

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Kandungan Senyawa Pada Bunga Telang

a. Klasifikasi Bunga Telang

Clitoria ternatea L. yang dikenal dengan sebutan bunga telang merupakan tanaman merambat yang berasal dari kawasan Asia Tenggara dan telah lama dibudidayakan di Indonesia(Nurhasanah et al., 2023). Tanaman ini mampu beradaptasi dengan baik pada iklim tropis hingga subtropis, sehingga penyebarannya sangat luas. Saat ini, bunga telang tidak hanya ditemukan di wilayah Asia, tetapi juga telah tersebar ke berbagai negara di Amerika Tengah dan Selatan, Afrika, serta kawasan Pasifik sebagai tanaman hias maupun tanaman obat tradisional(Najihah Yusof et al., 2023b).



Gambar 2 1Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.)

Klasifikasi Tanaman Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L.) :

Bunga Telang memiliki klasifikasi sebagai berikut (Budiasih, 2017) :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Fabales
Famili	: Fabaceae
Sub Famili	: Faboideae
Bangsa	: Cicereae
Genus	: Clitoria
Spesies	: <i>Clitoria Ternatea</i> L

b. Habitat dan Morfologi Bunga Telang

Clitoria ternatea L. merupakan tanaman dengan toleransi lingkungan yang luas sehingga mampu tumbuh pada berbagai kondisi agroekologis, mulai dari dataran rendah hingga daerah berelevasi lebih tinggi, baik di area terbuka maupun semi-tertutup (Filio et al., 2023). Kemampuan adaptasi ini berkaitan dengan sistem perakaran yang efisien serta toleransi terhadap variasi ketersediaan air dan intensitas cahaya, sehingga bunga telang mudah dibudidayakan di wilayah tropis dan subtropis (Campbell, 2020a)

Kondisi lingkungan tumbuh, seperti suhu, curah hujan, dan kelembapan, berperan penting dalam pertumbuhan vegetatif dan pembentukan organ generatif bunga telang (Campbell, 2020b). Tanaman ini tumbuh optimal pada suhu hangat dengan penyinaran cukup dan distribusi hujan yang merata.

Perbedaan ketinggian tempat menciptakan variasi iklim mikro yang dapat memengaruhi pola pertumbuhan, ukuran organ, dan karakter morfologi tanaman (Pant et al., 2021a)

Secara sistematis, bunga telang termasuk famili Fabaceae yang memiliki kemampuan bersimbiosis dengan bakteri penambat nitrogen, sehingga mampu tumbuh pada tanah dengan kandungan nitrogen rendah (Biotechnology Division, 2022). Tanaman ini dikenal sebagai butterfly pea karena bentuk mahkota bunganya, dengan variasi warna mulai dari biru hingga putih, yang menjadikannya bernilai estetika dan dimanfaatkan sebagai tanaman hias serta pewarna alami (Suarna & Wijaya, 2021b)

Warna khas bunga telang dihasilkan oleh pigmen antosianin kelompok ternatin yang memiliki stabilitas relatif tinggi (Vidana Gamage et al., 2021c). Selain memberikan warna, pigmen ini berperan sebagai pelindung terhadap stres lingkungan, seperti intensitas cahaya tinggi dan stres oksidatif, sehingga meningkatkan minat penelitian terhadap bunga telang sebagai sumber senyawa bioaktif (Maia et al., 2025a)

Bunga telang merupakan tanaman herba menjalar dengan batang lunak dan bercabang yang tumbuh memanjang menggunakan penopang. Daunnya tersusun majemuk menyirip dengan anak daun berbentuk lonjong hingga membulat, yang mendukung penangkapan cahaya dan proses transpirasi pada lingkungan lembap (Roth-Nebelsick & Krause, 2023).

Struktur bunga telang bersifat simetris dengan organ reproduksi yang terlindungi di dalam mahkota bunga, sehingga mendukung efisiensi

penyerbukan(Suarna & Wijaya, 2021c). Buahnya berbentuk polong memanjang berisi beberapa biji yang akan menggelap saat masak dan berfungsi dalam penyebaran generatif tanaman (Kuswantoro & Li'aini, 2024)

Selain karakter habitat dan morfologinya, bunga telang memiliki nilai fungsional tinggi karena mengandung senyawa fenolik, flavonoid, dan antosianin yang berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan(Vidana Gamage et al., 2021d). Kandungan senyawa bioaktif tersebut menjadikan bunga telang berpotensi dikembangkan dalam bidang pangan fungsional, farmasi, dan kosmetik berbasis bahan alam(Najihah Yusof et al., 2023c).

c. Manfaat Bunga Telang

Bunga telang (*Clitoria ternatea L.*) bukan hanya dikenal sebagai pewarna alami dalam pangan dan digunakan secara tradisional untuk mendukung fungsi penglihatan serta membantu melancarkan pengeluaran lendir pada penderita asma, tetapi juga memiliki beragam aktivitas farmakologis yang luas(Fortuna Santosa, 2023). Beberapa literatur ilmiah terbaru melaporkan bahwa ekstrak bunga telang menunjukkan kemampuan antioksidan yang kuat, serta aktivitas antimikroba, antiinflamasi, antidiabetik, sampai dengan potensi penghambatan sel kanker(Islam et al., 2023). Aktivitas-aktivitas ini berkaitan dengan hadirnya beragam senyawa bioaktif seperti flavonoid, antosianin, tanin, alkaloid, saponin, asam fenolik, dan terpenoid, yang merupakan metabolit sekunder tumbuhan dengan fungsi terapeutik penting(Okechukwu Ohiagu et al., 2021).

d. Senyawa Fitokimia Bunga Telang (*Clitoria ternatea L.*)

Bunga telang (*Clitoria ternatea L.*) merupakan salah satu tanaman herbal

yang terkenal karena warna bunga yang khas dan kandungan fitokimia yang kompleks(Vidana Gamage et al., 2021e). Fitokimia adalah senyawa bioaktif yang dihasilkan oleh tanaman melalui metabolisme sekunder dan berperan penting dalam aktivitas biologis tanaman serta potensi pemanfaatannya dalam bidang pangan fungsional dan kesehatan(Contreras et al., 2025). Berbagai penelitian terkini menunjukkan bahwa bunga telang mengandung sejumlah besar metabolit sekunder yang memiliki fungsi fisiologis dan farmakologis tertentu(Mohammed et al., 2025b).

Senyawa fitokimia utama yang ditemukan dalam bunga telang mencakup pigmen antosianin, flavonoid, fenolik, tannin, alkaloid, saponin, steroid, dan triterpenoid(Li et al., 2022). Antosianin merupakan salah satu kelas senyawa fenolik yang dominan dan berperan besar dalam memberikan warna biru pada bunga telang serta memiliki aktivitas antioksidan yang signifikan(Vidana Gamage et al., 2021f). Pigmen antosianin bekerja dengan mekanisme donor hidrogen atau transfer elektron untuk menetralkan radikal bebas, sehingga membantu melindungi sel dari kerusakan oksidatif (Dudek et al., 2022)

Selain antosianin, flavonoid juga merupakan komponen penting dalam profil metabolit bunga telang(Vidana Gamage et al., 2021g). Flavonoid seperti flavonol dan turunan fenolik lainnya memiliki struktur molekul yang memungkinkan mereka berinteraksi dengan radikal bebas dan menghambat proses oksidasi lipid(Tumilaar et al., 2023). Senyawa ini juga dilaporkan menunjukkan aktivitas antiinflamasi, antidiabetik, dan antikanker dalam beberapa kajian empiris(Shamsudin et al., 2022). Penelitian terbaru

menunjukkan bahwa flavonoid dalam bunga telang berperan sebagai penghambat enzim dan radikal oksigen reaktif, sehingga berkontribusi terhadap efek kesehatan secara keseluruhan(Maia et al., 2025b).

Hasil skrining fitokimia juga mengonfirmasi keberadaan alkaloid, tanin, saponin, steroid, dan triterpenoid dalam ekstrak bunga telang(Arsianti et al., 2022). Senyawa-senyawa ini berkontribusi terhadap berbagai aktivitas farmakologis, seperti sifat antimikroba, antialergi, serta modulasi sistem imun. Meski keberadaan dan kadar tiap kelompok metabolit sekunder dapat dipengaruhi oleh metode ekstraksi, kondisi lingkungan, dan teknik analisis, bukti ilmiah saat ini menunjukkan bahwa bunga telang merupakan sumber fitokimia yang kompleks dan multifungsi(Maia et al., 2025c).

Selain itu, kajian kontemporer juga menunjukkan bahwa variasi kondisi ekstraksi (misalnya suhu, jenis pelarut, dan waktu perendaman) dapat memengaruhi jumlah dan jenis senyawa fitokimia yang diekstraksi dari bunga telang(Jeyaraj et al., 2021a). Hasil penelitian tentang pengaruh kondisi ekstraksi menunjukkan bahwa konsentrasi antosianin dan total fenolik meningkat pada suhu tertentu dan dengan metode penyeduhan yang sesuai, yang kemudian meningkatkan aktivitas antioksidan dari ekstrak bunga telang(Antony & Farid, 2022).

Beragam senyawa fitokimia dalam bunga telang tidak hanya menjadi dasar warna dan aroma bunga, tetapi juga berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan, antidiabetik, antiinflamasi, dan potensi aktivitas biologis lainnya(Jeyaraj et al., 2021f). Senyawa-senyawa ini telah menarik perhatian

peneliti untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai bahan pangan fungsional dan agen terapeutik berbasis bahan alam(Najmi et al., 2022).

Berdasarkan tinjauan pustaka di atas, dapat disimpulkan bahwa bunga telang memiliki profil fitokimia yang kaya dan kompleks, yang mencakup berbagai kelompok metabolit sekunder yang berpotensi memberikan efek biologis positif(Jeyaraj et al., 2021g). Kandungan antosianin dan flavonoid menjadi fokus utama dalam studi fitokimia karena fungsi biologisnya yang kuat, terutama dalam aktivitas antioksidan dan kegiatan terapeutik terkait pencegahan penyakit metabolik(H. A. Mohammed & Khan, 2022).

e. Aktivitas Farmakologi *Clitoria ternatea* L.

Clitoria ternatea L. atau bunga telang merupakan tanaman herbal yang banyak diteliti karena kandungan metabolit sekundernya yang beragam, seperti flavonoid, antosianin, senyawa fenolik, tanin, dan alkaloid, yang berkontribusi terhadap berbagai aktivitas farmakologis(Jeyaraj et al., 2021h). Keberadaan senyawa bioaktif tersebut menjadikan bunga telang berpotensi dikembangkan sebagai bahan baku obat herbal, pangan fungsional, dan suplemen kesehatan(Maia et al., 2025d).

Salah satu aktivitas farmakologi utama bunga telang adalah aktivitas antioksidan yang berkaitan erat dengan kandungan fenolik, flavonoid, dan antosianin. Senyawa-senyawa ini mampu menangkap radikal bebas, menghambat reaksi oksidasi, serta menurunkan stres oksidatif, sehingga berpotensi mencegah berbagai penyakit degeneratif(C. Li et al., 2022b). Selain itu, ekstrak bunga telang juga menunjukkan aktivitas antidiabetik melalui

penghambatan enzim pencernaan karbohidrat dan peningkatan sistem antioksidan endogen, yang berperan dalam menurunkan kadar glukosa darah serta menekan komplikasi akibat hiperglikemia (Sowmya et al., 2023).

Selain aktivitas antioksidan dan antidiabetik, *Clitoria ternatea* L. dilaporkan memiliki efek antiinflamasi, antihipertensi, dan imunomodulator (Widowati et al., 2024). Senyawa flavonoid, antosianin, dan fenolik berperan dalam menekan mediator inflamasi, melindungi fungsi pembuluh darah, serta mendukung respons sistem imun melalui perlindungan sel dari kerusakan oksidatif (Adaninggar et al., 2025). Aktivitas-aktivitas ini menunjukkan bahwa bunga telang memiliki spektrum farmakologi yang luas dengan potensi risiko efek samping yang relatif rendah dibandingkan obat sintetis (Jeyaraj et al., 2021i)

farmakologi *Clitoria ternatea* L. sangat dipengaruhi oleh kandungan metabolit sekundernya, khususnya flavonoid dan antosianin, yang komposisi dan kadarnya dapat bervariasi tergantung pada lokasi tumbuh dan kondisi lingkungan (Vidana Gamage et al., 2021h). Oleh karena itu, kajian mengenai perbedaan profil metabolit sekunder bunga telang dari berbagai lokasi tumbuh menjadi penting untuk memahami keterkaitan antara komposisi senyawa aktif dan potensi aktivitas biologinya (Puspitojati, 2024e).

f. Pengaruh Tempat Tumbuh terhadap Senyawa Fitokimia pada Tanaman

Produksi dan akumulasi senyawa fitokimia pada tanaman dipengaruhi oleh faktor lingkungan lokasi tumbuh (Pant et al., 2021b). Metabolit sekunder seperti fenolik, flavonoid, antosianin, tanin, dan alkaloid berperan dalam

fisiologi tanaman serta menentukan aktivitas biologisnya(Qaderi et al., 2023a). Perbedaan ketinggian, intensitas cahaya, suhu, kelembapan, dan kondisi tanah dapat menyebabkan variasi jumlah dan jenis metabolit sekunder yang dihasilkan, meskipun berasal dari spesies yang sama(Pant et al., 2021c).

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa perbedaan lokasi tumbuh berhubungan dengan variasi kandungan metabolit sekunder(Nurcholis et al., 2023). Pada medicinal and aromatic plants, elevasi memengaruhi komposisi flavonoid dan fenolik, di mana tanaman pada elevasi lebih tinggi cenderung memiliki kandungan metabolit bioaktif lebih tinggi akibat paparan radiasi UV-B dan stres lingkungan(Ibrahim et al., 2022). Faktor suhu, kelembapan, dan nutrisi tanah juga memengaruhi jalur biosintesis metabolit sekunder(Alami et al., 2024).

Tanaman yang tumbuh pada elevasi berbeda menunjukkan variasi kandungan flavonoid, fenolik, saponin, dan steroid, yang mengindikasikan bahwa perbedaan kondisi lingkungan dapat menghasilkan profil fitokimia yang berbeda(Hashim et al., 2020).

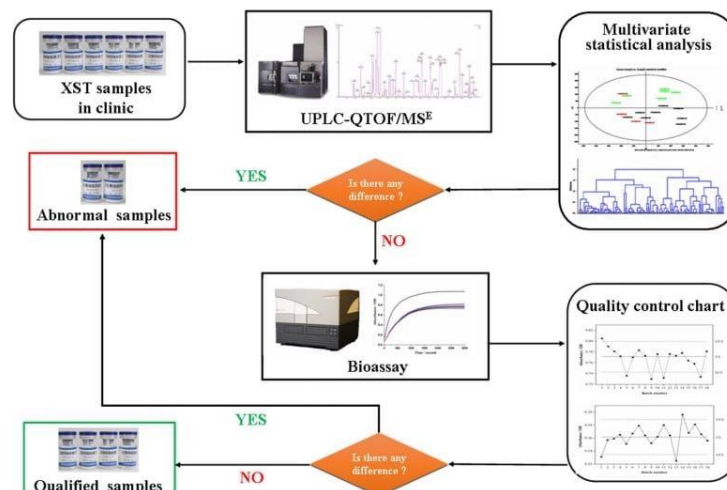
Temuan serupa dilaporkan pada tanaman lain seperti takokak (*Solanum torvum*), yang menunjukkan perbedaan kandungan fenolik, flavonoid, dan aktivitas antioksidan pada lokasi tumbuh yang berbeda(Putra et al., 2024). Variasi mikroiklim dan kondisi tanah diduga menjadi faktor utama yang memicu perbedaan respons metabolik tersebut(Sardans et al., 2020).

Secara fisiologis, perbedaan lingkungan memicu stres abiotik yang meningkatkan produksi metabolit sekunder sebagai mekanisme adaptasi

tanaman(Jan et al., 2021). Paparan radiasi UV-B dapat meningkatkan aktivitas enzim fenilalanin amonia-liasa (PAL) yang berperan dalam biosintesis senyawa fenolik dan flavonoid(Wu et al., 2025).

Dalam penelitian *Clitoria ternatea L.*, faktor lingkungan menjadi penting karena flavonoid dan antosianin merupakan penentu utama aktivitas antioksidan bunga telang(X. Fu et al., 2021). Perbedaan kondisi lingkungan di Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur berpotensi memengaruhi profil metabolit sekunder tanaman(Lembong et al., 2025). Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan untuk mengkaji pengaruh lokasi tumbuh terhadap profil metabolit sekunder bunga telang(Lembong et al., 2025).

g. UPLC-QTOF-MS/MS



Gambar 2 2 UPLC-QTOF-MS/MS

Ultra Performance Liquid Chromatography–Quadrupole Time of Flight–Mass Spectrometry merupakan sistem analisis modern yang menggabungkan

kromatografi cair beresolusi tinggi dengan deteksi massa berakurasi tinggi berbasis quadrupole time-of-flight (Mi et al., 2022). Teknologi ini memungkinkan pemisahan dan identifikasi metabolit secara simultan dengan sensitivitas, resolusi, dan ketepatan massa yang tinggi, sehingga banyak digunakan dalam studi metabolomik dan karakterisasi metabolit sekunder tanaman (Patel et al., 2021a).

Keunggulan UPLC-QTOF-MS/MS terletak pada kemampuannya mendeteksi senyawa dalam jumlah sangat kecil serta membedakan komponen dengan struktur dan massa molekul yang berdekatan (Pei et al., 2021). Sistem UPLC, sebagai pengembangan HPLC, beroperasi pada tekanan sangat tinggi dengan fase diam berukuran partikel kecil ($<2\ \mu\text{m}$), yang menghasilkan pemisahan lebih efisien, puncak kromatogram lebih tajam, serta waktu analisis dan konsumsi pelarut yang lebih rendah (Vanitha Madhuri T et al., 2024). Sementara itu, detektor QTOF memberikan resolusi dan akurasi massa tinggi yang mendukung elucidasi struktur senyawa melalui data fragmentasi ion, sehingga instrumen ini andal untuk analisis kualitatif dan semi-kuantitatif metabolit kompleks (Degreef et al., 2022).

Efisiensi dan ketelitian UPLC-QTOF-MS/MS menjadikan instrumen ini sangat sesuai untuk analisis metabolit sekunder pada ekstrak tanaman obat, termasuk dalam membandingkan profil metabolit bunga telang dari berbagai lokasi tumbuh (Yadav et al., 2024). Pendekatan ini mendukung pemetaan metabolit secara komprehensif serta interpretasi keterkaitan antara komposisi senyawa aktif dan aktivitas biologisnya (Gaudêncio et al., 2023).

h. Analisis Metabolomik dalam Kajian Metabolit Sekunder

Metabolomik merupakan pendekatan analisis komprehensif untuk mempelajari keseluruhan metabolit kecil dalam tanaman dan banyak digunakan dalam penelitian (Patel et al., 2021b). Metabolit sekunder, termasuk fenolik, flavonoid, dan antosianin, dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan, sehingga metabolomik efektif untuk mengungkap variasi metabolit akibat perbedaan lokasi tumbuh tanaman (Qaderi et al., 2023b).

Pendekatan metabolomik untargeted yang dikombinasikan dengan instrumen UPLC-QTOF-MS/MS memungkinkan pemprofilan metabolit secara menyeluruh dengan akurasi tinggi dan banyak digunakan untuk membandingkan sampel dari lokasi tumbuh berbeda (Liu et al., 2020). Data yang dihasilkan dianalisis menggunakan metode statistik multivariat, seperti Principal Component Analysis (PCA) dan heatmap, untuk mengevaluasi pola perbedaan dan pengelompokan sampel berdasarkan profil metabolit (Chanana et al., 2020).

Pada bunga telang (*Clitoria ternatea L.*), perbedaan kondisi lingkungan seperti iklim dan jenis tanah di Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur diduga memengaruhi biosintesis metabolit sekundernya, terutama senyawa fenolik dan flavonoid yang berperan sebagai antioksidan (Hazimah Putri & Yawahar, 2023).

B. Kajian Penelitian Yang relevan

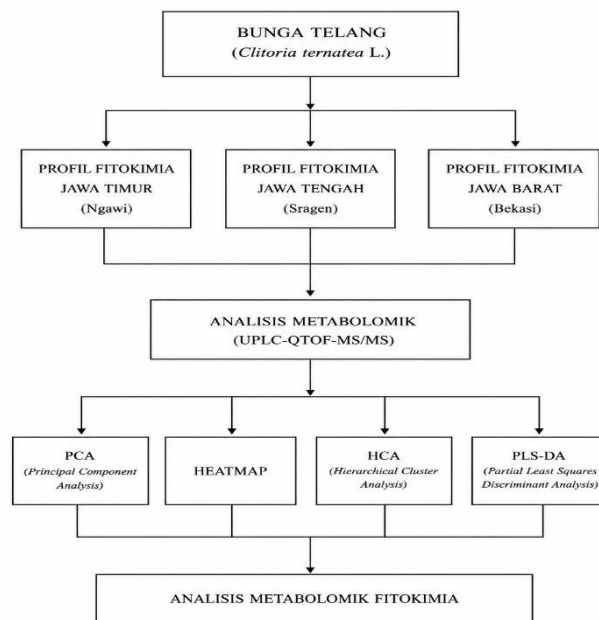
Penelitian mengenai tanaman obat sebagai sumber senyawa bioaktif telah banyak dilakukan, khususnya dengan pendekatan metabolomik untuk memahami

keragaman metabolit sekunder dan pengaruh faktor geografis terhadap profil fitokimia(Sharma, 2024). Tanaman herbal diketahui mengandung berbagai metabolit sekunder, seperti flavonoid, fenolik, alkaloid, terpenoid, dan antosianin, yang berperan dalam aktivitas antioksidan, antiinflamasi, dan antimikroba, sehingga mendasari pemanfaatannya dalam obat tradisional maupun modern(Puspitojati, 2024f). Beberapa studi metabolomik telah dilakukan untuk mengeksplorasi variasi metabolit tanaman herbal berdasarkan lokasi tumbuh. Contohnya, *Metabolite Fingerprinting Eleutherine palmifolia (L.) Merr. Using UPLC-QTOF-MS/MS* melaporkan variasi metabolit di beberapa wilayah di Indonesia menggunakan analisis kemometrik PCA (jurnal.ugm.ac.id). Sementara itu, pada bunga telang (*Clitoria ternatea L.*), METABOLITE PROFILING BUNGA TELANG (*Clitoria ternatea L.*) MENGGUNAKAN UPLC-QtoF-MS/MS DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN MENGGUNAKAN METODE DPPH DARI TIGA DAERAH BERBEDA DI INDONESIA (<https://eprint.unipma.ac.id/4553/>)

Meskipun demikian, studi yang membandingkan profil metabolit bunga telang dari berbagai lokasi tumbuh menggunakan UPLC-QTOF-MS/MS masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan profil metabolit *Clitoria ternatea L.* dari Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Jawa Barat, serta menganalisis perbedaan metabolit berdasarkan asal geografis sebagai dasar pengembangan dan standarisasi bahan herbal. Dengan pendekatan metabolomik yang komprehensif ini, diharapkan penelitian dapat memberikan gambaran lebih jelas tentang variasi metabolit sekunder bunga telang akibat perbedaan lingkungan, serta mendukung

pengembangan bahan baku herbal yang konsisten dan memiliki potensi aktivitas biologis yang optimal (Nurcholis et al., 2023b).

C. Kerangka Berfikir



Gambar 2 3 Kerangka Berfikir

Kerangka berpikir penelitian ini menempatkan bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) sebagai tanaman kaya senyawa fitokimia yang berpotensi mengalami variasi metabolit akibat perbedaan wilayah tumbuh. Sampel bunga telang dikumpulkan dari Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Jawa Barat yang memiliki karakteristik lingkungan berbeda, seperti iklim, jenis tanah, dan kondisi agroekologi. Perbedaan lingkungan tersebut diduga memengaruhi biosintesis metabolit sekunder, sehingga dilakukan analisis profil fitokimia awal untuk menggambarkan karakteristik metabolit dari masing-masing wilayah.

Selanjutnya, data profil fitokimia yang diperoleh dari hasil analisis UPLC-QTOF-MS/MS dianalisis menggunakan pendekatan metabolomik *untargeted* dengan bantuan platform MetaboAnalyst. Analisis dilakukan menggunakan Principal Component Analysis (PCA) untuk mengidentifikasi pola pengelompokan sampel berdasarkan variasi metabolit, Heatmap untuk memvisualisasikan intensitas relatif metabolit pada setiap sampel, Hierarchical Cluster Analysis (HCA) untuk mengetahui tingkat kemiripan antar sampel berdasarkan profil metabolitnya, serta Partial Least Squares Discriminant Analysis (PLS-DA) untuk mengidentifikasi metabolit yang berperan dalam membedakan masing-masing kelompok sampel. Selain itu, interpretasi kromatogram UPLC-QTOF-MS/MS dilakukan untuk menggambarkan pola pemisahan senyawa berdasarkan waktu retensi dan intensitas sinyal. Seluruh hasil analisis tersebut digunakan untuk membandingkan profil metabolit sekunder bunga telang (*Clitoria ternatea* L.) yang berasal dari Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Jawa Barat.