

Kandungan Senyawa Bioaktif dan Efektivitas Ekstrak Etil Asetat *Coriandrum sativum* L. sebagai Antioksidan dan Antimikroba

Junairiah^{1*)}, Vira Ovilia Putri¹, Edy Setiti Wida Utami¹, Febri Dwi Irfansyah¹

¹Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

^{*)} E-mail: junairiah@fst.unair.ac.id

			ABSTRAK
Submit	: April	2026	Biji ketumbar (<i>Coriandrum sativum</i> L.) memiliki potensi sebagai obat tradisional karena berpotensi sebagai sumber alami antioksidan dan antimikroba. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan senyawa bioaktif, serta mengevaluasi aktivitas antioksidan dan antimikroba dari ekstrak etil asetat biji ketumbar (<i>Coriandrum sativum</i> L.). Identifikasi senyawa dilakukan menggunakan <i>Gas Chromatography-Mass Spectrometry</i> (GC-MS), sedangkan aktivitas antioksidan diuji menggunakan metode DPPH, dan aktivitas antimikroba diuji terhadap <i>Staphylococcus aureus</i> dan <i>Candida albicans</i> menggunakan metode difusi cakram. Hasil GC-MS menunjukkan tiga senyawa dominan dengan luas area tertinggi, yaitu linalool (75.92%), camphor (3.68%), dan geranyl acetate (2.67%). Uji antioksidan menghasilkan nilai IC₅₀ sebesar 708 µg/mL dengan persentase inhibisi maksimum sebesar 16,3724% pada konsentrasi 200 µg/mL, yang tergolong sangat lemah. Pada uji antimikroba terhadap <i>Staphylococcus aureus</i> perbedaan konsentrasi ekstrak etil asetat biji ketumbar menunjukkan pengaruh terhadap diameter zona hambat, semakin tinggi konsentrasi maka zona hambat yang dihasilkan cenderung semakin besar. Uji statistik juga menunjukkan ada perbedaan signifikan antar beberapa konsentrasi, terutama 250 ppm dan 1000 ppm. Sementara itu, uji antimikroba terhadap <i>Candida albicans</i> menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi ekstrak etil asetat biji ketumbar tidak menunjukkan perbedaan signifikan terhadap diameter zona hambat yang dihasilkan. Kata Kunci: <i>Coriandrum sativum</i>, etil asetat, Gc-Ms, antioksidan, antimikroba.
Revisi	: Juni	2026	
Diterima	: Juni	2026	

Bioactive Compounds and Efficacy of Ethyl Acetate Extract of *Coriandrum sativum* L. as Antioxidants and Antimicrobials

ABSTRACT

Coriander seeds (Coriandrum sativum L.) have potential as traditional medicine due their potential as a natural source of antioxidants and antimicrobials. This study aimed to identify the bioactive compounds present, as well as to evaluate the antioxidant and antimicrobial activities of the ethyl acetate extract of coriander seeds (Coriandrum sativum L.). Compound identification was performed using Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS), whilst antioxidant activity was tested using the DPPH method, and antimicrobial activity was tested against Staphylococcus aureus and Candida albicans using the disc diffusion method. The GC-MS results showed three dominant compounds with the highest peak areas, namely linalool (75.92%), camphor (3.68%), and geranyl acetate (2.67%). The antioxidant assay yielded an IC_{50} value of 708 $\mu\text{g/mL}$ with a maximum inhibition percentage of 16.3724% at a concentration of 200 $\mu\text{g/mL}$, which is classified as very weak. In the antimicrobial test against Staphylococcus aureus, variations in the concentration of the ethyl acetate extract of coriander seeds showed an effect on the diameter of the inhibition zone; the higher the concentration, the larger the resulting inhibition zone tended to be. Statistical analysis also indicated significant differences between certain concentrations, particularly 250 ppm and 1000 ppm. Meanwhile, the antimicrobial test against Candida albicans showed that variations in the concentration of the coriander seed ethyl acetate extract did not result in significant differences in the diameter of the inhibition zones produced.

Keywords: *Coriandrum sativum*, ethyl acetate, GC-MS, antioxidants, antimicrobials.

1. PENDAHULUAN

Radikal bebas merupakan molekul tidak stabil dan sangat reaktif karena memiliki elektron tidak berpasangan di kulit terluarnya [1], yang dapat membentuk rantai radikal baru dan merusak struktur senyawa tertentu [2]. Radikal bebas dalam tubuh manusia terbentuk secara terus-menerus melalui proses metabolisme, peradangan, kekurangan gizi, serta pengaruh eksternal seperti paparan UV, asap rokok, polusi udara, dan gaya hidup tidak sehat [3]. Berdasarkan *World Health Organization* [4], polusi udara diperkirakan menyebabkan 4,2 juta kematian dini di seluruh dunia pada tahun 2019 akibat penyakit kardiovaskular, pernapasan, dan kanker yang dipicu oleh radikal bebas atau *reactive oxygen species* (ROS). Tubuh sebenarnya memiliki sistem antioksidan endogen, namun jika jumlah radikal bebas tidak seimbang maka akan terjadi stres oksidatif yang merusak lipid, protein, dan DNA [1,5], sehingga memicu berbagai penyakit seperti kardiovaskular, kanker, diabetes, dan penuaan [6]. Antioksidan berperan menetralkan radikal bebas [7], terdiri dari antioksidan endogen yang diproduksi tubuh dan antioksidan eksogen dari sumber makanan [8]. Penggunaan antioksidan sintesis seperti TBHQ, BHA, dan PG berisiko menyebabkan sitotoksitas dan efek karsinogenik pada dosis tinggi [9], sehingga antioksidan alami lebih dianjurkan.

Salah satu tanaman sumber antioksidan alami adalah biji ketumbar (*Coriandrum sativum* L.). Berdasarkan penelitian Nathaniel *et al.* (10), ekstrak aseton biji ketumbar mengandung flavonoid dalam jumlah tinggi, diikuti glikosida steroid, tannin, quinine, dan terpenoid. Flavonoid merupakan senyawa polifenol dengan berbagai aktivitas biologis seperti antioksidan, antimikroba, dan antiinflamasi [11]. Penelitian Omar *et al.* (12) menunjukkan minyak atsiri biji ketumbar memiliki aktivitas antioksidan signifikan dengan persentase tertinggi 98,7% pada konsentrasi 100 mg/mL, serta mengandung senyawa linalool (86,875%) yang memiliki aktivitas sebagai antioksidan, antiinflamasi, dan antikanker [13]. Selain itu, biji ketumbar juga memiliki potensi antimikroba, sebagaimana penelitian Hussain *et al.* (14) yang

membuktikan ekstrak etanol biji ketumbar memiliki zona hambat sangat tinggi terhadap bakteri (*Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Streptococcus aureus*) maupun fungi (*Candida albicans*, *Aspergillus niger*, *Mucor miehei*). Secara tradisional, air rebusan biji ketumbar juga digunakan untuk mengobati keputihan [15], yang umumnya disebabkan oleh infeksi *Candida* spp., *Staphylococcus aureus*, dan *Escherichia coli*.

Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti tertarik melakukan uji aktivitas antioksidan dan antimikroba ekstrak etil asetat biji ketumbar. Pemilihan pelarut etil asetat didasarkan pada toksisitasnya yang rendah dan sifat semi polar sehingga dapat menarik senyawa polar maupun nonpolar [16], serta penelitian Siregar *et al.* (17) yang menunjukkan ekstrak etil asetat biji ketumbar memiliki total flavonoid dan fenolik tertinggi dibandingkan pelarut air dan heksana. Metode ekstraksi yang digunakan adalah maserasi, sedangkan uji aktivitas antioksidan dilakukan dengan metode DPPH menggunakan parameter IC₅₀, dan uji antimikroba menggunakan metode difusi kertas cakram terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Candida albicans*. Identifikasi senyawa bioaktif dilakukan dengan GC-MS. Penelitian ini memiliki kebaruan karena masih jarang ditemukan penelitian terkait uji aktivitas antioksidan dan antimikroba ekstrak etil asetat biji ketumbar dengan metode maserasi, mengingat penelitian sebelumnya umumnya menggunakan pelarut etanol dan metanol [14] atau berfokus pada nanopartikel zinc oxide [17]. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan terkait potensi biji ketumbar sebagai sumber antioksidan dan antimikroba alami.

2. METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji *Coriandrum sativum* L. yang berasal dari Kalimantan Barat, serta mikroba *Staphylococcus aureus* dan *Candida albicans*. Media dan bahan kimia yang digunakan terdiri dari *Nutrient Agar* (NA) (Merck, Germany), *Potato Dextrose Agar* (PDA) (Merck, Germany), *Mueller Hinton Agar* (MHA) (Merck, Germany), *Mueller Hinton Broth* (MHB) (Merck, Germany), larutan *Dimethyl Sulfoxide* (DMSO) absolut (Merck, Germany), etil asetat (Merck, Germany), metanol (Merck, Germany), akuades, DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) (Sigma Aldrich, United States), silymarin, alkohol, spirtus, serta kontrol positif berupa antibiotik kloramfenikol (HiMedia, India) dan antifungi nistatin (HiMedia, India) untuk uji aktivitas antimikroba, dan bahan pendukung lainnya seperti kapas, aluminium foil, tisu, dan label. Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari kertas saring, blender, timbangan analitik, timbangan digital, stoples, gelas ukur (Duran, Germany), labu erlenmeyer (Duran, Germany), gelas beaker (Duran, Germany), corong, mikropipet, vorteks, microtube, microplate 96 well, cawan, alat *Gas Chromatography–Mass Spectrometry* (GC-MS) (Shimadzu GC-MS QP2010SE, Japan), autoklaf, spektrofotometer, *Laminar Air Flow* (LAF) (Hirayama, Japan), inkubator, cawan petri 90 mm, *paper disc* (kertas cakram 6 mm, HiMedia, India), botol vial (Duran, Germany), botol kultur (Duran, Germany), tabung kuvet, tabung reaksi (Duran, Germany), pipet volume (Duran, Germany), jangka sorong digital, pinset, jarum ose, pengaduk kaca, pembakar bunsen, pemantik, cotton swab, dan kamera.

Ekstraksi

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji *Coriandrum sativum* sebanyak 250 gram yang berasal dari Kalimantan Barat, dalam kondisi kering. Biji *Coriandrum sativum* yang telah diperoleh dibersihkan dari pengotor dengan cara dicuci menggunakan air mengalir, kemudian dikeringanginkan di tempat yang tidak terkena sinar matahari secara langsung pada suhu ruangan, dan setelah kering dihaluskan dengan blender hingga menjadi serbuk kasar serta disimpan dalam wadah kering. Ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi menggunakan pelarut etil asetat, di mana serbuk simplisia direndam dalam pelarut dengan perbandingan 1:5 selama 3 hari disertai pengadukan setiap 24 jam, kemudian disaring untuk memperoleh filtrat. Simplisia sisa maserasi selanjutnya diremaserasi sebanyak 2 kali dengan penambahan pelarut baru dengan jenis dan jumlah yang sama, sehingga total proses ekstraksi berlangsung selama 9 hari dengan 3 kali pengulangan. Seluruh filtrat yang diperoleh kemudian diuapkan pada suhu ruangan dalam wadah cawan kaca hingga didapatkan ekstrak kental etil asetat biji *Coriandrum sativum*, selanjutnya rendemen ekstrak dihitung dengan **Rumus 1**.

Rumus 1. Persentase rendemen

$$\% \text{ rendemen} = \frac{\text{jumlah berat ekstrak (gram)}}{\text{jumlah berat simplisia awal (gram)}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Analisis Senyawa dengan GC-MS

Analisis *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan senyawa dalam ekstrak biji *Coriandrum sativum* L., di mana GC-MS merupakan metode pemisahan senyawa organik yang menggabungkan kromatografi gas (GC) untuk menguji kemurnian atau memisahkan berbagai komponen dari campuran dan spektrometri massa (MS) untuk menentukan massa atom atau molekul, dengan referensi metode yang digunakan sesuai dengan penelitian dos Santos *et al.* [18]. Analisis dilakukan menggunakan instrumen Shimadzu GC-MS QP2010SE yang dilengkapi dengan autosampler AOC-30i dan kolom kapiler SH-I-5Sil MS berukuran 30 m × 0,25 mm × 0,25 µm, di mana sebanyak 1 gram ekstrak biji ketumbar terlebih dahulu dilarutkan dalam 4 mL etil asetat kemudian divorteks selama 2 menit dan disonikasi, lalu disaring menggunakan membran 0,45 µm. Sampel selanjutnya diinjeksi secara otomatis dengan volume injeksi sebesar 1 µL dalam mode *splitless* pada suhu injektor 220 °C, dengan suhu oven kolom diatur mulai dari 50 °C dan ditahan selama 3 menit, kemudian dinaikkan secara bertahap sebesar 3 °C/menit hingga mencapai 220 °C dan ditahan selama 10 menit. Gas pembawa yang digunakan adalah helium dengan tekanan 53,5 kPa, aliran kolom sebesar 1,00 mL/menit, kecepatan linier 36,3 cm/detik, dan *purge flow* disetel pada 1,0 mL/menit. Spektrum massa dari masing-masing senyawa dianalisis menggunakan perangkat lunak GC-MS *Solution* (Shimadzu), kemudian diidentifikasi dengan membandingkan spektrum hasil analisis terhadap pustaka Wiley versi 9.0 dan NIST20M1, di mana menurut Gujar *et al.* (19), senyawa teridentifikasi dengan cukup baik apabila persentase kecocokannya (*similarity index*) ≥ 70%.

Uji Aktivitas Antioksidan Metode DPPH

Uji aktivitas antioksidan pada ekstrak biji *Coriandrum sativum* ditentukan dengan metode DPPH. Langkah pertama yaitu pembuatan larutan stok DPPH dengan konsentrasi 50 µg/mL, caranya adalah dengan melarutkan 1 mg serbuk DPPH dengan pelarut metanol sebanyak 1 mL sehingga didapatkan larutan stok DPPH dengan konsentrasi 1000 µg/mL, kemudian sebanyak 100 µL larutan stok DPPH 1000 µg/mL dilarutkan kembali dengan 1900 µL metanol. Selanjutnya, pembuatan larutan stok ekstrak etil asetat dengan konsentrasi 1000 µg/mL dengan melarutkan 1 mg ekstrak kental ke dalam 1 mL pelarut metanol kemudian dilakukan pengenceran dengan konsentrasi 200, 150, 125, 100, 75, 50, 35, 25, 15, 12,5, 10, dan 6,25 µg/mL [20]. Larutan pembanding menggunakan silymarin, yaitu ekstrak dari tanaman *Silybum marianum* (milk thistle) yang mengandung berbagai flavonolignan dengan konstituen utama silibinin serta isomernya isosilybin, dihidrosilibin, silydianin, dan silychristin sebagai komponen minor, di mana silymarin dipilih karena telah terbukti memiliki berbagai sifat farmakologis salah satunya sebagai antioksidan [21] sesuai dengan penelitian Javeed *et al.* (22) yang menunjukkan bahwa ekstrak silymarin memiliki aktivitas antioksidan kuat. Pembuatan larutan silymarin dilakukan dengan cara menambahkan 1 mg silymarin ke dalam 1 mL pelarut metanol sehingga dihasilkan konsentrasi stok 1000 µg/mL, kemudian dilakukan pengenceran dengan pelarut metanol sehingga diperoleh konsentrasi yang sama dengan konsentrasi ekstrak yaitu 200, 150, 125, 100, 75, 50, 35, 25, 15, 12,5, 10, dan 6,25 µg/mL. Setelah perhitungan pengenceran dilakukan, masing-masing konsentrasi silymarin dan ekstrak etil asetat dimasukkan sebanyak 200 µL ke dalam *microplate* 96-well secara triplo, kemudian ditambahkan larutan DPPH 50 µg/mL sebanyak 100 µL di ruang gelap dan diinkubasi selama 30 menit. Pengukuran aktivitas antioksidan dilakukan dengan mengukur absorbansi menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 517 nm, di mana aktivitas antioksidan sampel ditentukan berdasarkan besarnya serapan radikal DPPH melalui perhitungan persentase inhibisi serapan dengan **Rumus 2**:

Rumus 2. Persentase aktivitas antioksidan

$$\text{Aktivitas antioksidan (\%)} = \frac{\text{absorbansi kontrol} - \text{absorbansi sampel}}{\text{absorbansi kontrol}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Absorbansi kontrol negatif diperoleh dari hasil pengukuran absorbansi 100 µL DPPH 50 µg/mL yang ditambahkan 200 µL metanol, sedangkan absorbansi sampel diperoleh dari hasil pengukuran absorbansi sampel ekstrak biji ketumbar dan silymarin pada masing-masing konsentrasi yang ditambahkan 100 µL DPPH 50 µg/mL. Parameter dari uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH ini adalah nilai *inhibition concentration* 50% (IC₅₀) atau konsentrasi yang dapat meredam aktivitas radikal bebas sebesar 50%.

Peremajaan dan Perbanyakan Mikroba Uji

Mikroba uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Staphylococcus aureus* dan *Candida albicans*. Peremajaan mikroba dilakukan dengan tujuan untuk mengaktivasi isolat bakteri dan mengoptimalkan pertumbuhan mikroba tersebut [23]. Langkah awal yang dilakukan adalah pembuatan media NA dan PDA miring pada tabung reaksi. Media NA dibuat dengan takaran 20 g/L, sedangkan PDA dengan takaran 39 g/L, masing-masing dilarutkan

dalam akuades kemudian dipanaskan di atas penangas air sambil diaduk hingga mendidih dan serbuk media terlarut sempurna. Media tersebut selanjutnya disterilkan menggunakan autoklaf dengan tekanan 1 atm pada suhu 121°C selama 15 menit. Media steril kemudian dituangkan ke dalam tabung reaksi sebanyak 6 mL, ditutup rapat dengan kapas dan dilapisi aluminium foil, kemudian diletakkan miring dengan sudut $\pm 15^\circ$ sehingga saat media mendingin dan memadat akan membentuk agar miring (*slant agar*). Peremajaan bakteri *Staphylococcus aureus* dilakukan dengan membiakkan pada media NA miring yang kemudian diinkubasi selama 24 jam, sedangkan untuk fungi *Candida albicans* dibiakkan pada media PDA miring dan diinkubasi selama 48 jam.

Perbanyakan mikroba uji dilakukan dengan cara menginokulasikan isolat murni dari media agar miring ke media agar miring yang baru. Perbanyakan bakteri *S. aureus* dilakukan dengan mengambil dua ose isolat murni dari media sebelumnya, kemudian diinokulasikan ke dalam tabung reaksi berisi media NA miring dengan metode gores (*streak*) secara zig-zag pada permukaan media, selanjutnya diinkubasi dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam [24]. Perbanyakan fungi *Candida albicans* dilakukan dengan mengambil dua ose koloni pada biakan murni dari media PDA miring ke media PDA miring yang baru dengan metode gores (*streak*) secara zig-zag pada permukaan media, kemudian diinkubasi pada inkubator dengan suhu 37°C selama 48 jam [25].

Pembuatan Media Uji Antimikroba

Media uji yang digunakan untuk menguji aktivitas antimikroba terdiri dari MHA untuk bakteri *Staphylococcus aureus* dan PDA untuk fungi *Candida albicans*. Media MHA dipilih karena memiliki kandungan yang baik untuk kultur bakteri dan bersifat netral sehingga tidak menimbulkan pengaruh terhadap prosedur uji antimikroba [26], sedangkan media PDA merupakan media yang umum digunakan untuk pertumbuhan jamur karena memiliki pH yang relatif rendah sekitar 4,5-5,6 sehingga dapat menghambat pertumbuhan bakteri yang membutuhkan lingkungan netral dengan pH 7,0 [27]. Pembuatan media dilakukan dengan menimbang serbuk MHA sebanyak 38 g/L dan PDA sebanyak 39 g/L, kemudian masing-masing dilarutkan ke dalam gelas beaker atau labu erlenmeyer yang berisi akuades. Selanjutnya media dipanaskan dengan penangas air hingga mendidih sambil diaduk agar media dapat tercampur dan terlarut sempurna, kemudian disterilkan menggunakan autoklaf dengan tekanan 1 atm pada suhu 121°C selama 15 menit. Media MHA dan PDA yang telah steril selanjutnya dituangkan sekitar 15 mL ke dalam cawan petri dan ditunggu hingga media memadat.

Pembuatan Kontrol dan Konsentrasi Ekstrak

Kontrol positif antibakteri yang digunakan dalam penelitian ini adalah antibiotik kloramfenikol berupa kertas cakram uji antimikroba yang sudah mengandung kloramfenikol sebanyak 30 µg per cakram, sedangkan kontrol positif antifungi yang digunakan adalah nistatin berupa kertas cakram uji antimikroba yang mengandung nistatin 100 unit per cakram. Kontrol negatif yang digunakan adalah pelarut organik DMSO yang diinjeksikan sebanyak 25 µL pada kertas cakram steril ukuran 6 mm. Konsentrasi ekstrak biji ketumbar yang digunakan dalam uji antimikroba yaitu 250 ppm, 500 ppm, 750 ppm, dan 1000 ppm [28]. Sebanyak 3 mg

ekstrak kental biji ketumbar dilarutkan dengan 3 mL DMSO untuk membuat larutan induk dengan konsentrasi 1000 ppm, kemudian larutan induk tersebut digunakan untuk membuat konsentrasi 250, 500, 750, dan 1000 ppm dengan cara pengenceran menggunakan rumus $V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$.

Uji Aktivitas Antimikroba

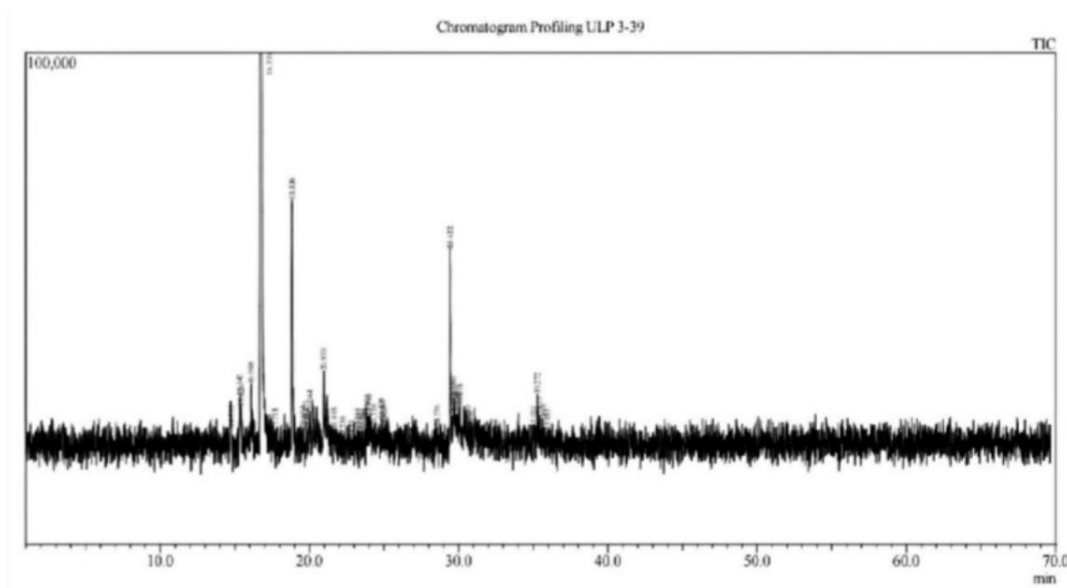
Uji aktivitas antimikroba pada ekstrak etil asetat biji *Coriandrum sativum* dilakukan dengan metode difusi kertas cakram. Tahap awal uji ini adalah pembuatan suspensi bakteri dan fungi dalam media MHB. Media MHB dibuat dengan menimbang serbuk media sebanyak 21 g/L, dilarutkan dalam akuades, dipanaskan sambil diaduk hingga mendidih dan serbuk media terlarut sempurna, kemudian disterilkan menggunakan autoklaf dengan tekanan 1 atm pada suhu 121°C selama 15 menit. Media MHB steril selanjutnya dimasukkan ke dalam botol kultur sebanyak 50 mL. Pembuatan suspensi mikroba dilakukan dengan mengambil dua ose koloni masing-masing mikroba dari media agar miring, kemudian disuspensikan dalam media MHB dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Suspensi yang telah diinkubasi diukur dengan spektrofotometer untuk mengatur kekeruhan atau *optical density* (OD) sesuai standar, yaitu OD 0,1 pada panjang gelombang 625 λ untuk bakteri *Staphylococcus aureus* dan OD 0,1 pada panjang gelombang 600 λ untuk fungi *Candida albicans* dengan larutan blanko berupa media MHB [28].

Setelah hasil pengukuran OD sesuai standar, suspensi mikroba diambil sebanyak 100 μ L menggunakan mikropipet kemudian diinjeksikan pada *cotton swab* steril dan diswab secara merata pada permukaan media uji MHA dan PDA. Selanjutnya, sebanyak 25 μ L ekstrak etil asetat biji ketumbar dengan berbagai konsentrasi (250, 500, 750, 1000 ppm) dan kontrol negatif DMSO diinjeksikan pada kertas cakram steril ukuran 6 mm. Kertas cakram yang telah diinjeksi ekstrak dan DMSO diambil menggunakan pinset steril lalu diletakkan pada permukaan media agar MHA dan PDA yang telah mengandung mikroba uji dengan sedikit ditekan untuk memastikan kertas cakram menempel pada medium. Untuk kontrol positif, kertas cakram uji antimikroba yang telah berisi kloramfenikol 30 μ g dan nistatin 100 unit diletakkan pada media uji dengan cara yang sama. Dalam uji ini terdapat 6 perlakuan untuk setiap mikroba uji yaitu ekstrak biji ketumbar dengan konsentrasi 250 ppm, 500 ppm, 750 ppm, 1000 ppm, kontrol positif, dan kontrol negatif dengan masing-masing 4 kali pengulangan, sehingga dibutuhkan total 6 cawan petri berisi media MHA untuk uji terhadap *Staphylococcus aureus* dan 6 cawan petri berisi media PDA untuk uji terhadap *Candida albicans*, di mana setiap cawan petri dibagi menjadi 4 kuadran. Setelah semua kertas cakram diletakkan pada masing-masing kuadran, selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam untuk bakteri dan 48 jam untuk fungi. Setelah masa inkubasi, area zona hambat di sekitar kertas cakram diamati dan diukur menggunakan jangka sorong digital dengan tingkat ketelitian 0,1 mm. Menurut Morales *et al.* [29], kategori zona hambat meliputi diameter <5 mm (aktivitas lemah), diameter 5-10 mm (aktivitas sedang), diameter >10-20 mm (aktivitas kuat), dan diameter >20-30 mm (aktivitas sangat kuat). Adapun menurut Lehtopolku *et al.* [30], tidak adanya zona hambat dinyatakan dengan ukuran diameter 6 mm yang berarti pertumbuhan mikroba mencapai hingga tepi cakram, sehingga menunjukkan tidak adanya aktivitas antimikroba dari sampel terhadap mikroorganisme uji.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

GC-MS Ekstrak Etil Asetat Biji *Coriandrum sativum*

Uji *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) dilakukan untuk mengetahui kandungan senyawa dalam ekstrak biji *Coriandrum sativum*. Hasil GC-MS yang diperoleh berupa profil kromatogram, waktu retensi, luas area, dan daftar nama senyawa. Profil kromatogram ekstrak etil asetat biji *Coriandrum Sativum* ditunjukkan pada **Gambar 1**. Jenis senyawa yang terdapat di dalam ekstrak biji ketumbar dapat dilihat pada **Tabel 1**.



Gambar 1. Profil Kromatogram Ekstrak Etil Asetat Biji *Coriandrum Sativum*

Tabel 1. Hasil Identifikasi Senyawa Bioaktif Ekstrak Etil Asetat Biji *Coriandrum sativum*

Waktu retensi (menit)	Luas area (%)	Nama senyawa	Literatur bioaktivitas
16.098	0.72	Linalool oxide cis	Antimikroba [31] Antibakteri, Antioksidan,
16.739	75.92	Linalool	Antidepresan, Anti- spasmodik, Antiinflamasi, Antikanker [32]
18.836	3.68	Camphor	Anti-inflamasi, Analgesik, Antimikroba [33-35]
20.950	0.77	3,7-dimethyl-1,5-octdien-3,7-diol	-
29.432	2.67	Geranyl acetate	Antimikroba, Acaricidal, Diuretik, Antihiperurisemik [36-39]

Berdasarkan hasil analisis GC-MS, diketahui bahwa kandungan senyawa yang dominan dari ekstrak etil asetat biji ketumbar adalah linalool (75,92%), camphor (3,68%), dan geranyl acetate (2,67%). Komponen senyawa kimia dalam minyak ketumbar umumnya terdiri atas empat golongan senyawa, yaitu golongan alkohol (linalool, geraniol, terpineol),

hidrokarbon (γ -terpinene, limonene), keton (camphor), dan ester (geranyl acetate, linalyl acetate) [40]. Dalam penelitian ini teridentifikasi senyawa golongan alkohol (linalool, linalool oxide cis, dan 3,7-dimethyl-1,5-octadien-3,7-diol), senyawa hidrokarbon (camphor dan geranyl acetate), senyawa dengan gugus keton (camphor), serta senyawa dengan gugus ester (geranyl acetate). Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Khani dan Rahdari [41] yang menunjukkan bahwa berdasarkan uji GC-MS, biji ketumbar yang diekstraksi dengan metode hidrodistilasi mengandung tiga senyawa dengan kelimpahan terbesar yaitu linalool (57,57%), camphor (3,02%), dan geranyl acetate (15,09%). Penelitian lain juga menyebutkan bahwa minyak ketumbar mengandung senyawa tertinggi linalool (71,44%) dan camphor (9,96%) [42], serta didukung oleh penelitian Omar *et al.* (12) yang memperoleh hasil bahwa minyak biji ketumbar mengandung linalool (86,875%) dan camphor (2,825%).

Linalool (2,6-dimethyl-2,7-octadien-6-ol) atau $C_{11}H_{18}O$ adalah alkohol monoterpen asiklik yang secara alami terdapat dalam berbagai tanaman aromatik, sering ditemukan pada tumbuhan genus *Cinnamomum* (Lauraceae), *Coriandrum* (Apiaceae), *Lavandula* (Lamiaceae), dan *Citrus* (Rutaceae) [43]. Senyawa ini memiliki berbagai aktivitas biologis, diantaranya sebagai antibakteri, antioksidan, antidepresan, anti-spasmodik, antiinflamasi, dan antikanker. Linalool menunjukkan aktivitas antibakteri yang kuat terhadap *Pseudomonas fluorescens* dengan merusak membran sel, menyebabkan kebocoran makromolekul intraseluler, dan menghambat fungsi metabolisme termasuk produksi ATP dan respirasi seluler yang pada akhirnya menyebabkan kematian sel [32]. Penelitian Liang *et al.* (44) juga menunjukkan bahwa linalool memiliki aktivitas antibakteri signifikan terhadap *Streptococcus agalactiae* dengan diameter zona hambat $23 \pm 0,913$ mm dan konsentrasi penghambatan minimum 1,875 $\mu\text{g/mL}$, serta mampu merusak integritas sel dan mengganggu metabolisme intraseluler termasuk metabolisme energi dan sintesis asam nukleat. Selain itu, linalool juga memiliki aktivitas antioksidan sedang dengan kemampuan menangkap radikal DPPH sebesar 50,57% dan radikal hidrogen peroksida (H_2O_2) sebesar 56,36% [45]. Senyawa dominan kedua yaitu camphor ($C_{10}H_{16}O$) merupakan senyawa terpenoid keton alami dan sintetis yang menunjukkan aktivitas anti-inflamasi dengan menghambat migrasi leukosit dan mengurangi edema telinga saat diberikan secara oral [33], serta memiliki aktivitas analgesik yang secara signifikan mengurangi hiperalgesia pada berbagai model nyeri neuropatik [34]. Camphor juga memiliki kemampuan antimikroba terhadap *Staphylococcus aureus* terutama ketika dilakukan mikroenkapsulasi sehingga lebih stabil dan meningkatkan efektivitasnya [35]. Senyawa dominan ketiga yaitu geranyl acetate ($C_{12}H_{20}O_2$) termasuk dalam golongan monoterpenoid

ester yang diaplikasikan dalam pengemasan makanan sebagai agen antimikroba, dengan aktivitas terhadap *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Aspergillus niger* [36]. Geranyl acetate juga menunjukkan aktivitas akarisidal potensial terhadap *Rhipicephalus mikropus* [37], serta memiliki sifat diuretik, anti-hiperurisemik, dan antikanker [38,39].

Uji Aktivitas Antioksidan Biji *Coriandrum sativum*

Uji aktivitas antioksidan dilakukan dengan menggunakan metode DPPH (1,1-diphenyl-2-pikrilhidrazil) untuk mengetahui nilai absorbansi ekstrak etil asetat biji *Coriandrum sativum* sebagai sampel dan ekstrak silymarin sebagai standar sehingga diperoleh nilai persentase inhibisi. Persentase inhibisi kemudian digunakan untuk membuat grafik regresi sehingga diperoleh persamaan regresi untuk menghitung nilai IC₅₀. Berikut disajikan data konsentrasi sampel, absorbansi, dan % inhibisi dari ekstrak silymarin pada **Tabel 2** dan ekstrak etil asetat biji ketumbar pada **Tabel 3**.

Tabel 2. Hasil Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Silymarin

Konsentrasi (µg/mL)	Absorbansi			Rerata Absorbansi	% Inhibisi	IC ₅₀ (ppm)
	I	II	III			
200	0,0689	0,0702	0,0757	0,0716	79,4842	26,2
150	0,0676	0,0673	0,0682	0,0677	80,6017	
125	0,0667	0,0665	0,0659	0,0664	80,9838	
100	0,0641	0,0665	0,0668	0,0658	81,1461	
75	0,0638	0,0682	0,0625	0,0648	81,4231	
50	0,0687	0,0712	0,0698	0,0699	79,9713	
35	0,0887	0,1226	0,1236	0,1116	68,0134	
25	0,1473	0,1844	0,1756	0,1691	51,5473	
15	0,2481	0,2346	0,2239	0,2355	32,5119	
12,5	0,2320	0,2551	0,2437	0,2436	30,2006	
10	0,2768	0,2558	0,2746	0,2691	22,9035	
6,25	0,3048	0,2715	0,2997	0,2920	16,3324	

Tabel 3. Hasil Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etil Asetat *Coriandrum sativum*

Konsentrasi ($\mu\text{g/mL}$)	Absorbansi			Rerata Absorbansi	% Inhibisi	IC ₅₀ (ppm)
	I	II	III			
200	0,3798	0,3607	0,3582	0,3662	16,3724	708
150	0,3811	0,3779	0,3709	0,3766	13,9976	
125	0,3932	0,3889	0,3915	0,3912	10,6713	
100	0,3948	0,4060	0,3934	0,3981	9,1034	
75	0,4099	0,4174	0,4195	0,4156	5,0997	
50	0,4179	0,4006	0,4224	0,4136	5,5488	
35	0,4173	0,4183	0,4109	0,4155	5,1225	
25	0,4259	0,4140	0,4032	0,4144	5,3813	
15	0,4335	0,4233	0,4064	0,4211	3,8514	
12,5	0,4108	0,4252	0,4168	0,4176	4,6430	
10	0,4141	0,4319	0,4138	0,4199	4,1102	
6,25	0,4301	0,4279	0,4261	0,4280	2,2606	

Pengujian aktivitas antioksidan dilakukan secara kuantitatif menggunakan metode DPPH (1,1-diphenyl-2-pikrilhidrazil). Metode ini dipilih karena memiliki keunggulan antara lain memberikan hasil yang akurat dengan waktu analisis relatif cepat, prosedur sederhana, kemudahan dalam pelaksanaan, dan sensitivitas terhadap sampel dengan konsentrasi kecil [46]. Metode ini menggunakan DPPH sebagai senyawa radikal bebas yang memiliki elektron tidak berpasangan, sehingga ketika bereaksi dengan senyawa antioksidan, sifat radikal bebasnya hilang dan warnanya berubah dari ungu menjadi kuning [46,47]. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai IC₅₀ sebesar 708 $\mu\text{g/mL}$ yang mengindikasikan bahwa aktivitas antioksidan ekstrak etil asetat biji ketumbar termasuk dalam kategori sangat lemah, dengan persentase inhibisi tertinggi hanya 16,3724% pada konsentrasi 200 $\mu\text{g/mL}$.

Hasil ini berbeda dengan beberapa penelitian sebelumnya. Penelitian Omar *et al.* [12] menunjukkan bahwa ekstrak biji ketumbar memiliki persentase inhibisi mencapai 98,7% pada konsentrasi 100 mg/mL, namun perbedaan hasil tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain perbedaan asal sampel (Yordania), konsentrasi uji yang jauh lebih tinggi, serta metode ekstraksi yang menggunakan hidrodistilasi. Meskipun kandungan senyawa dominan yang dihasilkan relatif sama yaitu golongan monoterpenoid berupa linalool, camphor, dan geranyl acetate, namun konsentrasi uji yang digunakan dalam penelitian Omar *et al.* [12] mencapai 100.000 $\mu\text{L/mL}$, jauh lebih tinggi dibandingkan penelitian ini yang hanya 200 $\mu\text{g/mL}$. Hal ini mengindikasikan bahwa metode uji DPPH kurang sensitif terhadap senyawa golongan monoterpenoid sehingga membutuhkan konsentrasi tinggi dalam menghambat radikal bebas. Hal ini didukung oleh penelitian Kim *et al.* [48] yang menggunakan rentang

konsentrasi 0,25-1,0 mg/mL dan menghasilkan nilai IC_{50} sebesar 536,62 μ g/mL yang juga tergolong sangat lemah.

Perbedaan hasil juga terlihat pada penelitian Nagella *et al.* [49], di mana ekstrak etil asetat biji ketumbar yang diperoleh melalui metode ekstraksi bertingkat dan fraksinasi cair-cair menunjukkan aktivitas antioksidan tertinggi dengan nilai IC_{50} sebesar 37,57 μ g/mL dan persentase inhibisi 93,62% pada konsentrasi 100 μ g/mL. Perbedaan metode ekstraksi menjadi faktor utama yang mempengaruhi hasil tersebut. Metode maserasi langsung dengan pelarut etil asetat cenderung tidak mampu mengekstraksi senyawa polar seperti flavonoid glikosida atau asam fenolat secara optimal, yang dibuktikan dari hasil GC-MS yang menunjukkan tiga senyawa dominan merupakan golongan monoterpenoid. Sebaliknya, metode ekstraksi bertingkat yang dilanjutkan dengan fraksinasi cair-cair memungkinkan senyawa semi-polar dan fenolik dapat ditarik secara selektif ke dalam fraksi etil asetat, sehingga menghasilkan kandungan senyawa fenolik seperti quercetin, myricetin, chlorogenic acid, pyrogallol, dan salicylic acid yang memiliki korelasi positif dengan aktivitas antioksidan metode DPPH [50].

Selain jenis pelarut, metode ekstraksi, dan konsentrasi uji, faktor utama lain yang mempengaruhi aktivitas antioksidan adalah variasi kandungan senyawa pada sampel yang digunakan. Menurut Supriatna [51], variasi kandungan metabolit sekunder pada tumbuhan dapat disebabkan oleh faktor-faktor seperti usia tanaman dan kondisi lingkungan tumbuh. Faktor lingkungan seperti suhu ekstrem, salinitas, dan stres kekeringan secara signifikan mempengaruhi biosintesis dan akumulasi metabolit sekunder pada tanaman [52]. Hal ini juga didukung oleh penelitian Mohammed *et al.* [53] yang menyatakan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi senyawa pada tanaman meliputi kondisi lingkungan (kelembaban, kekeringan, salinitas tanah), tahap pematangan tanaman, serta metode pengeringan dan ekstraksi yang mempengaruhi kualitas dan kuantitas konstituen volatil dan nonvolatil.

Uji Aktivitas Antimikroba Biji *Coriandrum sativum*

Uji aktivitas antimikroba bertujuan untuk mengetahui kemampuan ekstrak etil asetat biji ketumbar dalam menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan *Candida albicans*. Uji aktivitas antimikroba dilakukan dengan metode difusi cakram. Hasil uji tersebut berupa diameter zona hambat yang terbentuk (mm). Hasil rerata diameter zona hambat ekstrak etil asetat biji *Coriandrum sativum* dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil Uji Aktivitas Antimikroba Ekstrak Etil Asetat *Coriandrum sativum*

Perlakuan	Rerata Diameter Zona Hambat	
	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Candida albicans</i>
Kloramfenikol	38,59±0,93 ^a	-
Nistatin	-	25,76±0,83 ^a
DMSO	6±0,00 ^d	6±0,00 ^b
250 ppm	8,79±0,54 ^c	6,03±0,05 ^b
500 ppm	9,1±0,54 ^{bc}	6,06±0,05 ^b
750 ppm	9,4±0,61 ^{bc}	6,13±0,10 ^b
1000 ppm	10,85±1,42 ^b	6,44± 0,55 ^b

Keterangan: Data dinyatakan sebagai rerata ± SD. Superskrip huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan signifikan ($p < 0,05$) berdasarkan uji *Tukey HSD* (untuk *Staphylococcus aureus*) dan uji *Dunn's Test* (untuk *Candida albicans*). Diameter zona hambat yang terukur merupakan diameter total termasuk kertas cakram (6 mm).

Uji aktivitas antimikroba dilakukan untuk mengetahui kemampuan ekstrak etil asetat biji ketumbar dalam menghambat pertumbuhan bakteri dan fungi, dengan mikroba uji *Staphylococcus aureus* sebagai perwakilan bakteri dan *Candida albicans* sebagai perwakilan yeast. Hasil positif uji aktivitas antimikroba ditandai dengan terbentuknya zona hambat di sekitar kertas cakram. Uji antimikroba dilakukan pada konsentrasi 250 ppm, 500 ppm, 750 ppm, dan 1000 ppm, dengan kontrol positif antibakteri menggunakan kloramfenikol dan kontrol positif antifungi menggunakan nistatin [54,55]. Hasil uji menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi ekstrak memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kedua mikroorganisme tersebut. Terhadap *Staphylococcus aureus* peningkatan konsentrasi ekstrak dari 250 ppm hingga 1000 ppm menyebabkan peningkatan diameter zona hambat dari $8,79 \pm 0,54$ mm menjadi $10,85 \pm 1,42$ mm. Analisis statistik menggunakan uji *Tukey HSD* ($p < 0,005$) menunjukkan bahwa konsentrasi 1000 ppm berbeda nyata dibandingkan kontrol negatif (DMSO) maupun konsentrasi terendah, mengindikasikan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak, semakin besar kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif *S. aureus*. Namun, kenaikan zona hambat cenderung landai di mana pada konsentrasi 250 ppm dan 750 ppm tidak menunjukkan perbedaan nyata, kemungkinan disebabkan oleh keterbatasan difusi senyawa aktif dalam media agar atau rentang konsentrasi yang sempit. Hasil ini sejalan dengan penelitian Hamudeng dan Serliawati [56] serta Susanti *et al.* [57] yang menunjukkan bahwa ekstrak biji ketumbar memiliki aktivitas antimikroba terhadap *Staphylococcus aureus*, di mana untuk memperoleh diameter zona hambat yang signifikan dan optimal diperlukan konsentrasi uji yang lebih tinggi dan rentang yang luas [58]. Aktivitas antibakteri ini didukung oleh keberadaan senyawa linalool dengan kelimpahan terbanyak berdasarkan uji GC-MS, yang

memiliki aktivitas antibakteri dengan merusak membran sel, menyebabkan kebocoran makromolekul intraseluler, serta menghambat fungsi metabolisme termasuk produksi ATP dan respirasi seluler yang pada akhirnya menyebabkan kematian sel [32,44]. Selain itu, camphor dan geranyl acetate yang juga teridentifikasi dalam ekstrak turut berkontribusi terhadap aktivitas antimikroba terhadap *Staphylococcus aureus* [35,36].

Berbeda dengan hasil uji terhadap *Staphylococcus aureus*, pada *Candida albicans* zona hambat yang terbentuk pada semua konsentrasi uji tidak signifikan terhadap kontrol negatif, di mana perbedaan konsentrasi ekstrak etil asetat tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap diameter zona hambat. Zona hambat yang terbentuk pada konsentrasi 250–1000 ppm berkisar antara 6,00 mm hingga 6,44 mm dan secara statistik tergolong dalam kelompok yang sama menurut uji Dunn dengan koreksi Bonferroni, mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak tidak diikuti oleh peningkatan kemampuan antifungi. Hasil ini sejalan dengan karakteristik struktur dinding sel fungi yang lebih kompleks, di mana pada *Candida albicans* dinding sel terdiri dari lapisan dalam kitin dan β -1,3-glukan yang kaku serta jaringan fleksibel β -1,6-glukan dan fibril mannan yang memberikan perlindungan lebih kuat terhadap senyawa bioaktif [59]. Sementara itu, *Staphylococcus aureus* sebagai bakteri Gram positif memiliki dinding sel peptidoglikan yang relatif lebih mudah ditembus sehingga senyawa aktif dalam ekstrak etil asetat lebih efektif bekerja [60]. Namun demikian, perbedaan hasil dengan studi lain yang menunjukkan aktivitas antijamur signifikan terhadap *Staphylococcus aureus* [61,62] kemungkinan besar dipengaruhi oleh perbedaan jenis pelarut, metode ekstraksi, dan metode uji. Metanol sebagai pelarut bersifat lebih universal dibandingkan etil asetat, metode soxhlet memungkinkan ekstraksi senyawa bioaktif secara lebih efisien dibandingkan maserasi, serta metode difusi sumur umumnya menghasilkan diameter hambat yang lebih besar dibandingkan difusi cakram. Perbedaan pelarut dapat menyebabkan perbedaan senyawa yang terekstraksi sehingga mempengaruhi aktivitas antimikrobanya terhadap mikroba uji.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa ekstrak etil asetat biji ketumbar (*Coriandrum sativum* L.) mengandung tiga senyawa dominan berdasarkan uji GC-MS, yaitu linalool (75,92%), camphor (3,68%), dan geranyl acetate (2,67%). Aktivitas antioksidan ekstrak etil asetat biji ketumbar diuji dengan metode DPPH menghasilkan nilai IC_{50} sebesar 708 μ g/mL, yang termasuk dalam kategori sangat lemah,

dengan persentase inhibisi tertinggi hanya 16,3724% pada konsentrasi 200 µg/mL. Sementara itu, pada uji aktivitas antimikroba, ekstrak etil asetat biji ketumbar menunjukkan pengaruh yang berbeda terhadap kedua mikroba uji. Terhadap *Staphylococcus aureus*, perbedaan konsentrasi ekstrak berpengaruh terhadap diameter zona hambat, di mana semakin tinggi konsentrasi maka zona hambat yang dihasilkan cenderung semakin besar, dengan perbedaan signifikan terutama antara konsentrasi 250 ppm dan 1000 ppm berdasarkan uji statistik. Sebaliknya, terhadap *Candida albicans*, perbedaan konsentrasi ekstrak etil asetat biji ketumbar tidak menunjukkan perbedaan signifikan terhadap diameter zona hambat yang dihasilkan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

-

6. PENDANAAN

Penelitian ini tidak didanai oleh sumber hibah manapun.

7. KONFLIK KEPENTINGAN

Seluruh penulis menyatakan tidak terdapat potensi konflik kepentingan dengan penelitian, kepenulisan (*authorship*), dan atau publikasi artikel ini.

8. DAFTAR PUSTAKA

1. Nurkhasanah, Fauziah F, Handayani S. Stress oksidatif dan peran antioksidan. J Farmasi Klin Indones. 2023;12(1):54–63.
2. Setiabudi R, Hartanti D, Wijaya H. Radikal bebas dan mekanisme kerusakan sel. J Kesehat. 2020;11(2):145–53.
3. Maharani S, Wulandari A, Sari RP. Faktor-faktor yang mempengaruhi peningkatan radikal bebas dalam tubuh. J Kesehat Masy. 2021;9(3):245–53.
4. World Health Organization. Ambient air pollution: health impacts [diunduh 10 Januari 2024]. Tersedia dari: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
5. Winarsi H. Antioksidan alami dan radikal bebas. Yogyakarta: Kanisius; 2007.
6. Khadim RM, Al-Fartusie FS. Oxidative stress and antioxidants: a review. Ann Trop Med Public Health. 2021;24(3):224–32.
7. Monica E. Antioksidan dan peranannya dalam kesehatan. J Ilmiah Kedokt. 2016;3(2):89–96.
8. Alamzeb M, Khan MR, Mamoona, Khan A, Ali S, Naz S, et al. Antioxidant and antimicrobial potentials of selected medicinal plants. Phytomedicine Plus. 2024;4(3):100589.
9. Esazadeh K, Ebrahimzadeh MA, Ebrahimi A. A review on synthetic antioxidants: toxicity and health risks. Toxicol Rep. 2024;12:234–42.
10. Nathenial, Kurniawan A, Wijaya H. Skrining fitokimia ekstrak aseton biji ketumbar (*Coriandrum sativum* L.). J Ilmiah Farmasi. 2019;8(2):67–73.
11. Hasnat MA, Pervin M, Lim BO. Flavonoids: biological activities and therapeutic potentials. Phytother Res. 2024;38(2):789–812.

12. Omar A, Al-Masri R, Khalil M. Chemical composition and antioxidant activity of coriander seed essential oil. *J Essent Oil Res.* 2024;36(2):145–53.
13. Maćzka W, Wińska K, Grabarczyk M. Linalool: a review on its biological activities. *Molecules.* 2022;27(15):4829.
14. Hussain S, Sharma M, Singh A, Kumar P. Microwave-assisted ultrasonic extraction of coriander seeds: phytochemical analysis and antimicrobial activity. *Ind Crops Prod.* 2024;208:117845.
15. Nurmayani S, Galaupa R. Penggunaan tradisional air rebusan biji ketumbar untuk pengobatan keputihan. *J Tradisional Med.* 2024;9(1):22–8.
16. Putri R. Metode DPPH untuk uji aktivitas antioksidan. *J Farmasi Sains.* 2023;8(1):34–41.
17. Siregar C, Suryanto D, Ilyas S. Total flavonoid and phenolic content of ethyl acetate extract of coriander seeds and leaves. *J Nat Prod.* 2017;10(2):112–8.
18. dos Santos RCA, dos Santos RM, de Melo WSV, Marques MO, Domingues M de A, Fontanari GG, et al. Chemical composition and biological activities of essential oils from *Coriandrum sativum* L. grown in Brazil. *J Essent Oil Bear Plants.* 2019;22(5):1292–301.
19. Gulcin İ, Alwasel SH. DPPH radical scavenging assay. *Processes.* 2023;11(8):2248. <https://doi.org/10.3390/pr11082248>
20. Prieto P. Antioxidant activity determination by DPPH method: protocol and applications. *Food Chem.* 2012;134(2):1120–6.
21. Surai PF. Silymarin: a review of its antioxidant properties and health benefits. *Antioxidants.* 2015;4(3):546–63.
22. Javeed A, Ahmed S, Ashraf M, Qamar A, Ali M. Antioxidant potential of silymarin: a comparative study. *Pak J Pharm Sci.* 2022;35(2):511–6.
23. Prihanto AA, Fauzi A, Nurdiani R. Teknik peremajaan mikroba untuk pengujian aktivitas antimikroba. *J Ilmu Kelaut Perikan.* 2018;28(2):112–9.
24. Novianti D, Sumiati T. Teknik perbanyakan bakteri pada media agar miring. *J Biotek.* 2016;4(1):23–30.
25. Putri RM, Sari DP, Lestari W. Perbanyakan dan karakterisasi *Candida albicans* pada media PDA. *J Mikol Indones.* 2022;7(2):89–96.
26. Utomo B, Wijayanti N, Hidayati L. Penggunaan media Mueller Hinton Agar dalam uji kepekaan antibiotik. *J Analis Kesehat.* 2018;7(1):45–51.
27. Cappucino JG, Sherman N. *Microbiology: a laboratory manual.* 10th ed. Boston: Pearson; 2014.
28. Junairiah J, Zulfa EZ, Yuliani Y. Antibacterial activity of *Coriandrum sativum* L. extract against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *J Phys Conf Ser.* 2020;1567(2):022031.
29. Morales G, Sierra P, Mancilla A, Paredes A, Loyola LA, Gallardo O, et al. Antimicrobial activity of three Chilean plants. *Bol Soc Chil Quím.* 2003;48(1):49–52.
30. Lehtopolku M, Kotilainen P, Puukka P, Nakari UM, Siitonen A, Huovinen P, et al. Inaccuracy of the disc diffusion method for detecting carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae*. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis.* 2012;31(9):2259–65.
31. Satoh M, Kusumoto N, Matsui N, Makino R, Hashida K, Arai D, et al. Antitermitic and antifungal properties of enantiopure linalool and furanoid linalool oxide confirmed in *Lindera umbellata* var. *membranacea*. *J Wood Chem Technol.* 2022;42(1):37–45. <https://doi.org/10.1080/02773813.2021.2004166>
32. Guo Y, Liu Y, Zhang Z, Chen M, Zhang D, Tian C, et al. Antibacterial mechanism of linalool against *Pseudomonas fluorescens*. *Food Control.* 2021;125:107980.
33. Silva-Filho SE, da Silva LA, de Oliveira KM, de Araújo LMC, da Silva MV. Anti-inflammatory activity of camphor in animal models. *Inflammopharmacology.* 2015;23(6):321–8.

34. Li J, Zhang C, Liu Y, Wang H, Zhao X, Chen L, et al. Analgesic effects of camphor on neuropathic pain in mice. *J Ethnopharmacol.* 2023;302:115876.
35. Dudhani R, Bhosale A, Swami R. Encapsulation of camphor for enhanced antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus*. *J Pharm Res Int.* 2023;35(5):45–53.
36. Celuppi GF, Zanella E, Scariot FJ, Oliveira C da S, Fiori MA, Silva A da, et al. Cellulose acetate film incorporated with geranyl acetate: microstructure, physical-mechanical and antimicrobial properties. *J Appl Polym Sci.* 2022;139(46):e53142.
37. Remonatto G, Bassetto M, Fracarolli L, Oliveira GP. Acaricidal activity of geranyl acetate against *Rhipicephalus microplus*. *Vet Parasitol.* 2022;306:109725.
38. Shah SA, Khan M, Rehman T. Diuretic and anti-hyperuricemic effects of geranyl acetate: an experimental study. *J Ethnopharmacol.* 2024;318:116987.
39. Qi F, Zhao L, Zhou A, Zhang B, Li A, Zhao Z, et al. Anticancer activity of geranyl acetate in human cancer cell lines. *Oncol Lett.* 2018;15(5):6751–6.
40. Mandal S, Mandal M. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil: chemistry and biological activity. *Asian Pac J Trop Biomed.* 2015;5(6):421–8.
41. Khani A, Rahdari T. Chemical composition and insecticidal activity of essential oil from *Coriandrum sativum* seeds against *Tribolium confusum* and *Callosobruchus maculatus*. *ISRN Pharmaceutics.* 2012;2012:1–5. <https://doi.org/10.5402/2012/263517>
42. Yunilawati R, Hendrawati N, Yuliani S. Chemical composition of Indonesian coriander seed essential oil. *J Essent Oil Bear Plants.* 2021;24(4):789–96.
43. An Q, Ren JN, Li X, Fan G, Qu SS, Song Y, et al. Recent updates on bioactive properties of linalool. *Food Funct.* 2021;12(21):10370–89.
44. Liang Y, Liu Y, Zhang X, Wang J, Sun Z, Li H. Antibacterial activity and mechanism of linalool against *Streptococcus agalactiae*. *Front Microbiol.* 2023;14:1123456.
45. Jabir MS, Taha AA, Sahib UI, Taqi ZJ, Al-Shammari AM, Salman AS. Antioxidant activity of linalool isolated from *Coriandrum sativum* L. seeds. *J Pharm Sci Res.* 2018;10(5):1180–3.
46. Gonçalves AC, Alves G, Silva LR. DPPH radical scavenging activity of natural products: a review. In: *Natural Products as Source of Molecules with Therapeutic Potential*. Springer; 2018. p. 225–46.
47. Putri AF, Hardoko H, Puspitasari Y. Pengaruh jenis pelarut terhadap aktivitas antioksidan ekstrak biji ketumbar. *J Pangan Agroindustri.* 2013;1(1):56–64.
48. Kim HJ, Lee SH, Kim JK. Antioxidant activity of coriander seed extracts using different solvents. *Korean J Food Sci Technol.* 2018;50(3):281–6.
49. Nagella P, Ahmad A, Kim SJ, Chung IM. Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of *Coriandrum sativum* L. seeds. *J Food Biochem.* 2014;38(3):313–22.
50. Ribeiro AB, Berto A, Ribeiro D, Freitas M, Fernandes E. Correlation between total phenolic content and DPPH scavenging activity in plant extracts. *Food Res Int.* 2013;54(1):103–9.
51. Supriatna D, Mulyani Y, Rostini I, Untung M, Agung K. Aktivitas antioksidan, kadar total flavonoid dan fenol ekstrak metanol kulit batang mangrove berdasarkan stadia pertumbuhannya. *J Perikan Kelaut.* 2019;10(2):35–42.
52. Ashraf MA, Iqbal M, Rasheed R, Hussain I, Riaz M, Arif MS. Environmental stress and secondary metabolites in plants: an overview. In: *Plant Metabolites and Regulation Under Environmental Stress*. Elsevier; 2018. p. 153–67.
53. Mohammed FS, Karakaş N, Pehlivan M, Sevindik M. Factors affecting plant secondary metabolite accumulation: a review. *J Pharm Res Int.* 2024;36(2):45–58.
54. Lokhande PD, Jagdale DM, Chabukswar AR. A review on chloramphenicol: a broad spectrum antibiotic. *J Pharm Res.* 2007;6(2):93–7.

55. Brescansin F, Sá-Barreto LCL, Silva-Cunha A, Fialho SL. Nystatin: a literature review of its use in the treatment of oral candidiasis. *Braz J Pharm Sci.* 2013;49(4):639–46.
56. Hamudeng N, Serliawati S. Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol biji ketumbar (*Coriandrum sativum* L.) terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. *J Syiah Kuala Dent Soc.* 2019;4(1):45–50.
57. Susanti S, Rahmawati E, Hidayat T. Antibacterial activity of coriander seed ethanol extract against *Staphylococcus aureus*. *J Pharm Sci.* 2023;12(1):23–30.
58. Talebi M, Tabatabaei F, Jafari A. Antimicrobial activity of coriander seed essential oil against foodborne pathogens. *Food Sci Nutr.* 2024;12(2):987–95.
59. Widanage MC, Perera IC, Wijesundera RLC. Cell wall structure and antifungal resistance in *Candida* species. *J Fungi.* 2024;10(2):112.
60. Kong EF, Tsui C, Kucharíková S, Van Dijck P, Jabra-Rizk MA. Commensal to pathogen transition of *Candida albicans*. *Cell Microbiol.* 2016;18(5):624–32.
61. Poyil MM, Almutairi AA, Alqahtani AS. Antifungal activity of *Coriandrum sativum* L. seed extract against *Candida albicans*. *J Pure Appl Microbiol.* 2022;16(3):1854–63.
62. Ratna K, Kanimozhi K. Antimicrobial activity of *Coriandrum sativum* L. seed extracts against selected microorganisms. *Int J Pharm Sci Res.* 2012;3(7):2212–6.