

IDENTIFIKASI DAN ANALISIS SIDIK JARI DAUN KATUK DARI LIMA DAERAH DI JAWA BARAT MENGGUNAKAN SPEKTROSKOPI FTIR DAN KEMOMETRIK

Winasih Rachmawati *,Deden Indra Dinata, Nurmala Sari

Fakultas Farmasi, Universitas Bhakti Kencana Bandung

*Email: winasih.rachmawati@bku.ac.id

Received: 26/12/2022 , Revised: 20/02/2023 , Accepted: 21/02/2023, Published: 23/02/2023

ABSTRAK

Katuk merupakan salah satu tanaman yang daunnya digunakan sebagai obat herbal di Indonesia. Proses budidaya tanaman obat di berbagai daerah dapat mempengaruhi kualitas kandungan di dalamnya. Pengendalian mutu tanaman obat dapat dilakukan dengan cara menentukan sidik jari tumbuhan menggunakan pendekatan kemometrik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik daun katuk dari lima daerah di wilayah Jawa Barat menggunakan metode spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR) yang dikombinasikan dengan Principal Component Analysis (PCA). Tahapan penelitian meliputi pengumpulan sampel dari lima daerah yaitu Bandung, Sumedang, Bogor, Sukabumi dan Tasikmalaya, kemudian sampel diekstraksi menggunakan etanol 96%. Ekstrak tersebut dianalisis menggunakan FTIR pada rentang bilangan gelombang 4000-650 cm^{-1} . Spektrum FTIR sampel diberi perlakuan pendahuluan seperti *smoothing*, *derivate* dan *baseline* terlebih dahulu sebelum dianalisis dengan PCA. Hasil penelitian menunjukkan spektrum FTIR yang relatif sama dari lima jenis sampel. Sampel dari kelompok 1 (Sumedang, Bogor) dan kelompok 2 (Sukabumi dan Bandung) menunjukkan hubungan yang erat pada skor plot PCA, sedangkan Tasikmalaya dikelompokkan ke dalam kelompok lain. Analisis diskriminan dapat mengklasifikasikan daun katuk menurut jenis varietasnya. Metode yang dikembangkan ini cocok untuk identifikasi dan autentikasi daun katuk. **Kata kunci:** daun katuk, FTIR, kemometrik, PCA, Jawa Barat

ABSTRACT

Katuk is a plant that is widely used as a herbal medicine in Indonesia. The cultivation process in various regions will affect the quality content of the plant. Quality control of medicinal plants can be carried out through a quality control process using a chemometric approach. The chemometric analysis is one way to determine the fingerprints of plants. This study aims to identify the fingerprint pattern of katuk leaves extract from five regions in West Java using the Fourier Transform-Infra Red Spectroscopy (FTIR) method combined with PCA. The stages of the research included collecting sample from Bandung, Sumedang, Bogor, Sukabumi and Tasikmalaya, then the samples were extracted using 96% ethanol. The extract was analyzed using FTIR in the range of wave numbers 4000-650 cm^{-1} . FTIR spectral data of sample were preprocessing such as smoothing, derivative and baseline before PCA analysis. The results showed that the FTIR spectra of the five samples were relatively the same. The sample from group 1 (Sumedang, Bogor) and group 2 (Sukabumi and Bandung) showed a closed relationship

in the score plot of PCA, while Tasikmalaya was grouped into the other cluster. Discriminant analysis can classify the five varieties of katuk leaves based on their geographical location. This developed method is suitable for the identification and authentication of katuk leaves.

Keywords: katuk leaves, FTIR, chemometric, PCA, West Java

PENDAHULUAN

Sumber daya tanaman obat di Indonesia telah banyak dimanfaatkan sebagai bahan obat tradisional secara turun temurun. Meskipun perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi semakin modern, namun masyarakat kini lebih memilih untuk kembali ke alam karena percaya bahwa pengobatan yang aman bagi kesehatan yaitu secara tradisional sehingga dapat mengurangi efek samping yang merugikan. Salah satu obat tradisional yang dimanfaatkan oleh masyarakat adalah daun katuk (*Sauropus androgynus* (L.) Merr.) karena mengandung alkaloid, flavonoid, terpenoid, protein, karbohidrat, asam amino, glikosida, steroid, tanin dan fenolik, steroid. Secara empiris tanaman tersebut dapat dimanfaatkan sebagai antioksidan, pelancar ASI, mengobati penyakit radang dan mengatasi demam (Hayati *et al.*, 2016; Santoso, 2016).

Daun katuk dapat tumbuh di dataran yang rendah sampai dataran yang tinggi. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman yaitu ketinggian letak geografisnya. Perbedaan ketinggian dapat mempengaruhi intensitas cahaya, kelembaban, suhu, maupun jenis tanahnya.

Hal tersebut berpengaruh juga terhadap kandungan senyawa kimia yang terdapat pada tanaman katuk (Santana *et al.*, 2021).

Pengendalian mutu tanaman obat perlu dilakukan agar menghasilkan kualitas tanaman yang baik dan memberikan efek farmakologis. Salah satu cara untuk pengendalian tersebut dapat menggunakan analisis sidik jari. Metode ini dapat memberikan informasi mengenai masing-masing sidik jari dari daun katuk dari daerah yang berbeda yang diperoleh melalui teknik analisis komponen kimia berbentuk spektrogram, kromatogram dan grafik lainnya sebagai penentuan karakteristik tanaman obat. Penentuan komponen kimia perlu dilakukan karena kandungan kimia tanaman obat tergantung pada sumber tanaman, proses pengeringan tanaman dan faktor lainnya (Hayati *et al.*, 2016).

Spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) merupakan pilihan yang tepat, karena mampu mempersingkat waktu dengan efektif dengan kemampuan menganalisis yang baik. Analisis tumbuhan menggunakan FTIR masih terbatas karena kompleksnya matriks dan spektrum yang dihasilkan dan karakteristik kimia suatu sampel dapat digambarkan secara

menyeluruh. Komposisi kimia yang berubah dalam sampel dipengaruhi posisi dan intensitas pada pita spektrum FTIR dengan demikian metode ini mampu membedakan antara tumbuhan satu dan lainnya, walaupun belum diketahui senyawa kimia yang terkandung didalamnya (Purwakusumah *et al.*, 2014). Metode ini dipilih untuk menjamin kualitas bahan baku pada komponen kimia yang dapat menimbulkan aktivitas tertentu pada tanaman obat. Spektrum sidik jari ini dapat memberikan informasi yang lebih akurat dengan mengontrol kualitas bahan baku. Metode ini memiliki berbagai keuntungan, waktu analisis yang efisien, tingginya sensitivitas, tingkat akurasi tinggi, dan reproduibilitas frekuensi baik, dan sebagai alat yang kompleks pada analisis kualitatif dan kuantitatif dengan perangkat lunak kemometrik (Rohman & Man, 2012).

Telah banyak penelitian mengidentifikasi dan membedakan tanaman yang berkerabat dekat dengan cara menggabungkan penggunaan spektrum sidik jari FTIR dengan kemometrik (Amin, 2016; Shafirany *et al.*, 2019). Pola kompleks spektrum IR membuat interpretasi langsung dan visual menjadi sulit sehingga untuk mempermudah, perlu dilakukan teknik kemometrik seperti analisis multivariat (Gad

et al., 2013). *Principal component analysis* (PCA) merupakan salah satu metode kemometrik yang digunakan untuk mengklasifikasi sifat bahan atau zat berdasarkan kesamaan yang dimilikinya sehingga dapat digunakan untuk pengenalan dan pengelompokan pola sampel dari spesies yang berbeda (Puspitasari *et al.*, 2021; Zilhadia *et al.*, 2018).

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka tujuan penelitian ini yaitu mengetahui karakteristik daun katuk dari lima daerah di wilayah Jawa Barat menggunakan metode spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR) yang dikombinasikan dengan Principal Component Analysis (PCA) sehingga diperoleh pengelompokan daun katuk berdasarkan tempat tumbuhnya. Batasan masalah pada penelitian ini melingkupi sidik jari hasil FTIR untuk daun katuk dari daerah Bandung, Sumedang, Bogor, Sukabumi dan Tasikmalaya yang mewakili wilayah di Jawa Barat.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah neraca analitik (Mettler Toledo), *rotary evaporator* (Buchi), spektrofotometer ATR-FTIR (Agilent), perangkat lunak The Unscrambler X 10.4 (*The Unscrambler X*,

2016) dan alat-alat gelas di laboratorium. Bahan yang digunakan adalah etanol 96% (Bratachem) dan daun katuk yang diambil perkebunan di lima daerah yang berada di Jawa Barat yaitu daerah Bandung (Lembang), Sumedang, Bogor, Tasikmalaya, dan Sukabumi

Jalannya Penelitian

Tanaman katuk yang diperoleh dari perkebunan diambil bagian daunnya, kemudian dilakukan sortasi basah dan kering. Sampel kemudian dikeringkan di oven pada suhu 40°C selama 8 jam. Ekstraksi dilakukan secara maserasi menggunakan pelarut etanol 96%. Sampel dari setiap daerah diekstraksi sebanyak lima kali pengulangan sehingga dihasilkan 25 ekstrak. Ekstrak cair yang diperoleh diuapkan dengan *rotary evaporator* hingga pekat. Ekstrak tersebut ditempatkan pada bagian kristal FTIR-ATR kemudian dianalisis pada rentang bilangan gelombang 4000-650 cm^{-1} dengan resolusi 4 cm^{-1} . Nilai transmitan dari spektrum FTIR disimpan dalam format excel. Setiap ekstrak kental diukur sebanyak dua kali sehingga diperoleh 50 data spektrum yang dianalisis lebih lanjut.

Data hasil spektrum FTIR yang diperoleh diolah menggunakan analisis kemometrik menggunakan peranti lunak

Unscrambler X 10.4 dengan menu analisis *Principal Component Analysis* (PCA).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi pengambilan sampel daun katuk berasal dari perkebunan yang berada di lima daerah di Jawa Barat yaitu Bandung (Lembang), Sumedang, Bogor, Sukabumi dan Tasikmalaya yang diambil pada bulan Maret 2022. Kelima daerah tersebut dapat mewakili populasi daun katuk di wilayah Jawa Barat. Daun katuk disortasi basah dan kering, kemudian dibuat simplisia menggunakan oven pada suhu 40°C selama 8 jam. Pembuatan simplisia dengan oven ini memberikan karakteristik yang lebih baik dibandingkan dengan metode pembuatan simplisia yang lainnya (Wahyuni *et al.*, 2014). Proses ekstraksi dilakukan secara maserasi menggunakan pelarut etanol 96% selama 3x24 jam, kemudian dikentalkan dengan menggunakan *rotary evaporator*. Ekstraksi ini bertujuan untuk menarik semua zat dan komponen yang terdapat dalam daun katuk. Proses pemekatan bertujuan meningkatkan sensitivitas respon spektrum FTIR dari ekstrak, sehingga transmitan yang dihasilkan dapat terlihat jelas dan dapat membedakan pola spektrumnya untuk setiap daerah (Purwakusumah *et al.*, 2014). Persentase rendemen ekstrak menunjukkan kemaksimalan dari pelarut dalam menyari

simplisia pada saat ekstraksi. Persentase dengan hasil rata-rata rendemen simplisia ekstrak daun katuk yang diperoleh dari beberapa daerah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rendemen ekstrak daun katuk dari lima daerah di Jawa Barat

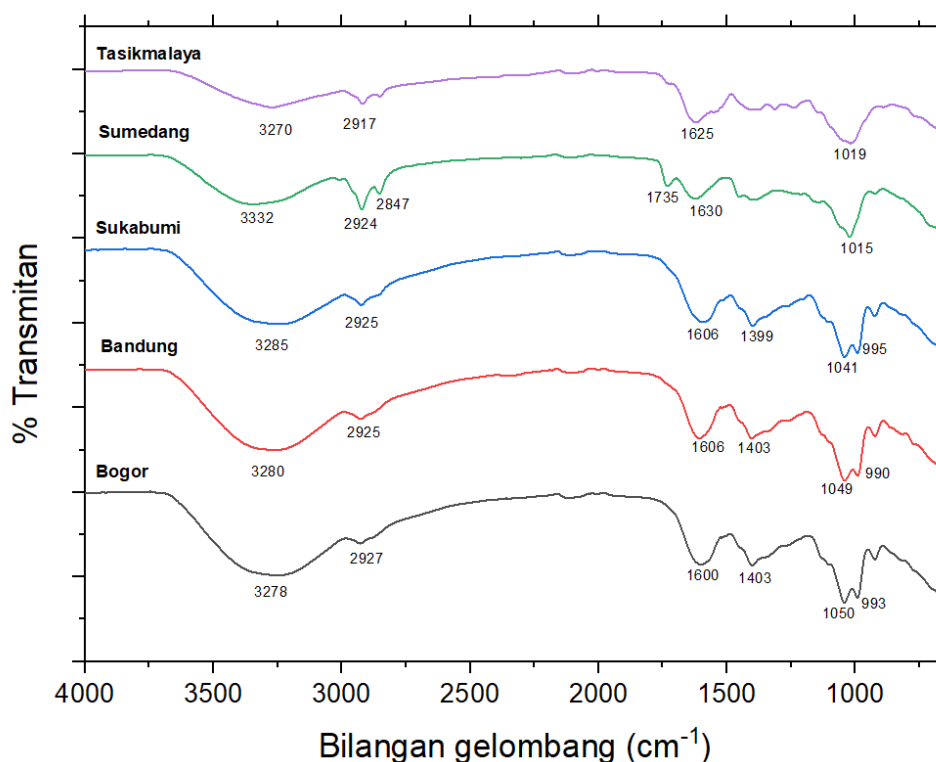
No	Nama Daerah	% Rendemen
1	Bandung	14,92 ± 2,48
2	Sumedang	17,24 ± 4,48
3	Bogor	16,37 ± 4,09
4	Sukabumi	17,12 ± 5,74
5	Tasikmalaya	16,05 ± 3,75

Penelitian kali ini dilakukan pengukuran spektrum FTIR dengan teknik penanganan sampel secara reflektan dan analisis direkam dalam bentuk transmittan. Masing-masing ekstrak daun katuk setiap daerah di *scanning* menggunakan alat FTIR-ATR dan aplikasi *MicroLab Expert* sehingga diperoleh data spektrum FTIR. Sebanyak 10 kali dilakukan *scanning* pada rentang bilangan gelombang 4000-650 cm^{-1} dan resolusi yang digunakan 4 cm^{-1} . Pengukuran pada resolusi tersebut menunjukkan setiap jarak ukur 4 cm^{-1} terdapat satu titik pengukuran intensitas, pemilihan resolusi yang kecil bertujuan agar puncak terlihat jelas, karena semakin kecil resolusi maka puncak akan semakin terlihat jelas. Spektrum dasar (*background*) diukur setiap kali sebelum pengukuran dimulai untuk menghindari adanya variasi spektra

antara sampel yang satu dengan yang lainnya. Spektrum sidik jari FTIR yang dihasilkan merupakan informasi yang sangat kompleks yang dapat menggambarkan sifat kimia dari ekstrak. Perubahan posisi gugus dan intensitasnya dalam spektrum FTIR berhubungan dengan perubahan komposisi kimia bahan (Purwakusumah *et al.*, 2014). Oleh karena itu, spektrum FTIR dapat digunakan untuk membedakan tumbuhan satu dengan tumbuhan lainnya, meskipun komposisi senyawa kimianya tidak diketahui secara pasti. Profil spektrum FTIR dari ekstrak etanol daun katuk yang berasal dari lima daerah memberikan bentuk spektrum yang identik pada beberapa bilangan gelombang (Gambar 1). Berdasarkan analisis dengan spektrofotometri FTIR diperoleh spektrum dengan beberapa puncak pada bilangan gelombang tertentu yang menunjukkan adanya gugus fungsi dan daerah sidik jari yang khas untuk daun katuk (Tabel 2). Spektrum FTIR dapat digunakan untuk tujuan identifikasi dan diskriminasi daun katuk dari berbagai daerah. Dengan membandingkan spektrum FTIR dari lima daerah tersebut dapat diketahui adanya variasi posisi puncak dan intensitasnya. Dari spektrum FTIR tersebut dapat dilihat kesamaan bentuk spektrum untuk daerah

Sukabumi, Bandung dan Bogor. Spektrum FTIR berdasarkan penelitian Kuttinath (2021) juga memberikan pola spektrum yang sama dengan ketiga daerah tersebut (Kuttinath *et al.*, 2021). Sedangkan daun katuk dari Sumedang menghasilkan puncak di bilangan gelombang 2847 dan 1735 cm^{-1} yang dapat membedakan dengan wilayah

lainnya. Daun katuk Tasikmalaya mempunyai bentuk spektrum yang berbeda di rentang 1625-1019 cm^{-1} dibandingkan keempat daerah yang lainnya. Adanya perbedaan puncak tersebut dapat digunakan untuk membedakan daun katuk di setiap daerahnya, hal ini dapat dijadikan ciri khas dari daun katuk di daerah tersebut.



Gambar 1. Spektrum FTIR ekstrak daun katuk dari lima daerah di Jawa Barat

Tabel 2. Gugus fungsi yang diperoleh pada spektrum FTIR daun katuk

No	Bilangan gelombang (cm^{-1})	Gugus fungsi (Silverstein et al., 2005)
1	3270-3332	O-H
2	2917-2927; 1735 dan 1400	CH=O
3	1735 dan 1019-1050	C=C trans
4	1600-1630	C=O

Spektrum FTIR yang dihasilkan sangat bervariasi sehingga sulit untuk membedakan kelima jenis daun katuk dengan hanya menggunakan spektrum FTIR. Oleh karena itu pendekatan kemometrik diperlukan untuk menyederhanakan keseluruhan data membuatnya menjadi lebih mudah

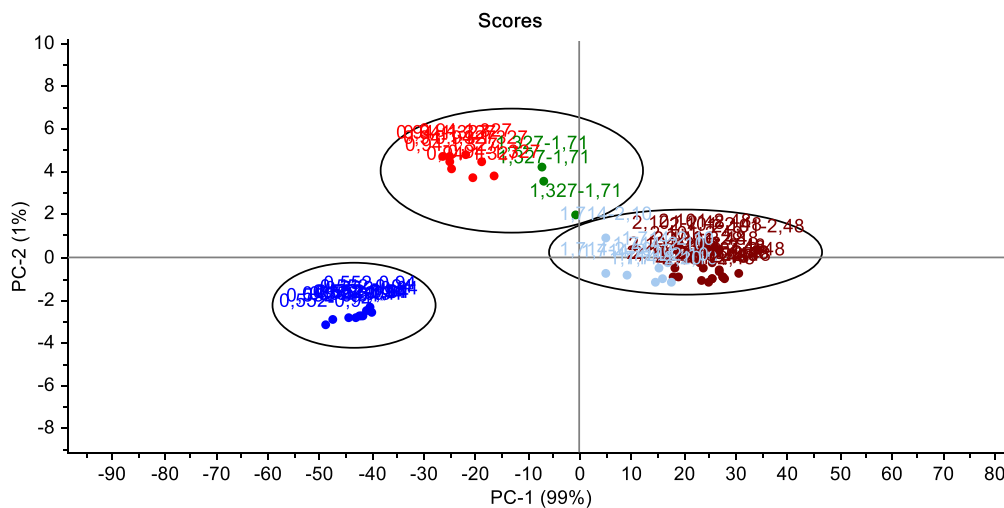
divisualkan dengan reduksi dimensi dari spektrum FTIR yang terbentuk sehingga dapat dilakukan analisis lebih lanjut sehingga terlihat kesamaan serta perbedaan dari setiap daerah (Rohaeti et al., 2021; Umar et al., 2016).

Kombinasi spektrum sidik jari FTIR dengan kemometrik telah banyak dilakukan untuk identifikasi, autentikasi maupun diskriminasi tumbuhan yang berkerabat dekat (Rafi et al., 2020). Analisis PCA adalah teknik kemometri yang memberikan wawasan tentang data yang diperoleh, memungkinkan kita melakukan pengenalan pola untuk mengelompokkan daun katuk berdasarkan daerah asalnya (Miller & Miller, 2005; Rohaeti et al., 2021). Data spektrum FTIR yang akan dibuat model diskriminasinya diberi proses pendahuluan (*pre-processing*) berupa pemrosesan sinyal menggunakan Principal Component Analysis (PCA), hal ini bertujuan untuk menghilangkan variasi dari data yang tidak bersinggungan dengan informasi analisis seperti koreksi garis dasar dan sinyal kebisingan (*noise*) dari spektrum yang dihasilkan (Suhandy & Yulia, 2021). Perlakuan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu kombinasi koreksi garis dasar (*baseline*), *smoothing*, dan *derivate* dari spektrum FTIR pada bilangan gelombang

4000-650 cm^{-1} . Adanya proses pendahuluan akan menyebabkan karakter khas dari spektrum menjadi lebih terkuantisasi sehingga faktor-faktor penciri menjadi semakin spesifik (Purwakusumah et al., 2014). Nilai *score plot* terbaik diberikan oleh model PCA 7 menghasilkan nilai total varians sebesar 100% (*Principal Component* (PC) yaitu PC-1 = 99% dan PC-2 = 1%) (Gambar 3). Komponen utama pertama (PC-1) memiliki varians tertinggi dalam kelompok data, sedangkan PC kedua (PC-) tegak lurus komponen utama pertama dan memiliki varians terbesar berikutnya. Dengan memplot dua varian PC terbesar pertama dalam plot PCA, dapat memperoleh pengelompokan serupa untuk semua sampel (Miller & Miller, 2005). Validasi dilakukan menggunakan metode *cross validation* menghasilkan pengelompokkan daun katuk dilihat dari kuadran yang berdekatan dari tiap daerah. Kedekatan tersebut dihasilkan dari kemiripan bentuk spektrum antara satu daerah dengan yang lainnya sehingga dapat menunjukkan juga kemiripan sifat dan komposisi kimia yang dimilikinya (Rafi et al., 2020). Pengelompokan ini menunjukkan data pengelompokkan antar daun katuk dari berbagai daerah di Jawa Barat sudah valid. Sampel daun katuk asal daerah Sumedang dan Bogor terletak pada kuadran 1, sampel

daun katuk asal daerah Bandung, dan Sukabumi terletak di kuadran 2, sedangkan sampel daun katuk asal daerah Tasikmalaya terletak pada kuadran 3. PC pertama menjelaskan sumber variasi terbesar dalam data (Miller & Miller, 2005). Setiap komponen utama yang dihitung menangkap sebanyak mungkin variasi dalam data. Hasil dari analisis PCA menunjukkan bahwa

perbedaan daerah tempat tumbuh dari daun katuk mempunyai kemiripan yang sama, Nilai eigen yang diperoleh dari hasil PCA terbaik dari perlakuan tersebut adalah PC-1, PC-2 dan PC-3 berturut-turut sebesar 766,52 dan 5,69 dan 1,89. Nilai eigen tersebut memenuhi syarat validasi karena menghasilkan nilai di atas 1 (Rafi *et al.*, 2021).



Gambar 2. Plot PCA sampel daun katuk (Biru: Tasikmalaya; Merah: Sumedang; Hijau: Bogor; Biru muda: Sukabumi; Merah tua: Bandung)

KESIMPULAN

Metode spektrofotometri FTIR yang dikombinasikan dengan PCA dapat mengklasifikasikan masing-masing variabel dari daun katuk dengan menentukan jumlah komponen utama.

Pola sidik jari dari daun katuk dari lima daerah di Jawa Barat dapat dikelompokkan menjadi kelompok 1 (Sumedang, Bogor), kelompok 2 (Sukabumi

dan Bandung), dan kelompok 3 (Tasikmalaya).

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, A. (2016). Determinasi dan Analisis Finger Print Daun Miana (*Coleus scutellarioides* Linn.) Sebagai Bahan Baku Obat Tradisional Dengan Metode Spektroskopi FT-IR dan Kemometrik. *JF FIK UINAM*, 4(2), 58–64.

- Gad, H. A., El-Ahmady, S. H., Abou-Shoer, M. I., & Al-Azizi, M. M. (2013). Application of Chemometrics in Authentication of Herbal Medicines: A review. *Phytochemical Analysis*, 24(1), 1–24. <https://doi.org/10.1002/pca.2378>
- Hayati, A., Arumingtyas, E. L., Indriyani, S., & Hakim, L. (2016). Local knowledge of katuk (*Sauropus androgynus* (L.) Merr) in east Java, Indonesia. *International Journal of Current Pharmaceutical Review and Research*, 7(4), 210–215.
- Kuttinath, S., Murugan, S., & Rammohan, R. (2021). Inhibition of Methicillin Resistant *Staphylococcus aureus* Biofilm by Ethanol Extracts of *Sauropus androgynus* and *Solanum torvum*. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 83(6), 1155–1163. <https://doi.org/10.36468/pharmaceutical-sciences.870>
- Miller, J. N., & Miller, J. C. (2005). Chemometrics for Analytical Chemistry. In *Analytical Chemistry* (5th ed.). Pearson Prentice Hall.
- Puspitasari, L., Mareta, S., & Thalib, A. (2021). Karakterisasi Senyawa Kimia Daun Mint (*Mentha* sp.) dengan Metode FTIR dan Kemometrik. *Sainstech Farma*, 14(1), 5–11.
- Miller, J. N., & Miller, J. C. (2005). Chemometrics for Analytical Chemistry. In *Analytical Chemistry* (5th ed.). Pearson Prentice Hall.
- 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(01), 82–87. <http://dx.doi.org/10.22146/agritech.9526>
- Rafi, M., Karomah, A. H., Heryanto, R., Septaningsih, D. A., Kusuma, W. A., Amran, M. B., Rohman, A., & Prajogo, B. (2020). Metabolite profiling of *Andrographis paniculata* leaves and stem extract using UHPLC-Orbitrap-MS/MS. *Natural Product Research*, 1–5. <https://doi.org/10.1080/14786419.2020.1789637>
- Rafi, M., Nurcahyo, B., Wahyuni, W. T., Arif, Z., Septaningsih, D. A., Putri, S. P., & Fukusaki, E. (2021). Feasibility of UV-Vis Spectral Fingerprinting Combined with Chemometrics for Rapid Detection of *Phyllanthus niruri*

- Adulteration with *Leucaena leucocephala*. *Sains Malaysiana*, 50(4), 997–1006. <https://doi.org/10.17576/jsm-2021-5004-10>
- Rohaeti, E., Karunina, F., & Rafi, M. (2021). Ftir-based fingerprinting and chemometrics for rapid investigation of antioxidant activity from *Syzygium polyanthum* extracts. *Indonesian Journal of Chemistry*, 21(1), 128–136. <https://doi.org/10.22146/ijc.54577>
- Rohman, A., & Man, Y. B. C. (2012). The chemometrics approach applied to FTIR spectral data for the analysis of rice bran oil in extra virgin olive oil. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 110(1), 129–134. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2011.10.010>
- Santana, T., Rahayu, A., & Mulyaningih, Y. (2021). Karakterisasi Morfologi Dan Kualitas Berbagai Aksesori Katuk (*Sauropus androgynus* (L.) Merr.). *Jurnal Agronida*, 7(1), 15–25. <https://doi.org/10.30997/jag.v7i1.4102>
- Santoso, U. (2016). *Katuk, Tumbuhan Multi Khasiat* (Issue June). Badan Penerbit Fakultas Pertanian Unib.
- Shafirany, M. Z., Susilawati, Y., & Musfiroh, I. (2019). Aplikasi Kemometrik dalam Penentuan Mutu Tumbuhan Obat. *Pharmauho: Jurnal Farmasi, Sains, Dan Kesehatan*, 4(2). <https://doi.org/10.33772/pharmauho.v4i2.6257>
- Silverstein, R., Webster, F. X., & Kiemle, D. J. (2005). *Spectrometric Identification of Organic Compounds* (7th ed.).
- Suhandy, D., & Yulia, M. (2021). *Tutorial Analisis Data Spektra Menggunakan The Unscrambler: Bagian 1. Klasifikasi* (Kedua). Graha Ilmu. *The Unscrambler X* (10.4.43636.111). (2016). CAMO Software Inc.
- Umar, Abd. H., Syahrani, R., Burhan, A., Maryam, F., Amin, A., Marwati, & Masero, L. R. (2016). Determinasi Dan Analisis Finger Print Tanaman Murbei (*Morus alba* Lour) Sebagai Bahan Baku Obat Tradisional Dengan Metode Spektroskopi FT-IR Dan Kemometrik. *Pharmacon*, 5(1), 78–90.
- Wahyuni, R., Guswandi, & Rivai, H. (2014). Pengaruh Cara Pengeringan Dengan Oven, Kering Angin dan Cahaya Matahari Langsung Terhadap Mutu Simplisia Herba Sambiloto. *Fakultas Farmasi Universitas*

Andalas (UNAND) Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi (STIFARM) Padang, 6(2), 126–133.

Zilhadia, Z., Kusumaningrum, F., Betha, O. S., & Supandi, S. (2018). Diferensiasi Gelatin Sapi dan Gelatin Babi pada Gummy Vitamin C Menggunakan Metode Kombinasi Spektroskopi Fourier Transform Infrared (FTIR) dan Principal Component Analysis (PCA). *Pharmaceutical Sciences and Research, 5(2), 90–96.*
<https://doi.org/10.7454/psr.v5i2.4013>