



**Analisis sidik jari herba pegagan (*Centella asiatica* (L.) Urb) di daerah Jawa Barat menggunakan metode spektrofotometri FTIR kombinasi dengan PCA**

***Fingerprint analysis of Centella asiatica (L.) Urb in West Java using FTIR spectrophotometry method combination with PCA***

Ivan Andriansyah<sup>1</sup>, Hasna Fadhilah Gumilar<sup>1\*</sup>, Anne Yuliantini<sup>1</sup>, Dadang Juanda<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Program Studi S1 farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Bhakti Kencana, Indonesia  
\*corresponding author: [ivan.andriansyah@bku.ac.id](mailto:ivan.andriansyah@bku.ac.id)

Received: 9<sup>th</sup> September, 2022 | accepted: 27<sup>th</sup> November, 2022

**ABSTRAK**

Pegagan merupakan tanaman yang memiliki banyak manfaat dan termasuk kedalam 50 jenis tanaman obat yang sering digunakan sebagai obat tradisional. Kurangnya kontrol kualitas obat tradisional dapat mengakibatkan banyaknya kecurangan. Pendekatan multikomponen seperti pola sidik jari dapat digunakan untuk pengendalian kualitas bahan baku obat tradisional. Tujuan penelitian adalah untuk menentukan pola sidik jari pegagan menggunakan metode FTIR dikombinasikan dengan PCA. Metode yang digunakan yaitu pengukuran spektrum menggunakan FTIR pada bilangan gelombang 4000-650  $\text{cm}^{-1}$  dengan resolusi 4  $\text{cm}^{-1}$ . Pola sidik jari herba pegagan di Jawa Barat didapatkan scores plot nilai PC-1 terhadap PC-2 81% (PC-1 45% dan PC-2 36%) herba pegagan daerah Jawa Barat tidak dapat berada dalam satu kuadran yang sama, herba pegagan daerah Sumedang berada pada kuadran satu, daerah Bandung, Pangandaran dan Sukabumi berada pada kuadran dua dan Bogor berada pada kuadran tiga. Validasi analisis PCA menunjukkan *Score plot* 73% (PC-1 44% dan PC-2 29%) dan nilai *eigen value* PC-1 dan PC-2 berturut-turut sebesar 3,379 dan 2,705. Metode FTIR dikombinasi PCA dapat mengklasifikasikan masing-masing variabel dari setiap tanaman dengan menentukan jumlah komponen utama yang terpilih. Diperoleh profil sidik jari ekstrak etanol 96% herba pegagan di daerah Jawa Barat menggunakan FTIR diperoleh hasil spektrum dari 5 jenis sampel tersebut, kombinasi dengan PCA. Profil sidik jari dalam *Score plot* menunjukkan pegagan sumedang memiliki perbedaan dengan daerah Bandung, Bogor, Pangandaran, dan Sukabumi.

**Kata kunci:** analisis sidik jari; FTIR; kemometrik; PCA; pegagan

## ABSTRACT

*Centella asiatica* is a plant that has many benefits and is included in 50 types of medicinal plants that are often used as traditional medicine. Lack of quality control of traditional medicine can lead to a lot of fraud. A multi-component approach such as fingerprint patterns can be used for quality control of traditional medicinal raw materials. The purpose of this study was to determine the fingerprint pattern of *Centella asiatica* using the FTIR method combined with PCA. The method used is the measurement of the spectrum using FTIR at wave numbers 4000-650  $\text{cm}^{-1}$  with a resolution of 4  $\text{cm}^{-1}$ . The fingerprint pattern of *Centella asiatica* in West Java obtained scores plot values of PC-1 against PC-2 81% (PC-1 45% and PC-2 36%) West Java *Centella asiatica* herbs cannot be in the same quadrant, *Centella asiatica* Sumedang area is in quadrant one, Bandung, Pangandaran and Sukabumi areas are in quadrant two and Bogor is in quadrant three. The validation of the PCA analysis showed a plot score of 73% (PC-1 44% and PC-2 29%) and the eigenvalues of PC-1 and PC-2 were 3.379 and 2.705, respectively. The FTIR method combined with PCA can classify each variabel from each plant by determining the number of selected main components. Obtained fingerprint profile of 96% ethanol extract of *Centella asiatica* herb in the area of West Java using FTIR obtained spectrum results from these 5 types of samples, combined with PCA. The fingerprint profile in the Score plot shows that Sumedang *Centella asiatica* has differences with the areas of Bandung, Bogor, Pangandaran, and Sukabumi.

**Keywords:** *centella asiatica*; chemometrics; fingerprint analysis; FTIR; PCA

## PENDAHULUAN/INTRODUCTION

Negara Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki keragaman hayati terbesar di dunia (Cahaya Himawan et al., 2012). Indonesia memiliki kurang lebih 7.000 dari 30.000 jenis tumbuhan yang dapat digunakan sebagai bahan obat tradisional (Adiyasa & Meiyanti, 2021). Dari kekayaan hayati tersebut masyarakat telah mengenal berbagai obat tradisional terutama dari tumbuhan, salah satu tumbuhan yang sering digunakan yaitu pegagan.

Pegagan merupakan tumbuhan yang termasuk ke dalam suku Umbelliferae atau Apiaceae (Maruzy et al., 2020). Pegagan memiliki berbagai manfaat seperti antimikroba, antiinflamasi, antioksidan, antidiabetes dan lainnya (Swintari et al., 2017). Pegagan memiliki beberapa kandungan seperti flavonoid, alkaloid, tanin dan saponin (Yusof et al., 2021). Zat aktif utama dalam pegagan

yaitu triterpenoid, asiatikosida, asam asiatik, madekosida dan asam madekasik (Jatayu et al., 2018). Pegagan termasuk ke dalam 50 jenis tanaman obat yang sering digunakan sebagai obat tradisional, dimana kebutuhan simplisia pegagan untuk industri jamu mencapai 126 ton per tahun dan berada pada urutan ke-13 dari 152 jenis simplisia (Sutardi, 2017).

Semakin banyaknya masyarakat yang menerapkan gaya hidup *Back to Nature* pemanfaatan obat tradisional semakin meningkat (Yulina, 2017) akan tetapi mutu dari obat tradisional ini harus ditingkatkan (Sutardi, 2017). Adapun kesulitannya terdapat pada banyaknya kandungan senyawa kimia dalam tumbuhan obat membuat pengendalian mutu sulit untuk dilaksanakan. Oleh karena itu dapat memungkinkan terjadinya pemalsuan obat tradisional apabila terjadi penurunan pasokan bahan baku suatu

tanaman obat (Laksono et al., 2021). Pemalsuan obat herbal biasanya dilakukan dengan mencampurkan dengan tumbuhan yang memiliki morfologi sama atau berkerabat dekat. Oleh sebab itu, perlu adanya metode pengendalian mutu yang dapat menunjukkan ciri spesifik dari suatu tanaman obat, sehingga mampu menghasilkan suatu produk yang bermutu terkait konsistensi kualitas, khasiat, dan keamanannya (Mohamad Rafi et al., 2017).

Terdapat dua metode umum yang sering digunakan untuk pengendalian kualitas bahan baku obat tradisional yaitu dengan cara pendekatan analisis senyawa aktif dengan menunjukkan kadar senyawa aktif didalam tumbuhan akan tetapi jumlah senyawa penanda yang terbatas menjadi kendala dalam metode tersebut. Pendekatan analisis senyawa aktif tersebut telah dilakukan oleh (Maruzy et al., 2020) dengan penentuan profil senyawa kimia pegagan dengan turunannya menggunakan metode Kromatografi Lapis tipis (KLT) dengan senyawa triterpenoid sebagai parameter dari *Centella asiatica*.

Pendekatan lain yang dapat digunakan yaitu pendekatan multikomponen dengan melihat pola spektrum sidik jari, hasil dari pendekatan tersebut memberikan informasi yang realistis dan akurat (Purwakusumah et al., 2014). Analisis sidik jari merupakan pendekatan berdasarkan pola, yang dapat mengungkapkan semua senyawa yang terdeteksi dalam tumbuhan (Ma et al., 2011; Sudrajat et al., 2020). Salah satu metode yang dapat digunakan untuk

melihat pola spektrum sidik jari adalah spektrofotometri FTIR.

Selain metode diatas bisa juga menggunakan metode Spektrofotometri FTIR merupakan suatu teknik analisis memiliki beberapa kelebihan yaitu cepat, sederhana, mudah dan murah (Umar et al., 2016). Hasil dari spektrum FTIR merupakan informasi data yang sangat kompleks sehingga dapat menggambarkan secara menyeluruh sifat kimia suatu bahan (Mahmuda et al., 2020).

Perubahan yang terjadi pada posisi pita dan intensitas yang didapat dalam spektrum FTIR dapat berhubungan langsung dengan komposisi kimia dalam suatu tumbuhan, sehingga spektrum FTIR dapat digunakan untuk membedakan jenis tumbuhan walaupun komposisi senyawa dalam tumbuhan tersebut belum diketahui secara pasti (Sun et al., 2010). Seperti penelitian yang dilakukan oleh (Purwakusumah et al., 2014) mengenai indentifikasi dan autentikasi jahe merah, (Yasir et al., 2022) mengenai profil sidik jari variasi ekstrak manggis, dan (Umar et al., 2016) mengenai determinasi dan analisis sidik jari daun miani.

Pola spektrum yang kompleks menyebabkan interpretasi data menjadi tidak mudah sehingga perlu adanya penambahan 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 (Zilhadia et al., 2018).

Telah dilakukan penelitian mengenai sidik jari herba pegagan dari beberapa tempat tumbuh di daerah Sulawesi Selatan dengan menggunakan FTIR oleh (Burhan et al., 2022) tetapi belum adanya penelitian mengenai sidik jari herba pegagan di daerah Jawa Barat. Tujuan penelitian ini adalah membuat profil sidik jari herba pegagan (*Centella asiatica* L.) secara keseluruhan yang berada di lima daerah Jawa Barat seperti Bandung, Bogor, Pangandaran, Sukabumi dan Sumedang menggunakan spektrofotometri FTIR dengan rentang 4000-650  $\text{cm}^{-1}$  dikombinasi dengan PCA.

#### **METODOLOGI/METHODOLOGY**

Tahapan penelitian meliputi persiapan bahan, preparasi sampel, pengukuran spektrum inframerah, pembuatan model sidik jari secara kemometrik. Pengumpulan bahan baku yang diambil dari petani atau perkebunan langsung dari lima daerah di Jawa Barat yaitu Bandung, Bogor, Pangandaran, Sukabumi dan Sumedang. Pengambilan sampel di lima daerah tersebut dapat mewakili Jawa Barat. Sampel kemudian determinasi di Laboratorium Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati Institut Teknologi Bandung. Selanjutnya dilakukan preparasi sampel yaitu ekstraksi menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 96%. Ekstrak yang dihasilkan berupa ekstrak cair, sehingga perlu dilakukan pemekatan ekstrak menggunakan *rotary evaporator*, dan sisa pelarut dikurangi menggunakan cawan uap di atas *water bath*. Analisis sampel dilakukan menggunakan alat FTIR tipe Agilent Cary 630, USA dibaca pada frekuensi 4000-650  $\text{cm}^{-1}$  resolusi 4  $\text{cm}^{-1}$

dengan teknik reflectance. Data yang didapat berupa spektrum yang kemudian dilakukan pembuatan model sidik jari secara metode kemometrik dengan metode *Principal Component Analysis* (PCA). Hasil analisis PCA ini berupa *Score plot* dan *loading plot*.

#### **HASIL DAN PEMBAHASAN/RESULTS AND DISCUSSION**

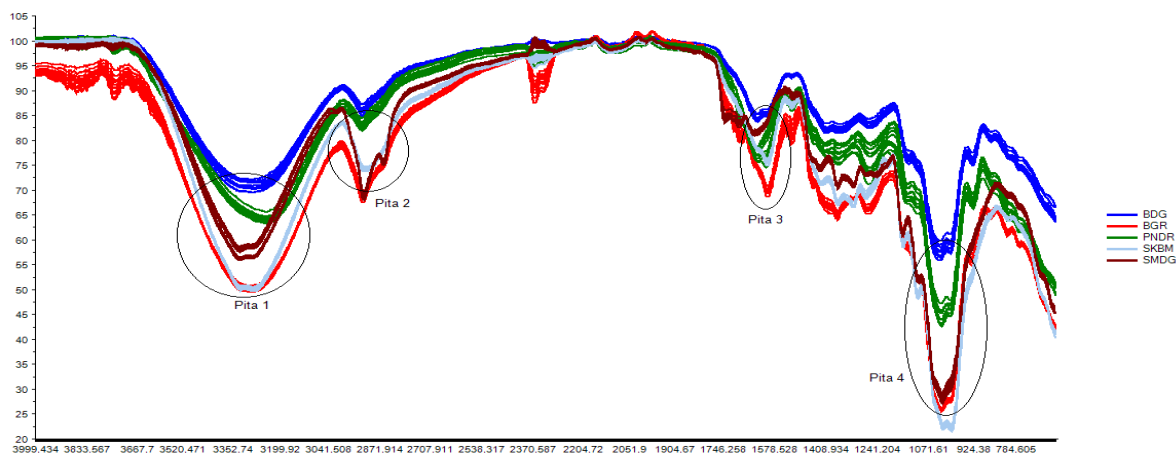
Penelitian ini bertujuan untuk membuat profil sidik jari herba pegagan di daerah Jawa Barat menggunakan metode spektrofotometri FTIR yang dikombinasikan dengan *Principal Component Analysis* (PCA). Penelitian dilakukan dengan tahap persiapan bahan baku, preparasi sampel, pengukuran spektrum menggunakan FTIR dan pembuatan pola sidik jari secara kemometrik. Ekstrak herba pegagan dengan pelarut etanol 96% bertujuan untuk menarik keseluruhan komponen kimia dari polar hingga non polar dalam tumbuhan (Muttaqin et al., 2018).

##### **1. Pola spektrum FTIR**

Pola spektrum sampel dilakukan dengan teknik penanganan sampel secara Reflektance dan analisis direkam dalam bentuk transmittan. Data spektra IR diperoleh hasil scanning dengan alat FTIR tipe Agilent Cary 630, USA dan aplikasi MicroLab Expert pada bilangan gelombang 4000-650  $\text{cm}^{-1}$  dengan resolusi 4  $\text{cm}^{-1}$ . Setiap daerah diuji sebanyak 15 kali pengulangan didapatkan hasil sebanyak 1798 titik data. Setiap jarak ukur 4  $\text{cm}^{-1}$  terdapat satu titik pengukuran intensitas. Pemilihan resolusi yang kecil bertujuan agar puncak terlihat jelas, semakin kecil resolusi maka

puncak akan semakin terlihat jelas.  
Pengukuran spektrum dasar

(background) dilakukan sebelum  
pengukuran sampel.



**Gambar 1.** Puncak FTIR pada pola spektrum ekstrak herba pegagan dari daerah Bandung, Bogor, Pangandaran, Sukabumi dan Sumedang

**Gambar 1.** menunjukkan persamaan puncak pada pola spektrum ekstrak herba pegagan puncak pada pita satu bilangan gelombang 3352-3220  $\text{cm}^{-1}$  nampak disebabkan oleh gugus O-H, puncak pita satu daerah Bogor dan Sukabumi memiliki intensitas transmittan yang paling besar. Pita dua dengan bilangan gelombang 2925-2909  $\text{cm}^{-1}$  merupakan puncak disebabkan oleh gugus fungsi C-H dimana daerah Bandung dan Pangandaran memiliki intensitas transmittan yang paling rendah. Pita ketiga bilangan gelombang 1640-1578  $\text{cm}^{-1}$  merupakan puncak yang nampak gugus C=C aromatik. Berdasarkan literatur yang didapat menandakan adanya senyawa aromatik seperti flavonoid (Ardila et al., 2017). Pada daerah pita serapan Bogor memiliki puncak dengan intensitas transmittan yang paling besar (pita berwarna merah).

Pita empat bilangan gelombang 1023-1071  $\text{cm}^{-1}$  merupakan puncak dengan

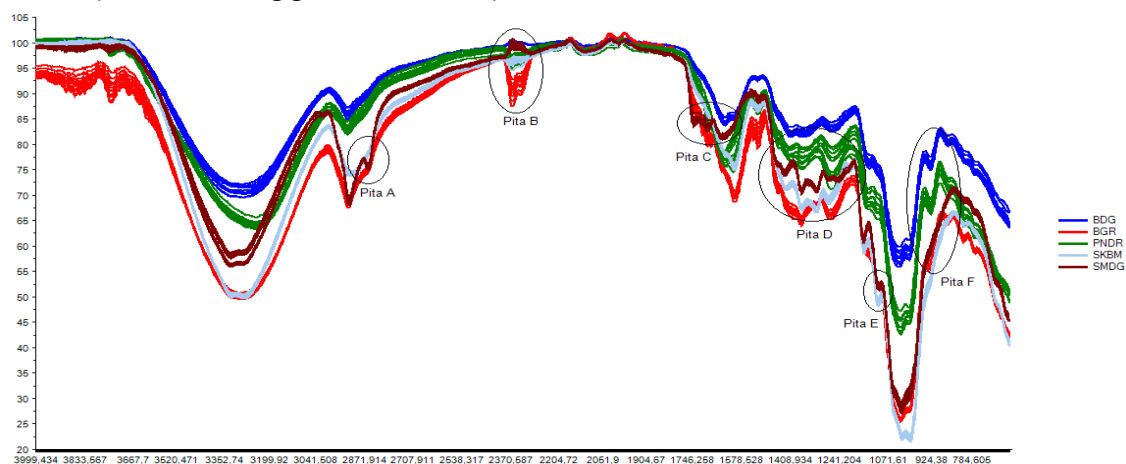
intensitas kuat vibrasi ulur gugus C-O, puncak serapan dengan intensitas terbesar ada pada daerah Sukabumi (pita biru muda). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Handayani et al., 2018) menyatakan bahwa gugus fungsi yang paling berpengaruh terhadap aktivitas antioksidan ekstrak pegagan yaitu gugus fungsi C-O dari senyawa fenolik. Persamaan puncak dalam pola spektrum pegagan di masing-masing daerah dapat memastikan bahwa sampel merupakan pegagan sedangkan perbedaan puncak dalam pola spektrum pegagan dari masing-masing daerah dapat memperlihatkan perbedaan komponen atau ciri khas dari masing-masing daerah tersebut.

Perubahan yang terjadi pada posisi pita dan intensitasnya dalam spektrum FT-IR akan berhubungan dengan perubahan komposisi kimia dalam suatu sampel (Umar et al., 2016). Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Safrina et al., 2019) menyatakan



bahwa kadar asiatikosida simplisia pegagan dipengaruhi oleh ketinggian tempat tumbuh, dimana tempat tumbuh pada ketinggian 600 mdpl

menghasilkan kadar asiatikosida lebih tinggi dibandingkan ketinggian 900 mdpl.



**Gambar 2.** Perbedaan puncak pada pola spektrum ekstrak herba pegagan dari daerah Bandung, Bogor, Pangandaran, Sukabumi dan Sumedang

**Gambar 2.** menunjukkan beberapa perbedaan puncak pola spektrum ekstrak herba pegagan dari 5 daerah. Pita A memiliki puncak pada bilangan gelombang  $2871\text{ cm}^{-1}$  hanya dimiliki oleh daerah Sumedang. Pita serapan B dengan bilangan gelombang  $2370\text{ cm}^{-1}$  memiliki puncak dengan perbedaan intensitas transmittan cukup signifikan untuk masing-masing daerah terutama pada pegagan daerah Bogor.

Pita C bilangan gelombang  $1746\text{ cm}^{-1}$  daerah Sumedang dan Bogor memiliki beberapa puncak sedangkan daerah Bandung, Pangandaran dan Sukabumi tidak memiliki puncak pada bilangan gelombang tersebut. Pita D bilangan gelombang  $1408\text{-}1241\text{ cm}^{-1}$  masing-masing daerah memiliki beberapa puncak yang berbeda.

Pita E puncak dengan bilangan gelombang  $1071\text{ cm}^{-1}$  hanya dimiliki pegagan daerah Sukabumi dan Sumedang. Pita F pegagan daerah Bandung, Bogor dan Pangandaran

memiliki puncak pada bilangan gelombang  $924\text{ cm}^{-1}$  sedangkan pada daerah Sumedang dan Sukabumi tidak terdapat puncak.

Menurut (Prmono S & D. Ajiastuti, 2004) tempat tumbuh sangat berpengaruh terutama pada kuantitas kandungan kimia yang terdapat dalam suatu tanaman. Faktor internal dapat berupa bagian tanaman yang dipanen dan umur tanaman, sedangkan faktor eksternal seperti jenis tanah, ketinggian tempat, curah hujan, intensitas cahaya, jarak tanam, pemupukan, waktu panen, dan pengolahan pasca panen.

## 2. Analisis Kemometrik

PCA dapat mereduksi data yang berukuran besar menjadi komponen utama atau principal component (PC) yang dapat mewakili struktur dan varians dalam data (Miller & Miller, 2005).

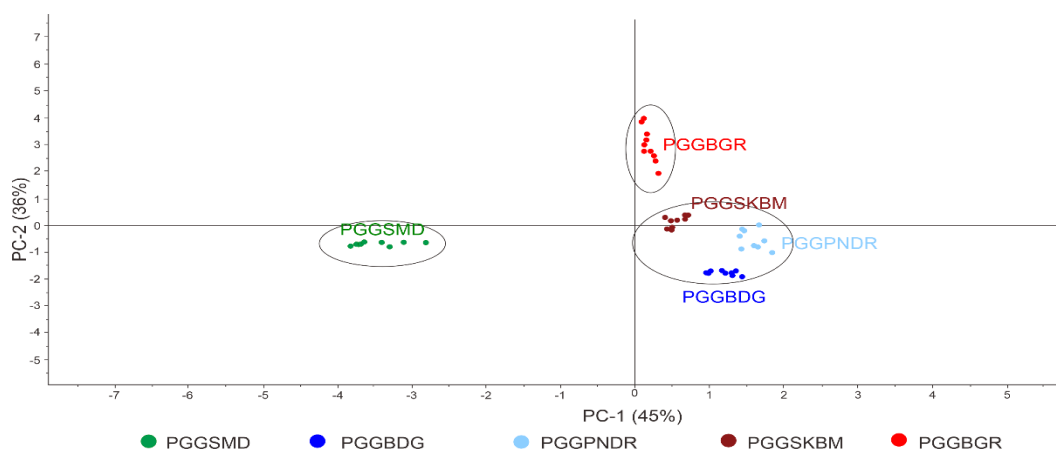
Hasil dari PCA ditampilkan dalam bentuk plot yang menunjukkan pengelompokan dari hasil spektrum FTIR. Metode ini dilakukan dengan software *The Unscrambler X 10.4*. Validasi dilakukan menggunakan *cross validation*.

Hasil dari Spektrum FTIR dilakukan *preprocessing* dengan tujuan untuk menghilangkan noise, meningkatkan resolusi spektrum yang berimpitan atau memperbaiki informasi data. *Preprocessing* yang dilakukan yaitu *baseline* untuk menghindari adanya masalah yang disebabkan pergeseran garis dasar (Purwakusumah et al., 2014) dimana

*baseline* spektrum dapat menyimpang dari nilai ideal karena pengaruh suhu, ketidaksesuaian alat. Kemudian *smoothing Savitsky Golay* untuk memperhalus spektrum yang didapatkan dan *derivate Savitsky Golay* untuk meningkatkan perbedaan spektra-spektra yang sangat kecil.

### 3. Plot Score Ekstrak Pegagan

Hasil yang didapat dari *Score plot* PCA yaitu diperoleh 3 PC. Namun data yang digunakan hanya data PC-1 terhadap PC-2 karena diperoleh hasil pengelompokan yang baik dibandingkan dengan PC-1 terhadap PC-3.



**Gambar 3.** *Score plot* ekstrak herba pegagan

**Gambar 3.** merupakan plot score dari ekstrak pegagan dari lima daerah. Hasil kurva *Score plot* PC-1 terhadap PC-2 mewakili varians 81% (PC-1 45% dan PC-2 36%). Hal ini menunjukkan bahwa herba pegagan dari tiap daerah tidak dapat berkumpul pada satu kuadran yang sama karena masing-masing daerah memiliki karakter atau jumlah komponen yang berbeda, dapat dilihat dari

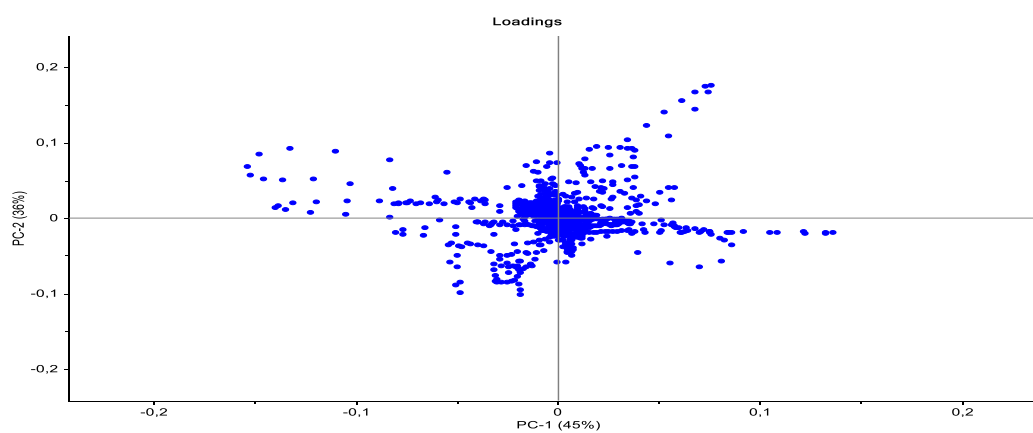
perbedaan titik perkumpulan pegagan antar daerah.

Pada herba pegagan daerah Sumedang berada pada kuadran satu, daerah Bandung, Pangandaran dan Sukabumi berada pada kuadran dua dan Bogor berada pada kuadran tiga. Plot untuk dua nilai awal biasanya paling banyak digunakan dalam analisis karena kedua komponen utama ini mengandung paling banyak

variasi dalam data (Bella Simbolon et al., 2013).

Jarak antara sampel menunjukkan kesamaan antar sampel. Semakin jauh jarak, maka semakin sedikit kesamaan yang dimiliki antara sampel tersebut, jika semakin dekat letak antara sampel pada *Score plot*, maka semakin besar kemiripan di antara sampel tersebut (Andriansyah et al., 2021).

#### 4. Loading plot Ekstrak Pegagan



**Gambar 4.** Loading plot ekstrak herba pegagan

**Gambar 4.** merupakan *loading plot* ekstrak herba pegagan. Nilai loading memberikan indikasi variabel asli mana yang sangat penting atau mempengaruhi pembentukan komponen utama sebagai variabel baru. Semakin tinggi nilai loading dari suatu variabel baru maka semakin besar pula pengaruhnya terhadap pembentukan variabel baru (Mayapada et al., 2019)

Penentuan jumlah komponen utama yang terpilih dapat didasarkan pada 3 kriteria yaitu dengan melihat titik pada *Score plot*, nilai eigen >1, dan keragaman kumulatif (Mayapada et al., 2019). Komponen utama yang terbentuk

*Loading plot* digunakan untuk menentukan variabel gugus fungsi yang paling berkontribusi dalam pembentukan nilai principal komponen. Kontribusi variabel gugus fungsi dalam *loading plot* dapat dilihat dari jarak yang digunakan. Semakin jauh jarak satu variabel dari titik awal atau titik 0,0 maka kontribusi variabel terhadap proses PCA akan semakin besar (Umar et al., 2016).

ditentukan dengan memilih nilai eigen >1. PC-1 dan PC-2 memiliki nilai *eigen value* sebesar 3,379 dan 2,705 nilai eigen yang lebih dari 1 dapat diartikan sebagai komponen utama yang berpengaruh signifikan.

#### SIMPULAN/CONCLUSION

Diperoleh profil sidik jari ekstrak etanol 96% herba pegagan di daerah Jawa Barat menggunakan FTIR diperoleh hasil spektrum dari 5 jenis sampel tersebut, kombinasi dengan PCA menunjukkan *scores plot* nilai PC-1 terhadap PC-2 81% (PC-1 45% dan PC-2 36%). Profil sidik jari dalam *Score plot* menunjukkan pegagan sumedang memiliki perbedaan dengan daerah



Bandung, Bogor, Pangandaran, dan Sukabumi.

## UCAPAN TERIMA KASIH/ ACKNOWLEDGEMENT

Tim peneliti mengucapkan terima kasih atas pendanaan penelitian ini melalui Riset Internal oleh LPPM Universitas Bhakti Kencana pada tahun 2022.

## DAFTAR PUSTAKA/REFERENCES

- Adiyasa, M. R., & Meiyanti, M. (2021). Pemanfaatan obat tradisional di Indonesia: distribusi dan faktor demografis yang berpengaruh. *Jurnal Biomedika Dan Kesehatan*, 4(3), 130–138. <https://doi.org/10.18051/JBIOMEDKES.2021.V4.130-138>
- Andriansyah, I., Wijaya, H. N. M., & Purwaniati, P. (2021). Analisis Adulteran Pada Kopi Luwak Dengan Metode Fourier Transform Infrared (FTIR). *Jurnal Kimia Riset*, 6(1), 26–37. <https://doi.org/10.20473/jkr.v6i1.23397>
- Ardila, A., Chairani, I., Nurdiati, N., & Fitriyah, N. H. (2017). Fabrikasi Nanopartikel Herbal Dalam Tablet Effervescent Menggunakan Metode Solvent Emulsification Diffusion Kombinasi High Speed Homogenizer. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*.
- Bella Simbolon, Kartini Pakpahan, & Siswarni MZ. (2013). Kajian Pemanfaatan Biji Kopi (Arabika) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(3), 44–50. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i3.1450>
- Burhan, A., Hikma, N., Syahrini, R., & Palembangan Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi Makassar, M. (2022). Profil komponen senyawa herba pegagan (*Centella Asiatica L.*) dari beberapa tempat tumbuh di daerah sulawesi selatan dengan analisis sidik jari menggunakan FTIR. *Jurnal Ilmiah Farmasi Farmasyifa*, 5(2), 203–211. <https://doi.org/10.29313/jiff.v5i2.9716>
- Cahaya Himawan, H., Surjana, V., & Prawira, L. (2012). Karakterisasi dan Identifikasi Komponen Kimia Rimpang Kunyit (*Curcuma domestica Val.*) Sebagai Inhibitor Bakteri Patogen. *FITOFARMAKA: Jurnal Ilmiah Farmasi*, 2(2), 116–125. <https://doi.org/10.33751/jf.v2i2.166>
- 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. In *Phytochemical Analysis* (Vol. 24, Issue 1, pp. 1–24). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/pca.2378>
- Handayani, H., Rafi, M., & Yuliana, N. D. (2018). Profil Spektrum FTIR dan Aktivitas Antioksidan Pegagan (*Centella asiatica*) dengan Perlakuan Pengeringan yang Berbeda. Institut Pertanian Bogor.
- Jatayu, D., Nursyam, H., Maizar, A., & Hertika, S. (2018). Antioxidant Effect of *Centella asiatica* Ethanolic Extract to Superoxide Dismutase (SOD) Level on *Cyprinus carpio* Liver. *Research Journal of Life Science*, 5(3), 163–172. <https://doi.org/10.21776/UB.RJLS.2018.005.03.4>
- Laksono, M. T., Hayati, K., & Artikel, S. (2021). Analisis Sidik Jari Kromatografi Lapis Tipis Tanaman Anting-Anting (*Acalypha indica L.*). *ALCHEMY*, 9(2), 54–62. <https://doi.org/10.18860/AL.V9I2.11613>
- Mahmuda, S., Afendi, F. M., & Universitas, M. R. (2020). Kajian Statistika Data Spektrum FTIR Meniran (*Phyllanthus niruri*) Asal Pulau Jawa. *Jurnal Statistika Teori Dan Aplikasi: Biomedics, Industry & Business And Social Statistics*, 14(1), 25–37.
- Maruzy, A., Budiarti, M., & Subositi, D. (2020). Autentikasi *Centella asiatica (L.) Urb.* (Pegagan) dan Adulterannya Berdasarkan Karakter Makroskopis, Mikroskopis, dan Profil Kimia. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 19–30. <https://doi.org/10.22435/JKI.V10I1.1830>

- Mayapada, R., Tinungki, G. M., & Sunusi, N. (2019). Penerapan Sparse Principal Component Analysis dalam Menghasilkan Matriks Loading yang Sparse. *Jurnal Matematika, Statistika Dan Komputasi*, 15(2), 44–53. <https://doi.org/10.20956/JMSK.V15I2.5713>
- Miller, J. N. (James N. ), & Miller, J. C. (Jane C. (2005). *Statistics and chemometrics for analytical chemistry* (Fifth Edition). Pearson Education.
- Mohamad Rafi, Rudi Heryanto, & Dewi Anggraini Septiningsih. (2017). *Atlas Kromatografi Lapis Tipis Tumbuhan Obat Indonesia* (1st ed.). IPB Press.
- Muttaqin, F. Z., Aida, N., & Asnawi, A. (2018). Deteksi Adulteran Pada Bahan Baku Sediaan Temulawak (Curcuma xanthorrhiza ROXB) Instan Secara Tlc Fingerprint Analysis. *PHARMACY: Jurnal Farmasi Indonesia (Pharmaceutical Journal of Indonesia)*, 15(1), 38–49. <https://doi.org/10.30595/PHARMACY.V15I1.3059>
- Pramono S, & D. Ajiastuti. (2004). Standardisasi ekstrak herba pegagan (*Centella asiatica*.(L.).Urban) berdasarkan kadar asia-tikosida secara KLT-densitometri Standardization of pegagan extract (*Centella asiatica* (L.) Urban) based on asiaticoside content using TLC-densitometric method. *Majalah Farmasi Indonesia*, 15(3), 118–123.
- Purwakusumah, E. D., Rafi, M., Syafitri, U. D., Nurcholis, W., Agung, M., & Adzkiya, Z. (2014). Identifikasi dan Autentikasi Jahe Merah Menggunakan Kombinasi Spektroskopi FTIR dan Kemometrik. *Agritech*, 34(01), 82–87. <https://doi.org/10.22146/agritech.9526>
- Safrina, D., Farida, S., Brotojoyo, E., & Kamila, I. (2019). Pengaruh Ketinggian Tempat Tumbuh dan Metode Pengeringan Terhadap Organoleptik dan Kadar Asiatikosid Pegagan (*Centella asiatica* (L) Urb). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 8(3), 208–213. <https://doi.org/10.23960/JTEP-L.V8I3.208-213>
- Sudrajat, F. R., Mutakin, M., Saputri, F. A., & Shalihah, A. (2020). Review: Analisis Sidik Jari Dalam Kontrol Kualitas Tumbuhan. *Farmaka*, 18(2), 95–104. <https://doi.org/10.24198/FARMAKA.V18I2.27368>
- Sun, S., Chen, J., Zhou, Q., Lu, G., & Chan, K. (2010). Application of mid-infrared spectroscopy in the quality control of traditional Chinese medicines. *Planta Medica*, 76(17), 1987–1996. <https://doi.org/10.1055/S-0030-1250520>
- Sutardi, S. (2017). Kandungan Bahan Aktif Tanaman Pegagan dan Khasiatnya untuk Meningkatkan Sistem Imun Tubuh. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 35(3), 121. <https://doi.org/10.21082/jp3.v35n3.2016.p121-130>
- Swintari, N. W., Yuliet, Y., & Khaerati, K. (2017). Aktivitas Kombinasi Ekstrak Etanol Daun Sirsak (*Annona muricata* L.) Dan Daun Pegagan (*Centella asiatica* L.Urb) Terhadap Kelarutan Kalsium Batu Ginjal Secara In Vitro. *Jurnal Farmasi Galenika (Galenika Journal of Pharmacy) (e-Journal)*, 3(1), 34–42. <https://doi.org/10.22487/j24428744.2017.v3.i1.8137>
- Umar, A., Syahrini, R., Burhan, A., Maryam, F., Amin, A., Rassang Masero, L., Farmasi Kebangsaan Makassar, A., & Tinggi Ilmu Farmasi Makassar, S. (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), 11227. <https://doi.org/10.35799/PHA.5.2016.11227>
- Yasir, B., Purwaningsih, D., Rumata, R., Wahyuddin, N., Ar, M. A., Hikmah, N., Rahman, F., & Hendrarti, W. (2022). Application Chemometrics-Assisted Fingerprinting Profiling of Extract Variation from Mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) Using FTIR Method.



- Journal of Pharmaceutical and Medicinal Sciences*, 6(2), 50–53.  
<https://doi.org/10.32814/JPMS.V6I2.134>
- Yulina, I. K. (2017). Back to Nature: Kemajuan atau Kemunduran. *Mangifera Edu*, 2(1), 20–31.  
<https://doi.org/10.31943/mangiferae.du.v2i1.15>
- Yusof, N. N. M., Idris, K., Tg Abdul Rahman, T. A. F., Adnan, L. A., & Abd Aziz, N. A. (2021). Spectroscopy Analysis of Antimicrobial Compound in Centella Asiatica Extract. *Malaysian Journal of Science Health & Technology*, 7, 2601–2604.  
<https://doi.org/10.33102/mjosht.v7i.110>
- 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), 6.  
<https://doi.org/10.7454/psr.v5i2.4013>