

ARTIKEL PENELITIAN

Profiling Senyawa Metabolit Fraksi Etil Asetat Daun *Moringa oleifera* Menggunakan GC-MS dan LC-MS/MS

Lenggo Geni¹⁾, Ari Estuningtyas²⁾, *Beti Ernawati Dewi³⁾

¹⁾Program Studi Teknologi Laboratorium Medis, Universitas Mohammad Husni Thamrin, Indonesia

²⁾Departemen Farmakologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia, Indonesia

³⁾Departemen Mikrobiologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia, Indonesia

*Corresponding author: Beti Ernawati Dewi, beti.ernawati@ui.ac.id, Jakarta, Indonesia

Abstrak

Indonesia kaya akan tanaman obat, namun banyak yang belum dimanfaatkan secara optimal, termasuk *Moringa oleifera* (kelor). Daun kelor telah lama digunakan secara tradisional untuk mengobati demam dan mencegah peradangan, dengan sifat farmakologis yang didukung oleh senyawa bioaktif yang terkandung di dalamnya. Etil asetat adalah pelarut semipolar yang dapat melarutkan senyawa-senyawa yang lebih polar seperti beberapa flavonoid, alkaloid, dan senyawa-senyawa lainnya. Analisis senyawa dengan GC-MS digunakan untuk menganalisis senyawa volatil nonpolar, sedangkan LC-MS digunakan untuk menganalisis senyawa semipolar hingga polar dalam fraksi tersebut. Penelitian sebelumnya telah melaporkan keberadaan flavonoid, fenolik, alkaloid, dan metabolit lainnya pada daun *M. oleifera*. Namun, profil metabolit spesifik pada fraksi etil asetat ekstrak etanol yang dikarakterisasi secara komplementer menggunakan GC-MS dan LC-MS/MS masih belum banyak dilaporkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi profil metabolit pada fraksi etil asetat dari ekstrak etanol daun *M. oleifera* menggunakan GC-MS dan LC-MS/MS, serta mengidentifikasi secara tentatif senyawa metabolit berdasarkan karakteristik spektrum dan database senyawa. Bahan dan metode, fraksi etil asetat dari ekstrak etanol daun *M. oleifera* (Konimex, katalog MOT-10, 9 September 2021) dianalisis untuk senyawa aktif menggunakan GC-MS (Labkesda DKI Jakarta) dan LC-MS/MS (Puslabfor POLRI, Sentul, Bogor). GC-MS efektif untuk senyawa volatil, sedangkan LC-MS/MS cocok untuk senyawa non-volatil dan kompleks. Analisis GC-MS pada fraksi etil asetat ekstrak etanol daun *M. oleifera* mengidentifikasi senyawa mayor, yaitu asam linolenat (25,52%), metil linolenat (12,67%), asam palmitat (9,29%), dan linolenol (9,05%). Senyawa minor yaitu fitosterol (1,66%), oktilenol (1,48%), dan tetrahidroisoquinolin (1,07%). Analisis LC-MS/MS (database ChemSpider) menunjukkan senyawa mayor yaitu flavonoid (16,83%) yang terdiri dari kuersetin, kaempferol, dan glikosida, steroid (9,33%), dan asam karboksilat (8,37%). Kesimpulan, fraksi etil asetat ekstrak etanol daun *M. oleifera* mengandung senyawa potensial seperti flavonoid (kuersetin, kaempferol), steroid, dan alkaloid sebagai kandidat aktif terapeutik. Aktivitas biologisnya perlu dikonfirmasi melalui uji lebih lanjut, termasuk potensi antivirus, antioksidan, anti-inflamasi, dan antimikroba secara *in vitro*, *in vivo*, maupun *in silico*.

Kata kunci: Daun *M. Oleifera*, Ekstrak Etanol, Fraksi Etil Asetat

Abstract

Indonesia is rich in medicinal plants, yet many remain underutilized, including Moringa oleifera (moringa). Moringa leaves have long been used traditionally to treat fever and prevent inflammation, with pharmacological properties supported by their bioactive compounds. Ethyl acetate is a semi-polar solvent capable of dissolving more polar compounds, such as certain flavonoids, alkaloids, and other substances. GC-MS analysis is employed to analyze non-polar volatile compounds, while LC-MS is used to analyze semi-polar to polar compounds within the fraction. Previous studies have reported the presence of flavonoids, phenolics, alkaloids, and other metabolites in M. oleifera leaves. However, the specific metabolite profile of the ethyl acetate fraction derived from the ethanolic extract—characterized complementarily using GC-MS and LC-MS/MS—has not been widely reported. This study aims to characterize the metabolite profile of the ethyl acetate fraction from the ethanolic extract of M. oleifera leaves using GC-MS and LC-MS/MS, and to tentatively identify metabolite compounds based on spectral characteristics and compound databases. Materials and methods, the ethyl acetate fraction from the ethanolic extract of M. oleifera leaves (Konimex, catalog MOT-10, September 9, 2021) was analyzed for active compounds using GC-MS (Labkesda DKI Jakarta) and LC-MS/MS (Puslabfor POLRI, Sentul, Bogor). GC-MS is effective for volatile compounds, whereas LC-MS/MS is suitable for non-volatile and complex compounds. Results, GC-MS analysis of the ethyl acetate fraction from the ethanolic extract of M. oleifera leaves identified major compounds: linolenic acid (25.52%), methyl linolenate (12.67%), palmitic acid (9.29%), and linolenol (9.05%). Minor compounds included phytosterols (1.66%), octylenol (1.48%), and tetrahydroisoquinoline (1.07%). LC-MS/MS analysis (ChemSpider database) revealed that the major compounds were flavonoids (16.83%)—comprising quercetin, kaempferol, and glycosides—steroids (9.33%), and carboxylic acids (8.37%). Conclusion, the ethyl acetate fraction of the M. oleifera leaf ethanolic extract contains potential compounds such as flavonoids (quercetin, kaempferol), steroids, and alkaloids that serve as candidates for therapeutic activity. Its biological activity requires confirmation through further testing, including the assessment of antiviral, antioxidant, anti-inflammatory, and antimicrobial potential via in vitro, in vivo, and in silico studies.

Keywords: *M. Oleifera Leaves, Ethanolic Extract, Ethyl Acetate Fraction*

PENDAHULUAN

Indonesia kaya akan tanaman obat, meskipun eksplorasi empirisnya masih terbatas. *Moringa oleifera* (*M. oleifera*) merupakan salah satu tanaman yang tumbuh subur pada berbagai iklim di Indonesia, dari dataran rendah hingga ketinggian 700 m di atas permukaan laut, serta tahan terhadap musim kering. Tanaman ini secara tradisional digunakan untuk mengobati demam, mencegah peradangan, dan menangkal radikal bebas, tetapi belum dimanfaatkan secara optimal. *M. oleifera* memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai tanaman obat di

Indonesia.

M. oleifera, dikenal sebagai pohon lobak kuda atau kelor, merupakan tanaman pantropis dengan kandungan nutrisi yang luar biasa dan tersebar luas di berbagai negara berkat manfaat obatnya. Hal ini berhubungan dengan kandungan fitokimia pada daun, biji, akar, hingga bunga, yang telah lama dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional untuk mengatasi berbagai penyakit, termasuk demam, peradangan, sakit kepala, anti cacing, afrodisiak, mengobati hipokolesterolemia, diare, radang usus besar, rematik, wasir, sembelit, bronkitis, infeksi telinga dan mata.³⁻⁶ Perlu dilakukan penelitian untuk mengeksplorasi senyawa-senyawa yang terkandung, khususnya pada daun *M. oleifera*. GC-MS dan LC-MS/MS merupakan teknik analisis yang sangat efektif untuk memisahkan, mengidentifikasi, dan menganalisis komponen dalam sampel kompleks. GC-MS lebih cocok untuk senyawa volatil, sedangkan LC-MS dapat digunakan untuk berbagai jenis senyawa, termasuk yang tidak volatil. Analisis HPLC dan MS yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa fitokimia yang terdapat pada ekstrak etanol daun *M.oleifera* terdiri dari senyawa golongan alkaloid, flavonoid, tanin, fenolat, dan steroid. Flavonoid yang paling umum ditemukan pada ekstrak etanol daun *M.oleifera* adalah kuersetin dan glikosida kaempferol.¹⁰⁻¹² Dalam penelitian ini digunakan fraksi etil asetat ekstrak etanol daun *M. oleifera* yang disiapkan oleh KONIMEX. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkarakterisasi profil metabolit pada fraksi etil asetat ekstrak etanol daun *M. oleifera*, menggunakan GC-MS dan LC-MS/MS serta mengidentifikasi secara tentatif senyawa metabolit berdasarkan karakteristik spektrum dan database senyawa.

METODE PENELITIAN

Bahan alam yang diuji dalam penelitian ini adalah fraksi etil asetat ekstrak etanol daun *M. oleifera* yang telah disiapkan oleh Konimex dengan nomor katalog MOT-10 tanggal 9 September 2021. Pengujian senyawa aktif yang terdapat pada fraksi ekstrak dilakukan dengan metode GCMS di Labkesda DKI Jakarta dan metode LCMS di Puslabfor POLRI Sentul, Bogor.

GC-MS merupakan metode untuk mengidentifikasi dan mengukur komponen-komponen dalam suatu campuran, dengan memisahkan komponen tersebut berdasarkan titik didih (GC), kemudian mengidentifikasi ion-ion yang dihasilkan dari ionisasi komponen yang dipisahkan berdasarkan rasio massa terhadap muatannya (MS). Metode ini digunakan salah satunya untuk menganalisis campuran senyawa organik dan senyawa aromatik. GC-MS merupakan metode

untuk memisahkan senyawa berdasarkan titik didihnya menggunakan kromatografi gas. Fase gerak pada metode ini adalah gas inert seperti helium. Selanjutnya, dilakukan ionisasi komponen-komponen yang sudah dipisahkan menggunakan ionisasi elektron (EI). Ion yang dihasilkan dideteksi oleh spektrometer massa. Prediksi senyawa berdasarkan pencocokan spektrum massa sampel dengan spektrum massa referensi pada NIST Library.

LC-MS/MS menggunakan satu tahap spektrometri massa untuk menganalisis ion molekul yang dihasilkan dari pemisahan di kolom kromatografi. Hasilnya memberikan informasi tentang berat molekul dan identitas senyawa berdasarkan ion *precursor* yang terdeteksi. LC-MS/MS adalah metode untuk memisahkan komponen pada campuran berdasarkan interaksinya dengan fasa diam pada kromatografi cair, dan fasa gerak menggunakan pelarut seperti air, asetonitril, atau metanol. Selanjutnya dilakukan ionisasi terhadap komponen yang sudah dipisahkan, menggunakan *elektrospray* (ESI), atau ionisasi kimia dengan tekanan atmosfer (APCI). Ion yang dihasilkan dideteksi menggunakan spektrometer massa, selanjutnya difragmentasi untuk mendapatkan fragmen yang unik menggunakan spektrometer massa kedua. Identifikasi komponen pada LC-MS/MS lebih banyak menggunakan standar kuantifikasi dan prediksi, sehingga memerlukan instrumentasi dan keahlian yang lebih kompleks. Prediksi senyawa pada LC-MS dilakukan dengan mencocokkan data pada database multidisipliner *ChemSpider*.

LC-MS/MS digunakan pada aplikasi yang lebih luas karena mempunyai sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi dengan mengombinasikan teknik fragmentasi *in silico*, prediksi retensi, fragmentasi MS/MS, dan penilaian basis data untuk mengidentifikasi komponen pada campuran yang kompleks atau sampel biologis yang memiliki matriks rumit. Metode ini digunakan untuk penelitian metabolomik, penemuan biomarker, serta analisis farmasi untuk mengidentifikasi dan mengukur bahan aktif farmasi. LC-MS/MS juga digunakan untuk mengidentifikasi dan mengukur komponen-komponen bahan alam seperti minyak atsiri, ekstrak tumbuhan, dan senyawa bioaktif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

1. Identifikasi Senyawa Fraksi Etil Asetat Ekstrak Etanol Daun *M. Oleifera* Berdasarkan Teknik Analisa GC-MS

Hasil identifikasi senyawa fraksi etil asetat ekstrak etanol daun *M. oleifera* dengan metode

GC-MSD ditemukan senyawa mayor yaitu asam linolenat (25,52%), methyl linolenate (12,67%), asam palmitat (9,29%), dan linolenol (9,05%). Sedangkan senyawa minor pada fraksi etil asetat adalah phytosterol (1,66%), oktilenol (1,48%), dan tetrahydroisoquinoline (1,07%) (Tabel.1)

Tabel 1.
Identifikasi Berbagai Senyawa Fraksi Etil Asetat Ekstrak Etanol Daun *M. oleifera* Berdasarkan Teknik Analisa GC-MS

No.	Senyawa	Nama Umum	Waktu Retensi	Kandungan (%)
1	9,12,15-octadecatrienoic acid	Asam linolenat	30,265	25,52
2	Hexadecanoic acid	Asam palmitat	29,120	9,29
3	9,12,15-Octadecatrien-1-ol	Linolenol	30,748	9,05
4	Methyl 8,11,14-heptadecatrienoate	Methyl linolenate	31,541	12,67
5	9,12,15-Octadecatrienoic acid, ethyl ester"	Ethyl linolenate	29,693	6,98
6	cis,cis,cis-7,10,13 Hexadecatrienal	Neral	31,127	4,83
7	2(4H)-Benzofuranone, 5,6,7,7A-tetrahydro-6-hydroxy-4,4,7A-trimethyl-(6S-cis)	Hidroksi-muskon	27,983	3,67
8	(2E)-3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	Phytol	29,513	2,96
9	Heptacosane, 1-chloro-	1-chloroheptacosane	32,085	2,95
10	n-Octacosane atau C28H58	Octacosane	32,644	2,68
11	Pentacosane	Pentacosane	33,333	2,60
12	Hexadecanoic acid, ethyl ester	Etil palmitat	28,527	2,56
13	Di-alpha.-Tocopherol	Vitamin E	36,216	2,20
14	2,6,10-Trimetil-14-etilena-14-pentadekena	Phytosterol	27,059	1,66
15	2(4H)-Benzofuranone, 5,6,7,7A-tetrahydro-6-hydroxy-4,4,7A-trimethyl-(6S-cis)-	Oktilenol	28,224	1,48
16	(+)-(P,IR,3S)-5-(4,5-Dimethoxy-2-methyl-1-naphthyl)-6,8-dimethoxy-1,2,3-trimethyl-1,2,3,4-tetrahydroisoquinoline	Tetrahydroisoquinoline alkaloids	33,230	1,07

2. Identifikasi Senyawa Fraksi Etil Asetat Ekstrak Etanol Daun *M. Oleifera* Berdasarkan Teknik Analisa LC-MS/MS

Interpretasi senyawa fraksi etil asetat ekstrak etanol daun *M. oleifera* pada metode LC-MS/MS dilakukan dengan mencocokkan data pada *Database Multidisipliner ChemSpider*. Hasil analisis menunjukkan adanya senyawa golongan flavonoid, alkaloid, tanin, fenolat, dan steroid. Quercetin, kaempferol, dan glikosida merupakan flavonoid yang paling umum

ditemukan pada ekstrak etanol daun *M.oleifera*. Senyawa mayor yang ditemukan yaitu flavonoid (16,83%), steroid (9,33%), dan carboxylic acid (8,37%) (Tabel.2)

Tabel 2.
Identifikasi Berbagai Senyawa Fraksi Etil Asetat Ekstrak Etanol Daun *M. oleifera* Berdasarkan Teknik Analisa LC-MS/MS

No.	Senyawa	Nama Umum	Waktu Retensi	Kandungan (%)
1	Kaempferol	Flavonoid	7.672	12.92%
2	Nandrolone	Steroid	8.768	9.33%
3	1-Carboxy-3-hydroxy adamantane	Carboxylic acid	5.759	8.37%
4	2-(Butyrylamino)-N,N-dicyclohexylbenzamide	Belum teridentifikasi	11.777 11.890	7.15%
5	Belum teridentifikasi	Belum teridentifikasi	18.548	6.53%
6	(3 β)-28-(Butylamino)-28-oxolup-20(29)-ene-3,23-diylbis[(butylamino)(oxo)acetate]	Belum teridentifikasi	16.523	4.92%
7	3-(Dodecylsulfinyl)propanoic acid	Belum teridentifikasi	9.409	4.35%
8	1-(3,6,9,12,15,18-Hexaoxahenicos-20-ynoyloxy)-2,5-pyrrolidine-dione	Ester	1.232	3.90%
9	1-(3,6,9,12,15,18-Hexaoxahenicos-20-ynoyloxy)-2,5-pyrrolidinone	Ester	1.717	3.47%
10	Indoline Indoline	Indole	2.491 3.081	3.35%
11	Quercetin-3-O-rutinoside	Flavonoid	4.136	3.16%
12	Embelin	Organooxygen	9.739	3.12%
13	Phenylalanine	Carboxylic acid	2.462 3.081	2.89%
14	Belum teridentifikasi	Belum teridentifikasi	16.326	2.72%
15	Valerophenone	Organooxygen	6.090	1.93%
16	Belum teridentifikasi	Belum teridentifikasi	15.849	1.21%
17	1-Hydroxy-2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidinyl stearate	Ester	14.506	1.12%
18	Propafenone	Linear 1,3 diarylpropanoids	12.656	1.05%
19	Indoleacrylic acid	Indole	3.826	0.96%
20	Quercetin-3-O-glucoside	Flavonoid	6.751	0.75%
21	(9E,12E)-N-[(2S,3R,4E)-1-(α -L-threo- Hexopyranosyloxy)-3-hydroxy-4- octadecen-2-yl]-9,12-octadecadienamide	Belum teridentifikasi	17.494	0.63%
22	Linoleamide	Fatty acyl	11.631	0.42%

Belum teridentifikasi* yang disebabkan karena tidak ditemukan atau tidak dapat diidentifikasi dengan menggunakan basis data yang ada, sehingga perlu dilakukan analisis tambahan jika diperlukan

Pembahasan

Ekstrak etanol daun *M. oleifera* difiltrasi untuk memisahkan larutan etanol yang

mengandung senyawa aktif dari sisa daun yang tidak terlarut. Fraksinasi menggunakan pelarut berlapis dengan teknik ekstraksi cair-cair, di mana ekstrak etanol dipisahkan menjadi beberapa fraksi menggunakan pelarut-pelarut yang memiliki kelarutan berbeda. Fraksinasi ekstrak etanol daun *M. oleifera* bertujuan untuk mengisolasi dan memurnikan senyawa-senyawa bioaktif dengan potensi terapeutik dan efek biologis yang diinginkan, seperti anti-DENV, anti-inflamasi, atau antioksidan, sehingga dapat mengoptimalkan senyawa aktif tersebut pada penelitian lebih lanjut untuk aplikasi klinis. Fraksinasi memanfaatkan prinsip kepadatan, kelarutan, dan polaritas untuk memisahkan senyawa-senyawa yang ada dalam ekstrak etanol. Langkah-langkah umum untuk melakukan fraksinasi ekstrak etanol daun *M. oleifera* menggunakan pelarut dimulai dengan pelarut air, kemudian butanol, etil asetat, dan heksana.

Fraksinasi dengan etil asetat (pelarut semipolar) untuk memisahkan senyawa pada sisa ekstrak etanol yang tidak larut dalam heksana. Etil asetat adalah pelarut semipolar yang dapat melarutkan senyawa-senyawa yang lebih polar daripada senyawa yang larut dalam heksana, tetapi tidak sepolar air, seperti beberapa flavonoid, alkaloid, saponin, dan senyawa-senyawa lainnya yang lebih polar. Flavonoid semi-polar (quercetin, kaempferol), saponin, triterpenoid, alkaloid semi-polar (Moringine).

Metode ini dapat digunakan untuk mendeteksi zat dalam jumlah kecil, karena memiliki batas deteksi (LOD) yang rendah. GC-MSD lebih cocok untuk mengidentifikasi senyawa yang bersifat nonpolar hingga semipolar, cukup volatil, stabil pada suhu tinggi, dan mempunyai berat molekul rendah hingga sedang. GC-MS banyak digunakan untuk analisis lingkungan, identifikasi forensik, dan keamanan pengolahan makanan.

Senyawa bioaktif dari bahan alam seperti *M. oleifera* adalah senyawa yang ditemukan dalam organisme hidup yang memiliki aktivitas biologis, sehingga dapat dimanfaatkan untuk pengembangan obat berbasis herbal. Beberapa grup senyawa bioaktif yang penting dari bahan alam meliputi: alkaloid, flavonoid, terpenoid, steroid, saponin, polifenol, karotenoid, glukosida, peptida dan protein, serta asam lemak esensial. Identifikasi secara terpisah efek biologis dari satu senyawa aktif yang larut dalam ekstrak sulit dilakukan karena adanya efek sinergis atau antagonis dari senyawa-senyawa yang larut dalam ekstrak tersebut. Aktivitas suatu senyawa akan dipengaruhi oleh senyawa lain pada ekstrak, termasuk mineral-mineral. Sebagai contoh, aktivitas antioksidan ditentukan oleh kandungan total fenolik dan flavonoid, juga dipengaruhi oleh interaksi dengan molekul lain seperti mineral dan suhu.

Pada penelitian ini, fraksi etil asetat ekstrak etanol daun *M. oleifera* mengandung senyawa-senyawa seperti kaempferol, quercetin, nandrolone, tetrahydroisoquinoline, neophytadiene, dan terpenoid yang mungkin berperan sebagai antivirus dan antiinflamasi pada infeksi virus.

Beberapa senyawa bioaktif dari *M. oleifera*, seperti isothiocyanates, flavonoid, dan karotenoid, memiliki sifat antiinflamasi dengan menghambat enzim proinflamasi, sementara polifenol berfungsi sebagai antioksidan yang dapat mengurangi stres oksidatif dan peradangan. Senyawa terpenoid seperti oncalyxone A, verbascosaponin A, dan scropolioside A menghambat produksi sitokin proinflamasi. Hal ini mendukung potensi daun *M. oleifera* sebagai agen terapeutik.

M. oleifera memiliki banyak sifat farmakologis seperti analgesik, antimikroba, antioksidan, imunomodulatorik dan antiinflamasi.²⁸ Aktivitas farmakologis ini berkaitan dengan fitokimia yang ada pada akar, batang, daun, bunga dan biji dari *M. oleifera*.²⁹⁻³¹ Sifat farmakologi daun *M. oleifera* berkaitan erat dengan kandungan senyawa bioaktif seperti flavonoid, alkaloid, karotenoid, tanin, antrakuinon, saponin, antosianin, terpen, steroid, dan proantosianidin.

Flavonoid adalah senyawa yang mudah larut dalam air, berperan sebagai antimikroba dan antivirus, namun mekanismenya masih belum jelas. Flavonoid dari spesies ini memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi dalam bentuk flavanol dan glikosida.³⁵ Flavonoid yang paling umum dari daun *M. oleifera* adalah senyawa rutin, quercetin, rhamnetin, kaempferol, apigenin, dan myricetin, sedangkan senyawa steroid adalah hormon yang memiliki efek imunomodulator dengan mempengaruhi aktivitas sel imun dan produksi sitokin. Senyawa ini mempunyai potensi dalam pengobatan infeksi DENV yang dapat dikombinasikan dengan agen antivirus lain.

Senyawa metabolit sekunder lain yang terdapat pada daun *M. oleifera* adalah alkaloid dan minyak atsiri (*Essential oils*). Flavonoid yaitu senyawa yang mudah larut dalam air, berperan sebagai antimikroba dan antivirus. Fitokimia terhadap ekstrak etanol daun *M.oleifera* menunjukkan indikasi kuat adanya senyawa golongan alkaloid, flavonoid, tanin, fenolat, dan steroid. Flavonoid yang paling umum ditemukan pada ekstrak etanol daun *M.oleifera* adalah glikosida kuersetin dan kaempferol.

Daun *M.oleifera* mengandung Catechol, tannins, Steroids, Triterpenoids, Flavonoids, Saponins, Anthraquinones, Alkaloids, Glucosinolate, Carotenoids, Ascorbic acid, Vitamins, Isothiocyanates, dan Tannins. Adanya polifenol dalam daun dan buah *M. oleifera*, dengan

kandungan yang lebih diperkaya dalam fraksi butanol pada daun.³⁸ Daunnya juga dilaporkan mengandung niazirin, niazirinin, 4-[(4'-O-acetyl-L-rhamnosyloxy) benzyl] isothiocyanate, niaziminin A, 3-caffeoylquinic dan 5-caffeoylquinic acid serta karotenoid, epicatechin. Ekstrak eter, etanol dan air daun *M. oleifera* mengandung tanin katekol, tanin galat, steroid, triterpenoid, flavonoid, saponin, antrakuinon, alkaloid, dan gula pereduksi yang berkontribusi terhadap nilai farmakologinya.

Fraksi etil asetat dari ekstrak etanol daun *M.oleifera* dapat menghambat makrofag manusia dalam memproduksi sitokin (TNF- α , IL-6 dan IL-8). Quercetin menghambat pelepasan TNF- α , IL-6 dan ekspresi nuclear faktor kappa B, iNOS, interferon gamma dan protein C-reaktif pada tikus. Isothiocyanate dan glycoside cyanides dari ekstrak etanol daun *M. oleifera* mampu menginduksi respons imun seluler dan humoral pada tikus. Aktivitas imunostimulator dikaitkan dengan senyawa aktif saponin dan flavonoid yang ditemukan dalam ekstrak daun *M. oleifera* yang merangsang proliferasi sel T dan B melalui ekspresi interleukin-2 dan juga merangsang sintesis antibodi.

Senyawa yang terdapat pada fraksi etil asetat ekstrak etanol daun *M. oleifera* memiliki potensi untuk menjadi senyawa aktif, Untuk memastikan apakah senyawa tersebut benar-benar aktif dalam konteks terapi atau penyakit tertentu, diperlukan pengujian lebih lanjut untuk mengonfirmasi aktivitas biologisnya. Senyawa seperti flavonoid (quercetin, kaempferol), saponin, terpenoid, steroid dan alkaloid merupakan kandidat utama untuk aktivitas terapeutik yang dapat dijadikan sebagai sumber senyawa aktif dalam penelitian lebih lanjut. Uji aktivitas biologis pada masing-masing fraksi dapat dilakukan untuk menilai potensi antivirus, antioksidan, anti-inflamasi, dan antimikroba secara *in vitro*, *in vivo*, maupun *in silico*.

SIMPULAN

Fraksi etil asetat dari ekstrak etanol daun *Moringa oleifera* mengandung senyawa bioaktif potensial, yaitu flavonoid (kuersetin, kaempferol), steroid, dan alkaloid, yang berpotensi sebagai agen terapeutik aktif. Aktivitas biologisnya, meliputi efek antivirus, antioksidan, anti-inflamasi, serta antimikroba, perlu divalidasi melalui uji *in vitro*, *in vivo*, dan *in silico*

REFERENSI

- Altamish M, Khan M, Baig MS, Pathak B, Rani V, Akhtar J, et al. Therapeutic potential of medicinal plants against dengue infection: A mechanistic viewpoint. *ACS omega*. 2022;7(28):24048-65.
- Arif M, Tauran P, Kosasih H, Pelupessy NM, Sennang N, Mubin RH, et al. Chikungunya in Indonesia: Epidemiology and diagnostic challenges. *PLoS Negl Trop Dis*. 2020;14(6):e0008355.
- Abd Rani NZ, Husain K, Kumolosasi E. Moringa genus: a review of phytochemistry and pharmacology. *Frontiers in Pharmacology*. 2018;9:108.
- Bhatt P, Sabeena SP, Varma M, Arunkumar G. Current understanding of the pathogenesis of dengue virus infection. *Current microbiology*. 2021;78(1):17-32.
- Bhattacharya A, Tiwari P, Sahu PK, Kumar S. A review of the phytochemical and pharmacological characteristics of Moringa oleifera. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*. 2018;10(4):181.
- Carlini V, Noonan DM, Abdalalem E, Goletti D, Sansone C, Calabrone L, et al. The multifaceted nature of IL-10: regulation, role in immunological homeostasis and its relevance to cancer, COVID-19 and post-COVID conditions. *Frontiers in immunology*. 2023;14:1161067.
- Devi G, Suryadevara TN, Velaga L, Ponmurugan P. Efficacy of Moringa oleifera's Therapeutic Compounds and its Antimicrobial Activity. *Research Journal of Pharmacy and Technology*. 2020;13(8):3867-72.
- Espindola SL, Fay J, Carballo GM, Pereson MJ, Aloisi N, Badano MN, et al. Secondary dengue infection elicits earlier elevations in IL-6 and IL-10 levels. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024;25(20):11238.
- Kurokawa M, Wadhwani A, Kai H, Hidaka M, Yoshida H, Sugita C, et al. Activation of cellular immunity in herpes simplex virus type 1-infected mice by the oral administration of aqueous extract of Moringa oleifera Lam. leaves. *Phytotherapy Research*. 2016;30(5):797-804.
- Lipipun V, Kurokawa M, Suttisri R, Taweechotipatr P, Pramyothin P, Hattori M, et al. Efficacy of Thai medicinal plant extracts against herpes simplex virus type 1 infection in vitro and in vivo. *Antiviral research*. 2003;60(3):175-80.

- Lim SP, Wang Q-Y, Noble CG, Chen Y-L, Dong H, Zou B, et al. Ten years of dengue drug discovery: progress and prospects. *Antiviral research*. 2013;100(2):500-19.
- Ma Z, Ahmad J, Zhang H, Khan I, Muhammad S. Evaluation of phytochemical and medicinal properties of Moringa (*Moringa oleifera*) as a potential functional food. *South African Journal of Botany*. 2020;129:40-6.
- Masyeni S, Wardhana IMW, Nainu F. Cytokine profiles in dengue fever and dengue hemorrhagic fever: A study from Indonesia. *Narra J*. 2024;4(1).
- Masood KI, Jamil B, Rahim M, Islam M, Farhan M, Hasan Z. Role of TNF α , IL-6 and CXCL10 in Dengue disease severity. *Iranian journal of microbiology*. 2018;10(3):202.
- Orosco FL, Quimque MTJ. Antiviral potential of terpenoids against major viral infections: Recent advances, challenges, and opportunities.
- Padayachee B, Baijnath H. An updated comprehensive review of the medicinal, phytochemical and pharmacological properties of Moringa oleifera. *South African Journal of Botany*. 2020;129:304-16.
- Tsai TsungTing TT, Chuang YiJui CY, Lin YeeShin LY, Wan ShuWen WS, Chen ChiaLing CC, Lin ChiouFeng LC. An emerging role for the anti-inflammatory cytokine interleukin-10 in dengue virus infection. 2013.
- Murray PJ. The primary mechanism of the IL-10-regulated antiinflammatory response is to selectively inhibit transcription. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2005;102(24):8686-91.
- Ramu ST, Dissanayake M, Jeewandara C, Bary F, Harvie M, Gomes L, et al. Antibody and memory B cell responses to the dengue virus NS1 antigen in individuals with varying severity of past infection. *Immunology*. 2023;170(1):47-59.
- Songprakhon P, Panya A, Choomee K, Limjindaporn T, Noisakran S, Tarasuk M, et al. Cordycepin exhibits both antiviral and anti-inflammatory effects against dengue virus infection. *iScience*. 2024;27(9).