Sinteza eISSN : 2797-8133
Jurnal Farmasi Klinis dan Sains Bahan Alam
Vol.6, No.2, Agustus 2026, Hal. 121-131

Pengaruh Ukuran Partikel Simplisia Daun *Rhizophora mucronata* terhadap Profil FTIR yang Dikombinasi dengan Kemometrik

Lina Permatasari[1,*] Neneng Rachmalia Izzatul Mukhlishah[1], Legis Ocktaviana Saputri[2], Selvira Anandia Intan Maulidya[1], Alfini Junaida[1], Risma Fitriani[1], Dzakiyyah Sulthanah Ahmad[1], Nisa Isnaini[1]

[1]Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia
[2]Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia
**Corresponding author: Lina Permatasari email:Lina.permatasari@unram.ac.id*

Submitted: 27-03-2026 *Revised:* 27-07-2026 *Accepted:* 28-07-2026
DOI: 10.29408/sinteza.v6i2.34383

ABSTRAK

Rhizophora mucronata leaves contain various secondary metabolites that contribute to several pharmacological activities. The extraction efficiency and metabolite composition can be influenced by several factors, including the particle size of plant materials. This study aimed to evaluate the effect of particle size of *R. mucronata* leaves on their secondary metabolite composition using Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy combined with chemometric analysis. Dried leaves were ground and sieved into different particle sizes (4000 µm, 2000 µm, 500 µm, 177 µm, and 105 µm) using mesh sizes 5, 10, 35, 80, and 140. Each sample was extracted by ultrasound-assisted extraction (UAE) using 96% ethanol. The chemical profiles of the extracts were analyzed using FTIR spectroscopy. The dominant wavenumbers were further evaluated using Principal Component Analysis (PCA) and Hierarchical Cluster Analysis (HCA). The results showed that smaller particle sizes produced higher extraction yields. FTIR spectra revealed the presence of functional groups including O–H, C=O, C–O, and aromatic groups. Biplot on PCA indicated that O–H and C=O functional groups strongly influenced samples with particle sizes of 500 µm and 105 µm. The score plot classified the five samples into three groups: 105 µm and 500 µm (Group I), 2000 µm and 4000 µm (Group II), and 177 µm (Group III). Meanwhile HCA revealed high similarity (79.49%) between the 105 µm and 500 µm samples, while the sample 4000 µm and 105 µm showed low similarity (24.50%). These findings indicate that particle size significantly influences the composition of extracted secondary metabolites.

Keywords: *Rhizophora mucronata*, Particle size, Fourier transform infrared spectroscopy, Principal component analysis, Hierarchical cluster analysis

PENDAHULUAN

Mangrove adalah tanaman yang dapat tumbuh di sepanjang garis pantai tropis dan subtropis. Mangrove dapat tumbuh di habitat payau dan asin. Hutan mangrove ditemukan di 124 negara dan wilayah, salah satunya adalah Indonesia (Biswas & Biswas, 2019). Luas hutan mangrove di Indonesia adalah 3,36 juta hektar atau 19 persen dari luas hutan mangrove di dunia. Provinsi Bali dan Nusa Tenggara memiliki luas hutan mangrove sebesar 34.835 hektar (Tresiana et al., 2022). Pulau Lombok, Provinsi Nusa Tenggara Barat, dilaporkan memiliki luas hutan mangrove sebesar 3.305 hektar. *Rhizopora mucronata* merupakan merupakan spesies mangrove yang dominan terdapat di pulau Lombok.

Rhizopora mucronata secara empiris digunakan untuk mengobati berbagai penyakit, termasuk kaki gajah, demam, hematoma, hepatitis, luka dan bisul. Secara tradisional, *R. mucronata* digunakan untuk mengobati angina, diabetes, diare, disentri, hematuria, dan pendarahan (Roy et al., 2023). Aktivitas farmakologis daun *R. mucronata* yaitu antiinflamasi, antibakteri, antioksidan dan antifungi (Baishya et al., 2020; Jha et al., 2022; Kaur et al., 2021). Kandungan metabolit sekunder yang terdapat pada daun *R. mucronata* yaitu asam

Sinteza is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY License)

lemak, flavonoid, saponin, fenolik, dan alkaloid (Sammanta et al., 2024). Kandungan metabolit sekunder tersebut mempengaruhi aktivitas farmakologis yang akan dihasilkan.

Metode ekstraksi dapat mempengaruhi kandungan metabolit sekunder yang diperoleh (Wahyuningsih et al., 2026). Kandungan metabolit sekunder yang terdapat pada suatu tumbuhan dapat diektraksi menggunakan berbagai jenis pelarut. Wortel yang diekstraksi dengan berbagai berbagai jenis pelarut yaitu air, etanol dan campuran etanol-air mempengaruhi aktivitas antioksidan yang dihasilkan (Setiawansyah et al., 2024). Selain itu, ukuran partikel mempengaruhi profil metabolit sekunder dan aktivitas antioksidan *Sargassum* Sp. (Prasedya et al., 2021). Pada penelitian tersebut dijelaskan bahwa semakin kecil ukuran partikel, kandungan senyawa fenolik dan aktivitas antioksidannya meningkat. Sementara itu, kadar senyawa daidzein pada tempeh mengalami penurunan saat ukuran partikel simplisia semakin halus (Yuliani et al., 2019). Hasil tersebut disebabkan karena ukuran partikel yang terlalu halus dapat membentuk agregat yang menyebabkan kontak antara simplisia dan pelarut terhambat.

Metabolit sekunder pada tumbuhan memiliki gugus fungsi khas yang dapat diidentifikasi menggunakan FTIR. Penelitian Syahruni et al. (2024) melaporkan bahwa FTIR yang dikombinasikan dengan kemometrik mampu untuk mendeteksi pengaruh perbedaan teknik ekstraksi dengan menjadikan gugus fungsional penanda (*marker*). Kemometrik merupakan disiplin ilmu kimia yang menggunakan metode matematika, statistika dan metode lain yang dapat memberikan informasi yang relevan dengan menganalisis data kima. Pendekatan kemometrik yang paling umum yaitu menentukan variabel yang dominan dan yang perlu diabaikan. Kemometrik dapat memberikan prediksi, pengenalan pola dan klasifikasi (Héberger, 2008). Penelitian Setiawansyah et al. (2024) melaporkan bahwa wortel yang memiliki variasi ukuran partikel simplisia memiliki perbedaan komposisi kimia yang dianalisis menggunakan FTIR yang dikombinasikan dengan kemometrik. FTIR mampu menunjukkan gugus fungsi yang terdapat pada ekstrak tumbuhan melalui nilai frekuensi dari setiap peak (Permatasari et al., 2024) . FTIR memiliki berbagai kelebihan, antara lain yaitu bersifat *non-distructive* terhadap sampel, sensitif, dan proses analisisnya cepat. Perbedaan kandungan metabolit sekunder dalam suatu ekstrak dapat menghasilkan perbedaan frekuensi vibrasi gugus fungsi senyawa yang terdapat pada ekstrak (Rafi et al., 2021). Oleh karena itu penelitian ini bertujuan mengetahui perbedaan profil FTIR daun *R. mucronata* dengan berbagai ukuran partikel simplisia (4000 µm, 2000 µm, 500 µm, 177 µm dan 105 µm) yang dikombinasikan dengan kemometrik.

METODE

Bahan dan Alat

Instrumen penelitian yang digunakan adalah *sieve shaker* (Retsch As 200), blender, *vacum rotary evaporator* (Heidolp, Jerman)*, vortex*, peralatan kaca, UAE (Elmasonic S 300 H), *waterbath* (Labnet, amerika), *magnetic stirrer*, mikropipet, dan FTIR-Attenuated Total Reflectance (ATR) (Perkin Elmer). Bahan yang digunakan adalah sampel daun mangrove *Rhizophora mucronata* yang berwarna hijau tua diperoleh dari kawasan pesisir Pantai Cemara, Kecamatan Lembar, Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat. Pelarut yang digunakan adalah etanol 96% dengan *grade* teknis.

Jalannya Penelitian

Pembuatan Simplisia

Sampel daun mangrove *Rhizophora mucronata* diperoleh dari kawasan pesisir Pantai Cemara, Kecamatan Lembar, Kabupaten Lombok Barat ($8^0$43’14.22’’LS $116^0$03’29.71”BT). Daun mangrove dikeringkan-anginkan tanpa kontak langsung dengan sinar matahari sampai daun mengering. Proses pengeringan berlangsung selama 7 hari. Daun mangrove yang telah kering dihaluskan menggunakan blender hingga berbentuk serbuk. Serbuk tersebut kemudian diayak menggunakan *sieve shaker* dengan lima variasi ukuran mesh (5, 10, 35, 80, dan 140) hingga diperoleh ukuran partikel secara berurutan

4000 µm, 2000 µm, 500 µm, 177 µm dan 105 µm (Prasedya et al., 2021). Partikel yang tidak lolos ayakan diblender dan diayak kembali hingga seluruhnya memenuhi kriteria ukuran yang diinginkan.

Ekstraksi Simplisia Daun *R. mucronata*

Simplisia daun *R. mucronata* masing-masing ukuran partikel diekstraksi menggunakan metode UAE. Sebanyak 100 g simplisia daun *R. mucronata* diekstraksi dengan UAE menggunakan 1000 ml etanol 96% selama 30 menit. Proses UAE dilakukan berulang sebanyak 2x (Sammanta et al., 2024). Seluruh filtrat hasil UAE dipekatkan menggunakan *vacum rotary evaporator* menggunakan suhu 45ºC, 60 rpm, dan tekanan 176 mbar. Rendemen ekstrak dihitung menggunakan rumus dibawah ini.

$$\%Rendemen = \frac{Bobot\ ekstrak\ (gram)}{Bobot\ serbuk\ simplisia\ (gram)}\ x\ 100\%$$

Analisis Menggunakan FTIR

Masing-masing ekstrak daun *R. mucronata* dengan 5 ukuran partikel diaplikasikan pada permukaan kristal ZnSe. Setelah itu, sampel dianalisis menggunakan FTIR-*Attenuated Total Reflectance* (ATR) (Perkin Elmer) pada bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} untuk mendapatkan spektra IR. Bilangan gelombang yang identik kemudian digunakan dalam mengidentifikasi gugus fungsi dari senyawa yang terkandung dalam sampel ekstrak daun *R. mucronata*.

Analisis Data

Analisis kemometrik dianalisis menggunakan software minitab versi 7.0. Perbedaan profil metabolit berbagai ukuran partikel daun *R. mucronata* dilihat dari bilangan gelombang spektra FTIR. Bilangan gelombang tersebut dianalisis menggunakan metode *Principal component ananlysis* (PCA) dan *Hierarchial Cluster Analysis* (HCA). Pada analisis PCA, nilai yang digunakan yaitu absorbansi pada bilangan gelombang 3326,49; 1630,27; 1519,10; 1444,78; 1284,87; 1050,72; 1013,57; dan 507,1. Sebelum dilakukan analisis, spektra FTIR dinormalisasi dengan menggunakan *area normalization.* Pada analisis HCA digunakan metode *clustering Euclidean distance.*

HASIL DAN PEMBAHASAN

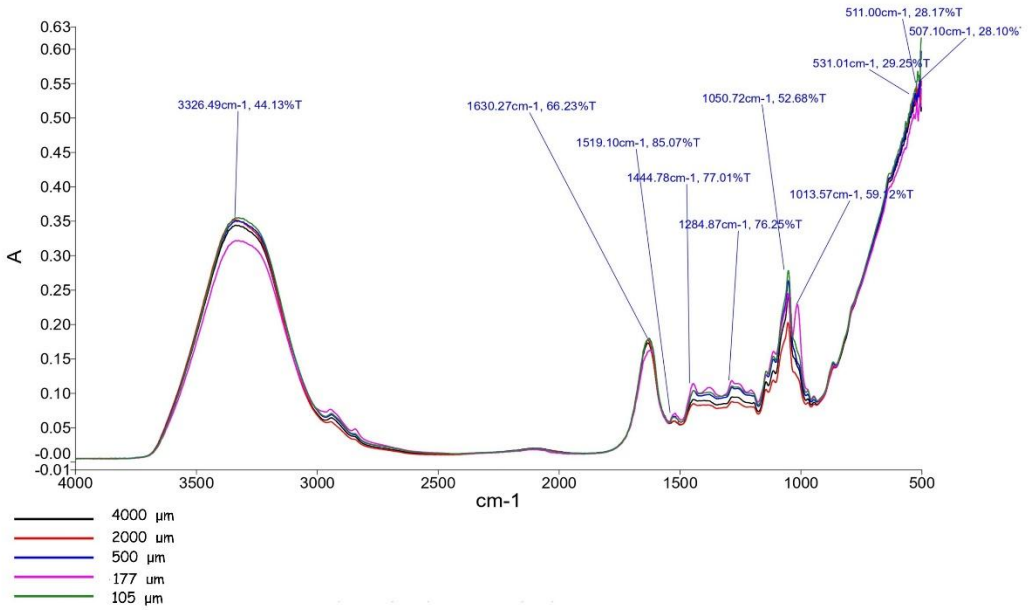
Hasil Ekstraksi

Proses ekstraksi yang digunakan pada penelitian ini UAE. Metode UAE memanfaatkan energi ultrasonik yang dapat membantu proses pengeluaran zat aktif dari tumbuhan ke pelarut. Metode UAE dilaporkan memiliki kelebihan karena membutuhkan pelarut yang sedikit dan mampu mengoptimalkan proses ekstraksi senyawa-senyawa pada tumbuhan misalnya fenolik (Vega et al., 2017). Tabel 1 menunjukkan bahwa ukuran partikel simplisia yang berbeda akan menghasilkan rendemen ekstrak yang berbeda. Rendemen ekstrak tertinggi diperoleh pada sampel dengan ukuran 107 µm, sedangkan rendemen terendah terdapat pada sampel dengan ukuran partikel 4000 µm. Ukuran partikel yang lebih kecil umumnya memberikan luas permukaan kontak yang lebih besar antara pelarut dengan dinding sel simplisia, sehingga difusi senyawa aktif menjadi lebih optimal (Prasedya *et al*., 2021).

Tabel 1. Hasil %rendemen lima ukuran partikel ekstrak etanol daun *R. mucronata*

Ukuran Partikel	Bobot Ekstrak (gram)	Bobot Simplisia (gram)	Rendemen Ekstrak (%)
Ukuran 4000 µm	22,127	150	14,75
Ukuran 2000 µm	18,285	115	15,90
Ukuran 500 µm	17,033	106	16,069
Ukuran 177 µm	20,137	110	18,306
Ukuran 105 µm	23,673	108	21,914

Kandungan Metabolit dengan FT-IR



Gambar 1. Analisis kandungan metabolit menggunakan FTIR

Profil metabolit sekunder pada daun *R. mucronata* dianalisis menggunakan FTIR. Hasil analisis ekstrak etanol daun *R. mucronata* dengan 5 ukuran partikel yang berbeda, memiliki puncak serapa yang relatif sama. Bilangan gelombang 3326,49 cm^{-1} merupakan gugus fungsi O-H stretch. Bilangan gelombang tersebut menunjukkan kemungkinan terdapat senyawa fenol atau alkohol pada daun *R. mucronata.* Gugus fungsi O-H paling dominan terdapat pada sampel 105 µm, namun memiliki signal C=C benzen dan dan C-O fenol yang lebih rendah. Oleh karena itu kemungkinan sebagian besar gugus OH alcohol yang didukung dengan absorbansi pada bilangan gelombang C-O alkohol tinggi. Sementara itu, sampel 177 µm memiliki absorbansi paling rendah pada frekuensi O-H, namun memiliki frekuensi tertinggi pada puncak C=C benzen dan C-O fenol. Bilangan gelombang 1519,10 cm^{-1}; dan 1444,78 cm^{-1} menunjukkan keberadaan gugus fungsi C=C aromatik. Keberadaan senyawa aromatik dan gugus O-H memungkinkan adanya senyawa fenolik. Hal tersebut dikuatkan dengan adanya sinyal pada bilangan gelombang 1284,87 cm^{-1} yang menunjukkan adanya C-O stretch fenol (Olariu, 2021). Oleh karena itu, kemungkinan senyawa fenol yang dominan terdapat pada sampel 177 µm.

Tabel 2. Analisis gugus fungsi FTIR

Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi
3326,49	O-H
1630,27	C=O
1519,10	C=C aromatik
1444,78	C=C aromatik
1284,87	C-O fenol
1050,72	C-O stretch alkohol primer
1013,57	C-O bending
507,1	Daerah *finger print*

Bilangan gelombang 1050,72 cm^{-1}; dan 1013,57 cm^{-1} menunjukkan adanya ikatan C-O dari gugus alkohol primer dan eter. Berdasarkan spektrum FTIR yang diperoleh diperkirakan bahwa ekstrak daun *R. mucronata* mengandung senyawa golongan fenolik seperti flavonoid (Rahmawati et al., 2023). Hal tersebut ditunjang dari penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa esktrak daun *R. mucronata* memiliki kandungan senyawa flavonoid yang tinggi seperti rutin, kuersetin dan kaemferol (Saputri et al., 2025).

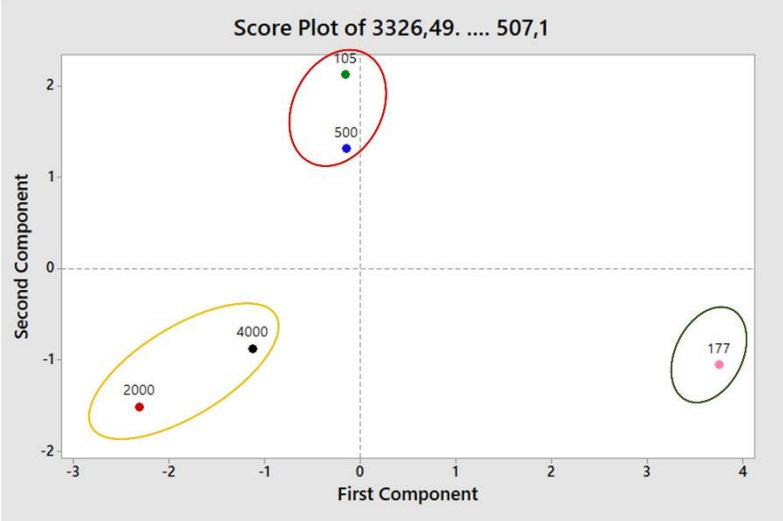
Kemometrik menggunakan metode *principal component analysis* (PCA)

PCA merupakan salah satu metode analisis statistik multivariat yang digunakan untuk menyederhanakan data yang memiliki banyak variabel menjadi beberapa komponen penting (*Principal component*). Komponen penting ini merupakan gabungan dari variabel-variabel asli yang dirancang untuk menjelaskan sebagian besar variasi atau perbedaan dalam data. PCA membantu untuk memahami pola utama dalam data yang kompleks dengan cara merangkum informasi menjadi lebih sederhana tanpa kehilangan informasi yang paling penting (Greenacre et al., 2022). Pada penelitian ini, data yang digunakan sebagai variabel adalah bilangan gelombang. Bilangan gelombang yang dijadikan variabel pada penelitian ini yaitu 3326,49; 1630,27; 1519,1; 1444,78; 1284,87; 1050,72; 1013,57; dan 507,1 cm^{-1}. Terdapat beberapa luaran data dari analisis dengan metode PCA, yaitu *scree plot, score plot, loading plot, dan biplot.* Bilangan gelombang tersebut dipilih karena menunjukkan peak spektrum yang tajam dan adanya perbedaan absorbansi pada masing-masing sampel.

Scree plot berguna untuk menghasilkan model data. Hasil analisis data pada *scree plot* dapat dilihat melalui nilai *eigenvalue.* Model dikatakan baik dan optimal jika nilai *eigenvalue* diatas 1 dan mampu menjelaskan data sebesar >80% (Yasir et al., 2025). Pada hasil analisis terdapat 2 PC yang memiliki nilai *eigenvalue* diatas 1 yaitu PC1 dan PC2 (Tabel 3). PC2 dan PC1 masing-masing mampu menjelaskan seluruh variabel secara berurutan yaitu 32,3% dan 64,8%. Total atau *cumulative* PC1 dan PC2 menunjukkan bahwa kedua PC mampu menjelaskan seluruh variabel/data sebesar 97,2% (>80%). Hasil tersebut menunjukkan bahwa model yang terbentuk sudah mampu menjelaskan data secara optimal.

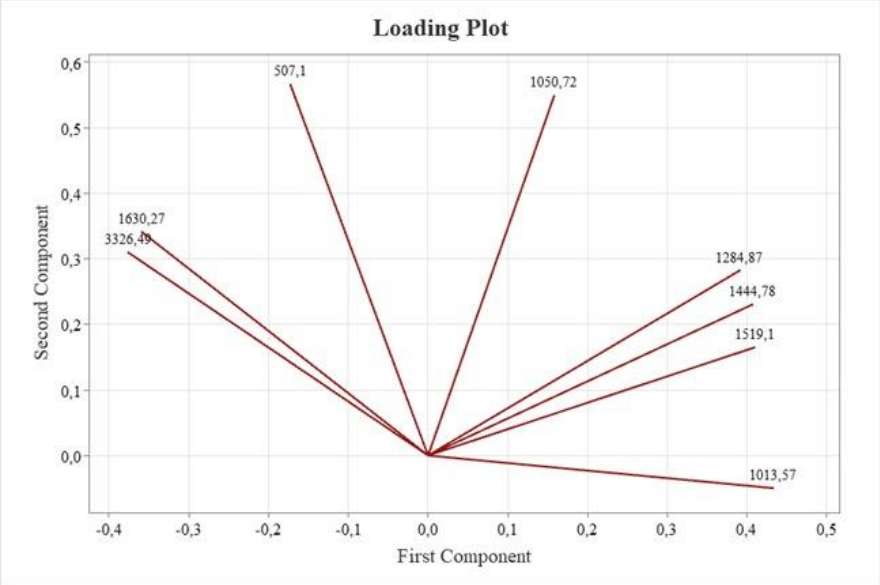
Tabel 3. Data *eigenanalysis of the corelation matrix* dari *Scree plot*

Eigenalalysis	**PC1**	**PC2**	**PC3**	**PC4**	**PC5**	**PC6**	**PC7**	**PC8**
Eigenvalue	5,1857	2,5872	0,1794	0,0478	0,000	0,000	0,000	-0,000
Proportion	0,648	0,323	0,022	0,006	0,000	0,000	0,000	-0,000
Cumulative	0,648	0,972	0,994	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000



Gambar 2. *Score plot* Profil FTIR Ekstrak Daun *Rhizophora mucronata* pada berbagai ukuran partikel simplisia

Score plot berfungsi untuk mengetahui distribusi data dan pengaruhnya terhadap variabel (Yasir et al., 2025). Data yang dimaksud pada penelitian ini yaitu sampel daun *R. mucronata* yang memiliki perbedaan ukuran partikel simplisia. Pada *score plot (*gambar 2) menunjukkan masing-masing konstribusi variabel terhadap PC1 dan PC2. Sampel yang memiliki ukuran partikel berbeda terdistibusi pada PC1 dan PC2. *Score plot* ini dapat digunakan untuk mengklasifikasikan sampel berdasarkan variabel yang digunakan dalam penelitian ini (bilangan gelombang). *Score plot* menunjukkan bahwa kelima sampel diklasifikasikan menjadi 3 kelompok yaitu sampel dengan ukuran 105 µm dan 500 µm (kelompok I), 2000 µm dan 4000 µm (kelompok II), 177 µm (kelompok III). Oleh karena itu, ukuran simplisia sampel mempengaruhi senyawa yang terekstraksi sehingga profil FTIR yang terbentuk juga berbeda.

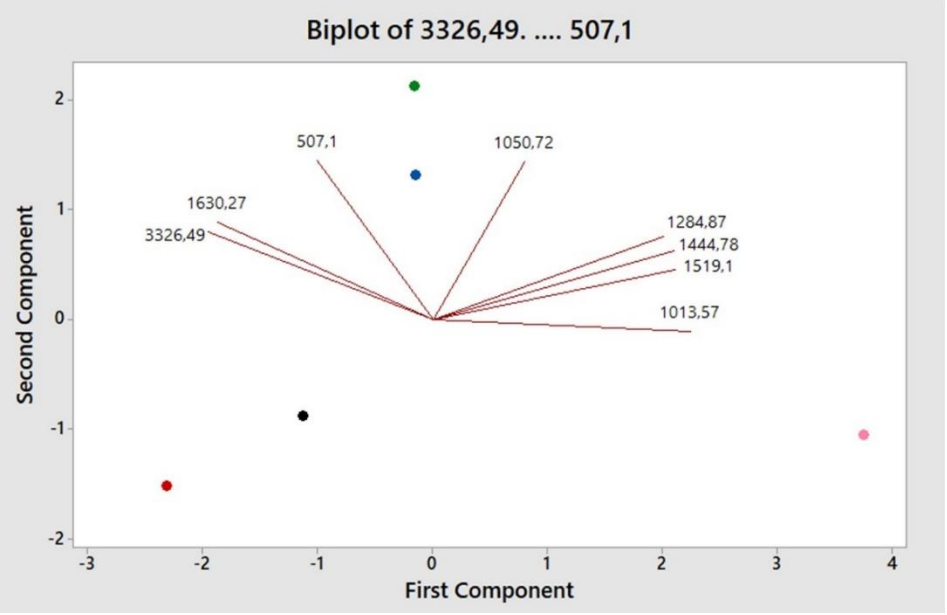


Gambar 3. Analisis *Loading plot* Profil FTIR Ekstrak Daun *Rhizophora mucronata* pada berbagai ukuran partikel simplisia

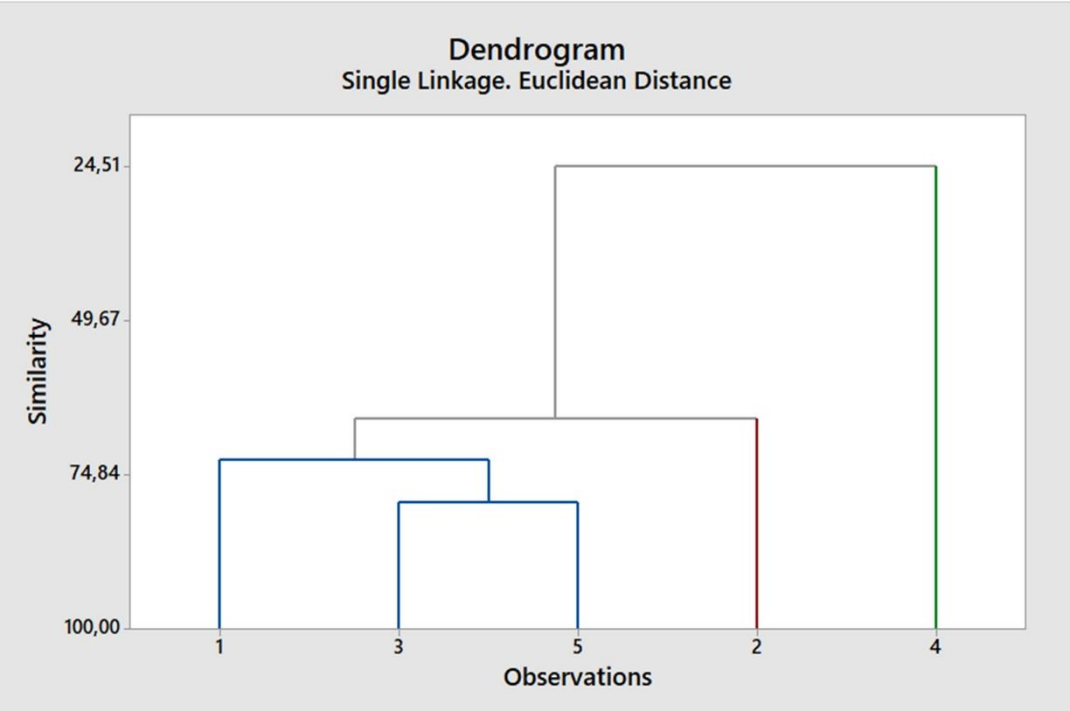
Loading plot digunakan untuk menentukan variabel terpenting untuk menentukan nilai *principal component analysis* (PCA). Semakin jauh posisi variabel dari titik awal (0,0), maka peran variabel terhadap proses PCA semakin besar. Variabel dengan posisi yang berdekatan memiliki hubungan yang searah (≤90^o), sedangkan variabel yang berjauhan

memiliki hubungan yang berlawanan (>90°). Bilangan gelombang 1050,72 cm^{-1} (C-O stretch alkohol primer) merupakan variabel dengan posisi terjauh dari titik awal, maka bilangan gelombang tersebut memiliki peran yang besar terhadap proses PCA. Sementara itu, bilangan gelombang 1519,10 cm^{-1} (C=C aromatik) merupakan variabel yang terdekat dari titik awal yang artinya memiliki peran kecil terhadap proses PCA (Arina *et al*., 2022). Bilangan gelombang 1519,10 cm^{-1} memiliki sudut <90° dengan bilangan gelombang 1444,78 cm^{-1} yang menunjukkan bahwa keduanya berkorelasi (Gambar 3). Keduanya merupakan bilangan gelombang yang menunjukkan adanya gugus benzen pada sampel daun *R. mucronata.* Kedua bilangan gelombang tersebut juga memiliki sudut <90° dengan peak pada bilangan gelombang 1284,87 cm^{-1} yang merupakan gugus C-O fenol. Oleh karena itu, diperkirakan bahwa pada gugus fenolik terdapat pada daun *R. mucronata.* Namun, diperkirakan gugus fenoliknya tidak terlalu tinggi karena konstribusinya terhadap loading plot PCA paling kecil.

Sementara itu, data *biplot* digunakan untuk melihat kontribusi serta kualitas representasi ukuran partikel dan variabel terhadap variasi total data (Ghosh et al., 2023). Ukuran partikel 2000 µm dan 4000 µm berada pada posisi PC1 dan PC2 negatif, variabel (bilangan gelombang) tidak ada yang berada pada posisi tersebut. Hal tersebut menunjukkan bahwa seluruh variabel tidak berkontribusi terhadap profil FTIR pada sampel dengan ukuran partikel 2000 µm dan 4000 µm. Sementara itu, profil FTIR ukuran partikel 500 µm dan 105 µm dipengaruhi oleh variabel dengan bilangan gelombang 3326,49 cm^{-1} (O-H); 1630,27 cm^{-1} (C=O); dan 507,1 cm^{-1}. Ketiga gugus tersebut merupakan gugus fungsi yang membedakan sampel pada ukuran 500 µm dan 105 µm dengan sampel lainnya. Sementara itu, pada sampel dengan ukuran partikel 177 µm dipengaruhi oleh gugus fungsi C-O bending (1013,57 cm^{-1}). Variabel yang berada pada posisi PC1 dan PC2 positif tidak berkontribusi terhadap perbedaan profil FTIR sampel dengan berbagai ukuran partikel.



Gambar 4. Analisis *biplot* Profil FTIR Ekstrak Daun *Rhizophora mucronata* pada berbagai ukuran partikel simplisia



Gambar 5. Dendogram Profil FTIR Ekstrak Daun *Rhizophora mucronata* pada berbagai ukuran partikel simplisia. Ukuran 4000 µm (1); 2000 µm (2); 500 µm (3); 177 µm (4); 105 µm (5).

Analisis dendogram digunakan untuk melihat tingkat kemiripan komposisi senyawa kimia dalam sampel (Arina *et al*., 2022). Dendogram (Gambar 6) di atas nenunjukkan hasil yang berkaitan dengan *score plot*, yaitu sampel terbagi menjadi 3 kelompok. Kelompok I yaitu ukuran partikel 105 µm memiliki tingkat kemiripan tertinggi dengan ukuran 500 µm yaitu sebesar 79,49%. Ukuran partikel 4000 µm memiliki kemiripan 72,38% dengan sampel ukuran partikel 500 µm. Sementara itu, kelompok II yaitu 2000 µm memiliki kemiripan sebesar 65,72% dengan sampel ukuran partikel 4000 µm. Kelompok III yaitu sampel dengan ukuran partikel 177 µm memiliki kemiripan yang rendah dengan sampel ukuran partikel 4000 µm yaitu sebesar 24,50%. Sampel ukuran 105 µm dan 500 µm memiliki kemiripan yang tinggi sedangkan sampel ukuran 177 µm memiliki kemiripan yang rendah dengan 2 sampel tersebut walaupun memiliki ukuran partikel yang mirip. Hal ini mengindikasikan bahwa ukuran partikel bukan satu-satunya faktor yang menentukan karakteristik kimia ekstrak. Efisiensi ekstraksi dipengaruhi pula oleh luas permukaan efektif, struktur jaringan tanaman, distribusi metabolit, dan penetrasi pelarut selama proses ekstraksi (Kaufmann & Christen, 2002). Variasi faktor-faktor tersebut dapat menyebabkan perubahan komposisi senyawa yang terekstraksi sehingga menghasilkan profil FTIR yang berbeda.

KESIMPULAN

Hasil karakterisasi dengan FTIR menunjukkan adanya gugus O-H, C=O, C-O dan aromatik pada seluruh sampel daun *Rhizophora mucronata*. Data *scree plot* menunjukkan bahwa model yang terbentuk sudah baik dan optimal. Data s*core plot* menunjukkan bahwa kelima sampel diklasifikasikan menjadi 3 kelompok yaitu sampel dengan ukuran partikel 105 µm dan 500 µm (kelompok I), 2000 µm dan 4000 µm (kelompok II), 177 µm (kelompok III). Hasil HCA juga menunjukkan kelima sampel diklasifikasikan menjadi 3 kelompok. Sampel dengan ukuran partikel besar cenderung berkelompok dengan sampel yang berukuran partikel besar juga. Sampel dengan ukuran partikel kecil juga berkelompok dengan sampel berukuran partikel kecil, namun ukuran partikel 177 µm mengelompok sendiri. Hasil PCA keseluruhan menunjukkan bahwa ukuran partikel simplisia mempengaruhi profil FTIR yang dihasilkan. Maka, senyawa yang terekstraksi juga berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada DIPA BLU (PNBP) Universitas Mataram yang sudah mendanai penelitian ini dengan nomor kontrak 3562/UN18.L1/PP/2025.

DAFTAR PUSTAKA

Arina, Y., Shiyan, S., & Suprayetno. (2022). Analisis Kemometrik Ekstrak Akar Tunjuk Langit (Helminthostachys zeylanica (L)) Melalui Analisis Fourier Transformed Infrared Dari Berbagai Daerah Sumatera Selatan. Jurnal ‘Aisyiyah Medika, 7(1), 243–258.

Baishya, S., Banik, S., Choudhury, M., Talukdar, D., & Talukdar, A. Das. (2020). Chapter 11 - Therapeutic potentials of littoral vegetation: an antifungal perspective (pp. 275–292). Academic Press.

Biswas, P., & Biswas, S. R. (2019). Mangrove Forests: Ecology, Management, and Threats. Springer Nature Switzerland, 1–14. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71065-5

Ghosh, S., Avinashe, H., Dubey, N., Sharadhi, G. P., Danalakoti, K., Sachan, S., & Choudhary, S. (2023). PCA-BASED MULTIVARIATE APPROACH FOR SEGMENTATION OF VARIANCE IN INDIAN MUSTARD (BRASSICA JUNCEA [L] CZERN & COSS). SABRAO Journal of Breeding and Genetics, 55(6), 1963–1971. https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.6.10

Greenacre, M., Groenen, P., Hastie, T., Iodice D’Enza, A., Markos, A., & Tuzhilina, E. (2022). Principal component analysis. Nature Reviews Methods Primers, 2, 100. https://doi.org/10.1038/s43586-022-00184-w

Héberger, K. (2008). Chapter 7—Chemoinformatics—Multivariate mathematical–statistical methods for data evaluation. In K. Vékey, A. Telekes, & A. Vertes (Eds.), Medical Applications of Mass Spectrometry (pp. 141–169). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-044451980-1.50009-4

Jha, N., Madasamy, S., Prasad, P., Lakra, A., Tilwani, Y., & Arul, V. (2022). Physico-chemical and functional characterization of polysaccharide purified from mangrove Rhizophora mucronata leaves having potent biological activity. South Afr J Bot, 147, 659–669.

Jumina, Siswanta, D., Zulkarnain, A. K., Triono, S., Priatmoko, Yuanita, E., Imawan, A. C., Fatmasari, N., & Nursalim, I. (2019). Development of C-Arylcalix[4]resorcinarenes and C-Arylcalix[4]pyrogallolarenes as Antioxidant and UV-B protector. Indonesian Journal of Chemistry, 19(2), 273–284. https://doi.org/10.22146/ijc.26868

Kaufmann, B., & Christen, P. (2002). Recent extraction techniques for natural products: Microwave-assisted extraction and pressurised solvent extraction. Phytochemical Analysis, 13(2), 105–113. https://doi.org/10.1002/pca.631

Kaur, N., Kumar, V., Nayak, S. K., Wadhwa, P., Kaur, P., & Sahu, S. K. (2021). Alpha-amylase as molecular target for treatment of diabetes mellitus: A comprehensive review. Chemical Biology and Drug Design, 98(4), 539–560. https://doi.org/10.1111/cbdd.13909

Lestari, Y. D., Permatasari, S., & Oktasari, A. (2021). Antioxidant Activity Testing of Extract Kweni Peel (Mangifera odorata Griff). Indonesian Journal of Chemistry and Environment, 3(2), 11–20. https://doi.org/10.21831/ijce.v3i2.43508

Liu, W., Zhang, B., Xin, Z., Ren, D., & Yi, L. (2017). GC-MS fingerprinting combined with chemometric methods reveals key bioactive components in Acori tatarinowii rhizoma. International Journal of Molecular Sciences, 18(7). https://doi.org/10.3390/ijms18071342

Mayasari, D., Murti, Y. B., Pratiwi, S. U. T., & Sudarsono, S. (2021). Metabolic fingerprinting of Melastoma malabathricum L. extracts using high-performance liquid chromatography-diode array detector combined with chemometric data analysis. Journal of Applied Pharmaceutical Science, 11(9), 048–056. https://doi.org/10.7324/JAPS.2021.110906

Olariu, R. I. (2021). Atmospheric Oxidation of Selected Aromatic Hydrocarbons [Thesis]. Bergische Universitat Gesamthochschule Wuppertal.

Permatasari, L., Muliasari, H., & Rahman, F. (2024). Characterization of Isolated Crystals From Mangrove Leaves (Avicennia Marina and Sonneratia Alba) and Their Antibacterial Activity Against Staphylococcus Aureus. International Journal of Applied Pharmaceutics, 16(Special Issue 5), 77–82. https://doi.org/10.22159/ijap.2024v16s5.52480

Prasedya, E. S., Frediansyah, A., Martyasari, N. W. R., Ilhami, B. K., Abidin, A. S., Padmi, H., Fahrurrozi, Juanssilfero, A. B., Widyastuti, S., & Sunarwidhi, A. L. (2021). Effect of particle size on phytochemical composition and antioxidant properties of Sargassum cristaefolium ethanol extract. Scientific Reports, 11(17876). https://doi.org/10.1038/s41598-021-95769-y

Rafi, M., Rismayani, W., Sugiarti, R. M., Syafitri, U. D., Wahyuni, W. T., & Rohaeti, E. (2021). FTIR-based fingerprinting combined with chemometrics for discrimination of Sonchus arvensis leaves extracts of various extracting solvents and the correlation with its antioxidant activity. Indonesian Journal of Pharmacy, 32(2), 132–140. https://doi.org/10.22146/ijp.755

Rahmawati, R., Sanjaya, Y. A., Pratiwi, Y. S., Hendrawan, E. P. N., Salsabila, Z. N., & Amalia, T. (2023). Potency of Mangrove Leaves (Rhizophora mucronata) Containing Bioactive Compounds as Source of Antioxidant: A Review. International Journal of Eco-Innovation in Science and Engineering, 4(2), 1–7. https://doi.org/10.33005/ijeise.v4i2.120

Roy, U. K., Sarkar, C., Jamaddar, S., Mondal, B., Ramproshad, S., Zulfiquar, T. N., Panthi, S., Mondal, M., Mukerjee, N., Rahman, M. H., Roy, P., Ahmad, Z., Khan, F. S., & Sweilam, S. H. (2023). A detailed assessment of the traditional applications, bioactive content, pharmacology, and toxicity of Rhizophora mucronata. Journal of Herbal Medicine, 41(August). https://doi.org/10.1016/j.hermed.2023.100702

Sammanta, R. V., Muliasari, H., Rachmalia, N., & Mukhlishah, I. (2023). Penentuan Kadar Flavonoid Total Ekstrak dan Fraksi-Fraksi Daun Mangrove (Rhizopora mucronata). Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology, 1(1), 1–25.

Sammanta, R. V., Permatasari, L., Muliasari, H., Rachmalia Izzatul Mukhlishah, N., & Fersiyana Deccati, R. (2024). Determination of Total Flavonoid Content from Extract and Fractions of Mangrove Leaves (Rhizopora mucronata). Acta Chimica Asiana, 7(2), 502–508. https://doi.org/10.29303/aca.v7i2.199

Saputri, L. O., Permatasari, L., Harahap, H. S., Rosyidi, R. M., Rivarti, A. W., Prihatina, L. M., Rahayu, Z., & Azariani, W. (2025). Potential of rutin from Rhizophora mucronata leaves as a Inhibitor of Kelch-like ECH-associated protein 1/Nuclear factor erythroid 2 related factor 2 Keap1/Nrf2): An in silico study for Alzheimer's therapy. Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research, 16(2), 73. https://doi.org/10.4103/JAPTR.JAPTR_313_24

Setiawansyah, A., Widiyawati, Trisna, A., Sari, M. S. D., Reynaldi, M. A., Hidayati, N., Alrayan, R., & Nugroho, S. A. (2024). FT-IR-based fingerprint combined with unsupervised chemometric analysis revealed particle sizes and aqueous-ethanol ratio alter the chemical composition and nutraceutical value of Daucus carota. Natural Product Research, 1–9. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/14786419.2024.2376351

Syahruni, R., Umar, Abd. H., & Matasik, L. C. (2024). Fingerprint Metabolite of Miana (Coleus sp.) Leaf Infusion and Juice: Authentication Based on FTIR Spectroscopy and Multivariate Analysis. AgriTECH, 44(4), 313. https://doi.org/10.22146/agritech.88706

Tresiana, N., Duadji, N., Febryano, I., & Zenitha, S. (2022). Saving Mangrove Forest Extinction in Urban Areas: Will Government Interventions Help? Int J Sustain Dev Plan, 17(2), 37–84.

Vega, A., Ruiz, H., Luna Guevara, J., Luna, L., Hernandez Carranza, P., Avila-Sosa, R., & Ochoa Velasco, C. E. (2017). Effect of solvents and extraction methods on total anthocyanins, phenolic compounds and antioxidant capacity of Renealmia alpinia (Rottb.) Maas peel. Czech Journal of Food Sciences, 35. https://doi.org/10.17221/316/2016-CJFS

Wahyuningsih, S., Sari, N. I., Wahid, H., & Azima, A. (2026). Perbandingan Metode Ekstraksi terhadap Kadar Flavonoid dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Pulai (Alstonia scholaris) dengan Metode 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH). Sinteza, 6(1), 52–61. https://doi.org/10.29408/sinteza.v6i1.31992

Yasir, B., Azwar Ar, M., Burhan, A., Khairuddin, K., Alam, G., Irnawati, I., & Rohman, A. (2025). Chemometrics-assisted fingerprinting profiling of Mangosteen extracts from Sulawesi island using Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. Journal of Research in Pharmacy, 29(1), 151–158. https://doi.org/10.12991/jrespharm.1628579

Yuliani, S. H., Aji, P. D. T., Sandrapitaloka, A. S., Restiana, F. R., Gani, M. R., & Riswanto, F. D. O. (2019). Effects of Particle Size, Extraction Time, and Solvent Selection on Daidzein Extracted Amount from Tempeh-A Fermented Product of Soybean. Journal of Pharmaceutical Sciences and Community, 16(1), 44–49. https://doi.org/10.24071/jpsc.001794