

Kandungan Metabolit Sekunder dan Bioaktivitas Daun Afrika (*Vernonia amygdalina*)

Secondary Metabolite Content and Bioactivity of Leaf Afrika (*Vernonia amygdalina*)

Rahel Sitompul¹, Sania Loisiana Yomaki¹, Susilowati², Faisal¹, Ramlah¹, Yunita Pare Rombe¹,
Hermawati Abubakar³, Murtihapsari^{1,*}

¹Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Papua, Manokwari

²Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Papua, Manokwari

³Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Papua, Manokwari

*E-mail: m.murtihapsari@unipa.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.26874/jkk.v9i1.1062>

Received: 23 Oct 2025, Revised: 21 May 2026, Accepted: 23 May 2026, Online: 31 May 2026

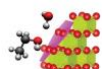
Abstrak

Daun Afrika (*Vernonia amygdalina*), anggota famili Asteraceae, merupakan salah satu tanaman yang telah digunakan secara tradisional di berbagai negara tropis. Tanaman ini diketahui memiliki berbagai khasiat biologis, seperti antibakteri, antioksidan, antidiabetik, dan antimikroba. Berbagai aktivitas biologis tanaman ini diduga berkaitan dengan keberadaan senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan tanaman sebagai bagian dari mekanisme pertahanan alami, seperti flavonoid, alkaloid, triterpenoid, tanin, saponin, dan steroid yang berperan penting dalam aktivitas farmakologis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan fitokimia, analisis FTIR dan GCMS serta bioaktivitas antibakteri dan antioksidan. Hasil ekstrak etil asetat daun Afrika (*Vernonia amygdalina*) menunjukkan adanya kandungan senyawa alkaloid, flavonoid, dan triterpenoid. Uji bioaktivitas memperlihatkan bahwa ekstrak ini memiliki aktivitas antibakteri kategori kuat dengan daya hambat tertinggi pada konsentrasi 1000 µg/mL, yaitu sebesar 12,1 mm terhadap *Escherichia coli* sedangkan pada *Staphylococcus aureus* mencapai 91 mm dengan kategori sangat kuat serta aktivitas antioksidan sedang dengan nilai IC₅₀ sebesar 149,10 ppm. Analisis FTIR mengindikasikan keberadaan gugus hidroksil (O-H), alifatik (C-H), dan eter/alkohol (C-O) yang terkonfirmasi sebagai senyawa bioaktif. Sementara itu, hasil GC-MS teridentifikasi berdasarkan persen kemiripan senyawa utama seperti *Linalool* (89,23%), *Neral* (86,06%), *Neophytadiene* (91,78%), *2,6-octadienal*, *3,7-dimethyl-, (E)* (95,93%), *Phytol* (96,86%) dan *6,11-Dimethyl-2,6,10-dodecatrien-1-ol* (69,85%) yang termasuk golongan terpenoid dengan aktivitas antibakteri dan antioksidan.

Kata kunci: Daun afrika, Fitokimia, antibakteri, antioksidan

Abstract

African The Bitter Leaf plant (*Vernonia amygdalina*) is widely used in traditional medicine across tropical regions. This species possesses a diverse range of pharmacological properties, including antibacterial, antioxidant, and antidiabetic activities. These bioactivities are attributed to secondary metabolites synthesized through natural defense mechanisms, such as flavonoids, alkaloids, triterpenoids, tannins, saponins, and steroids. This research aimed to characterize the phytochemical profile of the plant using Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) and Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS), alongside evaluating its antibacterial and antioxidant potential. Phytochemical screening of the ethyl acetate extract confirmed the presence of alkaloids, flavonoids, and triterpenoids. Bioactivity assays demonstrated that the ethyl acetate extract exhibits: strong antibacterial activity against *Escherichia coli* with an inhibition zone of 12.1 mm and very strong antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* with an inhibition zone of 91 mm at a concentration of 1000 µg/mL. Moderate antioxidant activity: the extract yielded an IC₅₀ value of 149.10 ppm. FTIR analysis identified functional groups including hydroxyl (O-H), aliphatic (C-H), and ether/alcohol (C-O) moieties. These findings were further corroborated by GC-MS analysis, which identified



major terpenoid compounds such as Linalool (89,23%), Neral (86,06%), Neophytadiene (91,78%), 2,6-octadienal, 3,7-dimethyl-, (E) (95,93%), Phytol (96,86%) dan 6,11-Dimethyl-2,6,10-dodecatrien-1-ol (69,85%). These constituents are likely responsible for the observed antibacterial and antioxidant effects.

Keywords: African Leaf, phytochemical, antibacterial, antioxidant

1 Pendahuluan

Tanaman obat memiliki peran penting dalam bidang kesehatan karena adanya kandungan metabolit sekunder yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai agen terapeutik. Pemanfaatan bahan alam semakin relevan seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap alternatif pengobatan yang aman, ekonomis, dan berkelanjutan. Salah satu tanaman yang banyak dimanfaatkan secara tradisional seperti daun Afrika (*Vernonia amygdalina*) dari famili Asteraceae. Tanaman ini diketahui memiliki berbagai aktivitas biologis, antara lain antibakteri, antioksidan, antidiabetes, dan antimikroba [1]. Adaptabilitasnya yang tinggi membuat tanaman ini dapat tumbuh di berbagai wilayah tropis, termasuk di Manokwari, Papua Barat.

Berbagai aktivitas biologis tanaman ini diduga berkaitan dengan keberadaan senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan tanaman sebagai bagian dari mekanisme pertahanan alami, seperti flavonoid, alkaloid, triterpenoid, tanin, saponin, dan steroid yang berperan penting dalam aktivitas farmakologis [2]. Mekanisme kerja senyawa fitokimia dapat bervariasi. Senyawa dengan aktivitas antibakteri, dapat merusak membran sel, mengendapkan protein, maupun menghambat enzim penting dalam metabolisme mikroba [3]. Sementara itu, senyawa dengan aktivitas antioksidan berfungsi menetralkan radikal bebas yang dapat merusak sel dan jaringan, sehingga berkontribusi dalam pencegahan penyakit degeneratif [4]. Keberagaman komponen bioaktif tersebut memberikan potensi luas dalam pengembangan produk berbasis bahan alam.

Kajian mengenai profil fitokimia dan bioaktivitas *V. amygdalina* telah banyak dilaporkan di berbagai wilayah, baik di Indonesia maupun negara tropis lainnya. Penelitian [1] melaporkan bahwa daun Afrika mengandung berbagai metabolit sekunder, seperti flavonoid, alkaloid, saponin, tanin, dan steroid yang berperan terhadap aktivitas antioksidan, antimikroba,

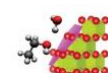
antidiabetes, hingga antimalaria. Sementara itu, kajian oleh [2] di Nigeria menunjukkan bahwa *V. amygdalina* memiliki kandungan bioaktif dominan berupa flavonoid, seskuiterpen lakton, dan senyawa fenolik yang berkorelasi dengan aktivitas antibakteri dan antioksidan yang signifikan. Perbedaan temuan tersebut menunjukkan bahwa profil metabolit sekunder *V. amygdalina* dapat bervariasi bergantung pada asal geografis dan kondisi lingkungan tempat tumbuh tanaman. Kondisi ekologis Manokwari yang ditandai dengan curah hujan tinggi, kelembaban udara yang relatif stabil, serta karakteristik tanah yang diduga mempengaruhi proses biosintesis dan akumulasi metabolit sekunder tanaman. Namun, informasi ilmiah mengenai karakteristik fitokimia dan bioaktivitas daun Afrika asal Papua Barat masih sangat terbatas. Oleh karena itu, diperlukan kajian spesifik terhadap *Vernonia amygdalina* asal Manokwari untuk memperoleh informasi data ilmiah yang jelas mengenai variasi kimia dan potensi farmakologisnya [5].

Jadi dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan metabolit sekunder dari daun Afrika (*V. amygdalina*) asal Manokwari serta uji aktivitas antibakteri dan antioksidan [6].

2 Metode Penelitian

2.1 Preparasi dan Ekstraksi

Daun afrika (*Vernonia amygdalina*) asal Manokwari telah diidentifikasi secara morfologi di Pusat Penelitian Keanekaragaman Hayati Herbarium Manokwariense, Universitas Papua (Nomor surat 168/UN.42.14/PM/2026). Sampel yang telah dibersihkan dari kotoran debu yang menempel menggunakan air mengalir. Kemudian dikeringkan secara alami pada suhu ruang berkisar 27–30°C selama dua minggu. Proses pengeringan dilakukan ditempat teduh dan terhindar dari paparan langsung sinar matahari untuk meminimalkan degradasi senyawa metabolit sekunder, dengan kondisi kelembaban udara ruangan yang relatif stabil. Setelah kering, sampel



dipotong menjadi bagian kecil, kemudian dihaluskan menggunakan blender listrik hingga diperoleh serbuk simplisia. Serbuk tersebut selanjutnya diayak menggunakan saringan berukuran 100 mesh sehingga diperoleh ukuran partikel yang homogen dan siap untuk proses ekstraksi.

Sebanyak 150 g serbuk simplisia dimaserasi dalam 4,5 liter pelarut etil asetat. Campuran didiamkan selama 3 hari dalam kondisi terlindungi dari intensitas cahaya. Setelah proses maserasi selesai, larutan disaring menggunakan kain kasa untuk memisahkan filtrat, selanjutnya filtrat diuapkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 70°C. Teknik ekstraksi yang diterapkan menggunakan maserasi etil asetat yang merujuk pada metode [7] dengan modifikasi pada lama waktu dan jumlah pengulangan perendaman. Maserasi ini dipilih karena prinsipnya sederhana, tidak menggunakan suhu tinggi yang dapat merusak senyawa aktif, dan efektif untuk mengekstrak metabolit sekunder [8].

2.2 Uji Fitokimia

Analisis fitokimia mengikuti tahapan Harborne [9] dengan pengujian terhadap tiga golongan metabolit sekunder, yaitu alkaloid, flavonoid, dan triterpenoid.

2.3 Uji Aktivitas Antibakteri

Uji antibakteri dilakukan dengan menggunakan metode difusi cakram Kirby-Bauer mengacu pada tahapan [10] dengan media *Muller Hinton Agar* (MHA). Bakteri uji yang digunakan yaitu *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* koleksi Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi FMIPA UNIPA. Masing-masing bakteri diinokulasikan ke dalam 50 mL media *Nutrient Broth* (NB) dan diinkubasi pada suhu 27°C selama 18-24 jam hingga diperoleh perkiraan kepadatan sel bakteri $>10^8$ sel/mL berdasarkan waktu inkubasi kultur. Penelitian ini menggunakan suspensi bakteri belum distandarisasi dengan standar McFarland 0,5 sehingga estimasi kepadatan sel masih mengacu pada pola pertumbuhan bakteri berdasarkan literatur dan waktu inkubasi kultur.

Sebanyak 100 µL suspensi bakteri kemudian disebarkan secara merata pada permukaan media MHA steril menggunakan *spread plate*. Ekstrak

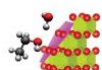
etil asetat daun Afrika dilarutkan menggunakan dimetil sulfoksida (DMSO) murni, kemudian diteteskan sebanyak 30 µL pada cakram kertas steril berdiameter 4,5 mm dengan variasi konsentrasi 1000, 500, 250, dan 125 µg/mL. Cakram yang telah mengandung ekstrak diletakkan di atas permukaan media yang telah diinokulasi bakteri uji. Kloramfenikol 30 µL/mL digunakan sebagai kontrol positif, sedangkan DMSO 0,1% digunakan sebagai kontrol negatif. Penggunaan antibiotik kontrol pada penelitian ini mengacu pada referensi sebelumnya dan belum menggunakan standar interpretasi CLSI maupun EUCAST.

Seluruh media kemudian diinkubasi pada suhu 27°C selama 48 jam. Aktivitas antibakteri ditentukan berdasarkan diameter zona hambat yang terbentuk disekitar cakram dan diukur menggunakan jangka sorong. Setiap perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk memastikan konsistensi hasil pengujian. dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk memastikan konsistensi hasil pengujian.

2.4 Uji Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan ekstrak daun Afrika (*V. amygdalina*) ditentukan dengan metode DPPH mengadopsi tahapan [11] metode ini dipilih untuk menentukan nilai *Inhibition Concentration* (IC₅₀) yang merupakan konsentrasi larutan uji untuk memberikan peredaman DPPH sebesar 50%. Tahapan penelitian dimulai dengan penyiapan larutan DPPH konsentrasi 160 ppm yang dibuat dengan melarutkan padatan DPPH ke dalam pelarut *metanol pro analyst* (p.a). penggunaan metanol p.a berfungsi sebagai pelarut utama dalam sistem ini. Larutan ekstrak kemudian diencerkan menggunakan metanol p.a menjadi beberapa variasi konsentrasi, yaitu 0 ppm (sebagai kontrol), 40 ppm, 80 ppm, 120 ppm, 160 ppm, dan 200 ppm.

Prosedur pengujian dilakukan dengan mencampurkan 1 mL larutan sampel dari tiap konsentrasi dengan 1 mL larutan DPPH. Campuran tersebut dihomogenkan dan diinkubasi pada suhu ruang selama 30 menit di tempat gelap. Hal ini bertujuan agar reaksi penangkapan hidrogen oleh DPPH dari senyawa antioksidan sampel berlangsung optimal, yang ditandai dengan perubahan warna larutan.



Setelah inkubasi, absorbansi larutan diukur menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm. Komposisi larutan kontrol (blanko) menggunakan larutan DPPH yang dicampur pelarut tanpa ekstrak (0 ppm), sementara Vitamin C digunakan sebagai kontrol positif untuk membandingkan efektivitasnya. Persentase inhibisi dihitung menggunakan **Pers. 1**.

$$\% \text{ Inhibisi} = \frac{\text{Absorbansi Kontrol} - \text{Absorbansi Sampel}}{\text{Absorbansi Kontrol}} \times 100$$

(Persamaan 1)

Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan persamaan regresi linier ($y = bx + a$) untuk menentukan nilai IC_{50} . Nilai IC_{50} dihitung dengan memasukkan angka 50 sebagai nilai y (persen inhibisi) untuk mendapatkan nilai x sebagai konsentrasi penghambatannya.

2.5 Analisis FTIR

Identifikasi menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) dilakukan untuk mengetahui gugus fungsional dalam molekul, seperti mengidentifikasi jenis ikatan O-H, C-H, C=O, maupun C-O, dan mendeteksi pola vibrasi khas senyawa organik [13]. Analisis ini dilakukan dengan instrumen FTIR Summit dengan aksesori Everest ATR (*kristal diamond*), detektor DTGS, dan beamsplitter KBr pada rentang panjang gelombang 3999,6-599,8 cm^{-1} dengan 16 kali pemindaian sampel dan 16 kali pemindaian *background*.

2.6 Analisis GC-MS

Analisis komponen kimia ekstrak etil asetat daun Afrika dilakukan menggunakan instrumen GC-MS Agilent 7890A yang terhubung dengan Mass Spectrometer Agilent 5977B GC/MS menggunakan mode *Electron Ionization* (EI) pada energi 70 eV. Pemisahan senyawa dilakukan menggunakan kolom kapiler DB-5 (30 m $\times$ 0,25 mm $\times$ 0,25 μm). Helium digunakan sebagai gas pembawa dengan laju alir 1 mL/menit. Sampel ekstrak yang telah dilarutkan dalam pelarut etil asetat diinjeksi sebanyak 1 μL menggunakan mode *split* dengan rasio *split flow* 20:1.

Suhu oven pada tahap 50°C dan ditahan selama 2 menit, kemudian suhu dinaikkan dengan laju 4°C/menit hingga mencapai 280°C dan ditahan kembali selama 2 menit. Spektrum massa diakuisisi dalam bentuk Total Ion *Chromatogram* (TIC) pada rentang m/z 25–500. Identifikasi senyawa dilakukan dengan mencocokkan spektrum massa yang diperoleh terhadap pustaka *MassHunter Library*. Metode analisis ini diadopsi dan dimodifikasi dari prosedur analisis ekstrak tumbuhan yang dilaporkan oleh [12].

3 Hasil dan Diskusi

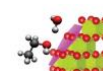
3.1 Rendemen Ekstraksi dan Uji fitokimia

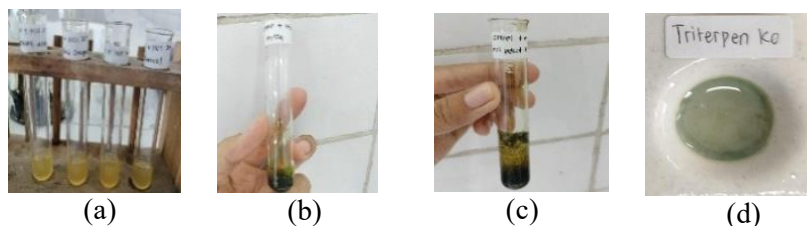
Proses maserasi pada 150 g sampel dengan pelarut etil asetat 4,5 L menghasilkan ekstrak kasar sebesar 11 g (7,33%) kemudian dilanjutkan dengan uji fitokimia sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Uji Fitokimia Ekstrak Etil Asetat Daun Afrika

Senyawa	Perlakuan	Hasil
Alkaloid	Wagner	-
	Mayer	-
	Dragendorff	+
Flavonoid	H ₂ SO ₄ Pekat	-
	HCl pekat + Mg	+
	Pereaksi H ₂ SO ₄ pekat + CH ₃ COOH anhidrat	+++

Keterangan: (-) Negatif (tidak terdeteksi); (+) positif lemah; (++) Positif; (+++) Positif kuat, (+++++) Sangat kuat.





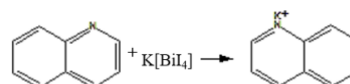
Gambar 1. Hasil Uji Fitokimia: (a) Uji Alkaloid (b) Uji Flavonoid H₂SO₄ Pekat, (c) Uji Flavonoid HCl pekat+Mg, dan (d) Uji Triterpenoid CH₃COOH anhidrat

Tabel 1 dan **Gambar 1** menyajikan uji fitokimia dihasilkan ekstrak etil asetat daun Afrika mengandung alkaloid, flavonoid dan triterpenoid. Reaksi dengan pereaksi Dragendorff menghasilkan endapan cokelat kekuningan (jingga) yang menandakan adanya senyawa alkaloid yang terjadi akibat interaksi alkaloid dengan ion bismut (Bi³⁺). Endapan yang terbentuk merupakan kompleks kalium-alkaloid. Proses pembuatan pereaksi Dragendorff, bismut nitrat dilarutkan dalam HCl untuk mencegah terjadinya hidrolisis, karena diketahui garam bismut sangat mudah terhidrolisis dan membentuk ion bismutit (BiO⁺) seperti ditunjukkan pada **Pers. 2**.



Menjaga kestabilan ion bismut (Bi³⁺) di dalam larutan, ditambahkan asam kuat sehingga kesetimbangan bergeser ke arah kiri, dan ion bismutit tidak terbentuk secara dominan. Setelah stabil, ion bismut dari bismut nitrat akan bereaksi dengan kalium iodida, menghasilkan endapan hitam bismut(III) iodida (Pers. 3), yang kemudian larut kembali dalam KI berlebih dan membentuk kompleks kalium tetraiodobismutat (K[BiI₄]) (Pers. 4) [14].

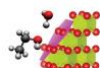
Reaksi uji alkaloid, gugus nitrogen senyawa alkaloid bertindak sebagai donor pasangan elektron dan membentuk ikatan kovalen koordinasi dengan ion logam K⁺, sehingga menghasilkan kompleks berwarna khas yang menjadi indikator positif keberadaan alkaloid. Skema reaksi Dragendorff tersebut disajikan pada **Gambar 2**.

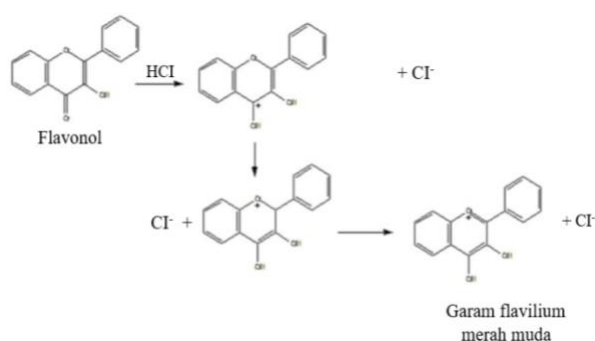


Gambar 2. Mekanisme Reaksi Dragendorff [14]

Sementara itu uji alkaloid dengan pereaksi Wagner dan Mayer tidak terdeteksi. Hal ini mengindikasikan pereaksi Dragendorff lebih sensitif untuk mendeteksi alkaloid pada ekstrak daun Afrika. Penelitian [15] melaporkan alkaloid memiliki bioaktivitas seperti antibakteri, antikanker, dan analgesik. Penelitian ini berbeda dengan [16] yang menggunakan akar dan kulit batang *Vernonia amygdalina* dari Nigeria sebagai sampel, yang melaporkan adanya golongan metabolit sekunder alkaloid, flavonoid, tanin, steroid, dan saponin. Perbedaan ini dapat dikaitkan dengan variasi organ tanaman yang digunakan, karena kandungan metabolit sekunder dapat berbeda antar bagian tumbuhan.

Uji flavanoid, hasil penelitian ini menunjukkan reaksi negatif dengan H₂SO₄ pekat, namun uji Shinoda memberikan hasil positif berupa perubahan warna hijau keunguan serta pelepasan panas. Reaksi ini terjadi akibat pembentukan kompleks flavonoid dengan ion magnesium dalam suasana asam yang menghasilkan warna spesifik. Penambahan HCl pekat bertujuan untuk menghidrolisis ikatan glikosidik pada senyawa flavonoid, karena flavonoid pada tanaman umumnya berada dalam bentuk glikosida, sehingga perlakuan ini akan mengubahnya menjadi bentuk aglikon yang sangat reaktif. Kondisi asam, logam magnesium akan bereaksi dengan HCl, menghasilkan ion Mg²⁺ dan gas hidrogen (H₂), yang secara tampak mata munculnya gelembung pada larutan. Ion Mg²⁺ yang terbentuk kemudian membentuk kompleks dengan aglikon flavonoid, dan interaksi kompleksasi ini menghasilkan perubahan warna khas seperti hijau keunguan sebagai indikasi adanya senyawa flavonoid [17]. Mekanisme reaksi uji Shinoda dapat dijelaskan pada **Gambar 3**.



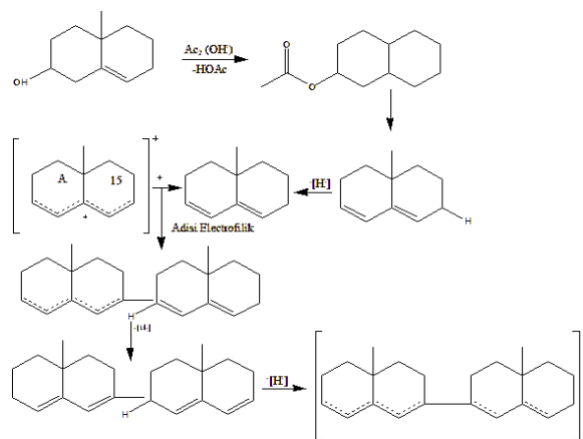


Gambar 3. Mekanisme reaksi uji Shinoda terhadap senyawa Flavanoid [18]

Temuan ini sejalan dengan penelitian [19] melaporkan bahwa ekstrak etanol daun Afrika mengandung alkaloid, flavonoid, steroid, terpenoid, saponin dan tanin, sejalan dengan hasil penelitian ini. Namun, perbedaan jenis pelarut yang digunakan (etanol bersifat polar, sedangkan etil asetat semi-polar) mempengaruhi selektivitas senyawa yang terekstraksi.

Selain itu, hasil uji triterpenoid menggunakan pereaksi Pereaksi H₂SO₄ pekat + CH₃COOH anhidrat menunjukkan reaksi positif kuat (+++), yang ditandai dengan perubahan warna hijau keabu-abuan muda yang ditampilkan pada reaksi kondensasi, yaitu pelepasan molekul H₂O yang diikuti dengan pembentukan karbokation. Tahapan reaksi diawali dengan asetilasi gugus hidroksil oleh asam asetat anhidrat, dimana gugus asetil bertindak sebagai *leaving group* yang stabil sehingga memfasilitasi terbentuknya ikatan rangkap baru. Selanjutnya, pelepasan atom hidrogen beserta pasangan elektronnya menyebabkan pergeseran ikatan rangkap (delokalisasi).

Kondisi tersebut, asam asetat anhidrat mengalami proses resonansi, menghasilkan spesies elektrofilik berupa karbokation yang sangat reaktif. Serangan elektrofilik oleh karbokation terhadap inti triterpenoid memicu reaksi adisi elektrofilik yang kemudian diikuti dengan pelepasan hidrogen lanjutan. Proses ini menyebabkan perluasan sistem konjugasi, yang secara tampak mata ditandai dengan munculnya perubahan warna (hijau abu-abu), sebagaimana juga dijelaskan oleh [17]. Warna ini merupakan indikasi khas keberadaan golongan triterpenoid, yang muncul akibat interaksi antara asam asetat anhidrat dengan struktur karbon rangkap dan gugus oksigen dalam kerangka triterpenoid. Reaksi yang terjadi pada uji *Liebermann-Burchard* ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Reaksi triterpenoid dengan pereaksi *Liebermann - Burchard* [17]

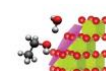
Menurut [20], reaksi ini terjadi karena asetilasi sebagian gugus karbonil pada struktur siklik triterpenoid yang menghasilkan senyawa kompleks berwarna hijau atau abu kehijauan.

Reaksi positif kuat menunjukkan bahwa pelarut etil asetat efektif mengekstraksi senyawa semi-polar seperti triterpenoid. Hal ini sesuai dengan penelitian [21] yang menyatakan bahwa pelarut semi polar mampu melarutkan senyawa dengan rantai karbon panjang dan sedikit gugus polar. Senyawa triterpenoid sendiri diketahui memiliki berbagai aktivitas farmakologis, antara lain antibakteri, antioksidan, antiradang, dan antikanker [22]. Jadi dengan demikian, hasil positif kuat dari uji triterpenoid dilaporkan bahwa adanya kandungan metabolit sekunder senyawa ini berpotensi memberikan kontribusi besar terhadap bioaktivitas yang diamati pada aktivitas antibakteri dan antioksidan.

Keterkaitan antara hasil uji fitokimia dengan aktivitas biologis yang ditunjukkan ekstrak, perlu ditinjau mekanisme reaksi dari senyawa metabolit sekunder yang terdeteksi, yaitu alkaloid, flavonoid, dan triterpenoid.

3.2 Hasil Uji Aktivitas Antibakteri

Hasil pengujian aktivitas antibakteri ekstrak etil asetat daun Afrika terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* disajikan pada **Tabel 2** dan **Gambar 2**. Pengujian dilakukan menggunakan metode difusi cakram dengan cakram kertas steril berdiameter 4,5 mm yang masing-masing ditetesi 30 µL larutan ekstrak pada variasi konsentrasi 1000, 500, 250, dan 125 µg/mL. Larutan ekstrak dibuat menggunakan pelarut dimetil sulfoksida (DMSO), kemudian diaplikasikan pada permukaan media yang telah



diinokulasi bakteri uji. Kloramfenikol 1% digunakan sebagai kontrol positif, sedangkan DMSO 10% digunakan sebagai kontrol negatif.

Berdasarkan hasil pengujian, kontrol positif menghasilkan rata-rata diameter zona hambat sebesar 211,6 mm terhadap *E.coli* dan 351,6 mm terhadap *S. aureus*, sedangkan kontrol negatif tidak menunjukkan adanya zona hambat. Pada konsentrasi 1000 µg/mL, ekstrak etil asetat daun Afrika menghasilkan rata-rata zona hambat sebesar 12,1 mm terhadap *E.coli* dan 91 mm

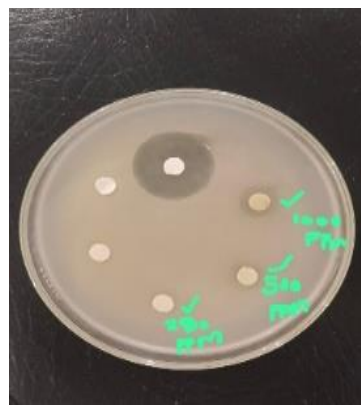
terhadap *S. aureus*. Konsentrasi 500 µg/mL menunjukkan adanya daya hambat sebesar 4,4 mm terhadap *E. coli* dan 6,7 mm terhadap *S. aureus*. Sementara itu, konsentrasi 250 µg/mL hanya menghasilkan zona hambat sebesar 3,6 mm terhadap *S. aureus* dan tidak menunjukkan aktivitas terhadap *E. coli*. Konsentrasi 125 µg/mL, aktivitas antibakteri yang dihasilkan sangat rendah, yaitu 1,7 mm terhadap *S. aureus* dan tidak menunjukkan zona hambat terhadap *E. coli*.

Tabel 2. Hasil Uji Fitokimia Ekstrak Etil Asetat Daun Afrika Terhadap Bakteri *E. coli* dan *S. aureus*

No	Sampel	Luas zona hambat (mm)							
		<i>Escherichia coli</i>				<i>Staphylococcus aureus</i>			
1	kloramfenikol 1%	225	205	205	211,60	350	340	365	351,60
2	(DMSO 10%)	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1000 µg/mL	12	15	9,20	12,10	105	96	72	91
4	500 µg/mL	5,30	3,20	4,70	4,40	5,30	5,20	9,50	6,70
5	250 µg/mL	0	0	0	0	3,80	4,10	3,10	3,60
6	125 µg/mL	0	0	0	0	1,40	1,80	0,90	1,70

Berdasarkan uji antibakteri yang ditunjukkan dari **Tabel 2**, dihasilkan diameter zona hambat pertumbuhan bakteri uji (*Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*) oleh ekstrak daun Afrika pada berbagai konsentrasi. Kontrol positif berupa kloramfenikol (1%) dan kontrol negatif DMSO

(10%). Pada konsentrasi tertinggi (1000 µg/mL), ekstrak menghasilkan zona hambat rata-rata sebesar 12,10 mm terhadap *E. coli* dan 91 mm terhadap *S. aureus*.



(a)



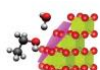
(b)

Gambar 5. Uji Daya Hambat pada Bakteri *Escherichia coli* (a) dan *Staphylococcus aureus* (b)

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak etil asetat daun Afrika memiliki aktivitas antibakteri terhadap *E. coli* dan *S. aureus*, meskipun daya hambatnya berbeda pada masing-masing bakteri. Berdasarkan klasifikasi daya hambat yang dikemukakan [23] diameter zona hambat kurang dari 5 mm dikategorikan lemah, 5-10 mm sedang, 10-20 mm kuat, dan besar dari 20 mm sangat kuat. Hasil penelitian ini, ekstrak

dengan konsentrasi 1000 µg/mL menunjukkan aktivitas antibakteri kuat terhadap *E. coli* (12,10 mm) dan sangat kuat terhadap *S. aureus* (91 mm). konsentrasi 500 µg/mL menunjukkan aktivitas lemah terhadap *E. coli* dan sedang terhadap *S. aureus*, sedangkan konsentrasi 250 µg/mL dan 125 µg/mL tergolong lemah.

Aktivitas antibakteri yang lebih tinggi terhadap *S. aureus* dibandingkan *E. coli* diduga berkaitan



dengan perbedaan struktur dinding sel kedua bakteri. *S. aureus* sebagai bakteri Gram positif memiliki lapisan peptidoglikan yang lebih sederhana sehingga senyawa aktif dalam ekstrak lebih mudah berdifusi dan merusak sel bakteri. Sebaliknya, *E. coli* sebagai bakteri Gram negatif memiliki membran luar yang tersusun atas lipopolisakarida sehingga lebih resisten terhadap penetrasi senyawa antibakteri dari ekstrak tumbuhan.

Aktivitas antibakteri ekstrak etil asetat daun Afrika diduga berkaitan dengan keberadaan senyawa metabolit sekunder seperti flavanoid dan alkaloid yang mampu mengganggu permeabilitas membran sel, menghambat aktivitas enzim, serta menyebabkan kerusakan komponen sel bakteri [24]. Sebagai senyawa fenolik [20], flavonoid dapat merusak membran sel, menghambat enzim, dan mengganggu replika DNA bakteri [25], senyawa aktif tersebut diduga berkontribusi dalam proses penghambatan yang diamati. Sebagai pembanding, kloramfenikol digunakan untuk kontrol positif karena antibiotik spektrum luas yang bekerja dengan menghambat sintesis protein bakteri [3].

Kloramfenikol menghasilkan rata-rata zona hambat sebesar 211,60 mm terhadap *E. coli* dan 351,6 mm terhadap *S. aureus*, yang termasuk kategori sangat kuat. Nilai tersebut jauh lebih besar dibandingkan zona hambat yang dihasilkan ekstrak etil asetat daun Afrika, sehingga menunjukkan bahwa efektivitas antibakteri ekstrak masih lebih rendah dibandingkan antibiotik standar. Sementara itu, kontrol negatif berupa DMSO 10% tidak menunjukkan adanya zona hambat, sehingga dapat dipastikan bahwa pelarut yang digunakan tidak mempengaruhi aktivitas antibakteri dan validitas data pengujian tetap terjaga

Temuan ini berbeda dengan penelitian lainnya yang menggunakan pelarut metanol dari daun Afrika yang dilaporkan tidak memiliki aktivitas antibakteri terhadap *E. coli* pada berbagai konsentrasi (100%, 75%, 50%, dan 25%) [26]. Ekstrak etil asetat daun Afrika di penelitian ini menunjukkan aktivitas penghambatan terhadap *E. coli* pada konsentrasi 1000 µg/mL dengan zona hambat sebesar 12,10 mm, meskipun konsentrasi yang lebih rendah aktivitasnya menurun hingga

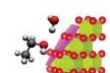
tidak terdeteksi. Perbedaan tersebut diduga dipengaruhi oleh jenis pelarut dan konsentrasi yang digunakan. Etil asetat memiliki tingkat kepolaran semi polar yang memungkinkan pelarutan senyawa aktif tertentu, seperti flavanoid dan alkaloid lebih optimal dibandingkan metanol pada kondisi tertentu.

Penelitian lain menggunakan pelarut etanol 96% melaporkan bahwa ekstrak daun Afrika pada konsentrasi 100-1000 µg/mL menghasilkan zona hambat berkisar 6,69-7,56 mm terhadap *S. aureus* dan 6,52-7,46 mm terhadap *E. coli* yang termasuk kategori sedang [3]. Dibandingkan hasil tersebut, ekstrak etil asetat daun Afrika asal Manokwari pada konsentrasi 1000 µg/mL menunjukkan aktivitas yang lebih tinggi terhadap *S. aureus* dengan zona hambat sebesar 91 mm, namun aktivitas terhadap *E. coli* masih berada pada kisaran relatif sebanding. Hasil ini menunjukkan bahwa jenis pelarut sangat mempengaruhi jumlah dan jenis senyawa bioaktif yang terekstrak sehingga berdampak pada efektivitas antibakteri yang dihasilkan pada penelitian ini.

Selain jenis pelarut dan konsentrasi, bentuk sediaan ekstrak juga dapat mempengaruhi aktivitas antibakteri. Penelitian yang memformulasikan ekstrak etanol daun Afrika dalam bentuk sabun mandi padat menunjukkan bahwa konsentrasi 3% dan 6% mampu menghambat pertumbuhan *S. aureus* dengan zona hambat masing-masing sebesar ±11,67 mm dan ±13,83 mm yang termasuk kategori sedang [27]. Hal ini mengindikasikan bahwa efektivitas antibakteri daun Afrika tidak hanya dipengaruhi oleh jenis pelarut dan konsentrasi ekstrak, tetapi juga dipengaruhi oleh formulasi dan bentuk sediaan yang digunakan.

3.3 Hasil Uji Aktivitas Antioksidan

Uji aktivitas antioksidan dilakukan pada ekstrak daun Afrika dengan metode DPPH menggunakan variasi konsentrasi 0, 40, 80, 120, 160, dan 200 ppm. Berdasarkan hasil pengujian, nilai IC₅₀ yang diperoleh 149,10 ppm, dengan persentase penghambatan yang meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi, mulai dari 0,00% pada 0 ppm hingga mencapai 61,15% pada konsentrasi 200 ppm seperti pada **Tabel 3**.



Tabel 3. Data Pengujian Aktivitas Antioksidan (DPPH) Ekstrak Daun Afrika

No	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi		% Penghambatan	
		Pengulangan ke-1	Pengulangan ke-2	Pengulangan ke-1	Pengulangan ke-2
1.	0	0,85	0,85	0,00	0,00
2.	40	0,78	0,71	9,02	17,29
3.	80	0,57	0,57	32,80	32,83
4.	120	0,48	0,48	43,66	43,69
5.	160	0,38	0,38	55,63	55,67
6.	200	0,33	0,33	61,20	61,15

Tabel 3 ini menyajikan data absorbansi dan persentase penghambatan radikal bebas DPPH pada berbagai konsentrasi ekstrak. Pada konsentrasi 160 ppm, penghambatan mencapai

55,67%, yang menandakan ekstrak telah melampaui ambang 50% sehingga dapat digunakan untuk menentukan nilai IC₅₀.

Tabel 4. Data Aktivitas Antioksidan (DPPH)

Sampel ID	IC ₅₀ (ppm)		
	Pengulangan ke-1	Pengulangan ke-2	Rata-rata
Ekstrak Daun Afrika	149,92	148,29	149,10

Berdasarkan **Tabel 4**, dapat ditunjukkan nilai IC₅₀ ekstrak etil asetat daun Afrika dengan dua kali pengulangan. Nilai rata-rata yang diperoleh sebesar 149,10 ppm, sehingga aktivitas antioksidan ekstrak termasuk dalam kategori sedang. Aktivitas antioksidan ekstrak etil asetat daun Afrika ditentukan berdasarkan kemampuan sampel dalam meredam radikal bebas DPPH yang ditunjukkan melalui nilai IC₅₀. Penentuan nilai IC₅₀ dilakukan menggunakan analisis regresi linier antara konsentrasi ekstrak dan persentase inhibisi. Berdasarkan Gambar 7 diperoleh persamaan regresi $y = 0,3262x + 1,0969$ dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,98$, sedangkan pada Gambar 8 diperoleh persamaan regresi $y = 0,3084x + 4,2667$ dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,98$. Nilai R^2 yang mendekati 1 menunjukkan adanya hubungan linier yang kuat antara peningkatan konsentrasi ekstrak dan persen inhibisi radikal DPPH.

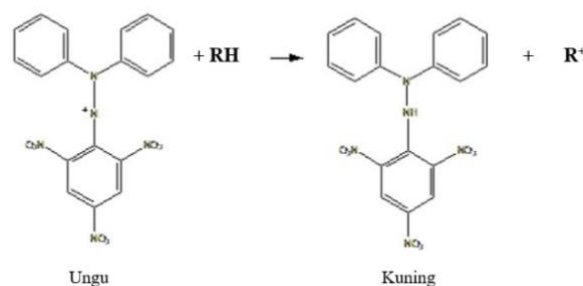
Nilai IC₅₀ diperoleh dengan mensubstitusikan nilai $y = 50$ ke dalam masing-masing persamaan regresi menggunakan **Pers. 5**.

$$IC_{50} = \frac{50-a}{b} \quad (\text{Persamaan 5})$$

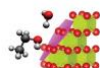
Berdasarkan perhitungan tersebut diperoleh nilai IC₅₀ sebesar 149,92 ppm pada **Gambar 7** dan 148,29 ppm pada **Gambar 8**. Rata-rata kedua nilai

tersebut menghasilkan nilai IC₅₀ sebesar 149,10 ppm.

DPPH (2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl atau α, α -diphenyl- β -picrylhydrazyl) ini berupa radikal bebas yang stabil dan mampu menerima elektron atau hidrogen radikal agar menjadi molekul diamagnetik yang stabil. Rumus kimia dari molekul DPPH C₁₈H₁₂N₅O₆ dan berat molekul 394,33 g/mol.

**Gambar 6.** Reaksi antara DPPH dan atom Hidrogen yang berasal dari antioksidan [29]

Metode DPPH dikenal memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan dengan metode uji antioksidan lainnya, terutama karena prosedurnya sederhana, praktis, dan memerlukan sampel dan reagen dalam jumlah sedikit. Senyawa DPPH ini mengandung atom nitrogen dengan elektron tidak berpasangan, sehingga sangat reaktif. Metode 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) digunakan untuk menguji aktivitas antioksidan ekstrak daun Afrika



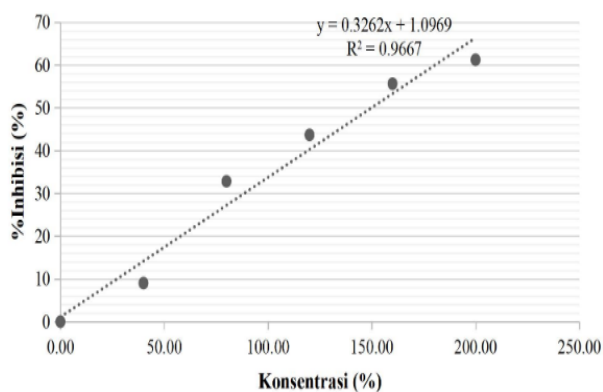
(*V. amygdalina*) bekerja dengan prinsip bahwa senyawa antioksidan mampu menetralkan radikal DPPH melalui donasi atom hidrogen dari senyawa antioksidan kepada radikal bebas DPPH [28]. Proses reaksi ditandai dengan perubahan warna larutan DPPH dari ungu menjadi kuning, atau dari ungu pekat menjadi ungu yang lebih pudar yang diukur serapannya pada panjang gelombang tertentu (penurunan nilai absorbansi). Skema mekanisme reaksi antara DPPH dan atom hidrogen dari senyawa antioksidan secara umum dapat dijelaskan pada **Gambar 6**.

Penelitian ini pada larutan sampel diinkubasi pada suhu 28°C selama 30 menit untuk memberikan waktu reaksi yang optimum antara senyawa antioksidan dengan radikal bebas DPPH. Kontrol positif yang digunakan vitamin C sebagai pembanding karena memiliki gugus hidroksil bebas yang mampu menangkap radikal bebas dan menghentikan reaksi berantai oksidasi [13]. Kehadiran gugus polihidroksil pada vitamin C dapat meningkatkan kemampuannya dalam aktivitas antioksidan, sehingga sering dikategorikan sebagai antioksidan sekunder yang sangat kuat.

Aktivitas antioksidan sampel dinyatakan dalam nilai IC_{50} yaitu konsentrasi ekstrak (ppm) yang mampu menghambat 50% DPPH. Secara umum, semakin kecil nilai IC_{50} menunjukkan semakin tinggi aktivitas antioksidan, sedangkan nilai IC_{50} yang lebih besar menandakan aktivitas

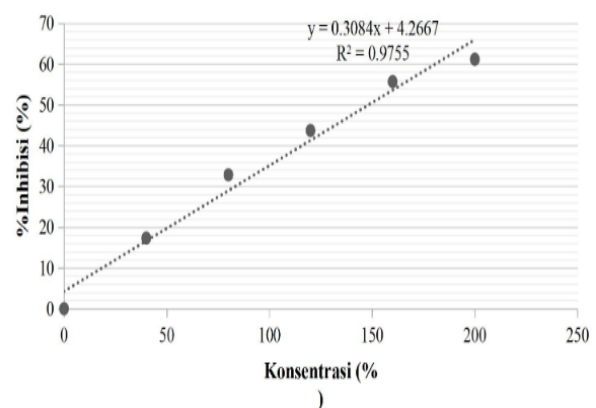
yang lebih rendah. Berdasarkan kategori aktivitas antioksidan yang dinyatakan [30] intensitas sangat kuat ($IC_{50} < 50$ ppm), kuat (50-100 ppm), sedang (101-250 ppm), lemah (250-500 ppm), tidak aktif (> 500 ppm).

Berdasarkan hasil uji ekstrak daun Afrika dengan variasi konsentrasi 0, 40, 80, 120, 160, dan 200 ppm menunjukkan peningkatan persentase penghambatan seiring bertambahnya konsentrasi, yang dianalisis menggunakan regresi linier. Rata-rata nilai IC_{50} yang diperoleh adalah 149,10 ppm, sehingga aktivitas antioksidan ekstrak daun Afrika termasuk dalam kategori sedang yang artinya bahwa senyawa antioksidan pada daun Afrika memiliki kemampuan yang cukup baik dalam menangkap radikal bebas DPPH. Jika dibandingkan dengan vitamin C sebagai kontrol positif yang berdasarkan literatur memiliki nilai IC_{50} sekitar 3 ppm dan termasuk kategori antioksidan sangat kuat [41], maka dapat disimpulkan bahwa kemampuan antioksidan ekstrak daun Afrika masih lebih rendah. Hal ini disebabkan karena kandungan metabolit sekunder seperti flavonoid, fenolik serta terpenoid, pada daun Afrika yang berperan dalam aktivitas antioksidan, meskipun jumlah dan potensi aktivitasnya tidak sekuat vitamin C. Hasil pengujian antioksidan dari ekstrak Daun Afrika dapat dilihat pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**.



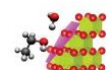
Gambar 7. Aktivitas antioksidan (DPPH) ekstrak Daun Afrika ke-1

Hasil penelitian ini berbeda dengan temuan yang dilaporkan [31] bahwa ekstrak etanol daun Afrika memiliki aktivitas antioksidan yang sangat lemah dengan nilai IC_{50} sebesar 557,01 ppm. Perbedaan nilai IC_{50} dapat disebabkan oleh variasi spesies sampel. Hal ini akan menyebabkan hasil yang berbeda karena dipengaruhi oleh profil



Gambar 8. Aktivitas Antioksidan (DPPH) Ekstrak Daun Afrika ke-2

fitokimia dan pelarut yang mempengaruhi jenis dan jumlah senyawa bioaktif yang terlarut, serta perbedaan lingkungan tempat tumbuh yang memengaruhi kandungan senyawa aktif di dalamnya [5]. Jadi dapat disimpulkan bahwa daun Afrika (*V. amygdalina*) memiliki aktivitas antioksidan lebih tinggi daripada daun Afrika



spesies (*Vernonia arborea*). Selain itu, hasil penelitian yang dilaporkan oleh [30] bahwa ekstrak metanol daun Afrika memiliki nilai IC_{50} sebesar 175,02 ppm, yang termasuk dalam kategori sedang. Temuan yang dilaporkan sejalan dengan hasil penelitian ini, karena keduanya sama-sama menunjukkan aktivitas antioksidan dalam kategori sedang, meskipun menggunakan pelarut yang berbeda, yaitu metanol. Hal ini menguatkan bahwa kandungan metabolit sekunder dalam daun Afrika memiliki aktivitas

antioksidan dengan kategori sedang dari jenis pelarut yang digunakan pada penelitian ini.

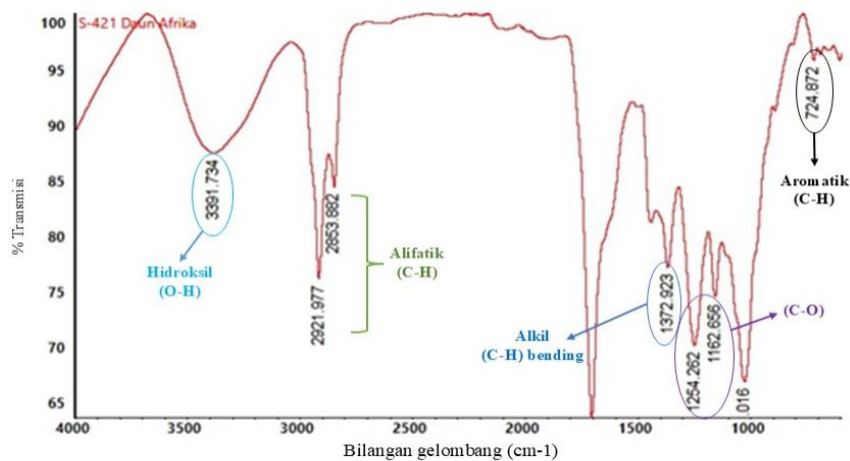
3.4 Hasil Spektrum FTIR

Analisis FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi khas dari senyawa dalam ekstrak etil asetat daun Afrika. Hasil spektrum FTIR menunjukkan pita serapan yang tampak pada beberapa bilangan gelombang sebagaimana disajikan pada **Tabel 5** dan **Gambar 9**.

Tabel 5. Spektrum FTIR Hasil Ekstrak Etil Asetat Daun Afrika

Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Serapan	Referensi* Bilangan Gelombang (cm^{-1})
724,87	C-H <i>rocking</i> ($-(CH_2)_n$ -panjang)/ <i>out-of-plane</i> aromatic bending	730-720 / 710-690
1254,26-1162,65	C-O <i>stretching</i> (alkohol/eter/ester), (alkohol sekunder, ester, polisakarida)	1260-1230, 1170-1100
1372,92	alkil <i>bending</i> (C-H)	~ 1375
2921,98-2853,88	C-H <i>stretching</i> (alifatik, $-CH_2/-CH_3$)	2850-2960
3391,73	O-H <i>stretching</i> (hidroksil, alkohol/fenol/H-bonded)	3200-3600

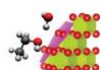
*Referensi: [32]



Gambar 9. Spektrum FTIR Hasil Ekstrak Etil Asetat Daun Afrika

Berdasarkan analisis FTIR terhadap ekstrak daun Afrika (*V. amygdalina*), diketahui adanya beberapa pita serapan khas pada bilangan gelombang tertentu. Puncak serapan lebar pada $3391,73\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan keberadaan gugus hidroksil (O-H) yang terdapat pada alkohol atau fenol. Temuan ini sejalan dengan literatur yang menyatakan bahwa vibrasi ulur O-H muncul pada $3200-3600\text{ cm}^{-1}$ [32]. Pita serapan pada $2921,98\text{ cm}^{-1}$ dan $2853,88\text{ cm}^{-1}$ dikaitkan dengan regangan

C-H alifatik ($-CH_2-$), sedangkan serapan pada $1372,92\text{ cm}^{-1}$ berhubungan dengan pembengkokan gugus $-CH_3/-CH_2$. Hal ini sesuai dengan studi [32] yang melaporkan bahwa regangan C-H alifatik muncul pada $2850-2950\text{ cm}^{-1}$ dan bending CH_2/CH_3 sekitar 1370 cm^{-1} . Selanjutnya, pita serapan pada $1254,26\text{ cm}^{-1}$ dan $1162,66\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan regangan C-O yang berasal dari gugus alkohol, fenol, maupun eter aromatik. kemunculan puncak terlihat beberapa peak



diantaranya vibrasi ulur C-O pada 1000-1300 cm^{-1} [33]. Sementara itu, pita serapan pada 724,87 cm^{-1} pada getaran luar bidang C-H aromatik monosubstitusi atau *rocking* -CH₂- pada rantai panjang. Hal ini sesuai dengan rentang khas serapan C-H aromatik (770-730 cm^{-1}) dan *rocking* CH₂ (750-720 cm^{-1}) [32].

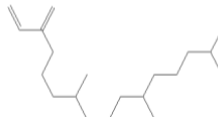
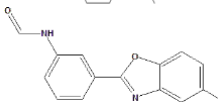
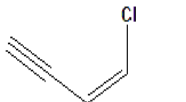
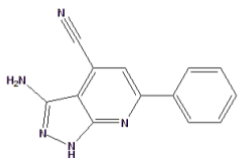
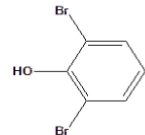
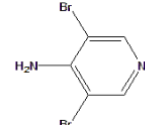
Jadi hasil spektrum FTIR secara keseluruhan menunjukkan adanya pita serapan gugus hidroksil (O-H), (C-H) alifatik, (C-H) aromatik, dan gugus C-O yang mengindikasikan keberadaan gugus fungsi yang umum dijumpai pada metabolit sekunder tumbuhan. Pola serapan tersebut memberikan gambaran awal mengenai keberadaan komponen kimia yang berpotensi terhadap aktivitas biologis ekstrak. Namun demikian, analisis FTIR hanya memberikan informasi mengenai karakteristik gugus fungsi

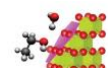
dan tidak dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa secara spesifik. Hasil interpretasi FTIR pada penelitian ini didukung oleh hasil uji fitokimia pada Tabel 1 yang menunjukkan adanya kandungan alkaloid, flavanoid, dan triterpenoid dalam ekstrak etil asetat daun Afrika.

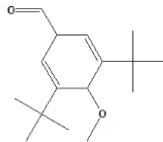
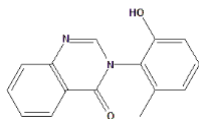
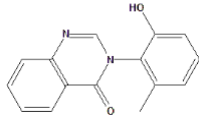
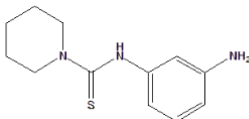
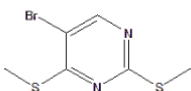
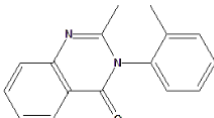
3.5 Hasil Analisis GC-MS

Ekstrak daun Afrika (*Vernonia amygdalina*) selanjutnya dianalisis untuk mengidentifikasi kandungan senyawa aktif di dalamnya. Pengujian dilakukan dengan metode Gas Chromatography-Mass Spectrophotometry (GC-MS), instrumen analisis yang banyak digunakan dalam karakterisasi senyawa kimia pada tanaman obat yang mampu memisahkan sekaligus menganalisis berbagai senyawa secara kuantitatif yang terdapat dalam suatu sampel uji [34].

Tabel 6 Beberapa Senyawa Aktif dari Daun Afrika (*Vernonia amygdalina*)

Senyawa	Aktivitas Farmakologis	Jenis & Asal daun Afrika	Struktur	Pustaka
<i>Phytol</i> (3,7,11,15-Tetrametil-heksadekan-1-ol)	Antifungal dan antimikroba	<i>Asteraceae</i> . Malaysia		[35]
<i>Neophytadiene</i> (7,11,15-Trimetil-3-metilidenheksadek-1-ena)	Antioksidan	<i>Asteraceae</i> . Malaysia		[35]
<i>N</i> -[3-(5-Metil-2-benzoxazolil)fenil]formamid	Antimikroba dan antitumor	<i>Asteraceae</i> . Nigeria		[36]
1-Buten-3-una, 1-kloro-, (Z)-I	Antimikroba	<i>Asteraceae</i> . Nigeria		[36]
3-Amino-6-fenil-1H-pirazolo[3,4-b]piridin-4-karbonitril	Antiinflamasi	<i>Asteraceae</i> . Nigeria		[36]
<i>Fenol</i> , 2,6-dibromo	Antibakteri	<i>Asteraceae</i> . Nigeria		[36]
4-Piridinamine, 3,5-dibromo	Antibakteri dan antitumor	<i>Asteraceae</i> . Nigeria		[36]



3,5-di- <i>t</i> -butil-4-metoksi-1,4-dihidrobenzaldehyda	Antioksidan	<i>Asteraceae</i> . Nigeria		[36]
3-Amino-6-fenil-1H-pirazolo[3,4-b]piridin-4-karbonitril	Antiinflamasi	<i>Asteraceae</i> . Nigeria		[36]
3-(2-hidroksi-6-metilfenil)-4(3H)-kuinazolin	Antibakteri	<i>Asteraceae</i> . Nigeria		[36]
N-[3-aminofenil]-1-piperidin karbotioamida	Antijamur	<i>Asteraceae</i> . Nigeria		[36]
Pirimidine, 5-bromo-2,4-bis(metilthio)	Antitumor dan antivirus	<i>Asteraceae</i> . Nigeria		[36]
Metaqualon (2-metil-3-(2-metilfenil)-4(3H)-kuinazolinon	Antikonvulsan	<i>Asteraceae</i> . Nigeria		[36]

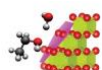
Tabel 7 Hasil identifikasi senyawa ekstrak etil asetat daun Afrika (*Vernonia amygdalina*) menggunakan analisis *Gas Chromatography–Mass Spectrometry* (GC-MS)

Senyawa	RT (min)	Rumus Molekul	BM (g/mol)	Area (%)	Persen kemiripan (%)	Ion Fragmen Utama (m/z)
<i>Linalool</i>	12,92-13,01	C ₁₀ H ₁₈ O	154,25	0,45	89,23	43,0, 71,0, 121,1
<i>Neral</i>	16,38-16,52	C ₁₀ H ₁₆ O	152,24	1,45	86,06	41,1, 69,1, 104,0, 137,1, 164,1
<i>Neophytadiene</i>	36,16-36,25	C ₂₀ H ₃₈	278,52	0,84	91,78	43,1, 95,1, 123,1
<i>Phytol</i>	37,88-37,99	C ₂₀ H ₄₀ O	296,53	7,93	96,86	43,1, 71,1, 123,1 196,2
2,6-Octadienal,	17,78-17,91	C ₁₀ H ₁₆ O	152,23	1,21	95,93	41,1, 69,1, 109,1 137,1
3,7-dimethyl-, (E)						
6,11-Dimethyl-2,6,10-dodecatrien-1-ol	45,95-46,06	C ₁₄ H ₂₄ O	208,34	0,37	69,85	69,1 137,1

Tabel 6 menyajikan beberapa senyawa aktif yang telah dilaporkan pada daun Afrika (*V. amygdalina*) beserta aktivitas farmakologis, asal

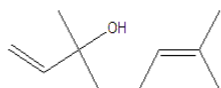
tanaman sampel, struktur senyawa, dan sumber pustaka.

Tabel 7 menyajikan hasil identifikasi senyawa ekstrak etil asetat daun Afrika (*Vernonia amygdalina*) menggunakan analisis GC-MS



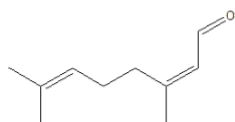
berdasarkan waktu retensi (RT), berat molekul, persen area, persen kemiripan, dan ion fragmen utama senyawa yang terdeteksi. Berdasarkan analisis GC-MS terhadap ekstrak etil asetat daun Afrika (*Vernonia amygdalina*) asal Manokwari menunjukkan adanya enam senyawa yang tergolong dalam kelompok terpenoid, yaitu *Linalool*, *Neral*, *2,6-Octadienal*, *3,7-dimethyl-(E)-, Neophytadiene*, *Phytol* dan *6,11-Dimethyl-2,6,10-dodecatrien-1-ol*. Keenam senyawa ini diidentifikasi berdasarkan kesesuaian spektrum massa dengan pustaka NIST dan nilai *mass-to-charge ratio* (*m/z*) karakteristiknya.

Linalool ($C_{10}H_{18}O$) muncul pada waktu retensi 12,92-13,01 menit dengan ion fragmen utama pada *m/z* 43,0, 71,0, dan 121,1. Senyawa ini merupakan monoterpenoid alkohol yang diketahui memiliki aktivitas antiinflamasi dan neuroprotektif [37].



Gambar 10. Struktur molekul senyawa *Linalool*

Neral ($C_{10}H_{16}O$) terdeteksi pada waktu retensi 16,38-16,52 menit dengan fragmen dominan *m/z* 41,1, 69,1, 104,0, 137,1, dan 164,1 termasuk dalam monoterpenoid aldehida yang berperan sebagai antioksidan dan antibakteri alami [38].



Gambar 11. Struktur molekul senyawa *Neral*

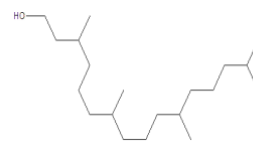
Neophytadiene ($C_{20}H_{38}$) muncul pada waktu retensi 36,16-36,25 menit dengan puncak ion utama *m/z* 43,1, 95,1, dan 123,1 tergolong diterpenoid hidrokarbon dengan aktivitas antiinflamasi dan antimikroba [35].



Gambar 12. Struktur molekul senyawa *Neophytadiene*

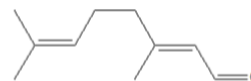
Phytol ($C_{20}H_{40}O$) teridentifikasi pada waktu retensi 37,88-37,99 menit dengan fragmen

dominan *m/z* 43,1, 71,1, 123,1 dan 196,2. Senyawa ini merupakan diterpenoid alkohol dengan aktivitas antibakteri, antioksidan, serta berfungsi sebagai prekursor vitamin E dan K [39].



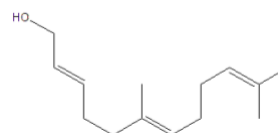
Gambar 13. Struktur molekul senyawa *Phytol*

2,6-octadienal, *3,7-dimethyl-(E)* atau *trans citral* ($C_{10}H_{16}O$) teridentifikasi pada waktu retensi 17,78-17,91 menit dengan fragmen utama *m/z* 41,1, 69,1, 109,1 dan 137,1. Senyawa ini merupakan terpenoid aldehida tidak jenuh yang memiliki aktivitas antimikroba dan antioksidan [40].



Gambar 14. Struktur molekul senyawa *trans citral*

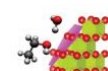
6,11-Dimethyl-2,6,10-dodecatrien-1-ol ($C_{14}H_{24}O$) muncul pada waktu retensi 45,95-46,06 menit dengan fragmen ion *m/z* 69,1 dan 137,1 termasuk dalam seskuioterpenoid alkohol.



Gambar 15. Struktur molekul senyawa *6,11-Dimethyl-2,6,10-dodecatrien-1-ol*

Berdasarkan studi literatur, ditelusuri bahwa senyawa *6,11-Dimethyl-2,6,10 dodecatrien-1-ol* dalam profil komponen volatil/GC-MS dari berbagai spesies tumbuhan dan dalam studi sintesis/isomerisasi geraniol; studi biofarmakologis yang menguji aktivitas senyawa ini secara terisolasi masih sangat terbatas. Oleh karena itu, aktivitas biologis senyawa ini umumnya bersifat indikatif dan perlu dikonfirmasi melalui isolasi senyawa murni dan uji aktivitas terarah.

Jika dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu yang dilaporkan [35] dan [36] (Tabel 6) terhadap daun Afrika (*Vernonia amygdalina*)



yang berasal dari Malaysia dan Nigeria, hasil analisis GC-MS pada penelitian ini menunjukkan perbedaan profil kimia yang signifikan. Studi sebelumnya melaporkan keberadaan *Phytol* dan *Neophytadiene* sebagai senyawa golongan metabolit terpenoid yang dominan, sedangkan penelitian ini berhasil mengidentifikasi empat senyawa tambahan, yaitu *Linalool*, *Neral*, *2,6-octadienal*, *3-7-dimethyl, (E)-, 6,11-dimethyl-2,6,10-dodecatrien-1-ol*. Keempat senyawa tersebut menandakan adanya kebaruan dari profil kimia daun Afrika asal Manokwari yang belum pernah dilaporkan penelitian sebelumnya.

Perbedaan komposisi kandungan senyawa terpenoid ini diduga berkaitan erat dengan variasi faktor geografis dan kondisi lingkungan tumbuh seperti intensitasi cahaya, suhu, kelembaban, serta karakteristik tanah, yang berperan dalam biosintesis metabolit sekunder [5]. Kondisi ekologis yang berbeda dapat mempengaruhi ekspresi gen dan aktivitas enzim yang terlibat dalam pembentukan senyawa terpenoid sehingga menghasilkan profil kimia yang khas [5].

Hasil penelitian ini mengindikasikan data awal dari uji fitokimia ekstrak daun Afrika yang telah dilaporkan sebelumnya dengan pengambilan sampel yang berbeda dimana kondisi lingkungan dan letak geografis akan mempengaruhi kandungan metabolit sekunder berbeda [42]. Senyawa-senyawa yang teridentifikasi melalui analisis GC-MS memberikan gambaran awal mengenai kemungkinan kontribusi komponen terpenoid terhadap aktivitas biologis ekstrak yang diamati. Namun, hubungan antara senyawa tertentu dengan aktivitas antibakteri, antioksidan, maupun aktivitas farmakologis lainnya masih memerlukan pembuktian lebih lanjut melalui proses isolasi, fraksionasi terpandu bioaktivitas, dan pengujian senyawa murni.

4 Kesimpulan

Ekstrak etil asetat daun Afrika (*Vernonia amygdalina*) asal Manokwari mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, dan triterpenoid yang berkontribusi terhadap aktivitas biologisnya. Ekstrak menunjukkan aktivitas antibakteri tertinggi pada konsentrasi 1000 µg/mL dengan daya hambat sebesar 12,10 mm terhadap *Escherichia coli* dan 91 mm terhadap *Staphylococcus aureus*, serta aktivitas antioksidan kategori sedang dengan nilai IC₅₀ sebesar 149,10

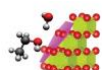
ppm. Analisis FTIR dan GC-MS mengindikasikan keberadaan beberapa senyawa bioaktif golongan terpenoid yang diduga berperan dalam aktivitas antibakteri dan antioksidan ekstrak daun Afrika. Jadi dengan demikian, aktivitas biologis ekstrak daun Afrika diduga berasal dari peran sinergis senyawa terpenoid yang terkandung di dalamnya.

Ucapan Terima Kasih

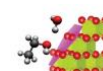
Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Universitas Papua atas kesempatan memperoleh *Grand Penelitian Dosen* dengan nomor kontrak penelitian 2025: SP/28/UN42.15/PG/2025. Seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta kontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini, baik dalam bentuk saran ilmiah, penyediaan bahan, maupun dukungan teknis selama proses penelitian ini.

Daftar Pustaka

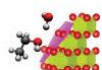
- [1] Bestari R., 2021, Senyawa Fitokimia dan Aktivitas Farmakologis daun Afrika (*Vernonia amygdalina* Del.) sebagai Kandidat Obat Herbal, Jurnal Kedokteran STM (Sains dan Teknologi Medik), vol. IV, no. 1, pp. 63-74.
<https://doi.org/10.30743/stm.v4i1.135>
- [2] Ugbogu, EA., Emmanuel, EO. Dike D, Agi, GO., Ugbogu, OC., Ibe, C., Iweala, EJ., 2021, The Phytochemistry, Ethnobotanical, and Pharmacological Potentials of the Medicinal Plant-*Vernonia amygdalina* L. (bitter Leaf).
<https://doi.org/10.1016/j.ccmp.2021.100006>
- [3] Pratiwi RD., & Gunawan E., 2018, Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Afrika (*Vernonia amygdalina* Delile) Asal Papua Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*, PHARMACY: Jurnal Farmasi Indonesia, 15(2), pp. 148-157, 02.
<https://doi.org/10.30595/pharmacy.v15i2.3493>
- [4] Paulina E., Shofiyani A., & Rudiyanasyah R., 2024, Kandungan Metabolit Sekunder dan Aktivitas Antioksidan Batang Tanaman Selasih Ungu (*Ocimum basilicum* Linn.) Secondary Metabolite Content and Antioxidant Activity of Basil Stems (*Ocimum basilicum*



- Linn.), Jurnal Kartika Kimia, 7(1), pp. 15-18. <https://doi.org/10.26874/jkk.v7i1.242>
- [5] Yang LKS., Wen X., Ruan YX., Zhao F., Wei & Wang Q., 2018, Response of plant secondary metabolites to environmental factors, *Molecules*, 23(4), pp. 1-26, 27. <https://doi.org/10.3390/molecules23040762>
- [6] Blois MS., 1958. Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical, *Nature*, vol. 181, pp. 1199-1200 <http://dx.doi.org/10.1038/1811199a0>
- [7] Harahap FAAM., 2024, Yulandari MH. , Asshiddiqi H., Putri G., Tanaka I., Anggiani PP., Sianipar G., Skrining Fitokimia dan Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder Tanin secara Kromatografi Lapis Tipis Ekstrak Etanol Daun Afrika (*Vernonia Amygdalina* Del.), *Jurnal Kesehatan Unggul Gemilang*, 8(1), pp. 7-15.
- [8] Utomo Y., & Rizki LM., 2022, Pengukuran Kadar Tanin Total pada Ekstrak Daun Afrika dengan Perbedaan Volume Maserasi, in *Proceedings of Life and Applied Sciences*.
- [9] Harborne JB., 1984, *Phytochemical Methods A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis*, London: Chapman and Hall, pp. 1-295.
- [10] Bauer AW., Kirby WMM., Sherris JC., & Turck M., 1966, Antibiotic Susceptibility Testing by a Standardized Single Disk Method, *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), pp. 493-496. https://doi.org/10.1093/ajcp/45.4_ts.493
- [11] Abdullah FF., & Musthapa I., 2020, Analisis Profil Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun, Kayu Dan Kulit Batang Tumbuhan *Clausena lansium* L., *Jurnal Kartika Kimia*, 3(1), no. 1, pp. 13-18. <https://doi.org/10.26874/jkk.v3i1.48>
- [12] Uduman MSTs., Rathinam B., Karuru., YG. Obili G. Chakka & Janakiraman, AK., 2017, GC-MS Analysis of Ethyl Acetate Extract of Whole Plant of *Rostellularia diffusa*, *Pharmacogn J.*, 9(1), pp. 70-72. <http://dx.doi.org/10.5530/pj.2017.1.13>
- [13] Purbaya, S., Fadlilah, G., Aprina, LS., Agustini DM., Aisyah, LS., U. Supratman U., & Yun YF., 2023, Aktivitas Antioksidan Senyawa 6-propil-5,6-dihidro-2H-piran-2-on dari Jamur Endofit *Fusarium oxysporum* Akar *Kalanchoe millotii*, *Jurnal Kartika Kimia*, 6(2), pp. 109-115 <https://doi.org/10.26874/jkk.v6i2.211>
- [14] Ergina, Nuryanti S., & Pursitasari ID., 2014 Uji Kualitatif Senyawa Metabolit Sekunder pada Daun Palado (*Agave Angustifolia*) yang Di ekstraksi Dengan Pelarut Air dan Etanol, *Jurnal Akademika Kimia*, 3(3), pp. 165-172.
- [15] Adamski Z., Blythe LL., Milella L., & Bufo SA., 2020, Biological Activities of Alkaloid: From Toxicology to Pharmacology, *Toxins*, 12(4), p. 210, 26. <https://doi.org/10.3390/toxins12040210>
- [16] Inusa, A., Sanusi SB., Linatoc CA., Mainassara MM., & Awawu JJ., 2019, Phytochemical analysis and antimicrobial activity of bitter leaf (*Vernonia amygdalina*) collected from Lapai, Niger State, Nigeria on some selected pathogenic microorganisms, *Science Wor*, 13(3), pp. 15-18.
- [17] Nugrahani R., Andayani Y., & Hakim A., 2016, Skrining Fitokimia dari Ekstrak Buah Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) dalam sediaan serbuk, *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 2, no. 1, pp. 97-103. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v2i1.38>
- [18] Tandil J., Melinda B., Purwantari A & Widodo A., 2020, Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Metabolit Sekunder Ekstrak Etanol Buah Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis, *Kovalen: Jurnal Riset Kimia*, vol. 6, no. 1, pp. 74-80. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2020.v6.i1.15044>
- [19] Daturara B., Kirana BC., & Indriasari C., 2024, Uji Efektivitas Ekstrak Daun Afrika (*Vernonia Amygdalina*) Terhadap Penyembuhan Luka, *JUKEJ: Jurnal Kesehatan Jompa*, 3(1), pp. 44-52. <https://doi.org/10.57218/kj.Vol3.Iss1.1106>



- [20] Harborne JB., 1987, Metode Fitokimia Penuntun cara modern menganalisis tumbuhan, Bandung: ITB press.
- [21] Saxena M., Saxena J., Nema R., Singh D., & Gupta A., 2013, Phytochemical of Medicinal Plants, Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 1(6), pp. 168-182.
- [22] Hikmah N., Septama AW., Ahmad WANW., & Suppian R., 2020, Immunomodulatory effects and structure-activity relationship of botanical pentacyclic triterpenes: A review, Chinese Herbal Medicines, 12(2) pp. 118-124.
<https://doi.org/10.1016/j.chmed.2019.11.007>
- [23] Davis WW., & Stout TR., 1971, Disc plate method of microbiological antibiotic assay: I. Factors influencing variability and error, American Society For Microbiology, 22(4), pp. 659-665.
<https://doi.org/10.1128/am.22.4.659-665.1971>
- [24] Hendra R., Ahmad S., Sukari A., & Y. Shukor Y., 2011, Flavanoid Analyses and Antimicrobial Activity of Various Parts of Phaleria macrocarpa (Scheff.) Boerl Fruit, International Journal of Molecular Sciences (IJMS), 12(6), pp. 3422-3431.
<https://doi.org/10.3390/ijms12063422>
- [25] Yan Y., Xia X., Fatima A., Zhang L., Yuan G., Lian F., & Wang Y., 2024, Antibacterial activity and mechanisms of plant flavanoids against gram-negative bacteria based on the antibacterial statistical model, Pharmaceuticals, vol. 17(3), pp. 1-15.
<https://doi.org/10.3390/ph17030292>
- [26] Murjianingsih F., Sarudji S., Saputro AL., Tyasningsih W., Hamid IS., & Yunita MN., 2019, Potensi Ekstrak Daun Afrika (Vernonia amygdalina Delile) Sebagai Antibakterial Terhadap Bakteri Escherichia coli ATCC 25922, Jurnal Medik Veteriner, 2(1) pp. 13-17.
<https://doi.org/10.20473/jmv.vol2.iss1.2019.13-17>
- [27] Febriani A., Kusuma IM., & Hariyani M., 2021, Formulasi dan Uji Antibakteri Sabun Mandi Padat Ekstrak Etanol Daun Afrika (Vernonia amygdalina Delile) Terhadap Staphylococcus aureus, Sainstech Farma Jurnal Ilmu Kefarmasian, 14(1), pp. 26-33.
<https://doi.org/10.37277/sfj.v14i1.934>
- [28] Mala N., Yun YF., & Aisyah LS., 2024, Aktivitas Antioksidan dan Antikanker dari Ekstrak Etanol, n-Heksana, Etil Asetat, dan Etanol Air Kalanchoe marmorata (Crassulaceae), Jurnal Kartika Kimia, 7(2), pp. 121-128.
<https://doi.org/10.26874/jkk.v7i2.853>
- [29] Ngibad K., & Lestari LP., 2020, Aktivitas Antioksidan dan Kandungan Fenolik Total Daun Zodia (Evodia suaveolus)," ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia, vol. 16, no. 1, pp. 94-109.
<https://doi.org/10.20961/alchemistry.16.1.35580.94-109>
- [30] Febrianti P., Prabowo WC., & Rijai L., 2017, Aktivitas Antioksidan dan Tabir Surya Ekstrak Daun Afrika (Vernonia amygdalina Del.), in Proceeding of the 5th Mulawarman Pharmaceuticals Conferences, Samarinda
<https://doi.org/10.30872/mpc.v5i.417>
- [31] Kusuma AE., & Nisa AY., Uji Aktivitas 2022, Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Afrika (Vernonia arborea Buch-Ham) Dengan Metode DPPH, Jurnal Farmasi Sains dan Obat Tradisional, 1(1), pp. 34-40.
<https://doi.org/10.62018/sitawa.v1i1.9>
- [32] Nandiyanto ABD., Oktiani R., & R. Ragadhita, 2019, How to Read and Interpret FTIR Spetroscopy of Organic Material, Indonesian Journal of Science & Technology, 4(1), pp. 97-118.
<http://dx.doi.org/10.17509/ijost.v4i1.15806>
- [33] Pavia DL., Lampman GM., & Kriz GS, 2015, Introduction to Spectroscopy, 5nd ed., : Cengage Learning.
- [34] Marampung W., Simbala HEI., & Rumondor, EM., 2024, Analisis GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry) dari Ekstrak Etanol Daun Gedi Hijau (Abelmoschus manihot L.). Jurnal Lentera Farma, 3(1), pp. 7-13. <https://doi.org/10.57207/67h89318>
- [35] Yusoff SF., Haron FF., Mohamed MTM., Asib N., Sakimin SZ., Kassim FA., & Ismail SI., 2020, Antifungal Activity and Phytochemical



- Screening of Vernonia Amygdalina Extract against Botrytis cinerea Causing Gray Mold Disease on Tomato Fruits. PubMed Central (PMC), 9(286). pp. 1-14.
<https://doi.org/10.3390/biology9090286>
- [36] Amakiri OK., Sunday EA., & Gift WP., 2024, Phytochemical Profile and Bioactive Compounds in Aquedus Leaf Extract of Vernonia amygdalina (Asteraceae): A GC-MS Analysis, Asian Journal of Research in Biochemistry, 14(6), pp. 117-123.
<https://doi.org/10.9734/ajrb/2024/v14i6333>
- [37] Chang WH, Hsu HT., Lin CC., An LM., Lee CH, Ko HH., Lin CL., & Lo YC., 2024, Linalool, a Fragrance Compound in Plants, Protects Dopaminergic Neurons and Improves Motor Function and Skeletal Muscle Strength in Experimental Models of Parkinson's Disease, Int J Mol Sci, 25(5), p. 2514.
<https://doi.org/10.3390/ijms25052514>
- [38] Pacheco MMG., Moreno HT., Lopez MLF, Guadarrama NV, Zavala JFA., Ramirez LAO., & Romero JCL., 2023, Mechanism and Applications of Citral's Antimicrobial Properties in Food Preservation and Pharmaceuticals Formulations, Antibiotics, 12(11), pp. 2-31.
<https://doi.org/10.3390/antibiotics12111608>
- [39] Santos CCDMP., Salvadori MS., Mota VG., Costa LM., Almeida AACD., Oliveira GALD., Costa JP., Sousa DPD., Freitas RMD., & Almeida RND., 2013, Antinociceptive and Antioxidant Activities of Phytol In Vivo and In Vitro Models, Neuroscience Journal, 2(1), no. 1, pp. 1-9.
<https://doi.org/10.1155/2013/949452>
- [40] Mello ABD., Fenalti JM., Baccaga B., Islabao YW., Martins FO., Birmann, PT., Casaril AM., Barbosa TN., Lopes AS., Monteiro FL., Savegnago L., Borsuk S., Hubner SDO., Farias NDADR., Escibano AI., & Oliveira CB., First 2025, Insights into the Biological Activity and Molecular Docking of Citral (3,7-Dimethyl-2,6-Octadienal) Against Trichomonas vaginalis, Microbiology, 16(5), pp. 2-10. <https://doi.org/10.3390/microbiolres16050096>
- [41] Sami FJ., Rahimah S., 2015, Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Bunga Brokoli (*Brassica oleracea* L. var. *Italica*) dengan metode DPPH (2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl) dan Metode ABTS (2,2 azinobis (3-etilbenzotiazolin)-6-asam sulfonat), Jurnal Fitofarmaka Indonesia, 2(2): 107-110.
<https://doi.org/10.33096/jffi.v2i2.179>
- [42] Mamonto MD., Pratiwi SA., Kusumaningtyas FA., 2025, Pengaruh Tempat Tumbuh terhadap Senyawa Flavonoid Ekstrak Etanol Daun Rambutan (*Nephelium lappaceum* L). Jurnal Pendidikan Tambusai, 9(3):36251-36255.
<https://doi.org/10.31004/jptam.v9i3.34016>

