



Tinjauan Penggunaan Teknik Kromatografi untuk Memisahkan dan Memurnikan Senyawa Aktif Secara Efisien

Nur Rifa Ashya^{1*}, Aida Savitri², Annisa³, Difa Az-Zahra⁴, Nurul Hasni Julianti⁵,
Shada Adila Abadi⁶, Yumna Zaida⁷

¹⁻⁷ Universitas Muhammadiyah Banjarmasin, Indonesia

Alamat: Jl. Gubernur Sarkawi, Barito Kuala, Kalimantan Selatan

Korespondensi penulis: nurrifaashya@gmail.com

Abstract. *Indonesia boasts an incredible wealth of biodiversity, positioning it as a promising source of natural compounds with significant biological activities. Its flora harbors a wide array of secondary metabolites including alkaloids, flavonoids, phenolic compounds, and terpenoids that hold immense potential for pharmaceutical and health applications. However, to utilize these bioactive molecules effectively, efficient methods for their extraction, separation, and purification are essential. Chromatography techniques such as thin-layer chromatography (TLC), column chromatography, and high-performance liquid chromatography (HPLC) are widely recognized as the most effective approaches for isolating and characterizing these valuable compounds. This article offers a comprehensive review of the existing literature on the chromatographic processes applied in isolating active constituents from medicinal plants. It systematically examines different methodologies adopted for extraction, separation, and identification, critically assessing their strengths and limitations. The review covers how plant materials are prepared, solvents and mobile phases optimized, stationary phases selected, and detection systems employed to achieve high-purity isolates. By comparing outcomes across studies, it illustrates the efficiency of TLC in preliminary screening, the flexibility of column chromatography in bulk separation, and the high resolution and reproducibility offered by HPLC. Results from multiple research efforts demonstrate that these chromatographic techniques can consistently yield pure compounds suitable for further pharmacological testing. The purified isolates not only exhibit potential therapeutic effects but also meet quality standards necessary for development into safe and effective natural medicines. The review highlights best practices in methodology selection, solvent systems, and instrument conditions tailored to specific metabolite classes. Ultimately, this synthesis emphasizes that chromatography plays a pivotal role in unlocking the pharmaceutical potential of Indonesia's natural biodiversity.*

Keywords: Alkaloids, Chromatography, Medicinal Plants, Natural Compounds, Secondary Metabolites.

Abstrak. Indonesia memiliki kekayaan keanekaragaman hayati yang luar biasa, menjadikannya sumber senyawa alami yang menjanjikan dengan aktivitas biologis yang signifikan. Floranya menyimpan beragam metabolit sekunder—termasuk alkaloid, flavonoid, senyawa fenolik, dan terpenoid—yang memiliki potensi besar untuk aplikasi farmasi dan kesehatan. Namun, untuk memanfaatkan molekul bioaktif ini secara efektif, metode yang efisien untuk ekstraksi, pemisahan, dan pemurniannya sangat penting. Teknik kromatografi—seperti kromatografi lapis tipis (KLT), kromatografi kolom, dan kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT)—secara luas diakui sebagai pendekatan paling efektif untuk mengisolasi dan mengkarakterisasi senyawa-senyawa berharga ini. Artikel ini menawarkan tinjauan komprehensif literatur yang ada tentang proses kromatografi yang diterapkan dalam mengisolasi konstituen aktif dari tanaman obat. Artikel ini secara sistematis mengkaji berbagai metodologi yang diadopsi untuk ekstraksi, pemisahan, dan identifikasi, serta menilai secara kritis kekuatan dan keterbatasannya. Tinjauan ini mencakup bagaimana bahan tanaman disiapkan, pelarut dan fase gerak dioptimalkan, fase stasioner dipilih, dan sistem deteksi digunakan untuk mencapai isolat dengan kemurnian tinggi. Dengan membandingkan hasil antar studi, hal ini menggambarkan efisiensi TLC dalam penyaringan awal, fleksibilitas kromatografi kolom dalam pemisahan massal, dan resolusi tinggi serta reproduktifitas yang ditawarkan oleh HPLC. Hasil dari berbagai upaya penelitian menunjukkan bahwa teknik kromatografi ini dapat secara konsisten menghasilkan senyawa murni yang sesuai untuk pengujian farmakologis lebih lanjut. Isolat yang dimurnikan tidak hanya menunjukkan potensi efek terapeutik tetapi juga memenuhi standar kualitas yang diperlukan untuk pengembangan menjadi obat alami yang aman dan efektif. Tinjauan ini menyoroti praktik terbaik dalam pemilihan metodologi, sistem pelarut, dan kondisi instrumen yang disesuaikan dengan kelas metabolit tertentu. Pada akhirnya, sintesis ini menekankan bahwa kromatografi memainkan peran penting dalam membuka potensi farmasi keanekaragaman hayati alam Indonesia.

Kata kunci: Alkaloid, Kromatografi, Tumbuhan Obat, Senyawa Alami, Metabolit Sekunder.

1. LATAR BELAKANG

Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang luar biasa dan memberikan kontribusi penting bagi kehidupan manusia. Keanekaragaman ini menjadi sumber potensial bagi ditemukannya berbagai senyawa kimia alami. Beberapa senyawa tersebut telah terbukti berperan dalam pengembangan ilmu kimia organik bahan alam. Potensi hayati Indonesia menjadikannya sebagai lokasi strategis untuk penelitian dan pengembangan senyawa kimia alam. Oleh karena itu, diperlukan studi khusus untuk mengisolasi senyawa yang terkandung dalam bahan alam tertentu guna memperkaya pengetahuan tentang senyawa tersebut serta proses isolasinya. Senyawa kimia dari alam ini juga memiliki nilai penting di bidang kesehatan. Beragam tanaman dapat dimanfaatkan sebagai sumber obat-obatan, baik dari jenis sayuran, buah-buahan, rempah, bunga, maupun tumbuhan liar. (Nilda Apriyati, Nurhayati, 2013)

Tumbuhan menghasilkan senyawa metabolit sekunder yang terbentuk di berbagai bagian organ seperti akar, batang, daun, bunga, buah, hingga biji. Produksi senyawa ini berfungsi sebagai mekanisme pertahanan tumbuhan terhadap lingkungannya. Metabolit sekunder merupakan senyawa aktif yang umumnya meliputi alkaloid, flavonoid, terpenoid, steroid, saponin, tanin, dan senyawa fenolik, yang memiliki potensi sebagai bahan obat. Kandungan senyawa aktif dalam tumbuhan dapat memberikan efek fisiologis yang bermanfaat bagi kesehatan. (Renda et al., 2023)

Salah satu pendekatan yang paling banyak digunakan dalam proses pemisahan dan pemurnian senyawa aktif dari ekstrak tumbuhan adalah teknik kromatografi. Kromatografi merupakan metode pemisahan yang bekerja berdasarkan perbedaan afinitas senyawa terhadap fase diam dan fase gerak, serta dipengaruhi oleh karakteristik fisikokimia seperti polaritas dan ukuran molekul. Di antara berbagai jenis kromatografi yang tersedia, kromatografi lapis tipis (KLT), kromatografi kolom, dan kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC) adalah teknik yang paling umum dan efektif digunakan dalam analisis senyawa alam, namun kromatografi lainnya pun bisa digunakan sebagai alternatif. KLT sering digunakan sebagai metode skrining awal karena praktis, cepat, dan hemat biaya, serta dapat memberikan informasi awal tentang jumlah dan jenis senyawa dalam suatu campuran. Sementara itu, kromatografi kolom lebih banyak digunakan untuk pemisahan dalam skala preparatif, memungkinkan pemurnian senyawa aktif dalam jumlah lebih besar. Di sisi lain, HPLC merupakan teknik kromatografi modern yang menawarkan sensitivitas dan resolusi tinggi, serta dapat digunakan untuk analisis kuantitatif maupun kualitatif senyawa dengan akurasi yang tinggi. (Kartini et al., 2024)

Ketiga metode kromatografi ini saling melengkapi dalam proses identifikasi, pemisahan, dan karakterisasi senyawa aktif dari tanaman obat. Penggunaan yang tepat dan bertahap dari ketiga metode ini memungkinkan peneliti untuk memperoleh senyawa murni yang siap untuk diuji lebih lanjut dalam uji bioaktivitas atau diformulasikan menjadi sediaan farmasi. Dalam konteks penelitian di Indonesia, pemanfaatan teknik kromatografi untuk isolasi senyawa aktif dari tanaman lokal terus mengalami perkembangan seiring meningkatnya kesadaran akan pentingnya pengembangan obat herbal yang terstandar dan berbasis bukti ilmiah. Selain mendukung pelestarian kekayaan alam Indonesia, pendekatan ini juga berkontribusi dalam pengembangan industri jamu dan fitofarmaka yang kompetitif di pasar nasional maupun internasional. Dengan demikian, penguasaan dan penerapan teknik kromatografi seperti KLT, kolom, dan HPLC menjadi langkah penting dalam menjembatani kekayaan alam dengan inovasi di bidang ilmu farmasi dan pengembangan produk kesehatan berbasis bahan alam yang aman, bermutu, dan berdaya saing tinggi. (Kartini et al., 2024)

2. KAJIAN TEORITIS

Kromatografi merupakan salah satu teknik pemisahan yang paling penting dan banyak digunakan dalam analisis kimia, terutama dalam pemisahan dan pemurnian senyawa aktif dari campuran kompleks. Teknik ini didasarkan pada perbedaan afinitas senyawa terhadap dua fase, yaitu fase diam dan fase gerak, yang memungkinkan komponen dalam campuran terpisah berdasarkan sifat fisikokimia seperti polaritas, ukuran molekul, dan interaksi spesifik dengan fase stasioner. Sejak pertama kali diperkenalkan oleh Mikhail Tswett pada awal abad ke-20 untuk pemisahan pigmen tanaman, kromatografi telah berkembang menjadi berbagai bentuk dan metode, antara lain kromatografi cair (LC), kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC), dan kromatografi lapis tipis (TLC), yang masing-masing memiliki prinsip dan keunggulan tersendiri dalam pemisahan senyawa aktif. (Kartini et al., 2024)

Dalam konteks fitokimia dan ilmu bahan alam, senyawa aktif seperti alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, dan terpenoid umumnya terdapat dalam bentuk campuran kompleks dalam ekstrak tanaman. Pemisahan dan pemurnian senyawa ini menjadi langkah krusial dalam memastikan aktivitas biologis, keamanan, dan konsistensi produk, baik untuk keperluan penelitian, pengembangan obat, maupun industri farmasi. Kromatografi menjadi metode utama karena kemampuannya menghasilkan pemisahan yang selektif, efisien, dan dapat diulang, bahkan untuk senyawa dengan struktur yang mirip. (Hashim et al., 2011)

Lebih lanjut, kromatografi tidak hanya digunakan untuk pemisahan, tetapi juga mendukung proses identifikasi dan kuantifikasi senyawa aktif melalui kombinasi dengan detektor seperti UV-Vis, fluoresensi, maupun spektrometri massa (MS). Penggunaan HPLC misalnya, telah menjadi standar dalam pemurnian senyawa bioaktif dari tanaman obat karena sensitivitas dan akurasinya yang tinggi. Sementara itu, kromatografi lapis tipis tetap banyak digunakan di laboratorium penelitian sebagai metode skrining awal atau pra-pemurnian. (Nurlita et al., 2024)

Dengan demikian, kajian terhadap aplikasi kromatografi dalam pemisahan dan pemurnian senyawa aktif menjadi penting untuk memberikan pemahaman yang menyeluruh tentang prinsip kerja, jenis-jenis kromatografi yang umum digunakan, serta relevansinya dalam pengembangan produk berbasis bahan alam. Kajian ini juga akan membahas berbagai studi terkini yang menunjukkan bagaimana kromatografi berkontribusi dalam mengisolasi senyawa bioaktif secara efisien, serta tantangan yang dihadapi dalam proses pemurniannya.

3. METODE PENELITIAN

Pencarian artikel yang dipublikasikan secara online dilakukan melalui situs-situs seperti google scholar dan sciencedirect dengan penulisan citation menggunakan aplikasi Software Mendeley®. Penulis menggunakan dan mengumpulkan beberapa referensi yang diperoleh dari penelusuran database dengan instrument pencarian online yang diterbitkan secara nasional. Referensi artikel yang digunakan dengan jangka waktu tahun penerbitan antara 2010 sampai 2025, dan menggunakan kata kunci pencarian berupa “kromatografi, pemisahan senyawa aktif”.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kromatografi teknik pemisahan yang sangat penting dalam isolasi dan pemurnian senyawa aktif seperti alkaloid, fenol, flavonoid, dan terpenoid karena mampu memisahkan komponen berdasarkan perbedaan kepolaran, ukuran molekul, dan interaksi antara fase diam dan fase gerak. Alkaloid yang bersifat basa dan polar biasanya dipisahkan dengan kromatografi kolom silika gel menggunakan pelarut semi-polar seperti kloroform atau etil asetat, dan dapat dideteksi dengan reagen Dragendorff pada KLT. Fenol dan flavonoid, yang bersifat polar dan mengandung gugus hidroksil aromatik, sering dimurnikan menggunakan kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT) atau kromatografi kolom dengan fase diam silika dan eluen seperti metanol-air atau asetonitril-air. Terpenoid, terutama yang non-polar dan volatil, dapat dipisahkan dengan kromatografi gas (GC) atau kolom n-heksan-etil asetat. Setiap teknik

kromatografi tersebut berperan penting dalam menghasilkan senyawa murni yang kemudian dapat diuji aktivitas biologisnya seperti antioksidan, antikanker, atau antibakteri, sehingga menjadi kunci dalam penelitian bahan alam dan pengembangan obat. (Nurlita et al., 2024)

Tabel 1. Aplikasi Kromatografi Pada Isolasi Senyawa Alkaloid

Spesies Tanaman	Prosedur Kerja	Aktivitas	Referensi
<i>Annona muricata</i> (biji sirsak)	Pemurnian kromatografi kolom.	Hasil isolasi menunjukkan senyawa alkaloid tipe indol yang berpotensi bioaktif meski belum diuji secara biologis.	(Idrus et al., 2013)
<i>Toddalia asiatica</i> (ranting)	Kromatografi radial, kemudian diidentifikasi dengan UV, IR, dan NMR.	Skimmianin yang diisolasi terbukti memiliki aktivitas antikanker terhadap sel leukemia P-388.	(Rahayu et al., 2018)
<i>Persea americana</i> (daun alpukat)	Kromatografi kolom lalu dianalisis UV-Vis dan IR.	Senyawa alkaloid teridentifikasi secara spektroskopi, namun belum diuji aktivitas biologinya.	(Nilda Apriyati, Nurhayati, 2013)
<i>Alstonia spectabilis</i> (kulit batang)	Dimurnikan menggunakan KLT dan kromatografi kolom.	Alkaloid indol berhasil diidentifikasi meski tanpa uji aktivitas farmakologis.	(Renda et al., 2023)
<i>Senna siamea</i> (daun johar)	KLT dan dikarakterisasi dengan UV, FTIR, dan LC-MS.	Senyawa cassiarin A menunjukkan aktivitas sitotoksik tinggi terhadap larva <i>Artemia salina</i> .	(Simpang et al., 2016)
<i>Alpinia purpurata</i> (rimpang lengkuas merah)	Kromatografi kolom, KLT, serta analisis UV, FTIR, dan LC-MS.	Piperin teridentifikasi sebagai senyawa aktif dengan potensi antiinflamasi, antimikroba, dan antikanker.	(Untoro et al., 2016)
<i>Phaleria macrocarpa</i> (buah mahkota dewa)	Dipisahkan dengan KCKT setelah partisi diklorometana-air untuk isolasi alkaloid.	Komponen alkaloid teridentifikasi serupa atropin namun belum diuji aktivitas biologinya.	(Okzelia et al., 2017)
<i>Piper betle</i> (daun sirih)	Dimurnikan dengan KLT dan diuji spektroskopi serta uji antibakteri.	Ekstrak daun sirih efektif menghambat pertumbuhan <i>S. epidermidis</i> dengan MIC sebesar 10%.	(Kapondo et al., 2020)

Berdasarkan jurnal-jurnal yang telah dibaca, senyawa alkaloid diisolasi dari berbagai tumbuhan melalui beberapa teknik kromatografi yang berbeda, termasuk kromatografi lapis tipis (KLT) dan kromatografi kolom. Pada umumnya, ekstraksi alkaloid dimulai dengan maserasi menggunakan pelarut seperti metanol atau etanol, yang kemudian dilanjutkan dengan pemisahan menggunakan metode fraksinasi, seperti pemisahan fasa asam dan basa dengan menggunakan pelarut seperti diklorometana dan etil asetat. Beberapa penelitian juga

memanfaatkan kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC) untuk pemisahan komponen alkaloid yang lebih tepat. (Idrus et al., 2013)

Kromatografi lapis tipis digunakan untuk memeriksa kemurnian dan jumlah komponen alkaloid yang terpisah, dengan hasil menunjukkan pembentukan noda pada gel yang diindikasikan sebagai senyawa alkaloid, yang dapat diidentifikasi dengan penggunaan pereaksi Dragendorff yang menghasilkan noda berwarna jingga. KLT digunakan dengan berbagai perbandingan pelarut untuk mendapatkan hasil yang optimal, sementara kromatografi kolom sering digunakan untuk memurnikan fraksi yang lebih besar. Dalam hal karakterisasi, spektroskopi UV-Vis, FTIR, dan LC-MS sering digunakan untuk menganalisis isolat alkaloid. Spektrum UV-Vis menunjukkan panjang gelombang khas yang digunakan untuk mengidentifikasi jenis alkaloid, seperti panjang gelombang pada 230 nm dan 282,5 nm yang terkait dengan struktur alkaloid indol. Spektrum FTIR memberikan informasi tentang gugus fungsi seperti N-H, C-N, dan C=O yang penting dalam mengidentifikasi struktur senyawa alkaloid. Hasil LC-MS memberikan gambaran yang lebih jelas tentang berat molekul senyawa alkaloid yang terisolasi, memperkuat identifikasi yang dilakukan dengan teknik spektroskopi lainnya. (Rahayu et al., 2018)

Secara keseluruhan, kromatografi dan teknik spektroskopi menjadi alat yang sangat berguna dalam penelitian alkaloid, memungkinkan pemisahan, identifikasi, dan karakterisasi senyawa aktif secara lebih akurat dan detail.

Table 2. Aplikasi Kromatografi Pada Isolasi Senyawa Fenol

Spesies	Prosedur Kerja	Aktivitas	Referensi
<i>Garcinia latiflora</i> Blume	Dipisahkan dengan kromatografi kolom (silika gel & Sephadex LH20) → rekristalisasi	Senyawa EA12a (1,3,6,7 tetrahydroxy xanthone) menunjukkan aktivitas penghambatan α glukosidase (IC_{50} = 3,63 μ g/mL) dan antioksidan kuat (DPPH & FRAP).	(Mahayasih et al., 2025)
Rumput Laut (<i>Eucheuma spinosum</i>)	skrining fitokimia dengan FeCl ₃ , Kromatografi Cair Vakum (KCV), dan Kromatografi Lapis Tipis (KLT).	Rumput laut positif mengandung senyawa fenol berdasarkan perubahan warna pada skrining fitokimia (kuning kemerahan menjadi kuning kehijauan) dan terbentuknya bercak hijau-biru dengan nilai R _f 0,46 pada KLT,	(Mappa et al., 2024)

		mirip dengan (Ekstrak et al., 2005) standar kuersetin (Rf 0,45).	
Biji Pepaya (<i>Carica Papaya</i> L.)	pemisahan dengan kromatografi kolom, pemurnian dengan KLT 2 dimensi, lalu analisis dengan UV-Vis dan IR.	Ekstrak positif fenol dan alkaloid. Isolat murni adalah senyawa fenol, menunjukkan serapan UV pada 213,5 nm dan 262,5 nm, serta gugus fungsi O-H, C-H aromatik/alifatik, C=C, C=O pada IR.	(Andriani et al., 2016)
<i>Melastoma malabathricum</i> L. (Daun Senggani)	Identifikasi fenol dan flavonoid kualitatif menggunakan KLT dengan Silika GF254 (fase diam) dan etil asetat:asam format:asam asetat glasial:akuades (100:11:11:26) (fase gerak), standar asam galat (fenol) dan rutin (flavonoid).	Ekstrak etanol daun senggani mengandung senyawa fenol (Rf 0,92) dan flavonoid (Rf 0,34).	(Rusmawijayanto & Luliana, 2019)
<i>Zingiber officinale</i> Roscoe var. <i>sunti</i> (Jahe Merah)	Ekstraksi rimpang jahe merah dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 96%, kemudian difraksi nasi dengan etil asetat. Isolat diuji aktivitas antibakteri terhadap <i>Staphylococcus aureus</i> dan <i>Escherichia coli</i> .	Ekstrak etil asetat jahe merah menunjukkan aktivitas antibakteri. Memiliki Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) 6,25% dan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM) 12,50% terhadap <i>Staphylococcus aureus</i> . Terhadap <i>Escherichia coli</i> , KHM sebesar 12,50% dan KBM sebesar 50%.	(Aisyah, Jasmansyah, Purbaya, & Resnawati, 2019)
<i>Melastoma malabathricum</i> L. (Senggani)	Identifikasi fenol dan flavonoid kualitatif menggunakan KLT dengan fase gerak kloroform:metanol:etil asetat:air (80:12:6:2) dan fase diam Silika Gel GF254.	Semua bagian tanaman (daun, bunga, buah, batang) positif mengandung fenol dan flavonoid. Ditemukan berbagai bercak dengan nilai Rf bervariasi (misal Rf 0,26 di semua bagian, Rf 0,49 di daun diduga kuersetin).	(Nurmalasari et al., 2019)
<i>Piper betle</i> Linn.	Identifikasi senyawa fenol dilakukan menggunakan KLT (fase	Senyawa fenolik pada daun sirih diketahui memiliki aktivitas	(Susanti et al., 2017)

	diam: silika gel 60 F254; fase gerak: toluen:etil asetat 93:7 v/v). Dilanjutkan dengan spektrofotodensitometri pada panjang gelombang 283 nm.	antibakteri terhadap bakteri Gram positif dan negatif, serta bersifat antijamur dan antioksidan kuat yang bekerja sebagai penangkal radikal bebas	
<i>Planchonia Valida Blume</i>	Fraksi etil asetat difraksinasi menggunakan KCV, kolom gravitasi, dan KLT preparatif. Karakterisasi menggunakan FTIR.	Isolat yang didapat berupa asam galat, senyawa fenolik dengan aktivitas antioksidan tinggi, antimikroba, serta kemungkinan aktivitas antiinflamasi dan sitotoksik berdasarkan struktur kimianya.	(Syamsudin et al., 2022)
<i>Eucheuma spinosum</i>	Identifikasi fenol menggunakan uji FeCl ₃ dan KLT (fase gerak n-heksana:etil asetat 9:1), diamati pada UV 254 dan 366 nm.	Fenol dalam rumput laut ini berfungsi sebagai antioksidan alami yang mampu menghambat reaksi oksidasi dan menangkal radikal bebas yang merusak sel tubuh.	(Mappa et al., 2024)
<i>Dillenia Suffruticosa</i>	Materi berupa pemisahan fenol dari fraksi Simpup Air menggunakan teknik KLT preparatif. Modul divalidasi aspek materi, media, dan bahasa oleh para ahli.	E-modul ini memperkaya pengetahuan mahasiswa tentang teknik pemisahan metabolit sekunder, khususnya fenol, serta meningkatkan keterampilan analisis laboratorium dalam pembelajaran kimia bahan alam.	(Muharini et al., 2022)
<i>Zingiber officinale</i> var. <i>sunti</i>	Fraksi etil asetat dipisahkan dengan KCV dan dimurnikan dengan KLT preparatif. Diuji menggunakan UV, FTIR, dan diuji aktivitas antibakteri terhadap <i>E. coli</i> dan <i>S. aureus</i> .	Isolat fenolik menunjukkan aktivitas antibakteri signifikan, dengan kemampuan menghambat pertumbuhan <i>E. coli</i> dan <i>S. aureus</i> pada konsentrasi rendah. Juga berpotensi sebagai bahan baku antimikroba alami.	(Aisyah et al., 2019a)

Dalam penelitian mengenai senyawa fenolik, beberapa teknik kromatografi seperti kromatografi lapis tipis (KLT), kromatografi kolom, dan kromatografi cair vakum (KCV) digunakan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi senyawa ini dari berbagai bahan alam. Fenolik, yang memiliki sifat antioksidan dan berbagai aktivitas farmakologis lainnya, banyak ditemukan dalam ekstrak tumbuhan seperti daun, buah, dan biji. (Nurmalasari et al., 2019)

Misalnya, pada penelitian isolasi senyawa fenolik dari daun Putat (*Planchonia valida* Blume), senyawa fenolik seperti asam galat diisolasi melalui ekstraksi maserasi dengan pelarut metanol, dilanjutkan dengan pemisahan menggunakan KLT dan kromatografi kolom. Hasil dari analisis KLT menunjukkan nilai R_f yang khas dan identifikasi dengan pereaksi FeCl_3 mengkonfirmasi adanya senyawa fenolik. Analisis lebih lanjut menggunakan FTIR menunjukkan adanya gugus $-\text{OH}$ dan $-\text{C}=\text{O}$, yang memperkuat identifikasi senyawa tersebut sebagai senyawa fenol. (Aisyah, Jasmansyah, Purbaya, & Resnawati, 2019)

Penelitian lain pada ekstrak etanol rumput laut *Eucheuma spinosum* menggunakan KLT untuk mengidentifikasi senyawa fenolik yang menunjukkan perubahan warna khas saat disemprot dengan pereaksi FeCl_3 , yang menunjukkan adanya senyawa fenol. Profil kromatografi menunjukkan nilai R_f 0,46, yang diidentifikasi sebagai senyawa fenol berdasarkan perbandingan dengan senyawa standar. Selain itu, pada penelitian senyawa fenolik dari kulit batang *Xylocarpus moluccensis* (nyiri batu), senyawa yang berhasil diisolasi adalah 2-metoksi-5-(1-propenil) fenol dan 2-metoksi-4-(1-propenil) fenol, yang diperoleh melalui pemisahan menggunakan KLT, KCV, dan kromatografi kolom gravitasi. Hasil spektroskopi UV-Vis dan FTIR menunjukkan adanya gugus fungsional khas fenol seperti $-\text{OH}$ dan $\text{C}=\text{C}$, yang mengonfirmasi identifikasi senyawa tersebut sebagai senyawa fenol. (Susanti et al., 2017)

Secara keseluruhan, kromatografi lapis tipis (KLT) merupakan teknik yang efektif untuk mengidentifikasi senyawa fenolik dalam berbagai ekstrak tumbuhan. Teknik ini memungkinkan pemisahan senyawa berdasarkan perbedaan polaritas, dan hasil identifikasi dapat diperkuat dengan penggunaan pereaksi seperti FeCl_3 , yang menghasilkan perubahan warna yang khas pada senyawa fenolik. Pendekatan ini, dilengkapi dengan analisis FTIR dan UV-Vis, memberikan gambaran yang jelas mengenai struktur dan sifat senyawa fenolik yang terisolasi.

Tabel 3. Aplikasi Kromatografi Pada Isolasi Senyawa Flavonoid

Spesies	Prosedur Kerja	Aktivitas	Referensi
Ekstrak Etanol Kulit Buah Lemon	Isolasi senyawa flavonoid dilakukan dengan Kromatografi Lapis Tipis (KLT) menggunakan	Mengandung flavonoid jenis flavonol, terdeteksi melalui spektrum UV-Vis dan	(Mamahit et al., 2023)

Suanggi (<i>Citrus Limon L.</i>)	eluen kloroform:n-heksana (4:2). Identifikasi senyawa dilakukan dengan spektrofotometer UV- Vis pada panjang gelombang 366 nm.	uji KLT dengan nilai Rf mendekati kuersetin.	
Daun Dengen (<i>Dillenia serrata Thunb.</i>)	Ekstrak diuapkan dan diuji kandungan flavonoid menggunakan Kromatografi Lapis Tipis (KLT) dengan eluen n-heksan:aseton (7:3). Isolasi dilakukan melalui Kromatografi Cair Vakum (KCV) menggunakan eluen bertingkat (n- heksan:aseton 10:0 s.d. 0:10), dilanjutkan pemurnian menggunakan KLT Preparatif. Fraksi aktif diuji kemurniannya dengan KLT dua dimensi dan multi eluen, lalu diidentifikasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis (λ maks 223 & 286 nm) dan FTIR untuk penentuan gugus fungsi.	Flavonoid golongan flavanon dan flavanonol, potensi sebagai antioksidan dan antikanker.	(Kaffi et al., 2023)
Rumput Laut (<i>Gracilaria sp.</i>)	Ekstrak metanol rumput laut dipisahkan dengan Kromatografi Kolom menggunakan eluen terbaik (n- heksan:etil asetat 7:3), yang ditentukan sebelumnya lewat uji KLT. Sebanyak 9 fraksi diperoleh dan diuji kadar flavonoid total menggunakan metode spektrofotometri (kuersetin sebagai standar).	Total flavonoid 12,456 mg QE/g; antioksidan (IC ₅₀ = 219,17 ppm, kategori lemah)	(Nittyta & Hafiludin, 2025)
Daun Suruhan (<i>Peperomia pellucida L. Kunth</i>)	Isolasi dengan Kromatografi Kolom Gravitasi (KKG)menggunakan eluen n- heksan:etil asetat:n-butanol (8:2:1). Fraksi diuji dengan KLT (BAA 4:1:5), nilai Rf menunjukkan senyawa flavonoid golongan isoflavon (Daidzein dan Genistein).	Mengandung flavonoid golongan isoflavon; potensi antioksidan, antibakteri, antiinflamasi	(Puspasari & Puspita, 2023)
Daun Salam (<i>Polyanthi folium</i>)	Diisolasi dengan Kromatografi Kolom menggunakan eluen bertingkat, diuji KLT dan dimurnikan	Flavonoid golongan flavon dengan gugus OH di posisi C7; potensi antioksidan	(Arifin et al., 2015)

	dengan kromatografi kertas preparatif. Identifikasi dilakukan dengan UV-Vis dan IR, serta uji pereaksi geser.		
pandan hutan (<i>Freycinetia sessiliflora</i>)	KLT (eluen BAAA0, kromatografi kolom.	Antibakteri (<i>streptococcus mutans</i> , <i>E. Coli</i>), flavonoid: antioksidan, antibakteri, antivirus, antikanker.	(Sri Rizki & Ferdinand, 2021)
Daun katuk (<i>Sauropus androgynus</i>)	Isolasi (kromatografi kertas), identifikasi (UV-Vis)	Identifikasi flavonoid (flavonol & flavon), dugaan struktur berdasarkan spektrum UV	(Djamil & Zaidan, 2016)
Pinang yaki (<i>Areca vestiaria</i>)	Pemurnian (kolom, KLT), identifikasi (AlCl ₃ , UV, H-NMR)	Identifikasi flavonoid (afzelechin), aktivitas antioksidan	(Satolom, 2015)
Madu hutan (<i>Apis dorsata</i>)	Maserasi etanol 96%, fraksinasi etil asetat, uji fitokimia, KLT, kromatografi kolom, UV-Vis	Flavonoid: antioksidan, antiinflamasi, antibakteri, antijamur, antikanker, antiviral	(Syafitri et al., 2022)
Cocor bebek (<i>Kalanchoe pinnata</i>)	Pemisahan (vakum cair, kolom), pemurnian (KLT preparatif), identifikasi (UV, IR, MS, NMR)	Flavonoid (kuersetin) sebagai inhibitor korosi.	(Saputra et al., 2019)

Isolasi dan identifikasi senyawa flavonoid dari berbagai ekstrak tumbuhan menggunakan teknik kromatografi telah banyak didokumentasikan dalam penelitian terkini. Flavonoid, yang merupakan kelompok besar metabolit sekunder yang ditemukan pada banyak tumbuhan, dikenal memiliki sifat bioaktif seperti antioksidan, antiinflamasi, dan antikanker. Sebagai contoh, dalam penelitian pada *Dillenia serrata* Thunb., flavonoid diisolasi menggunakan metode maserasi yang kemudian diikuti dengan kromatografi lapis tipis (KLT) dan kromatografi kolom. Hasil kromatografi menunjukkan bercak yang jelas di bawah cahaya UV, yang menandakan adanya senyawa flavonoid, dengan isolat yang menunjukkan puncak serapan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 223 nm dan 286 nm, yang mengindikasikan adanya flavonol. (Puspasari & Puspita, 2023)

Begitu juga dalam penelitian pada Citrus limon (lemon suanggi), proses isolasi flavonoid juga melibatkan maserasi dengan etanol, diikuti dengan KLT menggunakan pelarut kloroform:n-heksan (4:2). Hasilnya menunjukkan bahwa senyawa flavonoid yang terkandung termasuk dalam golongan flavonol, seperti yang dibuktikan oleh spektrum UV-Vis dengan puncak karakteristik pada panjang gelombang 366 nm. Dalam penelitian lain, senyawa flavonoid diisolasi dari *Sauropus androgynus* (daun katuk) menggunakan kromatografi kertas

dan spektrofotometri UV-Vis. Penelitian ini menemukan bahwa senyawa flavonoid yang terisolasi memiliki gugus OH pada posisi tertentu, yang dikonfirmasi melalui spektrum UV-Vis dan analisis inframerah (IR). (Mamahit et al., 2023)

Identifikasi senyawa flavonoid dalam penelitian-penelitian ini umumnya melibatkan penggunaan KLT untuk memisahkan dan mengidentifikasi senyawa berdasarkan nilai R_f-nya. Ini dilengkapi dengan metode spektroskopi seperti UV-Vis dan IR, yang membantu mengonfirmasi keberadaan dan struktur senyawa flavonoid. Analisis spektrofotometri UV-Vis sangat berguna untuk mengidentifikasi flavonol dan flavanon, yang umum ditemukan dalam ekstrak tumbuhan yang kaya akan flavonoid. (Arifin et al., 2015)

Secara keseluruhan, isolasi flavonoid dari berbagai bahan tumbuhan menggunakan teknik kromatografi seperti KLT dan kromatografi kolom, yang dipadukan dengan analisis spektroskopi UV-Vis dan IR, memberikan metode komprehensif untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi senyawa-senyawa bioaktif ini. Metode-metode ini tidak hanya mengonfirmasi keberadaan flavonoid, tetapi juga memberikan wawasan struktural yang mendalam, yang berkontribusi pada pemahaman aplikasi terapeutik potensialnya.

Tabel 4. Aplikasi Kromatografi Pada Isolasi Senyawa Terpenoid

Spesies	Prosedur Kerja	Aktivitas	Referensi
<i>Excoecaria agallocha</i> L..	Pemisahan dengan KVC atau kromatografi kolom, monitoring dengan KLT, dan identifikasi gugus fungsi dengan UV-Vis, FTIR, ¹ H-NMR, GC-MS, dan LC-MS.	Senyawa terpenoid hasil isolasi dilaporkan berpotensi sebagai antibakteri, antiinflamasi, penghambat sintesis kolesterol, dan antikanker.	(Mierza et al., 2023)
khamir merah <i>Rhodotorula babjevae</i> strain A-110	Pemurnian enzim dengan presipitasi ammonium sulfat, dan karakterisasi aktivitas lipase dengan metode p-nitrophenyl palmitate	Lipase dari <i>R. babjevae</i> A-110 menunjukkan aktivitas optimum pada pH 7,5–8,0 dan suhu 37 °C, dengan aktivitas lipolitik mencapai 137,25 U/mL pada kultur bioreaktor, cocok untuk aplikasi industri bioteknologi seperti produksi enzim	(Kot & Buczyński, 2025)
<i>Rossellomorea yichunensis</i> sp. nov	Pemurnian kultur, pengujian biokimia, analisis 16S rRNA, serta sekuensing	Strain ini mampu tumbuh pada konsentrasi Na ₂ SeO ₃ hingga 5.000 mg/L dan memproduksi nanopartikel selenium (SeNPs) yang bermanfaat untuk	(Kong et al., 2025)

	genom lengkap dan karakterisasi kemotaksonomi	bioremediasi logam berat dan potensi aplikasi nanobioteknologi	
biji mahoni (<i>Swietenia mahagoni Jacq.</i>),	Kromatografi kolom atau KCV, uji bercak KLT, dan identifikasi dengan skrining fitokimia	Hasil isolasi menunjukkan senyawa steroid, terpenoid, dan triterpenoid memiliki potensi sebagai antibakteri, penurun kolesterol, antiinflamasi, dan antikanker	(Nola et al., 2021)
daun ketapang kencana (<i>Terminalia muelleri Benth.</i>)	Pemisahan dengan Kromatografi Cair Vakum (KCV), pemurnian dengan KLT, dan karakterisasi menggunakan FTIR, UV-Vis, serta GC-MS	Hasil uji sitotoksik metode BSLT menunjukkan fraksi etil asetat dan fraksi metanol-air memiliki sifat sedikit toksik (LC50 100 ppm dan 78,735 ppm) sedangkan ekstrak etanol dan fraksi n-heksana bersifat tidak toksik	(Nola et al., 2021)
<i>Premna serratifolia</i> L. (Daun Buas-buas)	Isolasi menggunakan Kromatografi Kolom Identifikasi senyawa dilakukan dengan KLT dan GC-MS	Terdeteksi 3 senyawa terpenoid utama: Neophytadiene (1,01%) – bersifat antiinflamasi, antioksidan. 3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol (0,41%) – emolien, pelarut biologis. 2-Hydroxy-4a,5-dimethyl-3-(prop-1-en-2-yl)octahydronaphthalen-1-(2H)-one (3,25%) – disebut juga santalcamphor, bersifat antibakteri, aromatik.	(Candra et al., 2023)
<i>Durio dulcis</i> Beec (Akar Durian Merah)	Fraksi etil asetat yang menunjukkan hasil positif terpenoid diuji menggunakan KVC, KKG, dan KLTP hingga diperoleh isolat murni. Isolat kemudian diuji kemurniannya dan dikonfirmasi sebagai terpenoid melalui KLT	Isolat A sebanyak 1,1 mg teridentifikasi sebagai senyawa terpenoid berdasarkan uji KLT yang menunjukkan warna merah muda–ungu. Senyawa ini berpotensi sebagai bahan aktif dalam pengembangan obat alami.	(Fitri et al., 2018)

	dengan reagen H ₂ SO ₄ 10%.		
<i>Blumea balsamifera</i> (Daun Kaembu-embu)	Dipisahkan menggunakan kromatografi kolom gravitasi (KKG) dengan silika gel sebagai fase diam dan eluen n- heksan:etil asetat. Hasil fraksi dianalisis dengan KLT untuk menentukan nilai Rf dan kandungan terpenoid.	Dari 104 fraksi yang dihasilkan, kelompok fraksi KH-4 hingga KH-11 menunjukkan reaksi positif terpenoid. Fraksi mayor terdapat pada KH-5 dengan berat total 1027 mg dan nilai Rf berkisar antara 0,30–0,80, menunjukkan kandungan senyawa terpenoid yang tinggi.	(Darmawansyah et al., 2023)
<i>Zingiber officinale</i> <i>Roscoe var.</i> <i>sunti</i> (Jahe Merah)	Kromatografi Vakum Cair → Kromatografi Kolom → KLT → Spektrofotomete r FT-IR	Gugus fungsi terdeteksi: –OH, C- H alifatik, C=O, C-O, dan C=C, menunjukkan bahwa senyawa murni tersebut merupakan senyawa terpenoid.	(Aisyah et al., 2019b)
<i>Shorea conica</i> (Meranti kunyit)	Ekstrak dipisahkan dengan Kromatografi Cair Vakum (KCV), dilanjutkan dengan Kromatografi Kolom. Identifikasi fraksi dilakukan dengan KLT, UV-Vis dan FT-IR.	EA2 berupa padatan amorf putih kekuningan, larut dalam etil asetat, Rf 0,5 (n-heksan:etil asetat 6:4), titik leleh 207–209°C, serapan UV 202 nm. FT-IR menunjukkan gugus C=O, C-H alifatik, dan C-O. Positif terpenoid dengan reagen LB (warna merah bata).	(Furi et al., 2019)

Dalam beberapa penelitian tentang senyawa terpenoid, banyak tanaman telah dianalisis untuk mengidentifikasi dan mengisolasi senyawa-senyawa ini yang berpotensi sebagai obat. Terpenoid merupakan senyawa hidrokarbon yang banyak diproduksi oleh tumbuhan, terutama pada getah dan vakuola selnya. Mereka menyusun banyak minyak atsiri yang memiliki banyak manfaat, seperti antibakteri, antiinflamasi, dan penghambat sel kanker. (Darmawansyah et al., 2023)

Beberapa teknik kromatografi digunakan untuk mengisolasi dan memisahkan terpenoid, antara lain kromatografi lapis tipis (KLT), kromatografi kolom gravitasi, dan kromatografi cair vakum (KCV). Misalnya, pada penelitian isolasi senyawa terpenoid dari *Blumea balsamifera* (kaembu-embu), fraksi n-heksan yang diperoleh dari ekstraksi dengan pelarut n-heksan telah dipisahkan menggunakan kromatografi kolom dan dianalisis dengan KLT. Hasil KLT menunjukkan adanya sembilan jenis senyawa dengan nilai R_f antara 0,30 hingga 0,80, yang menunjukkan keberadaan terpenoid. Kromatografi ini juga mengidentifikasi fraksi yang positif terhadap terpenoid berdasarkan reaksi dengan pereaksi Liebermann-Burchard. Senyawa terpenoid juga telah diisolasi dari tanaman lain seperti *Shorea conica* (meranti kunyit). Dalam penelitian ini, senyawa terpenoid yang terisolasi menunjukkan titik leleh antara 207°C-209°C, dan hasil analisis spektroskopi UV-Vis menunjukkan serapan maksimum pada panjang gelombang 202 nm. Hasil spektroskopi IR mengidentifikasi adanya gugus C-H alifatik, C=O, CH₂, dan C-O, yang menunjukkan bahwa senyawa tersebut termasuk dalam golongan terpenoid. (Aisyah et al., 2019b)

Metode kromatografi seperti KLT dan KCV digunakan secara luas untuk memisahkan terpenoid berdasarkan perbedaan kepolaran senyawa. Penggunaan eluen yang tepat, seperti campuran heksan dan etil asetat, sangat menentukan kualitas pemisahan. Setelah isolasi, senyawa-senyawa terpenoid ini sering dianalisis lebih lanjut menggunakan teknik spektroskopi untuk karakterisasi struktur dan identifikasi. (Nola et al., 2021)

Secara keseluruhan, penggunaan berbagai teknik kromatografi yang dipadukan dengan analisis spektroskopi memberikan cara yang efisien untuk mengisolasi, memurnikan, dan mengidentifikasi senyawa terpenoid, yang pada gilirannya membuka peluang bagi pengembangan obat-obatan alami.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kromatografi merupakan teknik yang sangat penting dalam proses pemisahan dan pemurnian senyawa aktif dari bahan alam. Teknik ini, termasuk kromatografi lapis tipis (KLT), kromatografi kolom, dan kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC), telah terbukti efektif dalam mengisolasi berbagai metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, fenol, dan terpenoid dari berbagai spesies tumbuhan. Penggunaan metode kromatografi yang tepat memungkinkan diperolehnya senyawa murni yang dapat dikarakterisasi secara akurat dengan bantuan teknik spektroskopi seperti UV-Vis, FTIR, dan LC-MS. Hasil isolasi ini berpotensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut dalam bidang farmasi dan pengobatan berbasis bahan alam. Selain

itu, aplikasi kromatografi juga mendukung pengembangan industri obat tradisional dan fitofarmaka secara ilmiah dan terstandar.

Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan teknik kromatografi dengan metode spektrometri canggih lainnya seperti NMR dan GC-MS guna memperkuat identifikasi struktur senyawa secara menyeluruh. Selain itu, uji bioaktivitas terhadap senyawa hasil isolasi perlu lebih ditingkatkan agar hasil penelitian tidak hanya berhenti pada tahap identifikasi, tetapi juga mengarah pada pengembangan kandidat obat potensial. Perlu juga dilakukan standarisasi metode ekstraksi dan pemisahan yang dapat diadaptasi secara luas oleh industri dan lembaga penelitian untuk memastikan konsistensi dan efisiensi produksi senyawa aktif dari sumber daya alam Indonesia.

DAFTAR REFERENSI

- Aisyah, L. S., Jasmansyah, J., Purbaya, S., & Resnawati, T. (2019a). Isolation and antibacterial activity of phenol compounds of ethyl acetic extract of red zinger (*Zingiber officinale* Roscoe var. *sunti*). *Jurnal Kartika Kimia*, 2(1), 44–50. <https://doi.org/10.26874/jkk.v2i1.23>
- Aisyah, L. S., Jasmansyah, J., Purbaya, S., & Resnawati, T. (2019b). Isolasi dan uji aktivitas antibakteri senyawa fenol ekstrak etil asetat rimpang jahe merah (*Zingiber officinale* Roscoe var. *sunti*). *Kartika Kimia*, 2(1), 44–50.
- Andriani, Y. Y., Rahmiyanti, I., Amin, S., & Lestari, T. (2016). Kadar fenol total ekstrak daun dan biji pepaya (*Carica papaya* L.) menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada: Jurnal Ilmu-Ilmu Keperawatan, Analisis Kesehatan dan Farmasi*, 15(1), 73. <https://doi.org/10.36465/jkbth.v15i1.153>
- Apriyati, N., & Nurhayati, N. (2013). Isolasi dan karakterisasi senyawa alkaloid dari daun alpukat. *Jurnal Sainstek*, 7(1).
- Arif, R. S., & Tukiran, T. (2015). Identifikasi senyawa fenolik hasil isolasi dari fraksi semi polar ekstrak etil asetat kulit batang tumbuhan nyiri batu (*Xylocarpus moluccensis*). *UNESA Journal of Chemistry*, 4(2), 105–110.
- Arifin, B., Hasnirwan, & Hermansya. (2015). Isolasi senyawa flavonoid dari daun salam (*Polyanthifolium*). In *Prosiding SEMIRATA 2015 Bidang MIPA BKS-PTN Barat* (pp. 277–283).
- Candra, R. M., Isnindar, I., & Luliana, S. (2023). Isolasi dan identifikasi terpenoid fraksi heksan daun *Premna serratifolia* L. menggunakan GC-MS. *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*, 5(2), 363–371. <https://doi.org/10.37311/jsscr.v5i2.15311>

- Darmawansyah, A., Nurlansi, & Haeruddin. (2023). Pemisahan senyawa terpenoid ekstrak n-heksan daun kaembu-embu (*Blumea balsamifera*) menggunakan kromatografi kolom gravitasi. *Sains: Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, 12(1), 24–30. <https://doi.org/10.36709/sains.v12i1.29>
- Djamil, R., & Zaidan, S. (2016). Isolasi senyawa flavonoid dari ekstrak metanol daun katuk (*Sauropus androgynus* (L.) Merr). *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 14(1), 57–61.
- Fitri, A., Rudyansyah, & Alimuddin, A. H. (2018). Isolasi senyawa terpenoid dari akar durian merah (*Durio dulcis* Becc.). *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 7(1), 43–47.
- Furi, M., Mora, E., & Zuhriyah. (2015). Isolasi dan karakteristik terpenoid dari ekstrak etil asetat kulit batang meranti kunyit (*Shorea conica*). *Jurnal Penelitian Farmasi Indonesia*, 3(2), 38–42.
- Furqan, M., & Putri, N. A. (2020). Isolation of phenolic compounds from Punti fruit (*Diploknema oligomera* H.J.Lam) by FT-IR analysis. *Journal of Healthcare Technology and Medicine*, 6(2), 2615–109.
- Hartini, V. A., Anam, K., & Cahyono, B. (2012). Isolasi senyawa triterpenoid dari daun ketapang kencana (*Terminalia muelleri* Benth) dan uji aktivitas sitotoksik dengan metode brine shrimp lethality test (BSLT). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 15(2), 47–52. <https://doi.org/10.14710/jksa.15.2.47-52>
- Hashim, P., Sidek, H., Helan, M. H. M., Sabery, A., Palanisamy, U. D., & Ilham, M. (2011). Triterpene composition and bioactivities of *Centella asiatica*. *Molecules*, 16(2), 1310–1322. <https://doi.org/10.3390/molecules16021310>
- Idrus, R. B., Bialang, N., & Alio, L. (2013). Isolasi dan karakterisasi senyawa alkaloid dari biji tumbuhan sirsak (*Annona muricata* Linn). *Saintek*, 7(1), 40–48.
- Kaffi, N. A., Malik, A., & Dahlia, A. A. (2023). Isolasi dan identifikasi senyawa flavonoid daun dengen (*Dillenia serrata* Thunb.). *Makassar Natural Product Journal*, 1(2), 2023–2071. <https://journal.farmasi.umi.ac.id/index.php/mnpj>
- Kapondo, G. L., Fatimawali, ., & Jayanti, M. (2020). Isolasi, identifikasi senyawa alkaloid dan uji efektivitas penghambatan dari ekstrak daun sirih (*Piper betle* L.) terhadap *Staphylococcus epidermidis*. *Jurnal E-Biomedik*, 8(2), 180–186. <https://doi.org/10.35790/ebm.v8i2.28999>
- Kartini, K., Rosidah, A., & Budiono, R. (2024). Simple TLC-densitometric method for the quantification of asiaticoside in *Centella asiatica* from different origins for its standardization. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3001, Issue 1). <https://doi.org/10.1063/5.0184233>
- Kong, J., Fu, Z., Zhang, Q., Liu, Y., Luo, Z., Zhao, Z., Liu, L., & Liu, X. (2025). Phylotaxonomic analysis uncovers underestimated species diversity within the genus *Rossellomorea* with description of selenium-resistant *Rossellomorea yichunensis* sp. nov.
- Kot, A. M., & Buczyński, P. (2025). Lipolytic activity of carotenogenic yeast isolated from the Polish ecosystem.

- 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
- Mamahit, R. M., Fatimawali, & Jayanti, M. (2023). Isolasi dan identifikasi senyawa flavonoid ekstrak etanol kulit buah lemon suanggi *Citrus limon* L. *Pharmacon*, 12(1), 120–126.
- Mappa, M. R., Bahi, R. R. R., Akbar, H., Sugeha, A. P., Wulandari, T., Pantoan, M. P. S., & Tangahu, P. I. (2024). Identifikasi senyawa fenol fraksi etanol rumput laut (*Eucheuma spinosum*) dengan metode kromatografi. *Jurnal Farmasi Tinctura*, 5(2), 51–57.
- Mierza, V., Antolin, A., Ichsani, A., Dwi, N., Sridevi, S., & Dwi, S. (2023). Research article: Isolasi dan identifikasi senyawa terpenoid. *Jurnal Surya Medika*, 9(2), 134–141. <https://doi.org/10.33084/jsm.v9i2.5681>
- Muharini, R., Lestari, I., Putra Sartika, R., & Rasmawan, R. (2022). Pengembangan e-modul pemisahan senyawa fenolik dari fraksi simpur air dengan teknik kromatografi lapis tipis (KLT) preparatif sebagai. *Kependidikan Kimia*, 10(2), 2656–3061. <http://ojs.undikma.ac.id/index.php/hydrogen/>
- Nittyta, A. R., & Hafiludin, H. (2025). Total flavonoid dan aktivitas antioksidan ekstrak metanol *Gracilaria* sp. hasil pemisahan kromatografi kolom. *Journal of Marine Research*, 14(1), 18–30. <https://doi.org/10.14710/jmr.v14i1.46338>
- Nola, F., Putri, G. K., Malik, L. H., & Andriani, N. (2021). Isolasi senyawa metabolit sekunder steroid dan terpenoid dari 5 tanaman. *Syntax Idea*, 3(7), 1612–1619. <https://doi.org/10.46799/syntax-idea.v3i7.1307>
- Nurlita, D., Siregar, B. A., & Handayani, D. (2024). Flavonoid, alkaloid, dan terpenoid: Senyawa metabolit sekunder dari tumbuhan dan peranannya terhadap perlindungan tanaman dari penyakit. *Prosiding SEMNASBIO*, 8, 901–909.
- Nurmalasari, E. Y., Luliana, S., & Wahdaningsih, S. (2019). Identifikasi senyawa fenol dan flavonoid dari berbagai bagian tanaman senggani (*Melastoma malabathricum* L.) menggunakan metode kromatografi lapis tipis. *Jurnal Mahasiswa Farmasi*, 4, 1–5.
- Okzelia, S. D., Hendrati, D., & Iljas, N. (2017). Isolasi dan pemisahan senyawa alkaloid dari buah mahkota dewa (*Phaleria macrocarpa* Boerl.). *Nursing and Health*, 1(2), 80–85.
- Puspasari, H., & Puspita, W. (2023). Identifikasi senyawa flavonoid ekstrak kental etanol daun suruhan (*Peperomia pellucida* L. Kunth) dengan metode kromatografi kolom dan kromatografi lapis tipis. *Jurnal Komunitas Farmasi Nasional*, 3(2), 573–581.
- Rahayu, D. O., Tjahjandarie, T. S., & Tanjung, M. (2018). Isolasi senyawa alkaloid turunan furokuinolin. *Jurnal Kimia Riset*, 3(2), 102–107.
- 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>

- Rusmawijayanto, T., & Luliana, S. (2019). Profil kromatografi lapis tipis ekstrak etanol daun senggani (*Melastoma malabathricum* L.) metode perkolasi. *Jurnal Farmasi Kalbar Universitas Tanjungpura*, 4(1), 1–7.
- Saputra, T. R., Purnamasari, E., & Aloanis, A. A. (2019). Isolasi senyawa flavonoid dari tumbuhan cocor bebek sebagai sediaan inhibitor korosi. *Fullerene Journal of Chemistry*, 4(2), 72. <https://doi.org/10.37033/fjc.v4i2.97>
- Satolom, C. C. (2015). Isolasi senyawa flavonoid pada biji pinang yaki (*Areca vestiaria* Giseke). *Jurnal MIPA*, 4(1), 40. <https://doi.org/10.35799/jm.4.1.2015.6903>
- Simpang, A. I., Kusriani, D., & Fachriyah, E. (2016). Isolasi, identifikasi dan uji sitotoksik senyawa alkaloid dari daun johar (*Senna siamea*). *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia (JKPK)*, 1(3), 157–163.
- Sri Rizki, F., & Ferdinand, A. (2021). Isolasi dan identifikasi senyawa flavonoid ekstrak etanol pandan hutan jenis baru *Freycinetia sessiliflora* Rizki. *Jurnal Insan Farmasi Indonesia*, 4(1), 1–6. <https://doi.org/10.36387/jifi.v4i1.642>
- Susanti, N. M. P., Dewi, L. P. M. K., Manurung, H. S., & Wirasuta, I. M. A. G. (2017). Identification of phenol compound in green *Piper betle* leaf ethanol extract by the TLC-spectrophotodensitometry. *Jurnal Metamorfosa*, 4(1), 108–113.
- Syafitri, Y., Wasanti, I. H., & Puspasari, H. (2022). Isolasi dan identifikasi senyawa flavonoid madu hutan (*Apis dorsata*) Kapuas Hulu dengan metode KLT dan spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Farmasi Sains dan Terapan*, 9(1), 17–23. <https://doi.org/10.33508/jfst.v9i1.2775>
- Syamsudin, S., Alimuddin, A. H., & Sitorus, B. (2022). Isolasi dan karakterisasi senyawa fenolik dari daun putat (*Planchonia valida* Blume). *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 5(2), 85. <https://doi.org/10.26418/indonesian.v5i2.56554>
- Untoro, M., Fachriyah, E., & Kusriani, D. (2016). Isolasi dan identifikasi senyawa golongan alkaloid dari rimpang lengkuas merah (*Alpinia purpurata*). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 19(2), 58–62. <https://doi.org/10.14710/jksa.19.2.58-62>