponen kimianya dan komposisi masing-masing senyawa yang terdapat di dalamnya. Komposisi, struktur, dan kelompok fungsional semuanya memainkan peran penting dalam menentukan efektivitas antimikroba sampel. Kelompok hidroksil meningkatkan aktivitas antimikroba, sementara hidrokarbon cenderung mengurangi aktivitas tersebut. Kelompok fungsional utama yang memengaruhi aktivitas antibakteri meliputi HC=CH, CH₂, CH₃, C-O, C=C, and C=O^(34,35,36). Sebuah studi sebelumnya melaporkan bahwa terpenoid yang teroksidasi, seperti alkohol terpen dan fenolik, memiliki aktivitas antibakteri yang lebih baik daripada konstituen lain, seperti karbonil⁽³⁷⁾.

Penambahan minyak nabati tidak mengurangi aktivitas antibakteri. Selain itu, keberadaan minyak nabati meningkatkan aktivitas antibakteri terhadap bakteri Gram Negatif. Komponen asam lemak dalam minyak nabati, terutama yang berantai panjang dengan 12–18 atom karbon, telah diketahui bertindak sebagai antimikroba⁽³⁸⁾.

Keberadaan minyak kelapa sawit dalam BGEO murni meningkatkan aktivitas antibakteri terhadap kedua bakteri tersebut. Diketahui bahwa minyak kelapa sawit kaya akan tokoferol, yang dapat menghambat *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Escherichia coli* melalui aksi lipofiliknya pada selubung sel. Sifat antibakteri minyak kelapa sawit terutama dikaitkan dengan efek osmotik, yang diaktifkan oleh tingkat pH rendah, konsentrasi gula tinggi, dan keberadaan hidrogen peroksida, komponen antibakteri utama⁽³⁹⁾.

Principal Component Analysis (PCA) dapat mengelompokkan BGEO komersial, minyak esensial jahe gajah murni (BGEO), dan minyak nabati dengan mengidentifikasi pola sidik jari tiap minyak. Skor plot PCA dibangun berdasarkan dua komponen utama (PC1 dan PC2), yang mewakili nilai variabel paling signifikan dan mencakup semua komponen. Dalam studi ini, PCA digunakan untuk membedakan sampel berdasarkan jenisnya dengan menganalisis spektrum FTIR dalam rentang 1500 hingga 700 cm⁻¹ (Gambar 5).



Gambar 5. Skor Plot PCA, CO: Minyak Jahe Komersial (Merah), VO: Minyak Sayur (Biru), EO: Minyak Atsiri Jahe Gajah Murni (Hijau)

Gambar 5 menampilkan skor plot yang dihasilkan dari PCA, di mana dua komponen utamapertamamenjelaskan 87,3% dari varians total, dengan PC1 berkontribusi sebesar 67,4% dan PC2 berkontribusi sebesar 19,9%. Nilai R^2 kumulatif adalah 0,997, dan nilai Q^2 kumulatif adalah 0,995. Hasil menunjukkan bahwa produk komersial (Merek A-B, D-F, H-J) dan BGE0 dikelompokkan dalam PC1. Sedangkan produk komersial (Merek C dan G) dan minyak nabati berada dalam PC2. Berdasarkan skor plot PCA, hanya dua minyak komersial (Merek F dan B) yang dikelompokkan dengan BGE0 murni, sementara satu BGE0 komersial (Merek G) diklasifikasikan sebagai minyak nabati. Merek-merek lainnya tidak dikategorikan sebagai minyak nabati atau BGE0 murni. Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh minyak yang berasal dari lokasi geografis yang berbeda dan diekstraksi menggunakan teknik yang beragam, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Spektrum FTIR dari setiap minyak nabati menunjukkan pola yang serupa, kecuali nilai absorbansi puncaknya, yang menunjukkan bahwa senyawa kimianya hampir sama dan hanya berbeda dalam konsentrasi. Minyak nabati seperti Minyak Kedelai (SO), Minyak Kelapa Murni (VCO), dan Minyak Sawit (PO) umumnya mengandung trigliserida, gliserol, dan beberapa jenis asam lemak lainnya. Di sisi lain, minyak atsiri umumnya mengandung terpen^(40,41). Spektroskopi FTIR dapat

digunakan untuk skrining awal dalam autentikasi minyak atsiri, karena FTIR tidak secara spesifik menunjukkan senyawa yang terkandung dalam minyak tersebut⁽⁴²⁾.

SIMPULAN

Pencampuran minyak atsiri jahe gajah dengan dua minyak nabati yaitu minyak kedelai dan minyak kelapa murni tidak mengurangi aktivitas antibakteri dari minyak atsiri jahe gajah. Sedangkan pencampurannya dengan minyak kelapa sawit meningkatkan aktivitas antibakteri minyak atsiri jahe gajah terhadap bakteri Gram-positif dan Gram-negatif. Sebagian besar minyak jahe gajah yang tersedia secara komersial tidak diklasifikasikan sebagai minyak jahe gajah murni dari Sumatera Barat, dan beberapa produk mungkin mengandung minyak nabati sebagai pelarut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Fakultas Farmasi, Universitas Andalas untuk pendanaan penelitian ini dibawah skema Dosen Muda (Asisten Ahli dan Lektor) dengan nomor kontrak No.16/UN.16.10D/PJ.01/2024

DAFTAR PUSTAKA

1. Bounaas K, Bouzidi N, Daghbouche Y, Garrigues S, de la Guardia M, El Hattab M. Essential oil counterfeit identification through middle infrared spectroscopy. *Microchem J* 2018;139:347–56. A

2. Syafri S, Jaswir I, Yusof F, Rohman A, Ahda M, Hamidi D. The use of instrumental technique and chemometrics for essential oil authentication: A review. *Results Chem* 2022;4:100622.
3. Anderson BJ, Wilz L, Peterson A. The Identification and Treatment of Common Skin Infections. *J Athl Train.* 2023;58(6):502–10.
4. Spurling G, Askew D, King D, Mitchell GK. Bacterial skin infections: An observational study. *Aust Fam Physician.* 2009;38(7):547–51.
5. Stulberg DL, Penrod MA, Blatny RA. Common bacterial skin infections. *Am Fam Physician.* 2002;66(1):119–24.
6. Orchard A, Vuuren S Van. Commercial Essential Oils as Potential Antimicrobials to Treat Skin Diseases : Review Article. *Evidence-Based Complement Altern Med Acne.* 2017;2017:92.
7. Mao QQ, Xu XY, Cao SY, Gan RY, Corke H, Beta T, et al. Bioactive compounds and bioactivities of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Foods.* 2019;8(6):1–21.
8. Lukita S, Winda Khosasi, Chandra Susanto, Florenly. The Antibacterial Effectiveness of Red Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) Essential Oil in Inhibiting The Growth of *Staphylococcus Aureus* and *Streptococcus Mutans*. *Biomed J Indones.* 2021;7(2):364–73.
9. Shahrajabian MH, Sun W, Cheng Q. Pharmacological Uses and Health Benefits of Ginger (*Zingiber officinale*) in Traditional Asian and Ancient Chinese Medicine , and Modern Practice. *Not Sci Biol.* 2019;11(3):309–19.
10. Paramita A, Wibowo I, Insanu M. A Study of Genus Zingiber: The Role of Condiments in Science. *Curr Res Biosci Biotechnol.* 2021;3(1):186–95.
11. Wang X, Shen Y, Thakur K, Han J, Zhang JG, Hu F, et al. Antibacterial Activity and Mechanism of Ginger Essential Oil against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Molecules.* 2020;25:3955.
12. Mara Teles A, Araujo dos Santos B, Gomes Ferreira C, nascimento Mouchreck A, Da Silva Calabrese K, Abreu-Silva AL, et al. Ginger (*Zingiber officinale*) Antimicrobial Potential: A Review. In: *Ginger Cultivation and Its Antimicrobial and Pharmacological Potentials Nowadays.*, IntechOpen; 2019. A
13. BPS Statistics Indonesia. A to Z CommoditiesST2023 West Sumatra Province-Ginger Production - News and Press Release - BPS-Statistics Indonesia SumateraBaratProvince.2023[cited2025 Oct 10]. Available from: <https://sumbar.bps.go.id/en/news/2023/10/16/201/a-to-z-commoditiesst2023-west-sumatra-province-ginger-production.html>
14. Shakeel A, Mushtaq A, Shakeel R. Risks Associated with Adulterated Essential Oils. *Int J Chem Biochem Sci.* 2023;24(4):117–31.
15. Syafri S, Jaswir I, Yusof F, Rohman A, Hamidi D. The Use of GC-MS and FTIR Spectroscopy couple with Multivariate Analysis for The Detection of Red Ginger Oil Adulteration. *Rasayan J Chem.* 2022;15(4):2231–6.
16. Do TKT, Hadji-Minaglou F, Antoniotti S, Fernandez X. Authenticity of essential oils. *TrAC - Trends Anal Chem .* 2015;66(October 2017):146–57.
17. Pokajewicz K, Lamaka D, Wieczorek PP, Bortkiewicz O, Paluch E. Lavender essential oil market integrity: A comprehensive study of commercial *Lavandula angustifolia* essential oils adulteration and assessment of industrial standards. *Ind Crops Prod .* 2024;222:119744.
18. Pierson M, Fernandez X, Antoniotti S. Type and magnitude of non-compliance and adulteration in neroli, mandarin and bergamot essential oils purchased on-line: potential consumer vulnerability. *Sci Rep.* 2021;11(1):1–10.
19. ISO. ISO 16928:2014 Essential oil of ginger [*Zingiber officinale* Roscoe]. Switzerland: International Organization for Standardization; 2014. p. 1–9.
20. Purwakusumah ED, Rafi M, Syafitri UD, Nurcholis W, Agung M, Adzkiya Z. Identification and Authentication of Jahe Merah Using Combination of FTIR Spectroscopy and Chemometrics. *J Agritech.* 2014;34(1):82–7.

21. Rohman A, Man YBC. Application of fourier transform infrared spectroscopy for authentication of functional food oils. *Appl Spectrosc Rev.* 2012;47(1):1–13.
22. Syafri S, Putri RS, Jaswir I, Yusof F, Alen Y, Syofyan S, et al. Analysis of Turmeric (*Curcuma Longa* Linn) Essential Oil From Different Growing Locations Using Ftir/Gc-Ms Spectroscopy Coupled To Chemometrics and Its Wound Healing Activities. *Int J Appl Pharm.* 2024;16(1):152–9.
23. Stanković N, Mihajilov-krstev T, Zlatković B, Kocić B, Čomić L. Antibacterial and Antioxidant Activity of Wild-Growing Angelica Species (Apiaceae) from Balkan Peninsula Against Human Pathogenic Bacteria. *J Essent Oil Res.* 2020;00(00):1–10.
24. Appiah T, Boakye YD, Agyare C. Antimicrobial Activities and Time-Kill Kinetics of Extracts of Selected Ghanaian Mushrooms. *Evidence-based Complement Altern Med.* 2017;2017.
25. Kementerian Kesehatan RI. Indonesia Pharmacopeia. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI; 2017. 307–310 p.
26. BSN. SNI 1312;2021 Minyak atsiri jahe [*Zingiber officinale* Roscoe]. Jakarta: Badan Standar Nasional; 2021. p. 1–12.
27. Sutrisno, Abiq MA. Essential Oil of Elephant Ginger (*Zingiber officinale* R.), Antioxidant and Sunscreen Activity and Its Formulation Tests as Sunscreen Cream. *Malaysian J Chem.* 2023;25(5):239–50.
28. Juliarti A, Wijayanto N, Mansur I, Trikoesoemaningtyas. Citronella (*Cymbopogon nardus* L.) Oil Yield Analysis Planted with Agroforestry and Monoculture Patterns on Post-Coal Mining Revegetation Land. *J Sylva Lestari.* 2020;8(2):181–8.
29. Wibowo DP, Mariani R, Hasanah SU, Aulifa DL. Chemical Constituents, Antibacterial Activity and Mode of Action of Elephant Ginger (*Zingiber officinale* var. *Officinale*) and Emprit Ginger Rhizome (*Zingiber officinale* var. *Amarum*) Essential Oils. *Pharmacogn J.* 2020;12(2):404–9.
30. Kawiji K, Khasanah LU, Pramani CA. The Effect Of Distillation Time And Raw Material Pretreatment On Physicochemical Characteristic Of Lemongrass Oil (*Cymbopogon citratus*). *J Teknol Has Pertan.* 2010;3(1):59.
31. Kamazeri TSAT, Samah OA, Taher M, Susanti D, Qaralleh H. Antimicrobial activity and essential oils of *Curcuma aeruginosa*, *Curcuma mangga*, and *Zingiber cassumunar* from Malaysia. *Asian Pac J Trop Med.* 2012;5(3):202–9.
32. Tongnuanchan P, Benjakul S. Essential Oils: Extraction, Bioactivities, and Their Uses for Food Preservation. *J Food Sci.* 2014;79(7):1231–49.
33. Ahmed EF, Rasmi AH, Darwish AMA, Gad GFM. Prevalence and resistance profile of bacteria isolated from wound infections among a group of patients in upper Egypt: a descriptive cross-sectional study. Vol. 16, *BMC Research Notes.* 2023.
34. Guimarães AC, Meireles LM, Lemos MF, Guimarães MCC, Endringer DC, Fronza M, et al. Antibacterial activity of terpenes and terpenoids present in essential oils. *Molecules.* 2019;24(13):1–12.
35. Koziol A, Stryjewska A, Librowski T, Salat K, Gawel M, Moniczewski A, et al. An Overview of the Pharmacological Properties and Potential Applications of Natural Monoterpenes. *Mini-Reviews Med Chem.* 2014;14(14):1156–68.
36. Abreu VGC, Takahashi JA, Duarte LP, Piló-Veloso D, Junior PAS, Alves RO, et al. Evaluation of the bactericidal and trypanocidal activities of triterpenes isolated from the leaves, stems, and flowers of *Lychnophora pinaster*. *Rev Bras Farmacogn.* 2011;21(4):615–21.
37. Zengin H, Baysal AH. Antibacterial and antioxidant activity of essential oil terpenes against pathogenic and spoilage-forming bacteria and cell structure-activity relationships evaluated by SEM microscopy. *Molecules.* 2014;19(11):17773–98.
38. Petropoulos SA, Fernandes Â, Calhella RC, Roupheal Y, Petrović J, Soković M, et al. Antimicrobial properties, cytotoxic effects, and fatty acids composition of vegetable oils from purslane, linseed, luffa, and pumpkin seeds. *Appl Sci.* 2021;11(12).

39. Andrade JC, Morais-Braga MFB, Guedes GMM, Tintino SR, Freitas MA, Menezes IRA, et al. Enhancement of the antibiotic activity of aminoglycosides by alpha-tocopherol and other cholesterol derivatives. *Biomed Pharmacother.* 2014;68(8):1065–9.
40. Rohman A, Ghazali MAB, Windarsih A, Irnawati, Riyanto S, Yusof FM, et al. Comprehensive Review on Application of FTIR Spectroscopy Coupled with Chemometrics for. *Molecules.* 2020;25(5485):1–28.
41. Suksma NA, Utarti E, Arimurti S. Growth Pattern and Degradation Activity of Caffeine-degrading Bacteria Consortium. *J Ilmu Dasar.* 2024;25(1):59–66.
42. Monte J, Abreu AC, Borges A, Simões LC, Simões M. Antimicrobial Activity of Selected Phytochemicals against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* and Their Biofilms. 2014;473–98.