

BAB I

PENDAHULUAN UMUM

1.1 Latar Belakang

Ocimum americanum L., dikenal sebagai kemangi di Indonesia dan basil Afrika di beberapa negara lain, merupakan tanaman aromatik anggota famili Lamiaceae yang tumbuh luas di daerah tropis dan subtropis Asia, Afrika, hingga Amerika (Mulugeta et al., 2024; Telci et al., 2006). Di Sulawesi, tanaman ini dikenal dengan nama kamangi (Makassar) atau camangi (Bugis), dan telah lama dimanfaatkan baik sebagai lalapan maupun sebagai obat tradisional untuk mengatasi demam, sakit kepala, gangguan pencernaan, sesak napas, diare, serta penyakit infeksi ringan (Calín-Sánchez et al., 2012; Chaachouay & Zidane, 2024; Luanda et al., 2023). Selain itu, minyak atsirinya juga digunakan sebagai bahan baku industri kosmetik, parfum, sabun, serta produk pangan. Etnofarmakologis, genus *Ocimum* dikenal luas memiliki beragam aktivitas biologis, termasuk antioksidan, antimikroba, antikanker, antidiabetik, antispasmodik, hingga antifertilitas (Sharafati-Chaleshtori et al., 2014; Tamil Selvi et al., 2015; Trevisan MTS, 2006).

Minyak atsiri *O. americanum* dihasilkan oleh trikoma glanduler dan kaya akan senyawa terpenoid volatil seperti sitral (geranial dan neral), linalool, kariofilen, serta α -bisabolen (H. M. Ali et al., 2021; E et al., 2020; Zengin et al., 2019). Kandungan ini terbukti berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan, antibakteri, dan sitotoksik yang signifikan (Ramaiah et al., 2019). Namun demikian, kualitas dan kuantitas minyak atsiri dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik endogen (genotipe, umur tanaman, morfologi daun) maupun eksogen (iklim, ketinggian, tanah, dan lingkungan tumbuh) (Mugao, 2024). Faktor teknis budidaya dan pascapanen seperti umur panen, waktu panen, pengeringan, hingga durasi distilasi juga berperan penting dalam menentukan komposisi kimia dan bioaktivitas minyak atsiri (Mallavarapu et al., 1999; May et al., 2010; Telci et al., 2006).

Pada beberapa spesies Lamiaceae seperti oregano, rosemary, basil, dan sage, umur tanaman terbukti memengaruhi akumulasi metabolit sekunder dan aktivitas biologisnya (Gossa, 2024; Ryu et al., 2023). Demikian pula, waktu panen harian berhubungan erat dengan ritme fisiologis tanaman, yang memengaruhi variasi senyawa volatile, misalnya thyme menghasilkan thymol tertinggi pada panen pagi (Kaya et al., 2013), sedangkan sage lebih optimal saat sore hari (Hazrati et al., 2020). Faktor pascapanen, terutama pengeringan, juga kritis karena panas dan paparan udara dapat memicu degradasi maupun transformasi senyawa volatil sehingga mengubah potensi bioaktivitas, khususnya antioksidan (Mieso et al., 2022; Ray et al., 2022).

Tahap awal penelitian dilakukan untuk membandingkan efektivitas minyak atsiri dari daun segar dan daun yang telah dikeringkan terhadap komposisi kimia,

kapasitas antioksidan, aktivitas sitotoksik dan aktivitas antimikroba. Selanjutnya, penelitian difokuskan pada sampel daun kering untuk mengevaluasi lebih jauh pengaruh umur tanaman dan waktu panen terhadap komposisi kimia, kapasitas antioksidan, aktivitas sitotoksik dan aktivitas antibakterinya. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi signifikan bagi pengembangan strategi panen dan pengolahan pascapanen minyak atsiri agar diperoleh kualitas optimal untuk aplikasi industri.

1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana perbandingan komposisi kimia, kapasitas antioksidan, aktivitas sitotoksik dan antimikroba minyak atsiri daun *O. americanum* L. segar dan kering.
- b. Bagaimana pengaruh umur tanaman (30, 45, 60 hari setelah tanam/HST) terhadap komposisi kimia, kapasitas antioksidan, aktivitas sitotoksik dan antimikroba minyak atsiri daun *O. americanum* L.
- c. Bagaimana pengaruh waktu panen (pagi, siang dan sore) terhadap komposisi kimia, kapasitas antioksidan, aktivitas sitotoksik dan antimikroba minyak atsiri dari daun *O. americanum* L.

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Untuk membandingkan komposisi kimia, kapasitas antioksidan, aktivitas sitotoksik dan antimikroba minyak atsiri daun *O. americanum* L. segar dan kering.
- b. Untuk mengevaluasi pengaruh umur tanaman (30, 45, 60 HST) terhadap komposisi kimia, kapasitas antioksidan, aktivitas sitotoksik dan antimikroba minyak atsiri daun *O. americanum* L.
- c. Untuk mengevaluasi pengaruh waktu panen (Pagi, siang dan sore) terhadap komposisi kimia, kapasitas antioksidan, aktivitas sitotoksik dan antimikroba minyak atsiri daun *O. americanum* L.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi ilmiah terkait hubungan antara faktor prapanen (umur tanaman dan waktu panen) serta faktor pascapanen (pengeringan) terhadap variasi komposisi kimia minyak atsiri daun *Ocimum americanum* L. Selain itu, memperkuat pemahaman mengenai keterkaitan perubahan kandungan metabolit sekunder dengan aktivitas biologis (antioksidan, antibakteri, dan sitotoksik), sehingga memperluas basis pengetahuan dalam bidang kimia bahan alam, etnofarmakologi, dan bioteknologi tanaman aromatik. Serta menyediakan data ilmiah sebagai dasar pengembangan strategi optimasi budidaya dan pascapanen untuk menghasilkan minyak atsiri dengan aktivitas biologis maksimal.

1.5 Ruang Lingkup

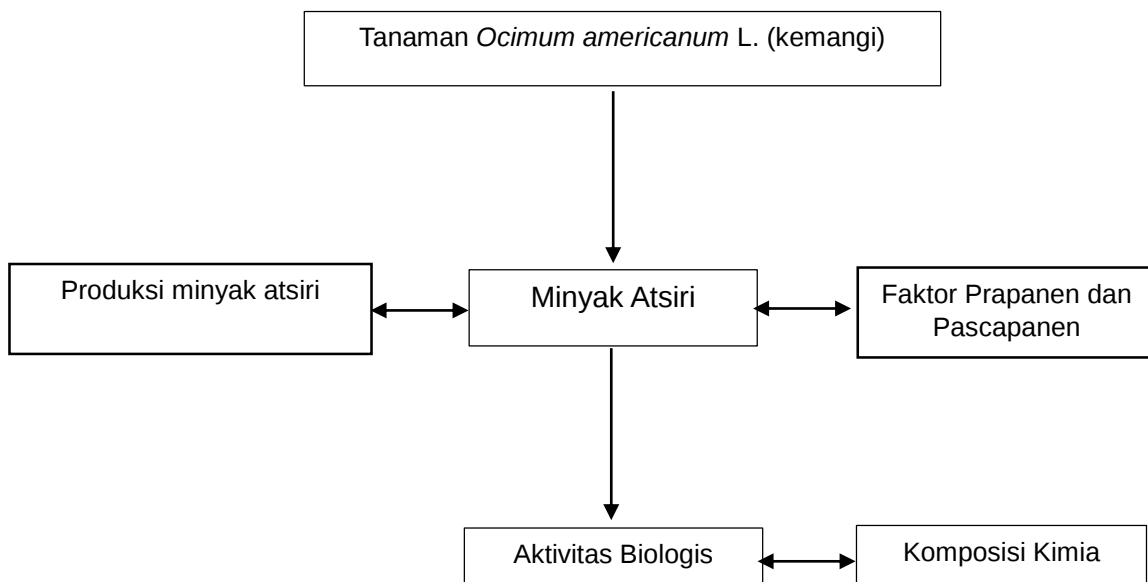
Ruang lingkup penelitian ini adalah Minyak atsiri daun *O. americanum* L., hasil destilasi uap air, perbandingan daun segar dan daun kering, pengaruh umur tanaman dan waktu panen, Uji komposisi kimia (GC-MS), uji aktivitas biologis.

1.6 Kebaruan Penelitian

Kebaruan penelitian ini adalah :

- Penyusunan kajian komprehensif yang mengintegrasikan pengaruh umur tanaman, waktu panen, dan proses pengeringan terhadap komposisi kimia serta aktivitas antioksidan, antimikroba, dan sitotoksik minyak atsiri *Ocimum americanum* L.
- Pemetaan perubahan dominasi senyawa utama berdasarkan umur tanaman, waktu panen, dan kondisi bahan (segar/kering), serta pengungkapan hubungan baru antara profil senyawa tersebut dengan aktivitas antioksidan, antimikroba, dan sitotoksik.
- Perumusan strategi panen dan pengolahan pascapanen yang berpotensi meningkatkan nilai tambah kemangi sebagai sumber bahan baku minyak atsiri.

1.7 Kerangka teori



BAB II

ANALISIS KOMPOSISI KIMIA DAN AKTIVITAS BIOLOGIS MINYAK ATSIRI DARI DAUN *Ocimum americanum* L. SEGAR DAN KERING

2.1 Abstrak

Latar belakang. *Ocimum americanum* merupakan tanaman aromatik tropis yang berasal dari Asia Tenggara dan Afrika, yang banyak digunakan dalam pengobatan tradisional. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh pengeringan pascapanen terhadap komposisi kimia dan bioaktivitas minyak atsiri daun *O. americanum*. **Metode.** Minyak atsiri diekstraksi melalui distilasi uap air dan dianalisis menggunakan Kromatografi Gas–Spektrometri Massa. Kapasitas antioksidan dinilai dengan uji DPPH, CUPRAC, dan FRAP. Sitotoksitas terhadap sel kanker payudara MCF-7 ditentukan menggunakan uji MTT, sementara aktivitas antimikroba diukur menggunakan metode difusi agar. **Hasil.** Analisis GC–MS menunjukkan bahwa senyawa dominan dalam minyak atsiri daun segar adalah geranial, neral, geraniol, dan nerol. Sementara itu, minyak atsiri dari daun kering didominasi oleh geranial, neral, linalool, serta metil ester asam trans-13-oktadekenoat. Uji aktivitas antioksidan memperlihatkan bahwa minyak atsiri daun segar memiliki kapasitas antioksidan tertinggi pada uji DPPH ($38,08 \pm 2,17$ mg TE/g). Sebaliknya, minyak atsiri daun kering menunjukkan kapasitas antioksidan yang lebih tinggi pada uji CUPRAC ($278,23 \pm 1,78$ mg TE/g) dan FRAP ($15,59 \pm 0,06$ mg TE/g). Kedua jenis minyak atsiri menunjukkan aktivitas sitotoksik terhadap sel kanker payudara MCF-7, namun minyak atsiri daun kering memiliki aktivitas sitotoksik yang lebih kuat ($IC_{50} = 22,91$ μ g/mL) dibandingkan minyak atsiri daun segar ($IC_{50} = 30,23$ μ g/mL). Pada uji antimikroba, minyak atsiri daun segar cenderung lebih efektif menghambat pertumbuhan *Bacillus subtilis* ($8,67 \pm 1,15$ mm), *Pseudomonas aeruginosa* ($9,67 \pm 0,29$ mm) dan *Candida albicans* ($8,75 \pm 0,29$ mm), sebaliknya, minyak atsiri daun kering menunjukkan aktivitas relatif lebih kuat terhadap *Staphylococcus aureus* ($9,67 \pm 0,58$ mm) dan *Escherichia coli* ($9,67 \pm 0,58$ mm). **Kesimpulan.** Temuan ini mengindikasikan bahwa proses pengeringan secara signifikan mengubah komposisi minyak atsiri serta memodulasi aktivitas biologisnya. Dengan demikian, optimalisasi pengolahan pascapanen dapat meningkatkan nilai terapeutik sekaligus daya saing pasar *O. americanum*.

Kata kunci: *Ocimum americanum*, kapasitas antioksidan, aktivitas antimikroba, pengaruh pengeringan, minyak atsiri, sitotoksik MCF-7

2.2 Pendahuluan

Ocimum americanum L. (kemangi) merupakan tanaman aromatik bernilai ekonomi dari famili Lamiaceae. Tanaman ini banyak dibudidayakan di daerah tropis dan subtropis Afrika, Asia, dan Amerika (Mulugeta et al., 2024). Di Indonesia, khususnya di Sulawesi, tanaman ini dikenal secara lokal sebagai *kamangi* dalam bahasa Makassar dan *camangi* dalam bahasa Bugis. Secara tradisional, daun kemangi dikonsumsi sebagai sayuran sekaligus dimanfaatkan sebagai obat untuk mengatasi berbagai keluhan kesehatan, seperti demam, sakit kepala, gangguan pencernaan, sesak napas, dan diare (H. Ali et al., 2022;

Chaachouay & Zidane, 2024; Luanda et al., 2023). Pengetahuan tradisional ini menegaskan arti penting tanaman tersebut, baik secara budaya maupun ekonomi, serta berkontribusi pada praktik pengobatan komplementer dan ketahanan pangan lokal.

Tanaman dari genus *Ocimum* dikenal luas memiliki kemampuan mensintesis berbagai senyawa volatil melalui trikoma kelenjar khusus yang tersebar di permukaan daun dan batangnya. Senyawa volatil tersebut tidak hanya memberikan aroma khas pada spesies *Ocimum*, tetapi juga berperan dalam berbagai aktivitas farmakologis, termasuk antibakteri, antijamur, antikanker, antiinflamasi, dan antioksidan (Azizah et al., 2023; Frezza, 2019; Stanojevic et al., 2017). Dari sudut pandang kemotaksonomi, minyak atsiri berfungsi sebagai penanda biokimia yang berharga untuk membedakan variasi antarspesies maupun intraspesies dalam famili Lamiaceae (Vieira & Simon, 2006).

Komposisi dan efektivitas biologis minyak atsiri dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara faktor intrinsik dan ekstrinsik. Faktor intrinsik meliputi keragaman genetik, kemotipe tanaman, dan tahap perkembangan, yang menentukan jalur biosintesis dalam produksi senyawa volatile. Faktor ekstrinsik mencakup kondisi ekologi dan lingkungan, seperti asal geografis, ketinggian tempat, kesuburan tanah, curah hujan, serta variasi musiman yang berpengaruh nyata terhadap kuantitas dan kualitas minyak atsiri (S. Mann & E. Kaufman, 2012; Zahran et al., 2020; Bernhardt et al., 2015; Dhifi et al., 2016). Selain itu, penanganan pascapanen—termasuk pengeringan, penyimpanan, dan metode ekstraksi—berperan penting dalam menjaga stabilitas senyawa volatil. Di antara faktor tersebut, pengeringan memiliki peran yang sangat menentukan karena paparan panas, cahaya, dan oksigen dapat memicu degradasi, oksidasi, atau isomerisasi senyawa yang sensitif, sehingga mengubah profil kimia sekaligus memodifikasi bioaktivitas, misalnya potensi antioksidan atau antibakterinya (Arpiwi, 2023; Mieso et al., 2022; Ray et al., 2022). Dengan demikian, spesies tanaman yang sama dapat menghasilkan profil minyak atsiri yang sangat berbeda tergantung pada kondisi pertumbuhan dan cara pengolahan bahan tanaman.

Beberapa penelitian terdahulu telah mendokumentasikan fitokimia dan aktivitas biologis minyak atsiri *O. americanum*, dengan mengidentifikasi sitral, linalool, geraniol, serta terpenoid lain sebagai senyawa dominan yang memiliki aktivitas farmakologis menjanjikan (Mahendran & Vimolmangkang, 2023; Pandey et al., 2014; Parida et al., 2014). Namun, kajian komparatif antara daun segar dan daun kering masih terbatas. Sebagian besar penelitian menitikberatkan pada minyak atsiri dari daun segar, yang dianggap lebih mampu mempertahankan senyawa terpen volatil, tetapi kurang praktis karena mudah rusak dan sulit disimpan lama. Sebaliknya, bahan kering lebih mudah disimpan dan ditransportasikan, meskipun sering diasumsikan mengalami penurunan mutu. Bukti terbaru menunjukkan bahwa proses pengeringan tidak hanya dapat mempertahankan, tetapi dalam beberapa kasus justru meningkatkan bioaktivitas tertentu, kemungkinan akibat transformasi molekul tidak stabil menjadi turunan

yang lebih stabil dengan sifat farmakologis baru (Altay et al., 2024). Kesenjangan pengetahuan ini menegaskan perlunya kajian sistematis untuk mengevaluasi bagaimana pengeringan memengaruhi keseimbangan antara integritas kimia, efektivitas biologis, dan kepraktisan penggunaan minyak atsiri.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi komposisi kimia dan bioaktivitas minyak atsiri dari daun segar dan daun kering *O. americanum*. Minyak atsiri diperoleh melalui destilasi uap air dan dianalisis menggunakan kromatografi gas–spektrometri massa (GC–MS). Kapasitas antioksidan dievaluasi menggunakan uji penangkapan radikal DPPH, kapasitas antioksidan pereduksi ion kupri (CUPRAC), dan daya antioksidan pereduksi ferri (FRAP). Aktivitas sitotoksik diuji terhadap sel kanker payudara MCF-7 dengan metode MTT, sedangkan aktivitas antimikroba dievaluasi terhadap bakteri Gram positif dan Gram negatif terpilih, serta terhadap jamur. Hasil penelitian ini memberikan wawasan penting untuk strategi pascapanen yang optimal, mendukung pengembangan pangan fungsional, nutrasetikal *O. americanum*.

2.3 Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium yang bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh pengeringan pascapanen terhadap komposisi kimia dan bioaktivitas minyak atsiri daun *O. americanum*.

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Biologi Farmasi FKIK UIN Alauddin Makassar, Laboratorium Kimia FST UIN Alauddin Makassar, dan Pusat Penelitian Kedokteran Universitas Hasanuddin (HUMRC).

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium foil, botol vial, botol coklat, cawan porselin, erlenmeyer, gelas kimia, gelas ukur, GC-MS, mikropipet, oven, seperangkat alat destilasi uap air, spektrofotometri UV-Vis, termometer, timbangan analitik dan vortex.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Daun *Ocimum americanum* L., amonium asetat ($\text{NH}_4\text{CH}_3\text{CO}_2$) (Merck), aquadest (H_2O) (One Lab), asam asetat P(Merck), asam klorida P(Merck), besi (III) klorida (FeCl_3) (Merck), etanol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) (Merck), folin-ciocalteu (Merck), metanol (CH_3OH) (Merck), natrium hidroksida (NaOH) (Pudak), natrium asetat ($\text{C}_2\text{H}_3\text{NaO}_2$) (Merck), neocuproine ($\text{C}_{14}\text{H}_{12}\text{N}_2$) (Sigma), tembaga (II) klorida (CuCl_2) (Pudak), troloks (vitamin E) ($\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{O}_4$), 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH), 2,4,6-Tri-(2-Pyridyl)-5-Triazine (TPTZ) (Sigma), medium Dulbecco's modified eagle medium (DMEM), fetal bovine serum (FBS), penicillin-streptomycin 10000 U/mL, trypsin-EDTA 0.25%, sodium dodecyl sulfate, amphotericin B, 3-(4,5-dimethylthiazole-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide (MTT)

2.3.1 Penyiapan Sampel

Pembuatan simplisia. Seluruh daun kemangi yang tidak menguning dikumpulkan dari tanaman yang diambil di Kecamatan Barombong Kabupaten Gowa (119°23'58.5" BT dan 5°15'53.2" LS). Bahan bagian tanaman

didokumentasikan dalam bentuk foto dan dikirim ke Herbarium Bandungense di Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, ITB, untuk identifikasi tanaman. Daun kemangi secara resmi diidentifikasi dan diverifikasi sebagai *Ocimum americanum* L., anggota famili Lamiaceae. Proses autentikasi didokumentasikan dalam dokumen no. 7587/IT1.C11.2/TA.00/2024.

Pembuatan minyak atsiri daun *Ocimum americanum*. Daun segar dicuci, dicacah, kemudian langsung didestilasi menggunakan metode destilasi uap air. Untuk sampel daun kering, daun terlebih dahulu dikeringkan dalam oven pada suhu 40°C hingga mencapai kondisi kering merata, lalu dicacah sebelum proses destilasi. Setiap sampel, baik daun segar maupun daun kering, ditimbang sebanyak 75 g dan didestilasi dalam 600 mL air suling selama 3 jam menggunakan alat destilasi uap air. Minyak atsiri yang dihasilkan selanjutnya dikumpulkan dan disimpan dalam botol kedap udara.

2.3.2 Analisis GC-MS

Pengujian GC-MS dilakukan di Laboratorium Kimia Analisis UIN Alauddin Makassar. Sebanyak 0,2 mL sampel minyak atsiri dilarutkan dalam 1,0 mL n-heksana di dalam vial GC, kemudian divorteks hingga homogen. Selanjutnya, sebanyak 1 µL larutan sampel diinjeksikan ke sistem kromatografi gas.

Parameter instrumen yang digunakan meliputi suhu transfer line MS 250°C, suhu sumber ion 200°C, dan suhu injektor 250°C. Program suhu oven dijalankan dengan mode ramped temperature. Kondisi injeksi menggunakan mode split dengan split flow 56 mL/menit dan rasio split 40. Laju alir total ditetapkan 25 mL/menit, laju alir kolom 0,51 mL/menit, akselerasi linier 26 cm/detik², serta laju alir pembersih (purge flow) 5 mL/menit. Selain itu, digunakan gas saver flow 20 mL/menit dengan gas saver time 2 menit. Pemisahan dilakukan menggunakan kolom TraceGold TG-5 (panjang 30 m; diameter dalam 0,25 mm). Deteksi massa dioperasikan dengan ionisasi tumbukan elektron (electron impact/EI) pada energi 70 eV.

2.3.3 Uji Kapasitas Antioksidan

Kapasitas antioksidan ditentukan dengan menggunakan metode radical scavenging capacity (RSC) metode DPPH, Cupric ion reducing antioxidant capacity (CUPRAC) dan ferric reducing antioxidant power (FRAP). RSC, CUPRAC dan FRAP mengukur kapasitas reaksi redoks ekstrak yang setara dengan asam askorbat dan Trolox. Ascorbic acid and Trolox digunakan sebagai standar

Untuk pengujian RSC metode DPPH, disiapkan larutan reagen DPPH 0,1 mM dalam metanol. Larutan sampel minyak atsiri konsentrasi 1000 µg/mL diambil sebanyak 500 µL, kemudian ditambahkan 1000 µL metanol dan 2000 µL larutan DPPH. Campuran diinkubasi selama 30 menit dalam kondisi gelap, lalu absorbansinya diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm. Untuk pengujian CUPRAC dan FRAP, masing-masing larutan

sampel konsentrasi 1000 mg/L diambil sebanyak 200 μ L, ditambahkan 800 μ L metanol, serta 3000 μ L reagen CUPRAC (untuk CUPRAC) atau reagen FRAP (untuk FRAP). Setelah diinkubasi selama 30 menit, absorbansi diukur pada panjang gelombang 450 nm (CUPRAC) dan 595 nm (FRAP).

Kapasitas antioksidan ditentukan berdasarkan kurva standar Trolox. Setiap pengujian dilakukan dalam tiga ulangan ($n = 3$), dan hasil dinyatakan sebagai mg ekuivalen Trolox (TE) per gram minyak atsiri. (Apak et al., 2008; Irawan et al., 2022; Kicel & Olszewska, 2015; Paula et al., 2023; Wu et al., 2023).

2.3.4 Uji Aktivitas sitotoksik

Kultur sel. Kultur sel MCF-7 diperoleh dari Pusat Penelitian Kedokteran Universitas Hasanuddin (HUMRC). Sel-sel tersebut dikultur dalam DMEM dengan 0,5% amfoterisin B, 10% FBS, dan 1% Pen-Strep pada suhu 37°C dalam inkubator CO₂ (5% CO₂ - 95% udara pelembap).

Uji Viabilitas Sel. Sitotoksitas minyak atsiri dilakukan terhadap sel kanker payudara MCF-7 menggunakan uji MTT mengikuti Tanumihardja et al., (2020) dengan sedikit modifikasi. Sel (1×10^5 sel/mL) dimasukkan ke dalam sumur pelat 96 dan diinkubasi selama 24 jam, kemudian diberi perlakuan minyak atsiri dengan berbagai konsentrasi (1–1000 μ g/mL) atau DMEM (kontrol). Setelah 24 jam, MTT (0,5 mg/mL) ditambahkan dan diinkubasi selama 4 jam, diikuti dengan SDS 10% untuk menghentikan reaksi. Absorbansi dibaca pada 595 nm, dan viabilitas sel dinyatakan sebagai % inhibisi:

$$\text{Inhibisi (\%)} = \frac{\text{OD kontrol} - \text{OD sampel}}{\text{OD kontrol}} \times 100\%$$

Konsentrasi inhibisi (IC₅₀) digambarkan pada sumbu x dan sumbu y untuk menyelaraskan data dengan regresi linier.

2.3.5 Uji Aktivitas Antimikroba

Metode difusi agar diterapkan terhadap *Escherichia coli* (FNCC 0091), *Bacillus subtilis* (ATCC 6633), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Pseudomona aeruginosa* (ATCC 9027), *Candida albicans*, dan *Aspergillus niger* (ATCC 16404). Larutan Minyak atsiri (200 μ g/mL) diaplikasikan pada kertas cakram steril (6 mm) dan ditempatkan pada pelat agar yang telah diinokulasi. Klindamisin (bakteri) dan nistatin (jamur) berfungsi sebagai kontrol positif; DMSO berfungsi sebagai kontrol negatif. Zona hambat, termasuk diameter cakram, diukur setelah inkubasi. Semua pengujian dilakukan dalam rangkap tiga.

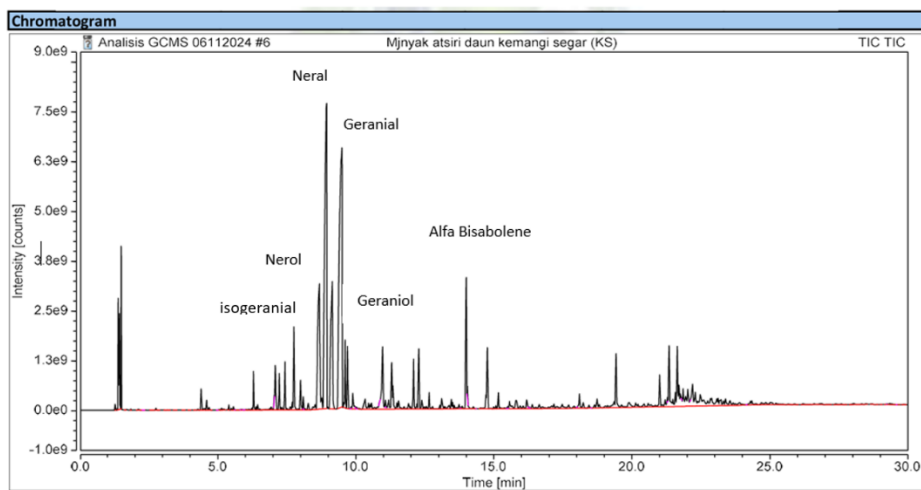
2.3.6 Analisis Statistik

Data dinyatakan sebagai rerata $\pm$ simpangan baku (SD). ANOVA satu arah digunakan untuk membandingkan rerata, dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$. Analisis statistik dilakukan menggunakan IBM SPSS Statistics versi 25.

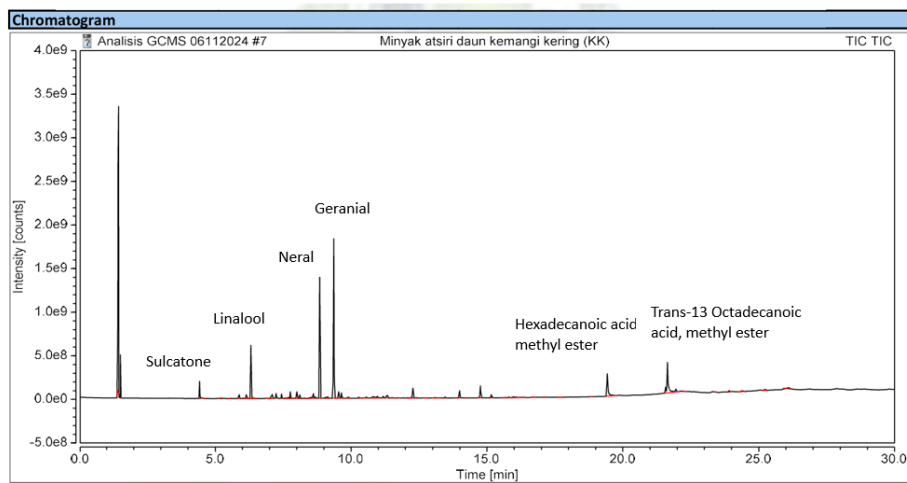
2.4 Hasil dan Pembahasan

2.4.1 Identifikasi Komposisi Kimia dari Minyak Atsiri Daun *Ocimum americanum*

Komposisi kimia minyak atsiri diidentifikasi menggunakan GC-MS. Kromatogram yang dihasilkan (Gambar 1) selanjutnya spektrum massa yang dihasilkan dicocokkan dengan pustaka NIST dan mainlib (Lampiran). Hasil identifikasi dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan lampiran 2.1



(a)



(b)

Gambar 2.1 Kromatogram Minyak atsiri daun segar (a) dan daun kering (b) *Ocimum americanum* L.

Tabel 2.1 Identifikasi komponen kimia minyak atsiri daun segar dan daun kering kemangi *Ocimum americanum* L. menggunakan GC-MS

No.	Senyawa	Minyak atsiri daun kering			Minyak atsiri daun segar		
		RT	SI	Relative Area (%)	RT	SI	Relative Area (%)
1	Sulcatone	4.428	927	1.51	4.398	932	0.31
2	Linalool	6.316	954	5.27	6.296	961	0.65
3	Exo-Isocitral	7.098	852	0.48	7.085	910	1.02
4	Isoneral	7.445	874	0.45	7.435	942	0.87
5	Isogeranial	7.761	882	0.74	7.758	950	1.91
6	Nerol (cis-geraniol)	8.612	900	0.63	8.615	948	6.38
7	Neral	8.846	882	13.65	8.884	875	17.25
8	Geraniol	9.057	809	0.16	9.125	955	6.19
9	E-Citral (geranial)	9.363	930	18.30	9.428	924	18.77
10	Epoxy-linalooloxide	9.649	801	1.65	9.697	795	2.18
11	trans- α -Bergamotene	12.278	932	1.19	12.282	949	1.16
12	α -Bisabolene	13.989	880	0.91	13.999	940	2.90
13	Caryophyllene oxide	14.757	934	1.64	14.761	923	1.46
14	Hexadecanoic acid, methyl ester	19.427	920	4.54	19.424	936	1.16
15	trans-13-Octadecenoic acid, methyl ester	21.641	928	6.41	21.641	946	1.34

Analisis GC-MS pada minyak atsiri *Ocimum americanum* L. berhasil mengidentifikasi 102 senyawa, dengan 15 senyawa memiliki persen relative area (RA) > 1% (Tabel 2.1). Secara umum, pengeringan pascapanen tidak semata-mata menghilangkan atau memunculkan komponen, tetapi terutama menggeser proporsi relatif senyawa-senyawa kunci. Pada minyak atsiri daun segar, komponen teroksigenasi turunan sitral dan alkohol monoterpen tampak lebih menonjol, ditunjukkan oleh RA yang lebih tinggi pada exo-isocitral (1,02%), isoneral (0,87%), isogeranial (1,91%), nerol/cis-geraniol (6,38%), geraniol (6,19%), epoxy-linalooloxide (2,18%), serta seskuiterpen seperti α -bisabolene (2,90%). Sebaliknya, minyak atsiri daun kering memperlihatkan peningkatan proporsi linalool (5,27%), sulcatone (1,51%), caryophyllene oxide (1,64%), serta

komponen “lebih berat” berupa metil ester asam lemak, yaitu hexadecanoic acid, methyl ester (4,54%) dan trans-13-octadecenoic acid, methyl ester (6,41%).

Perbedaan komposisi juga terlihat dari keberadaan senyawa spesifik pada masing-masing perlakuan. Terdapat 49 senyawa yang terdeteksi pada minyak atsiri daun segar namun tidak ditemukan pada daun kering, di antaranya kariofilen (0,99%), geranil asetat (0,95%), trans-nerolidyl formate (0,81%), limonen-6-ol pivalate (0,68%), dan geranil vinil eter (0,43%), beserta sejumlah senyawa minor lainnya. Sebaliknya, minyak atsiri daun kering menunjukkan dua senyawa yang tidak terdeteksi pada daun segar, yaitu copaene (0,32%) dan 2-cyclohexen-1-one, 3-methyl-6-(1-methylethyl)- (0,21%). Selain itu, terdapat beberapa senyawa dengan RA < 1% yang proporsinya lebih tinggi pada daun kering, yakni cis-linalool oxide (0,38%), α -terpineol (0,93%), estragole (0,40%), humulene epoxide (0,41%), serta 9,12-octadecadienoic acid, methyl ester (E,E) (0,88%). Pola ini menguatkan bahwa pengeringan dapat mengurangi sebagian komponen volatil tertentu, sekaligus meningkatkan kontribusi relatif senyawa lain (baik karena perubahan kimia maupun karena perubahan komposisi relatif akibat berkurangnya komponen yang lebih mudah hilang).

Komponen paling dominan pada tabel adalah neral dan geranial (sitral). Struktur sitral ditampilkan pada Gambar 2.2 dibawah.



Gambar 2.2 Struktur dari senyawa Sitral (a. Geranial; b. Neral)

Pada sitral, neral merupakan isomer cis (Z) sedangkan geranial merupakan isomer trans (E). Secara umum, bentuk trans/E lebih stabil dibanding cis/Z karena pada konfigurasi cis terjadi tolakan sterik yang lebih besar saat gugus berada pada sisi yang sama, sehingga molekul relatif lebih tegang. Dalam kondisi pengeringan (paparan panas dan oksigen), campuran sitral cenderung bergeser menuju isomer yang lebih stabil (E/trans) melalui isomerisasi, sekaligus berpotensi mengalami oksidasi/degradasi. Hal ini selaras dengan data pada tabel, yaitu neral menurun dari 17,25% (segar) menjadi 13,65% (kering), sedangkan geranial relatif stabil (18,77% $\rightarrow$ 18,30%). Dengan demikian, penurunan neral dapat dipahami sebagai akibat kombinasi isomerisasi neral (Z) menuju geranial (E) dan reaksi degradasi sitral selama proses pascapanen (Guo et al., 2022).

Secara keseluruhan, temuan pada table diatas menunjukkan bahwa pengeringan pascapanen merupakan faktor penentu yang memodifikasi profil

volatil minyak atsiri *O. americanum*. Perubahan komposisi tersebut berimplikasi pada stabilitas, karakter aroma, dan potensi bioaktivitas, sehingga perlakuan pascapanen dapat dipertimbangkan sebagai strategi untuk memperoleh profil minyak atsiri yang lebih sesuai dengan kebutuhan aplikasi di bidang pangan maupun farmasi (Altay et al., 2024; Bernhardt et al., 2015; Ray et al., 2022).

2.4.2. Kapasitas Antioksidan Minyak Atsiri daun *O. americanum*

Tabel 2.2 Kapasitas antioksidan minyak atsiri daun *Ocimum americanum* L.

Kapasitas Antioksidan	DPPH (mg TE/g EO)	CUPRAC (mg TE/g EO)	FRAP (mg TE/g EO)
Minyak atsiri daun kering	5.20 ± 0.2	278.23± 1.78	15.59±0.06
Minyak atsiri daun segar	38.05 ± 2.16	253.7± 4.72	6.18±0.02

Nilai IC₅₀ DPPH pada Trolox adalah 43,53 mg/L

Kapasitas penangkapan radikal DPPH pada minyak atsiri daun segar terbukti secara signifikan lebih tinggi dibandingkan minyak atsiri daun kering ($p < 0,01$). Sebaliknya, pada uji CUPRAC dan FRAP, minyak atsiri daun kering menunjukkan kapasitas antioksidan yang lebih besar ($p < 0,01$). Perbedaan ini mencerminkan variasi komposisi kimia antara kedua jenis minyak (Tabel 2.2).

Metode DPPH mengukur kemampuan senyawa antioksidan mendonasikan elektron atau atom hidrogen kepada radikal stabil DPPH• berwarna ungu, yang setelah bereaksi berubah menjadi bentuk tereduksi DPPH-H berwarna kuning. Sementara itu, metode FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) menilai kapasitas reduksi suatu sampel dengan mereduksi kompleks Fe³⁺–TPTZ menjadi Fe²⁺–TPTZ berwarna biru pada panjang gelombang 593 nm dalam kondisi asam (pH 3.6), sehingga hanya mendeteksi antioksidan yang bekerja melalui mekanisme electron transfer (ET). Metode CUPRAC (Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity) menggunakan kompleks Cu²⁺–neocuproine sebagai akseptor elektron dan bekerja pada pH mendekati fisiologis (~7), sehingga dapat merespons baik antioksidan berbasis *electron transfer* maupun *hydrogen atom transfer*. (apak et al,2004, Benzie, and Strain,JJ , 1996,; Brand-Williams et al, 1995)

Minyak atsiri daun segar memiliki kadar sitral yang lebih tinggi—terdiri atas neral (17,25%) dan geraniol (18,77%)—serta senyawa nerol/cis-geraniol (6,38%), geraniol (6,19%), dan α-bisabolene (2,90%). Komponen-komponen ini diketahui berkontribusi besar terhadap kemampuan penangkapan radikal bebas. Sitral dilaporkan memiliki aktivitas antioksidan yang kuat (Ling et al., 2022), sementara geraniol mampu menurunkan radikal bebas secara efektif (Ben Ammar, 2023). Selain itu, α-bisabolene juga telah dilaporkan sebagai kontributor utama aktivitas antioksidan pada minyak atsiri *Myrcia sylvatica* (de Moraes et al., 2022). Oleh

karena itu, tingginya konsentrasi senyawa-senyawa tersebut pada daun segar sejalan dengan tingginya kapasitas penangkapan radikal DPPH.

Sebaliknya, aktivitas antioksidan pada uji CUPRAC dan FRAP lebih tinggi pada minyak atsiri daun kering. Hal ini kemungkinan berkaitan dengan peningkatan kandungan linalool dan metil ester asam lemak, seperti trans-13-octadecenoic acid, methyl ester dan hexadecanoic acid, methyl ester. Senyawa-senyawa ini telah dilaporkan memiliki aktivitas reduktif yang kuat, yang tercermin pada tingginya nilai CUPRAC dan FRAP (Mączka et al., 2022; Bar & Kara, 2024).

Temuan ini konsisten dengan laporan sebelumnya yang menunjukkan bahwa setiap metode uji antioksidan (DPPH, CUPRAC, FRAP) bekerja berdasarkan mekanisme yang berbeda sehingga memberikan respons yang tidak selalu searah, tergantung komposisi fitokimia sampel (Diniz do Nascimento et al., 2020; Khodaei et al., 2021; Mączka et al., 2022; Roslan et al., 2020; Yıldırım et al., 2001). Hal ini menegaskan bahwa ketiga uji tersebut bersifat saling melengkapi, serta pentingnya memahami hubungan antara komposisi minyak atsiri dan mekanisme aksi antioksidannya.

2.4.3 Aktivitas Sitotoksik Minyak Atsiri Daun *Ocimum americanum*

Tabel 2.3 Nilai IC₅₀ minyak atsiri daun *Ocimum americanum* L. terhadap sel kanker MCF-7

No	Sampel	IC ₅₀ (µg/mL)
1	Minyak atsiri daun kering	22,91
2	Minyak atsiri daun segar	30,23
3	Doxorubicin	3,51

Minyak atsiri dari daun segar maupun daun kering menunjukkan aktivitas sitotoksik terhadap sel kanker payudara MCF-7 (Tabel 2.3). Namun, minyak atsiri dari daun kering memperlihatkan potensi sitotoksik yang lebih kuat. Aktivitas yang lebih tinggi ini diduga merupakan hasil sinergisme antara senyawa sitral (neral dan geranial), linalool, serta metil ester asam lemak. Senyawa-senyawa ini telah dilaporkan mampu menginduksi apoptosis melalui mekanisme seperti disrupsi membran mitokondria, peningkatan stres oksidatif, serta aktivasi jalur kaspase (Astiti & Ramona, 2021; Chandrasekaran & Venkatesalu, n.d.; Elbe et al., 2022; Mostofa et al., 2024). Temuan ini juga sejalan dengan laporan pada spesies lain dalam genus *Ocimum*, seperti *O. basilicum* dan *O. canum*, yang menunjukkan nilai IC₅₀ ekstrak berkisar antara 21–200 µg/mL. Kisaran tersebut dikategorikan sebagai aktivitas antikanker in vitro yang cukup kuat (Al-Kalaldeh et al., 2010; Anusmitha et al., 2022; Kancherla et al., 2023). Kesamaan ini dapat dijelaskan oleh hubungan kemotaksonomi dalam genus *Ocimum*, yang memiliki pola

fitokimia serupa yang ditandai oleh dominasi monoterpen aldehid, monoterpen alkohol, dan sejumlah seskuiterpen bioaktif. Kemiripan komposisi ini mencerminkan kedekatan filogenetik antarspesies dan berkontribusi pada konsistensi aktivitas biologisnya, termasuk aktivitas sitotoksik.

2.4.4 Aktivitas Antimikroba Minyak Atsiri Daun *Ocimum americanum*

Tabel 2.4 Aktivitas antimikroba minyak atsiri *O. americanum*

Mikroorganisme	Zona Penghambatan (mm)			
	Minyak atsiri daun segar	Minyak atsiri daun kering	Kontrol positif	Kontrol negatif
Bakteri Gram Positif			Clindamicin	DMSO
<i>S. aureus</i>	9.33± 0.29	9.67 ± 0.58	10	0
<i>B. subtilis</i>	8.67 ± 1.15	7.63 ± 0.76	10	0
Bakteri Gram Negatif				
<i>E. coli</i>	9 ± 1	9.67 ± 0.58	10	0
<i>P. aeruginosa</i>	9.67 ± 0.29	9 ± 1	10	0
Jamur			Nistatin	DMSO
<i>C. albicans</i>	8.75 ± 0.29	7.75 ± 0.87	9	0
<i>A. niger</i>	7.83 ± 0.29	7.83 ± 0.76	9	0

Aktivitas antimikroba minyak atsiri daun segar dan kering *O. americanum* tidak menunjukkan perbedaan signifikan terhadap seluruh mikroorganisme uji ($p > 0,05$). Zona hambat yang dihasilkan pada bakteri Gram-positif, Gram-negatif, maupun jamur (Tabel 2.4) relatif sebanding. Namun demikian, terdapat variasi spesifik antarorganisme: minyak atsiri dari daun segar cenderung memberikan daya hambat lebih luas terhadap *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Candida albicans*, sedangkan minyak atsiri dari daun kering menunjukkan efektivitas yang sedikit lebih tinggi terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

Perbedaan aktivitas antimikroba antara minyak atsiri daun segar dan kering diduga berkaitan dengan variasi komposisi kimianya. Kandungan sitral yang relatif tinggi pada kedua jenis minyak atsiri berkontribusi terhadap aktivitas penghambatan bakteri Gram positif dan Gram negatif, sebagaimana dilaporkan oleh Gutiérrez-Pacheco et al. (2023) yang menyebutkan bahwa sitral memiliki spektrum antimikroba yang luas. Selain itu, minyak atsiri dari daun kering mengandung linalool dalam proporsi lebih tinggi. Senyawa ini juga diketahui memiliki aktivitas antimikroba yang signifikan, sebagaimana dilaporkan oleh Maczka et al., (2022) dan Jabir et al. (2018). Kombinasi berbagai senyawa aktif tersebut mencerminkan sifat multikomponen minyak atsiri *O. americanum*, yang tidak hanya memperkuat efek antimikroba tetapi juga berpotensi menurunkan risiko terjadinya resistensi mikroba.

Temuan ini konsisten dengan penelitian pada spesies dan kemotipe *Ocimum* lainnya, yang menunjukkan bahwa proses pengeringan umumnya menurunkan kadar sitral tetapi meningkatkan proporsi monoterpen teroksigenasi seperti linalool (Arpiwi, 2023; Bernhardt et al., 2015). Pola serupa juga ditemukan pada tanaman aromatik lain, seperti *Rosmarinus officinalis*, di mana proses pengeringan dapat dimanfaatkan untuk memodifikasi komposisi kimia dan mengoptimalkan sifat fungsional tertentu, termasuk aktivitas antioksidan dan antimikroba.

Secara keseluruhan, minyak atsiri daun segar dan kering *O. americanum* memperlihatkan profil bioaktif yang berbeda namun saling melengkapi. Minyak atsiri dari daun kering, dengan kandungan linalool, asam trans-13-oktadekenoat, metil ester yang lebih tinggi, menawarkan kapasitas reduksi lebih besar, potensi sitotoksik lebih kuat, serta stabilitas penyimpanan lebih baik. Perbedaan aktivitas ini membuka peluang diversifikasi pemanfaatan *O. americanum* sehingga bahan baku yang sama dapat dikembangkan menjadi berbagai produk bernilai tambah. Dengan demikian, optimalisasi penanganan pascapanen berpotensi meningkatkan nilai ekonomi dan terapeutik *O. americanum* serta mendukung produksi berkelanjutan dan konservasi keanekaragaman hayati.

2.5 Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa pengeringan pascapanen secara signifikan memengaruhi komposisi kimia serta aktivitas biologis minyak atsiri *Ocimum americanum* L. Minyak atsiri dari daun segar didominasi oleh sitral—terutama neral (17,25%) dan geranial (18,77%)—serta nerol (6,38%) dan geraniol (6,19%). Komposisi ini berkontribusi pada kapasitas penangkapan radikal bebas yang lebih tinggi (uji DPPH: $38,05 \pm 2,16$ mg TE/g). Sebaliknya, minyak atsiri dari daun kering memiliki proporsi linalool (5,27%), metil ester asam trans-13-oktadekenoat (6,41%) dan metil ester asam heksadekanoat (4,54%). Kandungan tersebut berkorelasi dengan kapasitas reduktif yang lebih tinggi (uji CUPRAC: $278,23 \pm 1,78$ mg TE/g; FRAP: $15,59 \pm 0,06$ mg TE/g) serta aktivitas sitotoksik yang lebih kuat terhadap sel kanker payudara MCF-7 (IC_{50} : 22,91 μ g/mL).

Baik minyak atsiri dari daun segar maupun kering menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap bakteri Gram-positif, Gram-negatif, dan jamur uji, meskipun perbedaannya tidak signifikan. Minyak atsiri daun segar relatif lebih efektif terhadap *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Candida albicans*, sedangkan minyak atsiri daun kering lebih aktif terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa proses pengeringan tidak hanya memperpanjang umur simpan bahan, tetapi juga memodifikasi profil kimia dan bioaktivitas minyak atsiri *O. americanum*. Optimalisasi pengelolaan pascapanen berpotensi meningkatkan nilai terapeutik, mendukung pengembangan produk pangan fungsional, nutrasetikal, dan

fitofarmaka, serta memperkuat pemanfaatan dan konservasi berkelanjutan tanaman aromatik ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Kalaldeh, J. Z., Abu-Dahab, R., & Afifi, F. U. (2010). Volatile oil composition and antiproliferative activity of *Laurus nobilis*, *Origanum syriacum*, *Origanum vulgare*, and *Salvia triloba* against human breast adenocarcinoma cells. *Nutrition Research*, 30(4), 271–278. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2010.04.001>
- Ali, H., Nguta, J., Musila, F., Ole-Mapenay, I., Matara, D., & Mailu, J. (2022). Evaluation of Antimicrobial Activity, Cytotoxicity, and Phytochemical Composition of *Ocimum americanum* L. (Lamiaceae). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/6484578>
- Altay, K., Dirim, S. N., & Hayaloglu, A. A. (2024). Effects of different drying processes on the quality changes in Arapgir purple basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves and drying-induced changes in bioactive and volatile compounds and essential oils. *Journal of Food Science*, 89(12), 9088–9107. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.17515>
- Anusmitha, K. M., Aruna, M., Job, J. T., Narayanankutty, A., PB, B., Rajagopal, R., Alfathan, A., & Barcelo, D. (2022). Phytochemical analysis, antioxidant, anti-inflammatory, anti-genotoxic, and anticancer activities of different *Ocimum* plant extracts prepared by ultrasound-assisted method. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 117, 101746. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2021.101746>
- Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., Bektas, oğlu, B., & Bener, M. (2008). *Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity Assay for Food Antioxidants: Vitamins, Polyphenolics, and Flavonoids in Food Extracts* (pp. 163–193). https://doi.org/10.1007/978-1-60327-517-0_14
- Arpiwi, N. L. . S. N. M. . (2023). Essential Oil from Fresh and Dry Leaves of Rosemary (*Rosmarinus Officinalis* L.): Antioxidant Activity and Microscopic Structure. *Journal of Hunan University Natural Sciences*, 50(3). <https://doi.org/10.55463/issn.1674-2974.50.3.9>
- Astiti, N. P. A., & Ramona, Y. (2021). GC-MS Analysis of Active and Applicable Compounds in Methanol Extract of Sweet Star Fruit (*Averrhoa carambola* L.) Leaves. *HAYATI Journal of Biosciences*, 28(1), 12. <https://doi.org/10.4308/hjb.28.1.12>
- Azizah, N. S., Irawan, B., Kusmoro, J., Safriansyah, W., Farabi, K., Oktavia, D., Doni, F., & Miranti, M. (2023). Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.)—A Review of Its Botany, Phytochemistry, Pharmacological Activities, and Biotechnological Development. *Plants*, 12(24), 4148. <https://doi.org/10.3390/plants12244148>
- Bernhardt, B., Szabó, K., & Bernáth, J. (2015). Sources of variability in essential oil composition of *Ocimum americanum* and *Ocimum tenuiflorum*. *Acta Alimentaria*, 44(1), 111–118. <https://doi.org/10.1556/AAlim.44.2015.1.11>
- Chaachouay, N., & Zidane, L. (2024). Plant-Derived Natural Products: A Source for Drug Discovery and Development. *Drugs and Drug Candidates*, 3(1), 184–207. <https://doi.org/10.3390/ddc3010011>
- Chandrasekaran, M., & Venkatesalu, V. (n.d.). *Antibacterial and antifungal efficacy of fatty acid methyl esters from the leaves of Sesuvium portulacastrum L.* <https://www.researchgate.net/publication/51512946>

- 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(4), 25. <https://doi.org/10.3390/medicines3040025>
- Diniz do Nascimento, L., Moraes, A. A. B. de, Costa, K. S. da, Pereira Galúcio, J. M., Taube, P. S., Costa, C. M. L., Neves Cruz, J., de Aguiar Andrade, E. H., & Faria, L. J. G. de. (2020). Bioactive Natural Compounds and Antioxidant Activity of Essential Oils from Spice Plants: New Findings and Potential Applications. *Biomolecules*, 10(7), 988. <https://doi.org/10.3390/biom10070988>
- Elbe, H., Ozturk, F., Yigiturk, G., Baygar, T., & Cavusoglu, T. (2022). Anticancer activity of linalool: comparative investigation of ultrastructural changes and apoptosis in breast cancer cells. *Ultrastructural Pathology*, 46(4), 348–358. <https://doi.org/10.1080/01913123.2022.2091068>
- Frezza, C.; Venditti, A.; Serafini, M. A. (2019). *Phytochemistry, Chemotaxonomy, Ethnopharmacology, and Nutraceuticals of Lamiaceae* (Atta-ur-Rahman (ed.); Vol. 62, pp. 125–178). <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64185-4.00004-6>
- 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. *Antibiotics*, 12(11), 1608. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12111608>
- Irawan, C., Putri, I. D., Sukiman, M., Utami, A., Ismail I, I., Putri, R. K., Lisandi, A., & Pratama, A. N. (2022). Antioxidant Activity of DPPH, CUPRAC, and FRAP Methods, as well as Activity of Alpha-Glucosidase Inhibiting Enzymes from *Tinospora crispa* (L.) Stem Ultrasonic Extract. *Pharmacognosy Journal*, 14(5), 511–520. <https://doi.org/10.5530/pj.2022.14.128>
- Kancherla, N., Dhakshinmoorthi, A., Chitra, K., Palla, J., & Komaram, R. B. (2023). Preliminary Screening for In-Vitro Antioxidant and Anticancer Potentials in Whole Plant Fractions of *Cayratia Auriculata* (Vitaceae). *Biomedical and Pharmacology Journal*, 16(2), 947–962. <https://doi.org/10.13005/bpj/2677>
- Khodaei, N., Nguyen, M. M., Mdimagh, A., Bayen, S., & Karboune, S. (2021). Compositional diversity and antioxidant properties of essential oils: Predictive models. *LWT*, 138, 110684. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110684>
- Kicel, A., & Olszewska, M. A. (2015). Evaluation of Antioxidant Activity, and Quantitative Estimation of Flavonoids, Saponins and Phenols in Crude Extract and Dry Fractions of *Medicago lupulina* Aerial Parts. *Natural Product Communications*, 10(3). <https://doi.org/10.1177/1934578X1501000326>
- Luanda, A., Ripanda, A., Sahini, M. G., & Makangara, J. J. (2023). Ethnomedicinal uses, phytochemistry and pharmacological study of *Ocimum americanum* L.: A review. *Phytomedicine Plus*, 3(2), 100433. <https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2023.100433>
- Mączka, W., Duda-Madej, A., Grabarczyk, M., & Wińska, K. (2022). Natural Compounds in the Battle against Microorganisms—Linalool. *Molecules*, 27(20), 6928. <https://doi.org/10.3390/molecules27206928>
- Mahendran, G., & Vimolmangkang, S. (2023). Chemical compositions, antioxidant, antimicrobial, and mosquito larvicidal activity of *Ocimum americanum* L. and *Ocimum basilicum* L. leaf essential oils. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 23(1), 390.

- <https://doi.org/10.1186/s12906-023-04214-2>
- Mieso, B., Befu, A., & Haile, T. (2022). Effect of Drying Methods and Drying Days on Essential Oil Content and Physicochemical Properties of Basil (<i>Ocimum basilicum</i>) Varieties in Ethiopia. *Trends Journal of Sciences Research*, 1(1), 1–11. <https://doi.org/10.31586/ujfst.2022.487>
- Mostofa, M. G., Reza, A. S. M. A., Khan, Z., Munira, M. S., Khatoon, M. M., Kabir, S. R., Sadik, M. G., Ağagündüz, D., Capasso, R., Kazi, M., & Alam, A. K. (2024). Apoptosis-inducing anti-proliferative and quantitative phytochemical profiling with in silico study of antioxidant-rich *Leea aequata* L. leaves. *Heliyon*, 10(1), e23400. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23400>
- Mulugeta, S. M., Pluhár, Z., & Radácsi, P. (2024). Phenotypic Variations and Bioactive Constituents among Selected *Ocimum* Species. *Plants*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/plants13010064>
- Pandey, A. K., Singh, P., & Tripathi, N. N. (2014). Chemistry and bioactivities of essential oils of some *Ocimum* species: An overview. In *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* (Vol. 4, Issue 9, pp. 682–694). Asian Pacific Tropical Biomedicine Press. <https://doi.org/10.12980/APJTB.4.2014C77>
- Parida, R., Lata Sahoo, S., Mohanty, S., Sriram Sandeep, I., Kumar Sethy, B., Sahoo, S., & Mohanty, S. (2014). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of essential oil from lime basil (*Ocimum Americanum*): A potent source for natural antioxidant. In *Article in International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. <https://www.researchgate.net/publication/267032131>
- Paula, V. B., Estevinho, L. M., Cardoso, S. M., & Dias, L. G. (2023). Comparative Methods to Evaluate the Antioxidant Capacity of Propolis: An Attempt to Explain the Differences. *Molecules*, 28(12), 4847. <https://doi.org/10.3390/molecules28124847>
- Ray, A., Mohanty, S., Jena, S., Sahoo, A., Acharya, L., Panda, P. C., Sial, P., Duraisamy, P., & Nayak, S. (2022). Drying methods affects physicochemical characteristics, essential oil yield and volatile composition of turmeric (*Curcuma longa* L.). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 26, 100357. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2021.100357>
- Roslan, A. S., Ismail, A., Ando, Y., & Azlan, A. (2020). Effect of drying methods and parameters on the antioxidant properties of tea (*Camellia sinensis*) leaves. *Food Production, Processing and Nutrition*, 2(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s43014-020-00022-0>
- S. Jabir, M., Taha, A., & Sahib, U. (2018). Antioxidant activity of Linalool. *Engineering and Technology Journal*, 36(1B), 64–67. <https://doi.org/10.30684/etj.36.1B.11>
- S. Mann, R., & E. Kaufman, P. (2012). Natural Product Pesticides: Their Development, Delivery and Use Against Insect Vectors. *Mini-Reviews in Organic Chemistry*, 9(2), 185–202. <https://doi.org/10.2174/157019312800604733>
- Stanojevic, L. P., Marjanovic-Balaban, Z. R., Kalaba, V. D., Stanojevic, J. S., Cvetkovic, D. J., & Cakic, M. D. (2017). Chemical Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activity of Basil (*Ocimum basilicum* L.) Essential Oil. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(6), 1557–1569. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2017.1401963>
- Tanumihardja, M., Hastuti, S., Nugroho, J. J., Trilaksana, A. C., Natsir, N., Rovani,

- C. A., & Muslimin, L. (2020). Viabilities of Odontoblast Cells Following Addition of Haruan Fish in Calcium Hydroxide. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 8(D), 58–63. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2020.4362>
- Vieira, R. F., & Simon, J. E. (2006). Chemical characterization of basil (*Ocimum* spp.) based on volatile oils. *Flavour and Fragrance Journal*, 21(2), 214–221. <https://doi.org/10.1002/ffj.1513>
- Wu, W., Li, G., Zhou, W., Wang, E., Zhao, X., Song, X., & Zhao, Y. (2023). Comparison of Composition, Free-Radical-Scavenging Capacity, and Antibiosis of Fresh and Dry Leave Aqueous Extract from *Michelia shiluensis*. *Molecules*, 28(16), 5935. <https://doi.org/10.3390/molecules28165935>
- Yıldırım, A., Mavi, A., & Kara, A. A. (2001). Determination of Antioxidant and Antimicrobial Activities of *Rumex crispus* L. Extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8), 4083–4089. <https://doi.org/10.1021/jf0103572>
- Zahran, E. M., Abdelmohsen, U. R., Khalil, H. E., Desoukey, S. Y., Fouad, M. A., & Kamel, M. S. (2020). Diversity, phytochemical and medicinal potential of the genus *Ocimum* L. (Lamiaceae). *Phytochemistry Reviews*, 19(4), 907–953. <https://doi.org/10.1007/s11101-020-09690-9>

Lampiran 2.1 Komposisi kimia minyak atsiri dari daun kering dan daun segar
Ocimum americanum

No.	Senyawa	Minyak Atsiri Daun kering			Minyak Atsiri Daun segar		
		RT	SI	RA %	RT	SI	RA %
1	Pentane, 3-methyl-	1.405	934	0.60	1.391	933	1.14
2	1-Octen-3-ol				4.286	802	0.02
3	Sulcatone	4.428	927	1.51	4.398	932	0.31
4	3-Hexen-1-ol, acetate, (E)-				4.687	856	0.04
5	D-Limonene				5.133	801	0.04
6	Eucalyptol				5.187	816	0.01
7	β -Ocimene				5.398	919	0.08
8	(-)-Citronellene				5.490	760	0.03
9	Seudenone	5.595	647	0.06	5.568	932	0.07
10	Cis-Linalool oxide	5.877	886	0.38	5.857	823	0.04
11	1,2-Oxolinalool	6.146	883	0.38	6.122	831	0.02
12	Fenchone	6.183	748	0.12	6.160	698	0.01
13	Rosefuran				6.231	887	0.04
14	Linalool	6.316	954	5.27	6.296	961	0.65
15	Methylheptadienone				6.381	887	0.06
16	α -Pinene oxyde				6.442	815	0.09
17	4-Acetyl-1-methylcyclohexene				6.884	804	0.05
18	Trans-Carane				6.939	796	0.07
19	13-Heptadecyn-1-ol	7.064	766	0.27			
20	Exo-Isocitral	7.098	852	0.48	7.085	910	1.02
21	2,2-Dimethylocta-3,4-dienal				7.228	830	0.60
22	Isogeraniol	7.241	827	0.51			
23	Nerol oxide				7.279	873	0.05
24	Isoneral	7.445	874	0.45	7.435	942	0.87
25	Rosefuran epoxide.				7.632	882	0.07
26	Epoxylinalol	7.659	702	0.13			
27	(-)-cis-Myrtanol				7.694	800	0.17
28	1,2-15,16-Diepoxyhexadecane	7.700	739	0.14			
29	Isogeranial/ iso citral (z)	7.761	882	0.74	7.758	950	1.55
					8.768	920	0.36

30	R-alpha-Terpinyl acetate atau a terpineol	8.003	904	0.93	8.000	910	0.71
31	Estragole	8.108	877	0.40	8.098	912	0.21
32	(-)-trans-Isopiperitenol				8.166	834	0.04
33	α -Cyclogeraniol				8.275	806	0.20
34	Gamma-Isogeraniol				8.455	796	0.13
35	2,3-epoxygeranial	8.520	742	0.18	8.520	859	0.12
		8.697	805	0.23	10.520	863	0.11
36	Nerol (cis-geraniol)	8.612	900	0.63	8.615	948	6.38
37	Neral	8.846	882	13.65	8.884	875	17.25
38	Geraniol	9.057	809	0.16	9.125	955	6.19
39	2-Cyclohexen-1-one, 3- methyl-6-(1-methylethyl)- /Piperitone	9.135	805	0.21			
40	E-Citral (geranial)	9.363	930	18.30	9.377	937	5.46
					9.428	924	13.31
41	Epoxy-linalooloxide	9.547	806	0.93	9.612	778	1.06
		9.649	801	0.72	9.697	795	1.12
42	(-)-Isopinocampheol, acetate				9.891	814	0.37
43	cis-13-Eicosenoic acid	9.907	711	0.21			
44	trans-Geranic acid methyl ester	10.281	745	0.15	10.292	789	0.15
45	Neric acid				10.336	825	0.29
46	Isopulegol acetate				10.455	845	0.13
47	Cyclopropanemethanol, 2- methyl-2-(4-methyl-3- pentenyl)-				10.564	754	0.12
48	Nerol asetat /neryl acetate	10.965	785	0.42	10.972	845	1.53
49	Borneol	11.067	740	0.13			
50	2-Methylisoborneol				11.071	751	0.14
51	(2,2,6-Trimethyl- bicyclo[4.1.0]hept-1-yl)- methanol	11.179	740	0.20	11.187	730	0.22
52	Geranyl acetate				11.299	927	0.95
53	Copaene	11.312	845	0.32			
54	3-Hexenoic acid	11.339	755	0.35	11.346	902	0.46
55	(-)- β -Bourbonene	11.489	731	0.19	11.486	826	0.15
56	β -Funebrene				11.547	760	0.23
57	α -Gurgujene				11.908	897	0.16

58	3,5-Heptadienal, 2-ethylidene-6-methyl-				11.972	837	0.06
59	β-Longipinene	12.087	775	0.18			
60	Caryophyllene				12.091	947	0.99
61	trans-α-Bergamotene	12.278	932	1.19	12.282	949	1.16
62	β-Sesquiphellanderene	12.394	700	0.10	12.391	839	0.19
63	cis-β-Farnesene				12.554	829	0.05
64	Humulene	12.659	788	0.07	12.659	908	0.33
65	Isocaryophyllene				12.778	850	0.07
66	IsoGermacrene D	13.111	708	0.18	13.108	875	0.23
67	α-Himachalene				13.237	830	0.04
68	β-Bisabolene	13.461	814	0.13	13.458	913	0.18
69	7-epi-cis-sesquisabinene hydrate				15.805	796	0.38
70	2,4-Di-tert-butylphenol				13.503	841	0.12
71	Cadinene				13.737	856	0.10
72	α-Bisabolene	13.989	880	0.91	13.999	940	2.90
73	Benzenamine, N,N,3,5-tetramethyl-				14.043	802	0.16
74	Caryophyllene oxide	14.706	802	0.12	14.717	924	0.26
		14.757	934	1.52	14.761	923	1.20
75	Humulene epoxide I				14.992	823	0.04
76	Globulol				15.071	837	0.06
77	Humulene epoxide 2	15.159	858	0.41	15.162	915	0.32
78	1H-Benzocyclohepten-7-ol, 2,3,4,4a,5,6,7,8-octahydro-1,1,4a,7-tetramethyl				15.958	767	0.10
79	Shyobunol	15.965	767	0.29	16.390	845	0.11
		16.383	721	0.05	21.699	751	0.53
80	Isoaromadendrene epoxide				16.060	840	0.18
					18.237	771	0.42
81	1-Heptatriacotanol	16.063	807	0.21	19.863	806	0.13
					22.743	804	0.42
82	α-Bisabolol				16.186	889	0.25
83	Humulenol-II				16.649	757	0.10
					18.101	793	0.31
84	Cyclopropanebutanoic acid, 2-[[[2-[(2-pentylcyclopropyl)methyl]cyclopropyl]methyl]cyclopropyl]methyl]-, methyl ester	16.665	783	0.18	19.356	820	0.17

85	trans-Z-a-Bisabolene epoxide				16.979	798	0.04
86	Geranyl vinyl ether				17.172	798	0.12
					22.165	769	0.43
87	Aromadendrene oxide-(1)				17.475	794	0.11
88	Hexadecanoic acid, methyl ester	19.427	920	4.54	19.424	936	1.16
89	Estra-1,3,5(10)-trien-17 β -ol				19.914	789	0.12
90	Urs-12-en-28-ol				20.434	741	0.13
91	Limonen-6-ol, pivalate				21.002	761	0.68
92	Trans-Nerolidyl formate				22.026	745	0.45
					21.431	790	0.81
93	(1R,4R)-p-Mentha-2,8- diene, 1-hydroperoxide				21.346	739	1.42
94	trans-13-Octadecenoic acid	22.195	810	0.05	22.434	800	0.07
95	9,12-Octadecadienoic acid, methyl ester, (E,E)-	21.570	850	0.88	21.570	875	0.34
96	trans-13-Octadecenoic acid, methyl ester	21.641	928	6.41	21.641	946	1.34
97	Z-(13,14-Epoxy)tetradec- 11-en-1-ol acetate	23.916	770	0.25	21.757	788	0.48
98	6-Methyl-4,6-bis(4- methylpent-3-en-1- yl)cyclohexa-1,3- dienecarbaldehyde				21.852	732	0.51
99	16-Octadecenoic acid, methyl ester	21.944	786	0.42	21.944	756	0.25
100	9,12,15-Octadecatrienoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester, (Z,Z,Z)				21.968	792	0.14
101	4,8-Decadienal, 5,9- dimethyl-				22.196	718	1.01
102	Ethyl iso-allocholate	25.219	813	0.95	25.219	796	0.06

Lampiran 2.2 Publikasi Ilmiah

BIODIVERSITAS

Volume 26, Number 10, October 2025

Pages: 4976-4981

ISSN: 1412-033X

E-ISSN: 2085-4722

DOI: 10.13057/biodiv/d261013

Comparative analysis of chemical and biological properties of essential oils from fresh and dried leaves of *Ocimum americanum*

MUHAMMAD RUSDI^{1,2,*}, ABDUL RAHIM¹, HERLINA RANTE¹, SUBEHAN LALLO¹

¹Faculty of Pharmacy, Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Makassar 90245, South Sulawesi, Indonesia.

Tel./fax: +62-411-588556, *email: muhammad.rusdi@uin-alauddin.ac.id

²Department of Pharmacy, Faculty of Medicine and Health Science, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, Jl. H.M. Yasin Limpo No. 36, Gowa 92113, South Sulawesi, Indonesia

Manuscript received: 20 July 2025. Revision accepted: 5 October 2025.

Abstract. Rusdi M, Rahim A, Rante H, Lallo S. 2025. Comparative analysis of chemical and biological properties of essential oils from fresh and dried leaves of *Ocimum americanum*. *Biodiversitas* 26: 4976-4982. *Ocimum americanum* is a tropical aromatic plant native to Southeast Asia and Africa, widely used in traditional medicine. This study aimed to evaluate the impact of post-harvest drying on the chemical composition and bioactivities of the essential oils (EOs) from the leaves of *O. americanum*. EOs were extracted via steam distillation and analyzed using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). Antioxidant capacity was assessed by DPPH radical scavenging, cupric ion reducing antioxidant capacity (CUPRAC), and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays. Cytotoxicity against MCF-7 breast cancer cells was determined using the MTT assay, while antimicrobial activity was measured using the agar diffusion method. GC-MS analysis revealed that geranial, neral, geraniol, and nerol were the most dominant components in the essential oil from fresh leaves. The most dominant compounds in dried leaves were geranial, neral, linalool, and trans-13-octadecenoic acid methyl ester. The essential oil from fresh leaves showed higher antioxidant capacity in the DPPH radical scavenging assay, with a value of 38.08 ± 2.17 mg TE/g EO. Conversely, the essential oil from dried leaves showed higher antioxidant capacity in the CUPRAC (278.23 ± 1.78 mg TE/g EO) and FRAP (15.59 ± 0.06 mg TE/g EO) assays. Fresh and dried EOs showed antimicrobial activities and cytotoxic activity against MCF-7 cells, and the dried leaf EO demonstrated better anticancer potential, with an IC_{50} value of 22.91 μ g/mL. These findings suggest that drying significantly alters EO composition and modulates its biological activities. The findings indicate that drying extends shelf life and diversifies applications in functional foods, nutraceuticals, and phytopharmaceuticals. Optimizing post-harvest processing could improve the therapeutic value and market potential of *O. americanum*, supporting its sustainable use and conservation.

Keywords: Antioxidant capacity, antimicrobial activity, drying effects, essential oil composition, MCF-7 cytotoxicity

INTRODUCTION

Ocimum americanum L. is an economically aromatic plant of the family Lamiaceae. It's widely cultivated in tropical and subtropical regions of Africa, Asia, and the Americas (Mulugeta et al. 2024). In Indonesia, particularly in Sulawesi, it is locally known as *kamangi* (Makassar) or *camangi* (Bugis) and is consumed as a leafy vegetable and a traditional remedy for fever, headaches, gastrointestinal disturbances, shortness of breath, and diarrhea (Heyne 1987; Ali et al. 2022; Luanda et al. 2023; Chaachouay et al. 2024). Its traditional knowledge highlights the importance of the plant culturally and economically, contributing to complementary healthcare practices and local food security.

Plants of the genus *Ocimum* are well known for their ability to synthesize a wide spectrum of volatile compounds through specialized glandular trichomes distributed on the surface of their leaves and stems. These volatile compounds are not only responsible for the characteristic aroma of *Ocimum* species but also contribute to multiple pharmacological properties, including antifungal, anticancer, antibacterial, anti-inflammatory, and antioxidant activities (Stanojevic et al. 2017; Frezza et al. 2019; Azizah et al. 2023; Scott et al. 2023). Essential oil serves as a valuable

biochemical marker for distinguishing inter- and intraspecific variation within the Lamiaceae from a chemotaxonomic perspective (Vielra 2006).

The composition and biological efficacy of essential oils (EOs) are shaped by a complex interplay of intrinsic and extrinsic factors. Intrinsic factors include genetic makeup, plant chemotypes, and the stage of plant development, all of which determine the biosynthetic pathways leading to volatile production (Mann et al. 2012; Zahran et al. 2020). Extrinsic factors, on the other hand, involve ecological and environmental conditions such as geographic origin, altitude, soil fertility, rainfall, and seasonal variations, which significantly influence the quantity and quality of EOs (Bernhardt et al. 2015; Dhifi et al. 2016). In addition, post-harvest handling—including drying, storage, and extraction methods—plays a critical role in maintaining the stability of volatile constituents. Among these, drying is particularly decisive, as exposure to heat, light, and oxygen can trigger degradation, oxidation, or isomerization of sensitive compounds, thereby reshaping the chemical profile and altering bioactivities such as antioxidant or antimicrobial potential (Miesio et al. 2022; Ray et al. 2022; Arpiwi et al. 2023). Thus, the same plant species may yield