

Tinjauan Aplikasi Teknik Spektroskopi dalam Identifikasi dan Karakterisasi Senyawa Kimia Bahan Alam secara Efisien

Nabila Sativa^{1*}, Nailia Nur Isma Sumarno¹, Rusnia Apriliana¹, Laohannia Challiztha¹, Gabriyuvella¹, Syifa Askila Rahmadani¹, Yenni Hafizah¹

¹Mahasiswa S1 Farmasi, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin, Indonesia

Alamat: Jl. Gubernur Sarkawi, Handil Bakti, Kalimantan Selatan

Korespondensi penulis: nabilabeel14@gmail.com^{1*}

Abstract. *This review discusses the application of various spectroscopic methods such as UV-Vis, FTIR, NMR, and GC-MS in the isolation and identification of secondary metabolites from natural products. The use of these spectroscopic techniques is crucial in the field of natural product chemistry as they provide accurate information about the structure, composition, and presence of bioactive compounds without destroying the sample. UV-Vis spectrophotometry is widely used for quantifying compounds such as flavonoids, saponins, tannins, and alkaloids in various plant species, including chili, okra, ridge gourd, and Averrhoa bilimbi leaves. This method is known for being fast, simple, and sufficiently sensitive for both qualitative and quantitative determination of phenolic and antioxidant compounds. FTIR spectroscopy is utilized to identify functional groups in plant extracts such as rose apple, noni fruit, red ginger, bay leaves, and red spinach. The results indicate the presence of phenolic compounds, flavonoids, and alkaloids through the identification of characteristic absorption bands from hydroxyl, carbonyl, methyl, and amine groups. FTIR is also useful for evaluating the purity and consistency of extracts. Mass spectrometry (MS), particularly GC-MS, is applied to determine the chemical profiles of essential oils and plant extracts such as citronella, Urena lobata, and Libo plants. Major compounds identified include zingiberene, citronellal, citronellol, digitoxigenin, and various terpenoids. This technique is highly effective in detecting volatile and semi-volatile compounds with high sensitivity. Meanwhile, NMR spectroscopy is employed to elucidate the structure of complex compounds such as xanthenes and their derivatives, either from natural sources like endophytic fungi or from synthetic processes. NMR is essential for determining the three-dimensional structure and stereochemistry of molecules. This review highlights that a combinative approach involving multiple spectroscopic techniques is highly effective in rapidly and accurately identifying the structure and composition of active compounds in natural product research. The integration of these techniques represents a strategic approach to support the discovery and development of natural product-based drugs in the future.*

Keywords: FTIR, GC-MS, natural products, NMR, secondary metabolites, spectroscopy, UV-Vis

Abstrak. Kajian ini mereview penerapan berbagai metode spektroskopi seperti UV-Vis, FTIR, NMR, dan GC-MS dalam proses isolasi dan identifikasi senyawa metabolit sekunder dari bahan alam. Penggunaan teknik-teknik spektroskopi ini sangat penting dalam bidang kimia bahan alam karena mampu memberikan informasi yang akurat mengenai struktur, komposisi, dan keberadaan senyawa bioaktif tanpa merusak sampel. Spektrofotometri UV-Vis digunakan secara luas untuk kuantifikasi senyawa seperti flavonoid, saponin, tanin, dan alkaloid dalam berbagai spesies tumbuhan, termasuk cabai, okra, gambas, dan daun belimbing wuluh. Metode ini dikenal cepat, sederhana, dan cukup sensitif untuk penentuan kandungan senyawa fenolik maupun antioksidan secara kualitatif dan kuantitatif. Spektroskopi FTIR dimanfaatkan untuk mengidentifikasi gugus fungsi senyawa dari ekstrak tanaman seperti jambu semarang, mengkudu, jahe merah, daun salam, hingga bayam merah. Hasilnya menunjukkan keberadaan senyawa fenolik, flavonoid, dan alkaloid melalui identifikasi pita serapan khas dari gugus hidroksil, karbonil, metil, dan amina. FTIR juga berguna untuk mengetahui kemurnian dan konsistensi ekstrak. Spektrometri massa (MS), terutama GC-MS, digunakan untuk mengungkap profil kimia minyak atsiri dan ekstrak tanaman seperti sereh wangi, daun pulutan, dan tanaman libo. Senyawa utama yang berhasil diidentifikasi antara lain zingiberene, citronellal, sitronelol, digitoksigenin, dan berbagai senyawa terpenoid lainnya. Teknik ini sangat efektif dalam penentuan senyawa volatil dan semi-volatil dengan sensitivitas tinggi. Sementara itu, spektroskopi NMR diaplikasikan untuk elucidasi struktur senyawa kompleks seperti xanton dan derivatifnya, baik yang berasal dari sumber alami seperti jamur endofitik maupun hasil sintesis. NMR sangat penting dalam menentukan struktur tiga dimensi dan stereokimia molekul. Kajian ini menunjukkan

bahwa pendekatan kombinatorik antar teknik spektroskopi sangat efektif dalam mengidentifikasi struktur dan komposisi senyawa aktif dalam riset bahan alam secara cepat, akurat, dan non-destruktif. Kolaborasi antar teknik ini menjadi pendekatan strategis untuk mendukung penemuan dan pengembangan obat berbasis bahan alam di masa depan.

Kata kunci: FTIR, GC-MS, produk alami, NMR, metabolit sekunder, spektroskopi, UV-Vis

1. PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai negara dengan keanekaragaman hayati yang tinggi, terutama pada tanaman obat yang menyimpan potensi senyawa bioaktif. Eksplorasi terhadap bahan alam menjadi hal yang krusial dalam mendukung inovasi di bidang obat tradisional, makanan fungsional, serta kosmetik alami. Untuk mengungkap kandungan senyawa aktif tersebut, dibutuhkan tahapan isolasi dan identifikasi senyawa dengan teknik analisis yang presisi dan efektif.. (Abriyani et al. 2024)

Spektroskopi adalah teknik instrumental yang sangat mendukung dalam menganalisis struktur dan karakteristik kimia suatu senyawa. Berbagai metode seperti Spektrofotometri UV-VIS, Spektroskopi Inframerah (IR), Spektroskopi Resonansi Magnetik Inti (NMR), dan Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (GC-MS) digunakan secara luas dalam riset bahan alam. Kombinasi metode ini memungkinkan peneliti untuk memperoleh data kuantitatif dan kualitatif secara menyeluruh terhadap kandungan senyawa dalam tanaman obat maupun bahan alam lainnya. (Nurhamidah et al. 2024)

2. KAJIAN TEORITIS

Spektrofotometer UV-VIS merupakan salah satu teknik instrumental yang umum digunakan dalam analisis kimia untuk mendeteksi keberadaan senyawa dalam bentuk padat atau cair melalui pengukuran penyerapan cahaya. Supaya sampel dapat menyerap cahaya pada wilayah UV-VIS (rentang panjang gelombang 200–700 nm), prinsip kerjanya didasarkan pada kemampuan senyawa untuk menyerap energi cahaya pada panjang gelombang tertentu, sehingga menghasilkan data absorbansi yang digunakan untuk analisis. (Abriyani et al. 2022).

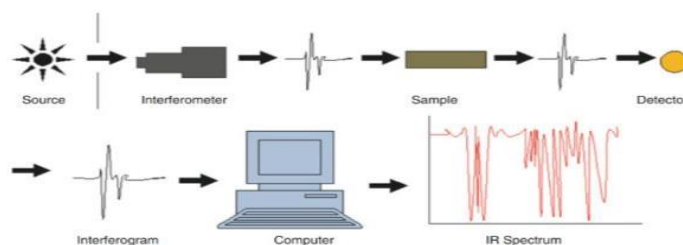


Gambar 1 (Suhanda 2015)

Spektrofotometer UV-Vis adalah alat yang digunakan untuk menganalisis konsentrasi sampel berdasarkan serapan cahaya pada panjang gelombang ultraviolet (UV) dan cahaya tampak (Vis). Metode ini mengukur intensitas cahaya yang diserap oleh sampel untuk menentukan kadar zat yang terkandung di dalamnya. (Suhanda 2015).

Spektrofotometri UV-Vis memiliki keunggulan berupa selektivitas panjang gelombang, prosedur yang sederhana, dan sensitivitas tinggi. Namun, kekurangannya meliputi sensitivitas terhadap pH, suhu, zat pengganggu, serta keterbatasan pada panjang gelombang di atas 185 nm dan hanya efektif untuk senyawa dengan gugus fungsional tertentu. (Asyifa' 2024).

Fourier Transform Infrared (FTIR) merupakan salah satu instrumen analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi, mengenali senyawa, serta mendeteksi campuran dalam suatu sampel tanpa merusaknya. Spektrum inframerah berada dalam rentang panjang gelombang sekitar 14.000 cm^{-1} hingga 10^{-1} cm^{-1} . Metode FTIR memungkinkan analisis komponen kimia berdasarkan interaksi senyawa terhadap radiasi inframerah, sehingga dapat memberikan informasi struktur molekul secara non-destruktif. (Abriyani et al. 2022).



Gambar 2 (Alauhdin, Tirza Eden, and Alighiri 2021)

Spektrofotometer FTIR bekerja dengan memancarkan sinar inframerah ke arah sampel melalui sebuah celah yang mengatur besar energi yang masuk. Sebagian sinar akan diserap oleh sampel, sementara sisanya diteruskan.

Inframerah yang berhasil melewati sampel akan ditangkap oleh detektor, lalu diubah menjadi sinyal digital dan diproses oleh komputer untuk menghasilkan spektrum yang menggambarkan karakteristik kimia dari sampel tersebut. (Abriyani et al. 2022).

Kelebihan utama dari spektroskopi IR dibandingkan dengan metode spektroskopi lainnya adalah kemampuannya mendeteksi hampir semua senyawa karena hampir semua zat dapat menyerap radiasi inframerah. Selain itu, metode FTIR tidak merusak sampel (non-destruktif), memungkinkan analisis langsung pada sampel tanpa menghancurkannya, serta tidak memerlukan persiapan sampel yang kompleks. (Abriyani et al. 2022).

Spektrometri massa adalah teknik analisis kimia yang mengukur rasio massa terhadap muatan (m/z) dari ion molekuler. Hasilnya berupa spektrum massa yang menampilkan intensitas ion pada setiap nilai m/z , memungkinkan peneliti mengidentifikasi struktur molekul, komposisi isotop, dan fragmen molekul dalam sampel, baik padat, cair, maupun gas (Nuriah et al. 2023)



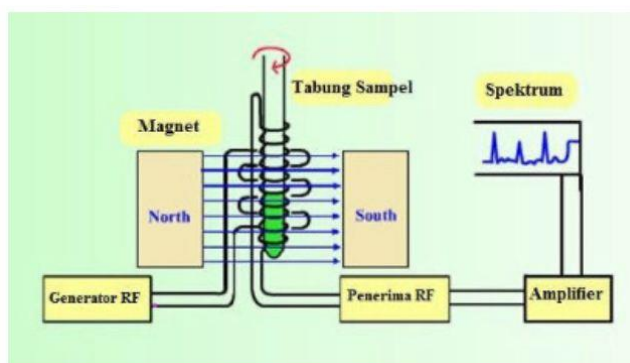
Gambar 3. Sumber : lab.sentral@um.ac.id

Spektrometri massa adalah teknik analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi senyawa berdasarkan rasio massa terhadap muatan (m/z) dari ion-ionnya. Sampel diionisasi (misalnya dengan EI, ESI, APCI, atau MALDI), lalu ion yang terbentuk dipisahkan dalam medan listrik atau magnetik. Ion dengan m/z tertentu diarahkan ke detektor, menghasilkan spektrum massa yang menjadi "sidik jari" karakteristik dari senyawa tersebut. (Nuriah et al. 2023).

Spektrometri massa adalah metode analisis cepat dan sensitif yang mampu mendeteksi senyawa dalam konsentrasi rendah tanpa merusak sampel. Namun, metode ini terbatas pada senyawa mudah menguap dan kurang efektif untuk memisahkan

campuran dalam jumlah besar. (Surani, Pujiasmoro, and Kadarohman 2023). Menampilkan intensitas ion pada setiap nilai m/z , memungkinkan peneliti mengidentifikasi struktur molekul, komposisi isotop, dan fragmen molekul dalam sampel, baik padat, cair, maupun gas (Nuriah et al. 2023).

Nuclear Magnetic Resonance (NMR) adalah teknik spektroskopi penting dalam kimia organik, terutama untuk mempelajari inti hidrogen dan karbon. NMR memberikan informasi jumlah dan tipe atom magnetik dalam molekul. Data NMR sering dikombinasikan dengan spektroskopi inframerah untuk menentukan struktur molekul yang belum dikenal. (Dira 2023).



Gambar 4 (Dira 2023)

Spektroskopi NMR didasarkan pada sifat inti atom tertentu yang dapat berputar pada porosnya, menghasilkan medan magnet di sepanjang arah rotasinya. Ketika inti tersebut berada dalam medan magnet luar, momen magnetiknya akan berinteraksi dengan medan tersebut dan dapat tersusun sejajar atau berlawanan arah dengannya. (Dira 2023).

Kelebihan spektrometer NMR adalah kemampuannya mengidentifikasi senyawa organik dalam sampel. Namun, alat ini mahal dan tidak bisa menggunakan pelarut nonpolar seperti CCl_4 yang kurang efektif melarutkan senyawa polar. Oleh karena itu, pelarut yang umum dipakai adalah pelarut terdeuterasi seperti deuterokloroform (CDCl_3), heksadeterobenzena (C_6D_6), dan aseton- d_6 (CD_3COCD_3). (Dira 2023).

3. METODE PENELITIAN

Digunakan metode studi literatur dalam membuat review artikel ini dengan cara mengumpulkan referensi yang relevan dari sumber-sumber informasi elektronik. Pencarian dilakukan dengan kata kunci seperti, Spektroskopi Uv-Vis, Spektroskopi Massa, Spektroskopi NMR dan Spektroskopi IR. serta kata kunci lain yang relevan, Proses pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahapan yang terstruktur, yaitu:

1. Menentukan Batasan Penelitian: Menentukan periode waktu fokus pada artikel penelitian yang diterbitkan 10 tahun terakhir. Jenis reputasi publikasi minimal Sinta 4.
2. Mencari Sumber Literatur : Menggunakan database jurnal ilmiah seperti google scholar, pubmed, dan Publish or Perish dengan kata kunci seperti Spektroskopi Uv-Vis, Spektroskopi Massa, Spektroskopi NMR dan Spektroskopi IR. Mensintesis temuan dengan merangkum temuan utama berdasarkan artikel penelitian yang didapat serta menganalisis perbedaan dengan membandingkan hasil artikel penelitian.
3. dengan merangkum temuan utama berdasarkan artikel penelitian yang didapat serta menganalisis perbedaan dengan membandingkan hasil artikel penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Penerapan UV Vis pada riset bahan alam

Spesies	Tujuan studi	Prosedur	Hasil	Ref
Cabai (<i>Capsicum sp.</i>)	Menentukan kadar vitamin C	Lima jenis cabai segar dibersihkan, diblender, dan dikeringkan dalam oven hingga menjadi bubuk. Penentuan kadar vitamin C dilakukan dengan spektrofotometri menggunakan vitamin C standar pada konsentrasi 75, 150, 750, dan 1500 ppm, serta aquades sebagai blanko untuk membuat kurva kalibrasi. Sebanyak 100 mg bubuk cabai ditimbang, dilarutkan dengan aquades bebas CO ₂ , disaring, dan filtratnya diencerkan hingga 100 mL. Larutan hasil akhir kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang optimum yang telah ditentukan sebelumnya.	kadar vitamin C yang tertinggi pada sampel 4 (50 g/100 g) yaitu cabai keriting merah dan diikuti dengan urutan kadar selanjutnya sampel 3 (cabai jablay orange-merah) kadar 38 g/100 g, sampel 2 (cabai rawit hijau) kadar 029 g/100 g, sampel 1 (cabai merah besar) kadar 22 g/100 g dan sampel 5 (cabai hijau besar) kadar 9 g/100 g.	(Rosmainar et al. 2018)
Buah Okra (<i>Abelmoschus esculentus L. Moench</i>)	Mengetahui kandungan dan kadar total metabolit sekunder	Analisis kadar total senyawa metabolit sekunder—meliputi alkaloid, flavonoid, saponin, dan tanin—pada ekstrak etanol buah Okra dilakukan dengan memanfaatkan teknik Spektrofotometri UV-Vis.	Hasil uji kualitatif menunjukkan bahwa ekstrak etanol dari buah okra mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, saponin, dan tanin. Sementara itu, analisis kuantitatif menunjukkan kandungan alkaloid	(Tandi et al. 2020)

			sebesar 2228,06 mg/g, flavonoid 2,79 mg/g, saponin 10,03 mg/g, dan tanin sebanyak 1973,27 mg/g.	
Buah Gambas (<i>Luffa acutang ula (L.) Roxb.</i>)	menetapkan kadar flavanoid total	Larutan blanko dibuat dari etanol p.a, AlCl ₃ 10%, CH ₃ COOK 1 M, dan aquadest hingga 10 mL. Larutan baku kuersetin 1000 ppm disiapkan dengan melarutkan 10 mg kuersetin dalam etanol p.a. Waktu dan panjang gelombang optimum ditentukan dari pengukuran absorbansi kuersetin 7 ppm. Kurva baku disusun dari larutan kuersetin 4–10 ppm yang direaksikan dengan reagen dan diukur pada kondisi optimum. Ekstrak buah gambas 0,25 g dilarutkan, ditambah reagen, ditepatkan hingga 10 mL, didiamkan, lalu diukur absorbansinya.	analisis kuantitatif diperoleh yaitu 429,5 nm serta operating time 30 menit. Rata rata kadar flavanoid total yaitu 9,897 + 0,11 mg/gr ekstrak dengan %KV 1,14%.	(Suharyanto and Hayati 2021)
Biji Kelor (<i>Moringa Oleifera Lam.</i>)	Mengetahui kandungan dan kadar total metabolit sekunder dari ekstrak etanol Biji Kelor (<i>Moringa</i>)	a. Flavonoid: Kuersetin + NaNO ₂ , AlCl ₃ , NaOH, ukur 510 nm. Sampel 0,10 g dihidrolisis, diekstrak eter, tambah reagen, volume 10 mL, encer 25×, ukur 510 nm. b. Saponin: Saponin + anisaldehyd,	Hasil uji biji kelor menunjukkan adanya alkaloid, flavonoid, saponin, dan tanin melalui perubahan warna atau busa khas. Kandungan kuantitatifnya yaitu alkaloid 916,87 mg/g,	(Handayani, Yusuf, and Tandi 2020)

	<i>Oleifera Lam.)</i>	<p>H₂SO₄, panaskan, volume 10 mL, ukur 435 nm. Sampel 100 mg dihidrolisis, diekstrak eter, tambah reagen, encer 10×, ukur 435 nm.</p> <p>c. Alkaloid: Kuinin + HCl, BCG, buffer, ekstrak kloroform, volume 10 mL, ukur 470 nm. Sampel 100 mg diproses sama, volume akhir 5 mL, ukur 470 nm.</p> <p>d. Tanin: Tannic acid + Folin, Na₂CO₃, inkubasi 30 menit, ukur 760 nm. Sampel 100 mg diekstrak metanol 20 jam, tambah reagen, encer 5×, ukur 760 nm.</p>	flavonoid 0,255%, saponin 6,367%, dan tanin 3724,5 mg/g.	
Daun Belimbing Wuluh (<i>Averrhoa Bilimbi L.</i>)	Mengetahui kadar senyawa flavonoid pada ekstrak etanol Daun Belimbing Wuluh.	<p>Larutan Standar: Kuersetin 25 mg dilarutkan dalam 25 mL etanol (1000 ppm), diencerkan jadi 100 ppm.</p> <p>Operating Time & λ Maks: Larutan 100 ppm direaksikan dengan AlCl₃ dan asam asetat, diukur pada 200–600 nm untuk menentukan waktu dan panjang gelombang maksimum.</p> <p>Kurva Baku: Kuersetin 40–120 ppm direaksikan dengan AlCl₃,</p>	Kualitatif menunjukkan esHasil uji kualitatif menunjukkan ekstrak etanol 96% daun belimbing wuluh positif mengandung flavonoid. Berdasarkan hasil uji kuantitatif menunjukkan bahwa kadar senyawa flavonoid pada ekstrak etanol daun belimbing wuluh (<i>Averrhoa bilimbi L.</i>) yang dibaca pada gelombang	(sari et al. 2019)

		<p>asam asetat, etanol, dan aquadest, didiamkan (sesuai waktu optimum), diukur pada λ maks.</p> <p>Penetapan Flavonoid: Sampel ekstrak 1000 ppm direaksikan seperti kurva baku, diukur pada λ maks.</p> <p>Pengolahan Data: Menggunakan regresi linear: $Y = bx + a$.</p>	<p>maksimal didapat yaitu 412 nm adalah sebesar 42,865 mg/L.</p>	
--	--	--	--	--

Tabel 2. Penerapan IR pada riset bahan alam

Spesies	Tujuan study	Prosedur	Hasil	Ref
Jambu Semarang (<i>Syzygium samarangense</i>)	Menganalisis struktur senyawa hasil isolasi	Identifikasi senyawa isolat dengan FTIR menunjukkan adanya gugus –OH (3541–3401 cm^{-1}), C–H alifatik (2932–2857 cm^{-1}), C–H aromatik (877–714 cm^{-1}), C=O (1732–1672 cm^{-1}), C=C aromatik (1462–1377 cm^{-1}), dan C–O (1188–1059 cm^{-1}). Kehadiran gugus-gugus ini mengindikasikan bahwa senyawa hasil isolasi tergolong flavonoid.	Spektrum FTIR isolat dari ekstrak diklorometana kulit batang Jambu Semarang menunjukkan gugus –OH, C–H alifatik, C=O, C=C aromatik, C–O/C–O–C, dan C–H aromatik. Kehadiran gugus-gugus ini mengindikasikan bahwa senyawa tersebut termasuk golongan flavonoid.	(Dwisaksana et al. 2021)
Mengkuadu (<i>Morinda citrifolia</i> L.).	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi senyawa hasil isolasi	Spektrum FTIR isolat menunjukkan pita serapan pada 3379,4 cm^{-1} (gugus –OH), 2935,76 cm^{-1} (C–H alifatik), 1730,21 cm^{-1} (C=O), 1649,19 cm^{-1} (C=C alifatik), dan 1265,35–	Hasil spektrum FTIR menunjukkan pita serapan pada 3379,4 cm^{-1} yang melebar, menandakan keberadaan gugus –OH. Serapan pada 2935,76 cm^{-1} mengindikasikan regangan C–	(Meita Rahmati 2017)

	dari ekstrak metanol kulit batang tumbuhan Mengkudu (<i>Morinda citrifolia L.</i>).	1076,32 cm^{-1} (C–O–C aril). Kemunculan seluruh pita ini mengindikasikan bahwa isolat kemungkinan mengandung senyawa digitoksigenin, yaitu steroid bertipe kardenolida atau γ -lakton.	H alifatik, sedangkan gugus karbonil (C=O) terdeteksi pada 1730,21 cm^{-1} . Regangan ikatan rangkap C=C alifatik muncul pada 1649,19 cm^{-1} , dan gugus eter aril (C–O–C) terdeteksi pada rentang 1265,35–1076,32 cm^{-1} . Spektrum ini mendukung dugaan bahwa senyawa isolat memiliki karakteristik senyawa golongan steroid.	
Jahe merah (<i>Zingiber officinale var rubrum</i>)	Tujuan jurnal ini adalah untuk mengidentifikasi dan mengautentikasi jahe merah dari jahe emprit dan jahe gajah menggunakan kombinasi spektrum FTIR dan analisis kemometrik secara cepat dan akurat.	Spektroskopi IR dianalisis di Laboratorium Kimia Universitas Surabaya menggunakan metode pelet KBr, dengan alat spektrometer IR Buck 500 yang bekerja pada rentang spektrum 600 hingga 4000 cm^{-1} .	Spektrum FTIR tiga ekstrak jahe menunjukkan pita O–H (3379–3422 cm^{-1}), C–H metil/metilena (2950 dan 2850 cm^{-1}), C=O (1708–1738 cm^{-1}), dan C=C (1604–1613 cm^{-1}). Pita C–O (1271–1272 cm^{-1}) berasal dari minyak atsiri dan sakarida, serta pita 1152–1035 cm^{-1} menunjukkan C–C–O atau C–C–OH dari pati. Hasil ini mengindikasikan keberadaan senyawa fenol, minyak atsiri, dan karbohidrat dalam ekstrak jahe.	(Purwakusumah et al. 2014)
Kulit Batang Tumbuhan Halay	penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan	Karakterisasi senyawa alkaloid dengan FTIR menunjukkan pita serapan tajam pada 3361,93 dan 3379,29 cm^{-1} yang	Spektrum FTIR menunjukkan serapan pada 3361,93 dan 3379,29 cm^{-1} (N–H), 1026,13 cm^{-1} (C–N), dan 769,9 cm^{-1} (C–H aromatik), sesuai	(Renda, Pote, and Nadut 2023)

<i>(Alstonia spectabilis R. Br)</i>	komponen dan karakteristik senyawa metabolit sekunder yangn terkandung dalam tumbuhan A. spectabilis R. Br	mengindikasikan vibrasi ulur N–H. Pita pada 1026,13 cm ⁻¹ menandakan regangan C–N, dan serapan di 769,9 cm ⁻¹ menunjukkan vibrasi tekuk C–H aromatik. Kehadiran ketiga pita ini mengindikasikan bahwa isolat kemungkinan mengandung senyawa alkaloid.	dengan karakteristik senyawa alkaloid.	
Bayam Merah <i>(Amaranthus Tricolor L.)</i>	tujuan Mengisolasi dan mengidentifikasi senyawa karotenoid utama dari tumbuhan bayam merah yang tumbuh di Indonesia, serta menentukan strukturnya menggunakan spektroskopi UV, IR, dan GC-MS	Spektrum IR menunjukkan pita lebar pada 3422,6 cm ⁻¹ (–OH), serapan kuat pada 2932,3 dan 2864,9 cm ⁻¹ (C–H alifatik), pita 1370 cm ⁻¹ (C–C metil), serta 1149 dan 1091,3 cm ⁻¹ (C–O). Kombinasi serapan ini mengindikasikan bahwa isolat kemungkinan merupakan senyawa karotenoid yang menyerupai lutein.	Analisis IR menunjukkan keberadaan gugus C=C terkonjugasi (1706,4; 1586,3; 1466,1 cm ⁻¹) yang khas karotenoid, serta gugus –OH (3422,6 cm ⁻¹) dan C–O (1149; 1091,3 cm ⁻¹). Vibrasi C–H alifatik muncul pada 2932,3 dan 2864,9 cm ⁻¹ , serta C–C metil pada 1370 cm ⁻¹ . Spektrum massa dengan waktu retensi 15,267 menit menunjukkan fragmen khas karotenoid, mendukung identifikasi senyawa sebagai karotenoid.	(Sulistya ningrum 2014)

Gambar 3. Tabel. Penerapan MS pada riset bahan alam

Spesies	Tujuan study	Prosedur	Hasil	Ref
Jahe Merah (<i>Zingiber officinale</i>)	menentukan profil senyawa metabolit sekunder dan membandingkannya dari beberapa teknik ekstraksi.	Ekstrak kasar dari rimpang jahe merah dengan pelarut etanol dan etil asetat dianalisis menggunakan GC-MS (Shimadzu QP-5050A) dengan kolom DB-5 MS dan gas helium sebagai pembawa. Injeksi dilakukan pada 80°C, detektor diatur 250°C, dan suhu kolom dinaikkan dari 80°C ke 250°C dengan laju 5°C/menit dan ditahan hingga menit ke-45. Spektrometer massa bekerja pada EI 70 eV dengan rentang deteksi m/z 40–500. Identifikasi senyawa dilakukan dengan mencocokkan spektrum massa dengan pustaka MS.	Hasil GC-MS menunjukkan bahwa ekstrak etanol, etil asetat, dan hasil destilasi rimpang jahe merah mengandung senyawa metabolit sekunder seperti ar-curcumen, zingiberene, β -bisabolene, β -sesquiphellandrene, zingerone, dan geraniol (tidak terdeteksi pada destilat). Zingiberene merupakan senyawa dominan pada ekstrak etanol (31,43%) dan etil asetat (14,88%), sedangkan ar-curcumen menjadi senyawa utama dalam destilat dengan kelimpahan 17,10%.	(Nur et al. 2020)
Daun pulutan (<i>Urena lobata</i> L)	mengetahui komponen senyawa aktif yang terdapat di dalam ekstrak etanol daun pulutan dengan menggunakan GC-MS.	Senyawa aktif dalam ekstrak daun pulutan diidentifikasi menggunakan GC-MS Agilent 7890A/5975C. Sebanyak 5 μ L sampel diinjeksi ke dalam kolom kapiler berukuran 30 m \times 0,20 mm \times 0,11 μ m. Program suhu dimulai dari 80°C, meningkat 3°C per menit hingga 150°C (ditahan 1 menit), lalu naik 20°C per menit hingga 280°C dan	Berdasarkan analisis GC-MS, ekstrak etanol 50% dari daun pulutan mengandung enam jenis senyawa, dengan komponen utama berupa n-heksadekanoat (asam palmitat) dan stigmasta-3,5-diena. Sementara itu, pada ekstrak etanol 70% terdeteksi delapan belas senyawa, yang paling	(Fadillah, Hambali, and Muslich 2020)

		dipertahankan selama 26 menit. Injektor disetel pada suhu 250°C, sumber ion pada 230°C, antarmuka 280°C, dan quadropole 140°C. Helium digunakan sebagai gas pembawa dengan aliran tetap 1,2 mL/menit dan rasio split 8:1.	banyak adalah 4H-pyran-4-one, 2-methoxy-4-vinylphenol, phenol 2,6-dimethoxy-, serta n-hexadecanoic acid.	
Sereh Wangi (<i>Cymbopogon nardus</i> (L.) Rendle)	Mengkarakterisasi minyak atsiri sereh wangi. Dan mengidentifikasi kandungan senyawa yang terdapat pada minyak sereh wangi.	Minyak atsiri sereh wangi dikarakterisasi melalui pengukuran rendemen, indeks bias, dan bobot jenis. Identifikasi senyawa dilakukan menggunakan GC-MS. Instrumen dikondisikan dengan gas helium sebagai gas pembawa (1 mL/menit), suhu injektor 300°C, detektor 200°C. Suhu kolom diatur dari 35°C ke 180°C (4°C/menit), lalu naik ke 250°C (10°C/menit). Spektra massa direkam pada rentang 30–450 m/z, dan hasilnya dibandingkan dengan database senyawa standar.	Minyak atsiri sereh wangi berwarna kuning, berbau khas, indeks bias 1,46, bobot jenis 0,869 g/mL, dan larut dalam etanol. GC-MS mengidentifikasi 23 senyawa, dengan 10 senyawa utama termasuk citronella, citronellyl acetate, geranyl acetate, delta-cadinene, dan linalool dari golongan monoterpenoid.	(Suarantika, Patricia, and Rahma 2023)
Daun Karamunting (<i>Malabathrum L.</i>)	untuk mengetahui seberapa besar kandungan fitokimia yang terdapat pada	Analisis fitokimia ekstrak daun <i>Melastoma malabathricum</i> L. dilakukan dengan GC-MS di Puslabfor POLRI, Jakarta. Sampel dipisahkan berdasarkan waktu retensi dan diidentifikasi melalui spektrum massa yang	Hasil GC-MS menunjukkan bahwa ekstrak daun <i>Melastoma malabathricum</i> L. mengandung 1,2,3-Benzenetriol (14,77%), D-Allose (7,55%), asam palmitat (5,97%), Vitamin	(Kartina, Agang, and Adiweni 2019)

	tumbuhan <i>Melastoma malabathricum L.</i>	dibandingkan dengan pustaka data. Hasilnya ditampilkan sebagai kromatogram, dengan kandungan senyawa ditentukan dari persentase luas area.	E (2,99%), dan ethylcholest-5-en-3 β -ol (5,27%). Senyawa-senyawa ini diketahui memiliki aktivitas biologis seperti antioksidan, antiinflamasi, antibakteri, dan antifungi.	
Daun libo (<i>Ficus variegata blume.</i>)	untuk mengetahui komponen senyawa antioksidan fraksi etil asetat daun libo dengan metode GC-MS.	Analisis fraksi aktif antioksidan dari tanaman libo dilakukan menggunakan GC-MS Shimadzu QP 5000. Sebanyak 1 μ L sampel dianalisis menggunakan kolom CP-Sil 5CB (25 m \times 0,25 mm \times 0,25 μ m), dengan suhu oven bertahap dari 70–270 $^{\circ}$ C (kenaikan 10 $^{\circ}$ C/menit), gas pembawa helium (12 kPa), laju alir 30 mL/menit, dan split ratio 1:50.	Uji fitokimia awal menunjukkan adanya steroid, flavonoid, saponin, dan tanin, namun setelah partisi hanya tersisa steroid dan tanin. Isolasi menghasilkan kristal kuning dari fraksi 17–30 dengan satu noda pada berbagai eluen, menandakan kemurnian. Spektrum UV-Vis menunjukkan serapan maksimum pada 214 nm. Spektrum FTIR mengindikasikan adanya gugus –OH, C–H, C=O, C=C, dan C–O–C. Analisis GC-MS mengidentifikasi senyawa sebagai digitoksigenin.	(Novitasa ri et al. 2016)
<i>Perone ma canesce ns</i>	Mengetahui aktivitas penghambatan enzim DPP-4 dari daun dan batang, serta	Profil senyawa dianalisis menggunakan UPLC dan spektrometer massa (QToF). Pemisahan dilakukan pada kolom C18 (50 $^{\circ}$ C), dengan eluen berupa air + ammonium formiat dan asetonitril + asam	- Ekstrak etil asetat dan metanol dari daun menunjukkan aktivitas inhibisi DPP-4 tertinggi (70,09% \pm 0,7233% dan 59,69% \pm 1,9394%). - Fraksi metanol (FPSM2)	(Elya et al. 2024)

	mengidentifikasi senyawa aktif penyusunnya	format, laju alir 0,2 mL/menit. Ionisasi menggunakan ESI positif, energi tumbukan 4–60 eV, suhu sumber 100°C, suhu desolvasi 350°C, dan gas desolvasi 793 L/jam. Data dianalisis dengan perangkat lunak MassLynx.	menunjukkan aktivitas inhibisi tertinggi sebesar 88,28% ± 2,1204%. - Senyawa aktif: pectolinarigenin, glycitein, formononetin, moracin M, loliolide.	
<i>Uncaria sclerophylla</i>	Mengidentifikasi fraksi kromatografi daun yang paling aktif dalam menghambat enzim DPP-4 serta mengevaluasi kapasitas antioksidan dan senyawa penyusunnya	Profil senyawa fraksi FMet5 dianalisis menggunakan sistem UPLC yang dikombinasikan dengan spektrometer massa Xevo G2-S QToF (Waters, USA). Ionisasi dilakukan menggunakan mode elektropray positif (ESI+), dengan deteksi oleh quadrupole-time-of-flight (QToF). Identifikasi senyawa dilakukan berdasarkan waktu retensi dan rasio massa terhadap muatan (m/z) dari ion yang terdeteksi.	Fraksi FMet5 dari ekstrak metanol menunjukkan aktivitas inhibisi DPP-4 paling poten dengan nilai IC ₅₀ sebesar 50,71 ± 1,22 µg/mL. Fraksi ini juga memiliki aktivitas antioksidan tinggi, ditunjukkan oleh nilai EC ₅₀ terhadap radikal DPPH sebesar 6,07 µg/mL dan nilai FRAP sebesar 8,89 µg/mL. Senyawa utama yang teridentifikasi dalam fraksi ini meliputi dehydrosilybin, procyanidin A2, cinchonain I b, maokonine, dan cuscohygrine.	(Triadisti, Elya, Hanafi, and Hashim 2025)
<i>Uncaria sclerophylla</i>	Menentukan fraksi paling aktif sebagai inhibitor α-glukosidase dan mempelajari mekanisme	Profil senyawa dianalisis dengan UPLC-QToF MS menggunakan ionisasi ESI mode positif. Pemisahan dilakukan pada kolom C18, suhu 40°C, dengan fase gerak gradien air dan asetonitril + 0,1% asam format. Analisis	- Fraksi USMeth5 menunjukkan IC ₅₀ = 22,85 µg/mL (lebih baik dari acarbose IC ₅₀ = 66,9 µg/mL). - Senyawa aktif: procyanidin B7, epigallocatechin, robinetin,	(Triadisti, Elya, Hanafi, Hashim, et al. 2025)

	interaksi serta profil ADMET senyawa- senyawa di d alamnya	m/z 50–1200, data diproses dengan MassLynx dan Unifi.	catechin pentaacetate, pseudostrychnine. - Didukung dengan analisis ADMET in silico.	
--	---	--	---	--

Gambar 4 Tabel. Penerapan NMR pada riset bahan alam

Spesies	Tujuan studi	Prosed	Hasil	Ref
<i>Garcinia lateriflora</i>	Meneliti senyawa aktif daun <i>G. lateriflora</i> sebagai inhibitor α -glukosidase dan antioksidan	Ekstrak etil asetat daun dimurnikan melalui kromatografi kolom dan Sephadex LH-20. Senyawa hasil isolasi (EA12a) dianalisis menggunakan ^1H -NMR (Jeol, 500 MHz, pelarut CD_3OD) untuk elusidasi struktur bersama LC-MS/MS.	Senyawa EA12a diidentifikasi sebagai 1,3,6,7-tetrahydroxyxanthone berdasarkan spektrum ^1H -NMR yang menunjukkan proton aromatik dan gugus -OH khas xanton. Senyawa ini memiliki aktivitas penghambatan α -glukosidase dan antioksidan yang tinggi.	(Mahayasih et al. 2025)
Xanthone derivatif (senyawa sintetis turunan bahan alam)	Mempelajari aktivitas antikanker dan antimalaria senyawa xanthenol	Senyawa xanthenol disintesis dari xanthone melalui reduksi dengan sodium triacetoxymethylhidrid, lalu diubah menjadi xanthene melalui reaksi disproporsionasi, baik dengan maupun tanpa katalis.	Data spektrum NMR mengonfirmasi struktur senyawa xanthenol dan xanthene. Pada ^1H -NMR xanthenol tampak sinyal cincin aromatik, gugus –	(Pratama, Jumina, and Anwar 2024)

	dan turunannya serta mekanisme molekulernya	Struktur senyawa dikarakterisasi menggunakan ^1H dan ^{13}C -NMR (JEOL JNM-ECS400) dengan pelarut CD_3OD dan CDCl_3 .	OH, dan CH-OH, sedangkan xanthene menunjukkan sinyal metilena khas. Spektrum ^{13}C -NMR mendukung struktur masing-masing senyawa, menunjukkan posisi karbon yang sesuai.	
<i>Acremonium</i> sp. (jamur endofitik dari <i>Garcinia griffithii</i>)	Isolasi dan identifikasi senyawa antioksidan dari jamur endofitik <i>Acremonium</i> sp. pada ranting kandis gajah.	Struktur senyawa ditentukan dengan ^1H -NMR, ^{13}C -NMR, dan HMQC untuk mengidentifikasi jumlah serta keterkaitan atom H dan C dalam molekul.	Data NMR mengidentifikasi senyawa sebagai 3,5-dihydroxy-2,5-dimethyltrideca-2,9,11-triene-4,8-dione, jenis seskuiterpen dengan aktivitas antioksidan kuat ($\text{IC}_{50} = 10,8 \mu\text{g/mL}$).	(Elfita, Muharni, Munawar 2012)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan kajian terhadap berbagai referensi dan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penerapan metode spektroskopi UV-Vis, FTIR, NMR, dan GC-MS sangat penting dan efektif dalam proses isolasi serta identifikasi senyawa metabolit sekunder dari bahan alam. Spektrofotometri UV-Vis digunakan secara luas untuk menganalisis kandungan senyawa aktif seperti flavonoid, tanin, saponin, dan alkaloid secara kuantitatif. Teknik ini cepat, selektif, dan akurat, sehingga cocok diterapkan pada berbagai ekstrak tanaman. Spektroskopi inframerah (FTIR) berperan dalam mengidentifikasi gugus fungsi utama pada senyawa, seperti hidroksil, karbonil, dan eter,

tanpa merusak struktur sampel, sehingga sangat bermanfaat dalam mengenali senyawa fenolik dan flavonoid. Spektrometri massa, khususnya GC-MS, mampu mengidentifikasi komponen senyawa volatil dalam ekstrak tumbuhan, seperti minyak atsiri, dengan sensitivitas yang tinggi dan hasil yang cepat. Sementara itu, spektroskopi NMR memberikan informasi paling detail mengenai struktur molekul suatu senyawa, termasuk posisi dan jenis atom yang membentuknya, yang sangat berguna dalam elusidasi struktur senyawa kompleks dari bahan alam maupun hasil sintesis. Oleh karena itu, kombinasi dari keempat teknik spektroskopi ini memungkinkan proses identifikasi senyawa aktif dilakukan secara komprehensif, cepat, akurat, dan non-destruktif, serta memberikan kontribusi besar dalam pengembangan obat-obatan herbal, suplemen, dan produk kesehatan berbasis alam.

DAFTAR PUSTAKA

- Abriyani, E., Putri, N. S., Rosidah, R. S. N., & Ismanita, S. S. (2022). Analisis kafein menggunakan metode UV-Vis: Tinjauan literatur. *Jurnal Pendidikan dan Konseling*, 4(6), 12732–12739.
- Abriyani, E., Solihat, S., Nurapni, D., & Chaerunnisa. (2024). Literature review artikel identifikasi kadar flavonoid total dengan metode spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 5(1), 1575–1583.
- Alauhdin, M., Eden, W. T., & Alighiri, D. (2021). Aplikasi spektroskopi inframerah untuk analisis tanaman dan obat herbal. *Inovasi Sains dan Kesehatan*, 84–118.
- Asyifa', N. S. (2024). Analisis kandungan boraks pada jajanan sempol yang dijual di Desa Gonilan Kartasura menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. *Laporan Penelitian*, 13.
- Dira, A. M. A. (2023). Analisis farmasi instrumental nuclear magnetic resonance. *Analisis Farmasi Instrumental*.
- Dwisaksana, A., & Tukiran. (2021). Analisis spektroskopi UV-Vis dan FTIR senyawa hasil isolasi dari ekstrak diklorometana kulit batang tumbuhan jambu semarang (*Syzygium samarangense*). *UNESA Journal of Chemistry*, 10(2), 121–127.
- Elfita, M., Munawar, R. (2012). Isolation of antioxidant compound from endophytic fungi *Acremonium* sp. from the twigs of *Kandis Gajah*. *MAKARA of Science Series*, 16(1). <https://doi.org/10.7454/mss.v16i1.1280>
- Elya, B., Forestrania, R. C., Hashim, N. M., & Triadisti, N. (2024). Dipeptidyl peptidase-4 inhibition of *Peronema canescens* Jack leaves and stems: Bioassay-guided fractionation, compound profiling by LC-MS/MS, and interaction mechanism.

Journal of Applied Pharmaceutical Science, 14(7), 90–101.
<https://doi.org/10.7324/JAPS.2024.161007>

- Fadillah, U. F., Hambali, E., & Muslich, M. (2020). Identifikasi senyawa aktif ekstrak daun pulutan (*Urena lobata* L.) dengan GC-MS. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 2(3), 217–221. <https://doi.org/10.25026/jsk.v2i3.155>
- Handayani, T. W., Yusuf, Y., & Tandi, J. (2020). Analisis kualitatif dan kuantitatif metabolit sekunder ekstrak biji kelor (*Moringa oleifera* Lam.) dengan metode spektrofotometri UV-Vis. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 6(3), 230–238. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2020.v6.i3.15324>
- Kartina, M. W. A., & Adiwena, M. (2019). Karakterisasi kandungan fitokimia ekstrak daun karamunting (*Melastoma malabathricum* L.) menggunakan metode gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 4(1), 16–23. <https://doi.org/10.24002/biota.v4i1.2363>
- Mahayasih, P. G. M. W., Hanafi, M., Eden, Y., Maulana, D., Triadisti, N., & Elya, B. (2025). A xanthone from *Garcinia lateriflora* Blume leaves extract: Isolation, α -glucosidase inhibitory activity, and antioxidant capacity. *Journal of Pharmacy and Pharmacognosy Research*, 13(4), 1275–1287. https://doi.org/10.56499/jppres24.2178_13.4.1275
- Rahmati, M., & Hidajati, N. (2017). Isolasi dan identifikasi senyawa metabolit sekunder dari ekstrak metanol kulit batang tumbuhan mengkudu (*Morinda citrifolia* L.). *Jurnal Ilmiah*, 6(2), 113–118.
- Novitasari, M. R., Febrina, L., Agustina, R., Rahmadani, A., & Rusli, R. (2016). Analisis GC-MS senyawa aktif antioksidan fraksi etil asetat daun. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 1(5), 221–225.
- Nur, Y., Cahyotomo, A., Nanda, N., & Fistoro, N. (2020). Profil GC-MS senyawa metabolit sekunder dari jahe merah (*Zingiber officinale*) dengan metode ekstraksi etil asetat, etanol dan destilasi. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 2(3), 198–204. <https://doi.org/10.25026/jsk.v2i3.115>
- Nurhamidah, W., Mindawati, E., Geralda, A. Y., & Abriyani, E. (2024). Aplikasi penggunaan spektroskopi infrared dan spektrofotometri UV-Vis dalam identifikasi senyawa bioaktif ekstrak tumbuhan: Literature review article. *Journal of Social Science Research*, 4(1), 3612–3622.
- Nuriah, S., Putri, M. D., Rahayu, S., Advaita, C. V., Nurfadhila, L., & Utami, M. R. (2023). Analisis kualitatif senyawa parasetamol pada sampel biologis menggunakan metode gas chromatography - mass spectrometry (GC-MS). *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, 6(2), 795–803. <https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v6i2.158>
- Pratama, A. A., Jumina, & Anwar, C. (2024). Synthesis, biological activity, and molecular docking study of xanthenol and its disproportionation products as

- anticancer and antimalarial agents. *Makara Journal of Science*, 28(2), 110–118. <https://doi.org/10.7454/mss.v28i2.2314>
- Purwakusumah, E. D., Rafi, M., Safitri, U. D., Nurcholis, W., & Adzkiya, M. A. Z. (2014). Identifikasi dan autentikasi jahe merah menggunakan kombinasi spektroskopi FTIR dan kemometrik. *Jurnal Agritech*, 34(1), 82–87.
- Renda, Y. K., Pote, L. L., & Nadut, A. (2023). Isolasi dan karakterisasi senyawa alkaloid dari kulit batang tumbuhan halay (*Alstonia spectabilis* R. Br) asal Desa Wee Rame Kabupaten Sumba Barat Daya. *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*, 6(1), 44–50. <https://doi.org/10.24246/juses.v6i1p44-50>
- Rosmainar, L., Ningsih, W., Ayu, N. P., & Nanda, H. (2018). Penentuan kadar vitamin C dengan spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Kimia Riset*, 3(1), 1–5.
- Sari, A. K., Ayuchecaria, N., & Febrianti, D. R. (2019). Analisis kuantitatif kadar flavonoid ekstrak etanol daun belimbing waluh (*Averrhoa bilimbi* L.) di Banjarmasin dengan metode spektrofotometri UV-Visible. *Jurnal Insan Farmasi Indonesia*, 2(1), 7–17. <https://doi.org/10.36387/jifi.v2i1.315>
- Suarantika, F., Patricia, V. M., & Rahma, H. (2023). Karakterisasi dan identifikasi senyawa minyak atsiri pada sereh wangi (*Cymbopogon nardus* (L.) Rendle) dengan kromatografi gas-spektrometri massa. *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, 9(2), 514–523. <https://doi.org/10.35311/jmpi.v9i2.415>
- Suhandha, H. (2015). Troubleshooting dalam analisis spektrofotometer UV-Vis. *Troubleshooting*, 16(2), 39–55.
- Suharyanto, & Hayati, T. N. (2021). Determination of total flavonoid levels gambas fruit extract (*Luffa acutangula* (L.) Roxb.) with UV-Vis spectrophotometry method. *Jurnal Farmasi Indonesia*, 18(1), 82–88.
- Sulistyaningrum, N. (2014). Isolasi dan identifikasi struktur karotenoid dari ekstrak bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.). *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 4(2), 75–81.
- Surani, S., Pujiasmoro, C., & Kadarohman, A. (2023). Determination of optimum programmed temperature for fatty acid analysis of *Chlorella* microalgae extract using GCMS instrument. *Unesa Journal of Chemistry*, 12(1), 20–25. <https://doi.org/10.26740/ujc.v12n1.p20-25>
- Tandi, 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. *Jurnal Riset Kimia*, 6(April), 74–80.
- Triadisti, N., Elya, B., Hanafi, M., & Hashim, N. M. (2025). Bioactive chromatographic fractions from *Uncaria sclerophylla* (W. Hunter) Roxb. leaves on dipeptidyl peptidase-4 inhibition and antioxidant capacity, phytochemicals, and compound profiling using UPLC-ESI-QToF-MS/MS. *Journal of Pharmacy and*

Pharmacognosy Research, 13(1), 58–85.
https://doi.org/10.56499/jppres24.2022_13.1.58

Triadisti, N., Elya, B., Hanafi, M., Hashim, N. M., & Illahi, A. D. (2025). α -Glucosidase inhibitor compounds of *Uncaria sclerophylla* leaves' most active chromatography fraction: In vitro, in silico, and ADMET analysis. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 15(3), 228–240.
<https://doi.org/10.7324/JAPS.2025.215871>