

KLASIFIKASI DAUN BIDURI (*Calotropis gigantea* L.) DARI LOKASI BERBEDA MENGGUNAKAN SPEKTROSKOPI INFRAMERAH DAN KEMOMETRIK**Hafni Zahara¹, Taufiq Karma^{2*}, Farzila Novia¹, Mansura Febi Amanda¹, M Rony Syahputra¹, Muhammad Yusuf³**¹Program Studi Kesehatan Masyarakat, Universitas Abulyatama, Aceh Besar, Indonesia²Program Studi Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Universitas Abulyatama, Aceh Besar, Indonesia³Program Studi Farmasi, STIKes Assyifa Aceh, Banda Aceh, Indonesia*Email: taufiqkarma_fkm@abulyatama.ac.id**Article History:**

Received: September 23, 2022

Revised: May 4, 2023

Accepted: May 18, 2023

Published: December 12, 2023

ABSTRACT

In this study, FTIR spectroscopy paired with PCA was utilized to differentiate biduri plants from different places. All biduri leaf samples from each location were then obtained for their FTIR spectrum in the wave number range of 4000-400 cm⁻¹ and pretreated with the 1st derivative. The preprocessed spectrum was then examined using HCA and PCA chemometric methods; based on the HCA classification results, the biduri samples were divided into three groups, but the selected groups were unable to identify the biduri samples from the geothermal manifestation area. The PCA findings displayed in the plot scores then successfully classified the biduri leaf samples into four groups, with a total variance explained by 63% (PC1 44% and PC2 19%). This developed method can be used to correctly identify biduri plants originating from the geothermal manifestation area of Mount Seulawah Agam, allowing it to be concluded that environmental conditions in the geothermal manifestation area of Mount Seulawah Agam affect the content of secondary metabolites present in biduri plants, as evidenced by the PCA plot, which shows samples from geothermal and non-geothermal locations forming their respective groups.

Keywords: Biduri, chemometrics, HCA, PCA**PENDAHULUAN**

Tanaman biduri (*Calotropis Gigantea* L.) adalah tanaman yang kaya kandungan metabolit sekunder yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan obat (Novia dkk., 2021). Tanaman ini merupakan tanaman yang mudah didapatkan karena tanaman ini tumbuh liar di daerah dataran rendah dan merupakan tanaman semak yang banyak tumbuh di daerah beriklim tropis, dan banyak dimanfaatkan masyarakat sebagai obat tradisional diantaranya sebagai obat sakit gigi, obat masuk angin dan obat batuk dan asma (Noviyanty dkk., 2020).

Tanaman biduri diketahui dapat tumbuh di lokasi manifestasi geotermal gunung seulawah agam, hal ini menjadi menarik karena kawasan manifestasi geotermal merupakan salah satu kawasan yang memiliki karakteristik yang berbeda dengan kawasan lain, karena kondisi di kawasan manifestasi geotermal termasuk dalam kondisi yang terbilang ekstrim, sehingga tanaman yang tumbuh disekitar manifestasi geotermal harus bisa mengatasi tekanan abiotik ekstrem yang terdapat pada lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Baillie dkk., 2018), dengan kondisi di kawasan geotermal tersebut tentu saja akan memberikan pengaruh terhadap metabolit sekunder yang terkandung didalam tanaman biduri yang tumbuh di kawasan tersebut.

Tanaman biduri yang tumbuh di kawasan manifestasi geotermal tentu akan memiliki perbedaan dengan tanaman biduri yang berasal dari kawasan non geotermal, untuk mengidentifikasi perbedaan yang terjadi ini beberapa metode telah dikembangkan, spektroskopi FTIR berpotensi sebagai metode analisis untuk mengidentifikasi tumbuhan yang berasal dari lingkungan yang berbeda, hal ini berdasarkan pada bukti bahwa spektrum IR merupakan suatu pola *fingerprint* sehingga spektrum yang dihasilkan merupakan ciri dari komposisinya (Sanchez dkk., 2018). Namun, diperlukan pendekatan statistic multivariat untuk menganalisa data spektrum FTIR untuk dapat mengekstraksi informasi yang dibutuhkan (Jiménez-Carvelo dkk., 2019).

Telah banyak penelitian yang melaporkan hasil dari kombinasi FTIR - kemometrik dengan tujuan identifikasi tumbuhan, seperti membedakan asal geografis tumbuhan *Papaver Somniferum* (Turner dkk., 2009), *Portulaca Oleracea* (Zhu dkk., 2010), *Mentha pulegium L.* (Kanakis dkk., 2012). Selain untuk analisis perbedaan geografis asal teknik kemometrik juga dilakukan untuk diskriminasi taksonomi tumbuhan yang berkerabat dekat seperti identifikasi yang dilakukan oleh Liu dkk., (2008) penelitian yang dilakukan adalah diskriminasi taksonomi tumbuhan *Panax ginseng*, *Cultivated ginseng*, *mountain cultivated ginseng* dan *mountain wild ginseng*. Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sejauh ini belum ada penelitian terkait identifikasi perbedaan tumbuhan biduri dari kawasan geothermal khususnya dimanifestasi geothermal Seulawah Agam dengan tumbuhan biduri dari kawasan non geothermal.

Berdasarkan uraian diatas, peneliti tertarik untuk melakukan identifikasi dan autentifikasi tanaman biduri yang berasal dari Kawasan yang berbeda dengan metode spektroskopi FTIR dan kemometrik, pada penelitian ini sampel yang digunakan adalah ekstrak etanol daun biduri, kemudian ekstrak ini yang akan di akuisisi spektrum FTIRnya karena pelarut etanol dapat menarik banyak senyawa yang ada di dalam sampel.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah simplisia daun biduri dan pelarut etanol 90% sebanyak 18 liter. Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat alat maserasi, *rotary evaporator* (Buchi R-100) untuk memperoleh ekstrak etanol pekat daun biduri, akuisisi spektrum inframerah dilakukan dengan menggunakan instrumen FTIR (IRPrestige-21 Shimadzu), analisa kemometrik dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak software Uncreambler[®] 10.4 (CAMO SA, Osio, Norwegia) dan Python 3.8.

Lokasi Sampling

Sampel pada penelitian ini adalah daun tumbuhan biduri yang diperoleh dari beberapa lokasi geotermal dan non geotermal, lokasi geotermal yang menjadi titik sampling diantaranya adalah Ie Brook, Ie Jue, Ie Seuum yang masuk kedalam sistem gunung api Seulawah Agam di Kabupaten Aceh Besar dan satu lagi adalah gotermal Jaboi yang berada di Pulau Sabang. Sedangkan lokasi sampling kawasan non geotermal adalah kawasan pantai Lhong dan kawasan Lam Baro.

Tabel 1. Lokasi Sampling Daun Biduri

No	Lokasi	Kode Sampel	Kawasan
1		IJ1	
2	Ie Jue	IJ2	
3		IJ3	
4		IS1	
5	Ie Seuum	IS2	Geotermal Seulawah
6		IS3	
7		IB1	
8	Ie Brook	IB2	
9		IB3	
10		J1	
11	Jaboi	J2	Geotermal Jaboi
12		J3	
13		Lh1	
14	Lhong	Lh2	Pantai
15		Lh3	
16		Lb1	
17	Lambaro	Lb2	Nongeotermal
18		Lb3	

Preparasi dan Ekstraksi Sampel

Sampel daun biduri yang telah di ambil dari setiap lokasi kemudian dicuci dan dikering anginkan selama 14 hari, setelah 14 hari sampel dihaluskan dengan hingga berbentuk serbuk simplisia, sampel serbuk daun biduri kemudian di ekstrak dengan metode maserasi selama 48 jam menggunakan pelarut etanol 96%. Setelah 14 jam sampel disaring untuk mendapatkan filtratnya, kemudian filtrat yang telah diperoleh diuapkan pelarutnya dengan menggunakan *Rotary Evaporator* untuk mendapatkan ekstrak kental daun biduri.

Akuisisi Spektrum FTIR

Sampel yang dianalisis FTIR adalah serbuk simplisia daun biduri, sampel diukur pada panjang gelombang 4000 – 400 Cm^{-1} . total spektrum FTIR dari ke 6 lokasi adalah 18 spektrum. Data spektrum yang diperoleh kemudian disimpan dalam format excel (xlsx) untuk dianalisis lebih lanjut.

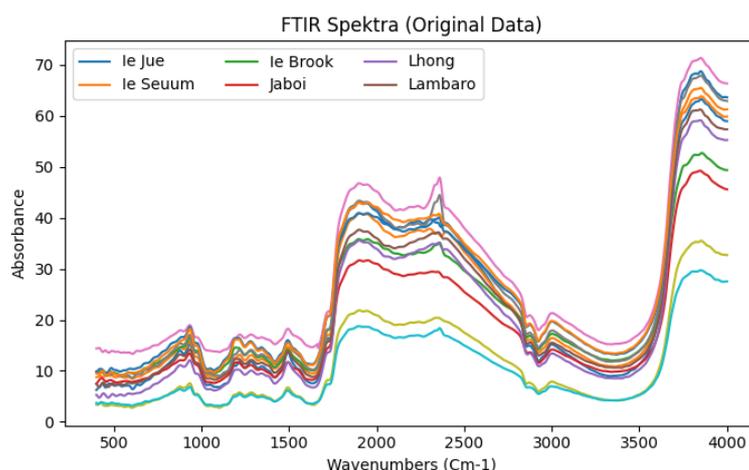
Analisa Kemometrik

Tahap awal analisa kemometrik adalah dengan perlakuan pendahuluan yaitu preprocessing data yang dilakukan pada setiap spektrum FTIR (IRPrestige-21 Shimadzu) dengan metode derivative 1st. Pembuatan model discriminant untuk mengidentifikasi lokasi asal tumbuhan biduri dengan menggunakan data pada bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} . Metode analisis kemometrik yang digunakan yaitu *Hierarchical cluster Analysis (HCA)*, *Principal Component Analysis (PCA)*, analisis dilakukan dengan menggunakan software Uncreambler[®] 10.4 (CAMO SA, Osio, Norwegia) dan peranti lunak python 3.8.2 (Adi dkk., 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spektrum FTIR daun Biduri

Sampel daun biduri yang diukur dengan Instrumen FTIR adalah sampel serbuk daun biduri, pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 4000 – 400 cm^{-1} . Spektrum FTIR serbuk simplisia daun biduri yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 1. Spektrum FTIR Daun Biduri

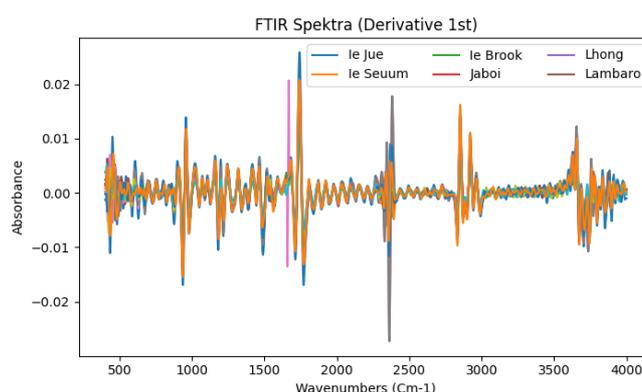
Berdasarkan Gambar 1, dapat dilihat spektrum FTIR daun biduri yang diperoleh dari berbagai lokasi, secara umum semua sampel daun biduri baik dari kawasan geotermal dan non geotermal menunjukkan pola absorbansi spektrum yang sama. Pola spektrum ini menunjukkan bahwa semua sampel biduri memiliki gugus fungsi yang sama pula. Dari spektrum Inframerah dapat dilihat bahwa adanya absorbansi pada bilangan gelombang 3000 – 3700 cm^{-1} menandakan adanya gugus fungsi O-H (Suresh dkk., 2016), kemudian adanya gugus fungsi C-C Aromatik pada bilangan gelombang 3100 – 3000 cm^{-1} , dan gugus fungsi C-H alifatik (Suresh dkk., 2016), gugus fungsi C=O pada 1740-1700 cm^{-1} (Smith dkk., 2019), gugus fungsi C=C alkena pada 1680-1600 cm^{-1} (Hands dkk., 2016), C=C aromatic pada bilangan gelombang 1600-1475 cm^{-1} (Smith dkk., 2019), gugus $-\text{CH}_3$ pada bilangan gelombang 1400-1325 cm^{-1} (Thummajitsakul dkk., 2020), dan gugus fungsi C-O pada bilangan gelombang 1100-1000 cm^{-1} (Thummajitsakul dkk., 2020). Gambar 4.3 adalah spektrum FTIR yang telah di *Preprocessing* dengan teknik turunan pertama (Derivative 1st). Perbedaan spektrum FTIR daun biduri dapat dilihat berdasarkan serapan khas pada tabel berikut.

Tabel 2. Puncak Khas pada Spektrum FTIR Daun Biduri

No	Sampel	Gugus Fungsi							
		O - H	C - H aromatik	C -H alifatik	C=O	C=C	C=C aromatik	C-N	C-O
1	Ie Brook	3392	2925	2857	1730	1632	1417	1246	1031
2	Ie Jue	3345	2924	2857	1725	1637	1416	1246	1068
3	Ie Seuum	3396	2924	2858	1726	1635	1515	1247	1071
4	Jaboi	3394	2924	2858	1735	1629	1518	1321	1101
5	Lhong	3405	2923	2855	1703	1646	1418	1248	1102
6	Lambaro	3358	2924	2857	1746	1637	1417	1246	1100

Berdasarkan data pada Tabel 2, dapat dilihat perbedaan puncak serapan dari spektrum FTIR daun biduri yang berasal dari geografis yang berbeda, berdasarkan tabel tersebut menggambarkan bahwa perbedaan antar sampel tidak terlalu signifikan, karena serapan gugus fungsi dari setiap sampel sama, berdasarkan gambar 1 dapat disimpulkan bahwa perbedaan spektrum FTIR daun biduri terlihat pada intensitas serapan gugus fungsi.

Untuk analisa kemometri, data spektrum terlebih dahulu data spektrum FTIR di berikan tindakan pendahuluan atau *preprocessing* data. Untuk analisa kemometri, data spektrum FTIR di berikan tindakan pendahuluan atau *preprocessing*.



Gambar 2. Spektrum FTIR Daun Biduri setelah diberi Perlakuan Pendahuluan Derivative 1st

Gambar 2 menunjukkan spektrum yang telah dipreprocessing dengan menggunakan metode turunan Pertama Savitzky-Golay, metode turunan pertama ini dapat digunakan untuk memperjelas puncak dan lembah spectra FTIR/NIR (Cen & He, 2007), memisahkan puncak yang overlapping (tumpang tindih) dan menghilangkan efek variasi spectra. Derivative 1st dapat digunakan untuk menghilangkan *background* dan meningkatkan resolusi spectra serta menghilangkan noise yang diakibatkan perbedaan ukuran partikel di dalam ekstrak.

Analisa Kemometrik

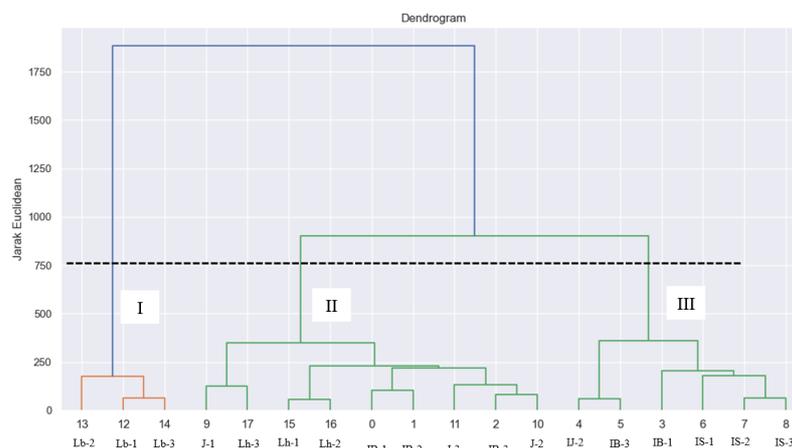
Mengidentifikasi perbedaan lokasi tumbuhan tanaman biduri menjadi penting dilakukan untuk mengetahui respon tumbuhan biduri terhadap kondisi lingkungan. Tanaman biduri sebagai salah satu tumbuhan yang potensial sebagai bahan baku obat karena kaya kandungan senyawa metabolit sekunder sehingga sangat penting untuk melihat perbedaan tanaman biduri yang berasal dari lokasi dengan kondisi geografis yang berbeda. Hal ini tidak terlepas dari kenyataan bahwa senyawa metabolit sekunder merupakan hasil interaksi antara tumbuhan dengan lingkungan (Liu dkk., 2018). Tanaman biduri dapat tumbuh di berbagai lokasi yang

berbeda kondisi geografisnya, seperti kawasan pantai, kawasan lereng bukit, dan bahkan kawasan yang ekstrim seperti di kawasan manifestasi geotermal gunung api seulawah agam.

Kawasan manifestasi seulawah agam yang memiliki kondisi geografis yang ekstrim, tentunya secara teoritis akan mempengaruhi kandungan senyawa metabolit sekunder yang ada di dalam tumbuhan biduri. Sehingga diperlukan suatu metode analisis yang dapat digunakan untuk melihat perbedaan tumbuhan biduri yang berasal dari berbagai lokasi, untuk itu dibutuhkan suatu *fingerprint* atau penanda yang dapat membedakan tumbuhan biduri yang berasal dari lokasi yang berbeda. saat ini kombinasi FTIR-kemometrik menjadi pilihan yang cukup baik dalam mencapai tujuan diatas. Metode kemometrik yang digunakan pada untuk menganalisa tumbuhan biduri pada penelitian ini adalah HCA dan PCA.

Hierarchical cluster Analysis (HCA)

HCA dikenal juga dengan analisis gerombol merupakan salah satu jenis metode pengenalan pola tak terawasi yang sering digunakan oleh para peneliti untuk mengklasifikasikan sampel, dan mengidentifikasi kemiripan dari sampel-sampel yang dianalisis (Egbueri, 2020). Hasil pengelompokan dengan menggunakan teknik HCA ditunjukkan pada gambar 3, berdasarkan dendrogram yang diperoleh, terbentuk 3 kelompok data namun belum berhasil mengidentifikasi perbedaan daun biduri yang berasal dari kawasan manifestasi geotermal Gunung Seulawah agam.



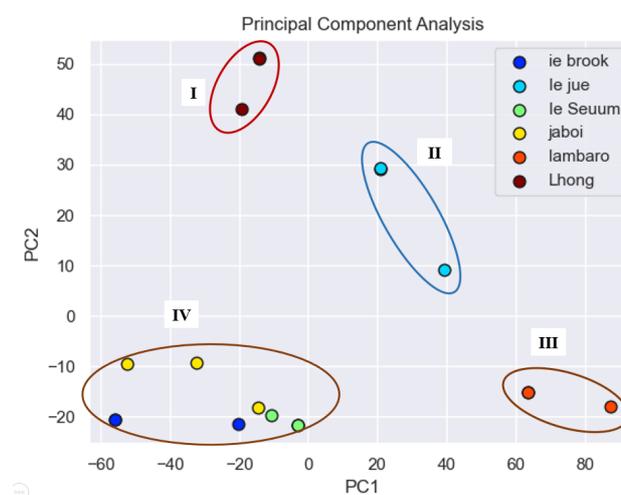
Gambar 3. Hasil Pengelompokan Daun biduri dengan HCA

Berdasarkan dendrogram pada Gambar 3, terbentuk 3 klaster sampel biduri, dimana kalater pertama, merupakan sampel terdiri dari sampel dari kawasan Lambaro,Lambaro secara geografis merupakan kawasan non geotermal dan berada jauh dari pantai. Klaster ke II adalah

kelompok data yang berasal dari sampel geothermal Jaboi, Ie Brook dan Lhong, dari klaster II yang terbentuk ini tidak terlihat adanya pola pengelompokan yang unik, dimana sampel dari kawasan berbeda berkumpul menjadi dalam 1 kelompok, hal ini mengindikasikan beberapa kemungkinan yaitu adanya kesamaan daun biduri dari ketiga lokasi tersebut atau Metode HCA blum maksimal dalam mengidentifikasi Perbedaan geoGrafis asal daun biduri. Klaster terakhir adalah klaster III, klaster ini terdiri dari sampel daun biduri dari kawasan manifestasi geothermal Ie Seuum dan manifeasti geothermal Ie Jue kedua manifestasi ini termasuk kedalam lokasi manifestasi Gunung Seulawah Agam, sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan metode HCA belum dapat secara maksimal mengidentifikasi daun biduri dari kawasan manifestasi Gunung Seulawah Agam, metode HCA berhasil mengidentifikasi 2 dari 3 lokasi manifestasi di kawasan Gunug Seulawah.

Principal Component Analysis (PCA)

Tujuan dari penggunaan teknik PCA adalah untuk mengetahui hubungan antar sampel daun biduri yang diambil dari berbagai lokasi dengan cara mengklasifikasikan sampel. PCA merupakan teknik pengenalan pola tak terawasi yang dapat digunakan untuk mereduksi data dan menggali informasi dengan tujuan menemukan faktor yang dapat menjelaskan suatu kencerungan yang ada didalam suatu set data (Gad dkk., 2013). Metode PCA dapat digunakan untuk pembuatan model diskrimansi satu tanaman yang berkerabat dekat, dalam penelitian ini teknik PCA digunakan untuk mengklasifikasikan tanaman biduri untuk melihat perbedaan daun biduri yang berasal dari kawasan gunung api seulawah agam. Gambar 4 menunjukkan bahwa plot PCA menjelaskan total varian sebesar 63% hasil dari akumulasi PC1 44% dan PC2 19%.



Gambar 4. Skor Plot PCA

Berdasarkan skor plot PCA pada Gambar 4, terlihat pola pengelompokan setidaknya terbentuk 4 kelompok data, Kelompok I adalah kelompok yang berisi data spektrum FTIR daun biduri yang berasal dari lhong yang merupakan kawasan pantai, Kelompok II adalah kelompok yang terdiri dari data spektrum dari kawasan manifestasi Ie jue (Geothermal Seulawah), kemudian kelompok ke III adalah spektrum FTIR daun biduri dari kawasan Lambaro, dan kelompok IV adalah kelompok yang terdiri dari data spektrum daun biduri yang berasal dari kawasan manifestasi Ie Jue, Ie Brook dan dari kawasan manifestasi jaboi. Berdasarkan pada kelompok IV yang terdiri dari sampel dari 3 lokasi, hal ini mengindikasikan bahwa ketiga lokasi memiliki karakteristik kimia yang mirip satu sama lain.

Dari hasil skor plot PCA, dapat dilihat klasifikasi dimana sampel geotermal dan non geotermal dapat terpisah dengan baik, selain itu juga sampel di kawasan pantai dan yang jauh dari pantai juga terpisah dengan baik, plot ini cukup menggambarkan perbedaan asal geografis sampel daun biduri. Namun, klasifikasi sampel dari kawasan geothermal terbagi dalam 2 kelompok, yaitu kelompok ke-II yang berisi sampel dari kawasan manifestasi Ie Jue, dan Kelompok ke-IV yang terdiri dari sampel manifestasi geothermal Ie Brook, Ie seeum, dan Jaboi. Hal ini dapat terjadi kemungkinan karena ada pengaruh perbedaan kandungan pada air di lokasi manifestasi tersebut dan selain itu juga dipengaruhi oleh suhu. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Idroes dkk., (2019) melaporkan bahwa pada manifestasi geothermal Ie Jue memiliki kandungan sulfat yang cukup dominan di dalam airnya, selain itu suhu di lokasi geothermal Ie Jue merupakan yang paling tinggi dibandingkan lokasi manifestasi lain di kawasan gunung seulawah Agam. Sampel daun biduri dari kawasan manifestasi Ie Jue terpisah dari kawasan manifestasi lainnya dimungkinkan disebabkan oleh perbedaan kandungan dominant didalam air di lokasi manifestasi yang lain, seperti lokasi manifestasi Ie Seuum yang memiliki kandungan dominan klorida (Idroes dkk., 2019), dan lokasi manifestasi Ie Brook memiliki kandungan dominant bikarbonat (Idroes dkk., 2019).

KESIMPULAN

Kombinasi spektrum FTIR dengan metode klasifikasi PCA berhasil mengidentifikasi tumbuhan biduri yang berasal dari Kawasan/lokasi yang berbeda, berdasarkan hasil klasifikasi dengan HCA sampel biduri membentuk 3 kelompok, namun kelompok yang terbentuk belum dapat mengidentifikasi sampel biduri dari kawasan manifestasi geothermal. Kemudian hasil dari PCA yang ditunjukkan dalam skor plot berhasil mengklasifikasikan sampel daun biduri

kedalam 4 kelompok dengan varian total yang mampu dijelaskan sebesar 63% (PC1 44% dan PC2 19%).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia yang telah membiayai penelitian ini melalui Hibah penelitian Dosen Pemula (PDP) tahun 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, D. S., Hwang, S. W., Pramasari, D. A., Amin, Y., Cipta, H., Damayanti, R., Dwianto, W., & Sugiyama, J. (2020). Anatomical properties and near infrared spectra characteristics of four shorea species from Indonesia. *HAYATI Journal of Biosciences*, 27(3), 247–257. <https://doi.org/10.4308/hjb.27.3.247>
- Baillie, C. K., Kaufholdt, D., Meinen, R., Hu, B., Rennenberg, H., Hänsch, R., & Bloem, E. (2018). Surviving Volcanic environments-interaction of soil mineral content and plant element composition. *Frontiers in Environmental Science*, 6(JUN). <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00052>
- Cen, H., & He, Y. (2007). Theory and application of near infrared reflectance spectroscopy in determination of food quality. *Trends in Food Science and Technology*, 18(2), 72–83. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.09.003>
- Egbueri, J. C. (2020). Groundwater quality assessment using pollution index of groundwater (PIG), ecological risk index (ERI) and hierarchical cluster analysis (HCA): a case study. *Groundwater for Sustainable Development*, 10, 100292.
- 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>
- Hands, J. R., Clemens, G., Stables, R., Ashton, K., Brodbelt, A., Davis, C., Dawson, T. P., Jenkinson, M. D., Lea, R. W., & Walker, C. (2016). Brain tumour differentiation: rapid stratified serum diagnostics via attenuated total reflection Fourier-transform infrared spectroscopy. *Journal of Neuro-Oncology*, 127(3), 463–472.
- Jiménez-Carvelo, A. M., Lozano, V. A., & Olivieri, A. C. (2019). Comparative chemometric analysis of fluorescence and near infrared spectroscopies for authenticity confirmation and geographical origin of Argentinean extra virgin olive oils. *Food Control*, 96, 22–28.
- Kanakis, C. D., Petrakis, E. A., Kimbaris, A. C., Pappas, C., Tarantilis, P. A., & Polissiou, M. G. (2012). Classification of Greek Mentha pulegium L.(Pennyroyal) samples, according to geographical location by Fourier transform infrared spectroscopy. *Phytochemical Analysis*, 23(1), 34–43.
- Liu, D., Li, Y.-G., Xu, H., Sun, S.-Q., & Wang, Z.-T. (2008). Differentiation of the root of Cultivated Ginseng, Mountain Cultivated Ginseng and Mountain Wild Ginseng using FT-IR and two-dimensional correlation IR spectroscopy. *Journal of Molecular Structure*, 883–884, 228–235. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2008.02.025>

- Liu, W., Wang, D., Hou, X., Yang, Y., Xue, X., Jia, Q., Zhang, L., Zhao, W., & Yin, D. (2018). Effects of Growing Location on the Contents of Main Active Components and Antioxidant Activity of *Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb. by Chemometric Methods. *Chemistry and Biodiversity*, 15(7). <https://doi.org/10.1002/cbdv.201800114>
- Novia, F., Kala, P. R., Rukmana, S. M., & Karma, T. (2021). Penentuan Kadar Flavonoid Total Ekstrak Etanol Daun Biduri (*Calotropis gigantea* L.). *Jurnal KANAKA*, 1(1), 1–4.
- Noviyanty, Y., Agustian, Y., Bengkulu, A. F. A., Analis, A., Harapan, K., & Bengkulu, B. (2020). Identifikasi dan penetapan kadar senyawa tanin pada ekstrak daun biduri (*Calotropis gigantea*) metode spektrofotometri Uv-Vis. *Vol*, 6, 57–64.
- Sanchez, P. M., Pauli, E. D., Scheel, G. L., Rakocevic, M., Bruns, R. E., & Scarminio, I. S. (2018). Irrigation and light access effects on *Coffea arabica* L. leaves by FTIR-chemometric analysis. *Journal of The Brazilian Chemical Society*, 29(1), 168–176.
- Smith, M. J., Holmes-Smith, A. S., & Lennard, F. (2019). Development of non-destructive methodology using ATR-FTIR with PCA to differentiate between historical Pacific barkcloth. *Journal of Cultural Heritage*, 39, 32–41. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.culher.2019.03.006>
- Suresh, S., Karthikeyan, S., & Jayamoorthy, K. (2016). FTIR and multivariate analysis to study the effect of bulk and nano copper oxide on peanut plant leaves. *Journal of Science: Advanced Materials and Devices*, 1(3), 343–350. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsamd.2016.08.004>
- Thummajitsakul, S., Samaikam, S., Tacha, S., & Silprasit, K. (2020). Study on FTIR spectroscopy, total phenolic content, antioxidant activity and anti-amylase activity of extracts and different tea forms of *Garcinia schomburgkiana* leaves. *LWT*, 134, 110005. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110005>
- Turner, N. W., Cauchi, M., Piletska, E. V, Preston, C., & Piletsky, S. A. (2009). Rapid qualitative and quantitative analysis of opiates in extract of poppy head via FTIR and chemometrics: Towards in-field sensors. *Biosensors and Bioelectronics*, 24(11), 3322–3328.
- Zhu, H., Wang, Y., Liu, Y., Xia, Y., & Tang, T. (2010). Analysis of flavonoids in *Portulaca oleracea* L. by UV–vis spectrophotometry with comparative study on different extraction technologies. *Food Analytical Methods*, 3(2), 90–97.