

Activity of Antioxidant Compounds in Different Varieties of Mango Leaves

Hartatik Sri Lestari[✉], Nanik Wijayati

Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Diterima : 11-06-2025

Disetujui : 26-06-2025

Dipublikasikan : 24-11-2025

Keywords:

Antioxidant

DPPH

Mango Leaves

Free Radicals

Secondary Metabolites

Abstrak

Paparan radikal bebas dalam tubuh dengan jumlah yang melebihi batas normal dapat memicu munculnya berbagai macam penyakit. Pembentukan radikal bebas dapat dihambat atau dihentikan menggunakan senyawa antioksidan. Daun mangga adalah salah satu bahan alam yang diketahui mengandung senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid dan fenolik yang dapat digunakan sebagai antioksidan alami. Penulisan ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas dari kandungan senyawa kimia pada berbagai macam daun mangga sebagai antioksidan alami untuk menangkal radikal bebas yang didasarkan pada kajian literatur dari *original article* yang dilakukan melalui *search engine* dengan kata kunci antioksidan, daun mangga. Di dapat hasil aktivitas antioksidan daun mangga sebagai penangkal radikal bebas dari 11 varietas yakni arumanis, bacang, gadung, gedong, kasturi, manalagi, podang, binjai, tandui, irwin, dan machang pulasan. Daun mangga mengandung senyawa metabolit sekunder yang tinggi sehingga berpotensi sebagai antioksidan dengan aktivitas sangat bervariasi. Hasil paling kuat ditunjukkan pada varietas mangga gadung dengan nilai IC_{50} sebesar 3,263 ppm (sangat kuat) yang menggunakan ekstraksi metode maserasi dengan uji DPPH. Faktor yang dapat mempengaruhi jumlah senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan yakni jenis varietas mangga dan lokasi tumbuh. Daun mangga sebagai antioksidan berpotensi dimanfaatkan untuk industri makanan, kosmetik, dan farmasi.

Abstract

Exposure to free radicals in the body in amounts that exceed normal limits can trigger the emergence of various diseases. The formation of free radicals can be inhibited or stopped using antioxidant compounds. Mango leaves are one of the natural materials known to contain secondary metabolite compounds such as flavonoids and phenolics that can be used as natural antioxidants. The writing of this article aims to determine the activity of the chemical compound in various kinds of mango leaves as a natural antioxidant to ward off free radicals based on literature review of the original articles conducted through a search engine with keywords antioxidant, mango leaves. The results of antioxidant activity of mango leaves as to free radical scavengers were obtained from 11 varieties, namely arumanis, bacang, gadung, gedong, kasturi, manalagi, podang, binjai, tandui, irwin, and machang pulasan. Mango leaves contain high secondary metabolite compounds that have potential as antioxidants with highly variable activity. The strongest results were shown in the mango gadung variety with an IC_{50} value of 3,263 ppm (very strong) using maceration method extraction with DPPH test. Factors that can affect the amount of bioactive compounds and antioxidant activity are the type of mango variety and growing location. Mango leaf as an antioxidant has the potential to be utilized for the food, cosmetic, and pharmaceutical industries.

Pendahuluan

Radikal bebas merupakan atom atau molekul yang pada kulit terluarnya memiliki elektron tidak berpasangan. Radikal bebas bersifat sangat reaktif karena akan menyerang dan mengikat elektron pada molekul lain supaya menjadi stabil, sehingga juga bersifat toksik (Dwiatun, 2018). Setiap hari, dalam tubuh setiap orang rata-rata memiliki sekitar 10,000-20,000 radikal bebas yang menyerang setiap sel (Fonseca, 2015). Kadar radikal bebas di dalam tubuh yang melebihi batas normal dapat menyerang berbagai senyawa seperti protein dan lipid sehingga mengakibatkan munculnya berbagai jenis penyakit. Penyakit yang dipicu oleh radikal bebas dalam tubuh, antara lain peradangan, hipertensi, gangguan saraf, dan gangguan fungsi hati. Pembentukan radikal bebas dapat dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal dari dalam tubuh berupa autooksidasi atau oksidasi enzimatis. Sedangkan faktor eksternal yang mempengaruhinya seperti paparan radiasi matahari, polusi lingkungan, dan gaya hidup tidak sehat (Asrifaturofingah *et al.*, 2024).

Radikal bebas dapat dinetralkan menggunakan senyawa antioksidan (Pulungan *et al.*, 2022). Peran antioksidan dalam menstabilkan radikal bebas yakni menangkap radikal bebas melalui donor elektron atau dengan melepaskan elektron tunggal atau atom hidrogen (Ibroham *et al.*, 2022), sehingga mampu menghambat terjadinya oksidasi radikal bebas yang dapat menyebabkan kerusakan (Toyibah & Taswin, 2020). Dalam tubuh manusia terdapat antioksidan alami seperti enzim katalase serta *Glutation peroksidase*. Namun, antioksidan tersebut belum mampu untuk menangkal kadar radikal bebas abnormal dalam tubuh, maka diperlukan antioksidan eksogen (Asrifaturofingah *et al.*, 2024). Antioksidan eksogen dapat diperoleh dari antioksidan sintetis dan antioksidan alami. Penggunaan antioksidan sintetis tidak dianjurkan karena memiliki efek samping karsinogenik (Marsella & Saleh, 2024). Karena kekhawatiran terhadap timbulnya efek antioksidan sintetis, maka penting untuk menggunakan antioksidan alami sebagai sumber alternatif antioksidan.

Keanekaragaman hayati di Indonesia yang melimpah menyebabkan antioksidan alami dengan mudah dapat diperoleh dari berbagai macam tumbuhan dengan kandungan senyawa metabolit sekunder yang berpotensi sebagai senyawa antioksidan. Sejumlah penelitian telah dilakukan pada berbagai macam tumbuhan dan menunjukkan hasil yang baik. Salah satu contoh tumbuhan yang memiliki potensi untuk digunakan sebagai sumber antioksidan alami adalah mangga (*Mangifera indica*) (Ibroham *et al.*, 2022).

Mangga adalah salah satu jenis buah dengan populasi tumbuhan yang banyak ditanam di Indonesia dengan berbagai varietas. Terdapat sekitar 400 varietas mangga yang tersebar diseluruh Indonesia (Humas Ditjen Hortikultura, 2023). Produksi buah mangga di Indonesia sendiri pada tahun 2023 mencapai 3.302.620 ton, dimana produksi terbesar berada di Pulau Jawa yakni sebesar 78,40% dari jumlah total produksi mangga nasional (Badan Pusat Statistik, 2024). Banyaknya produksi mangga membuat daun mangganya sangat melimpah. Sedangkan daun mangga sendiri masih kurang dimanfaatkan dan masih dianggap sebagai limbah tanaman pertanian yang umumnya dibakar atau dibuang (Saxena *et al.*, 2024). Dilain sisi, diketahui bahwa daun mangga memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid dan fenolik (Jannah *et al.*, 2024). Sehingga daun mangga dapat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai antioksidan alami karena kandungan senyawa tersebut akan memperkuat aktivitas antioksidannya (Wardani *et al.*, 2024). Namun, kualitas dan kuantitas dari senyawa pada daun mangga bergantung pada faktor-faktor seperti varietas, kematangan, kondisi tanah, lokasi geografis, produksi, praktik pertanian, kondisi pemrosesan dll. (Marcillo-Parra *et al.*, 2021).

Melalui uraian diatas maka penulisan ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas dari kandungan senyawa kimia dalam berbagai macam daun mangga sebagai antioksidan alami yang didasarkan pada kajian literatur.

Metode

Artikel disusun dengan *literature review* yang bersumber dari *original article*. Pencarian sumber atau literatur dilakukan melalui *search engine* seperti, Google Scholar, PubMed, dan ScienceDirect. Pencarian menggunakan kata kunci diantaranya antioksidan dan daun mangga. Artikel dengan kriteria inklusi yang digunakan adalah artikel yang dipublikasi terindeks scopus dan sinta 1-5 antara tahun 2016-2025, baik terbitan jurnal nasional maupun internasional menggunakan bahasa indonesia maupun bahasa inggris, serta merupakan penelitian eksperimental mengenai aktivitas senyawa antioksidan dari daun mangga. Sedangkan kriteria eksklusi yakni bersumber dari *literature review* yang terbit sebelum tahun 2016 yang mempelajari selain aktivitas senyawa antioksidan pada daun mangga. Kemudian dilakukan pemilihan artikel yang sesuai kriteria untuk digunakan sebagai bahan dalam penyusunan artikel.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan dari beberapa literatur yang dikaji, diperoleh sebanyak 19 jurnal mengenai aktivitas antioksidan daun mangga dengan 11 jenis variasi mangga (Arumanis, bacang/limus/pakel, gadung, gedong,

kasturi, manalagi, podang, binjai, tandui, irwin, dan machang pulasan). Pengujian aktivitas antioksidan sendiri dilakukan menggunakan metode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) serta dilakukan uji fitokimia pada daun mangga untuk mengetahui kandungan senyawanya. Sedangkan metode ekstraksi yang digunakan yaitu menggunakan metode maserasi yang merupakan metode konvensional tanpa menggunakan pemanasan, serta ekstraksi menggunakan pemanasan dengan metode refluks, ultrasonik, soxhlet, dan *Microwave Assisted Extraction* (MAE). Pelarut yang digunakan untuk ekstraksi bervariasi, diantaranya metanol, etanol, etil asetat, n-heksana, dan *Natural Deep Eutectic Solvents* (NADES). Yang mana penggunaan pelarut dan metode ekstraksi yang bervariasi untuk mengetahui pengaruhnya terhadap hasil kandungan senyawa dan aktivitas antioksidan daun mangga.

Kandungan senyawa-senyawa di dalam daun mangga pada berbagai varietas serta hasil aktivitas antioksidannya ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan dan Aktivitas Antioksidan dalam Berbagai Varietas Daun Mangga

| Jenis Mangga | Ekstraksi | Kandungan | Aktivitas Antioksidan | Referensi |
|--|--|---|--|--------------------------------------|
| Arumanis (<i>Mangifera indica</i> <i>L. Var. Arumanis</i>) | Metode ekstraksi maserasi selama 3 hari pada suhu kamar serta terhindar dari paparan sinar matahari. Ekstraksi menggunakan 3 pelarut yang beda tingkat kepolarannya (etanol 70%, etil asetat, n-heksana) | Alkaloid, saponin, flavonoid, tanin, triterpenoid, fenolik, steroid | Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH didapat nilai IC ₅₀ ekstrak etanol 70% sebesar 132 ppm (sedang), ekstrak etil asetat sebesar 430 ppm (lemah), ekstrak n-heksana sebesar 842 ppm (tidak aktif) | (Seran <i>et al.</i> , 2023) |
| | Metode ekstraksi maserasi selama 3 hari menggunakan pelarut etanol 96%, kemudian di remaserasi 2 kali | Fenolik, flavonoid, tanin | Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH didapat nilai IC ₅₀ sebesar 89,43 ppm (kuat) | (Nugroho, 2021) |
| Bacang/Limus/P akel (<i>Mangifera</i> <i>Foetida L.</i>) | Metode ekstraksi maserasi dengan pelarut metanol selama 3 x 24 jam pada suhu ruang | Alkaloid, flavonoid, saponin, fenolik (terpenoid/steroid) | Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH didapat nilai IC ₅₀ sebesar 9,653 ppm (sangat kuat) | (Siswanti <i>et al.</i> , 2017) |
| | Metode ekstraksi maserasi dengan pelarut etanol 96% | - | Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH didapat nilai IC ₅₀ sebesar 7,634 ± 0,142 ppm (sangat kuat) | (Kristiningrum <i>et al.</i> , 2018) |
| Gadung (<i>Mangifera indica</i> <i>L. Var. Gadung</i>) | Ekstraksi dengan metode remaserasi, dengan menggunakan pelarut metanol sebanyak 2 kali | Fenolik | Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH didapat nilai IC ₅₀ sebesar 3,263 ppm (sangat kuat) | (Pamungkas, 2016) |
| Gedong (<i>Mangifera indica</i> <i>L. Var. Gedong</i>) | Ekstraksi dengan metode refluks menggunakan 3 pelarut yang berbeda kepolarannya (n-heksana, etil asetat, dan etanol) | Kuinon, terpenoid, tanin, fenolik, flavonoid | Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH didapat nilai IC ₅₀ ekstrak n-heksana sebesar 523,16 ppm (tidak aktif), ekstrak etil asetat sebesar 5,02 ppm (sangat kuat), ekstrak etanol sebesar 11,17 ppm (sangat kuat) | (Rahmiyani & Nurdianti, 2016) |
| | Ekstraksi dengan metode MAE menggunakan pelarut NADES (<i>sodium acetate</i>) | Flavonoid | Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH didapat nilai IC ₅₀ pada suhu | (Latifah & Nuh, 2024) |

| Jenis Mangga | Ekstraksi | Kandungan | Aktivitas Antioksidan | Referensi |
|---|---|--|--|--------------------------------|
| | dan <i>lactic acid</i> 1:3 dalam air suling hingga suhu 70°C). Dilakukan variasi suhu dan waktu ekstraksi (60°C:10 menit, 60°C:20 menit, 80°C:10 menit, 80°C:20 menit) | | 60°C selama 10 menit sebesar 135,487 ppm (Sedang), suhu 60°C selama 20 menit sebesar 61,687 ppm (kuat), suhu 80°C selama 10 menit sebesar 39,734 ppm (sangat kuat), dan suhu 80°C selama 20 menit sebesar 21,666 ppm (sangat kuat) | |
| Kasturi (<i>Mangifera casturi</i>) | Ekstraksi dengan metode maserasi menggunakan pelarut metanol selama 5 hari lalu di fraksinasi 3 kali dengan pelarut n-heksana. Fraksi n-heksana yang didapat di fraksinasi dengan etil asetat 3 kali. Fraksi air didapat di bagian bawah | Flavonoid, triterpenoid, tanin, saponin | Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH didapat nilai IC ₅₀ ekstrak metanol sebesar 94,48 ppm (kuat), fraksi n-heksana sebesar 219 ppm (sedang), fraksi etil asetat sebesar 68,63 ppm (kuat), fraksi air sebesar 132,57 ppm (sedang) | (Dwiatun, 2018) |
| | Ekstraksi dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 96% | Alkaloid, flavonoid, tanin, kuinon | Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH didapat nilai IC ₅₀ sebesar 83,61 ppm (kuat) | (Lestari <i>et al.</i> , 2021) |
| Manalagi (<i>Mangifera indica</i> L. Var. <i>Manalagi</i>) | Ekstraksi menggunakan pelarut etanol 96% dengan tiga metode (ultrasonik, refluks, maserasi). Ultrasonik dilakukan selama 25 menit pada suhu 32°C, refluks dilakukan selama 6 jam pada suhu 86°C, maserasi dilakukan selama 24 jam pada suhu ruang | Alkaloid, steroid, fenolik, flavonoid | Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH didapat nilai IC ₅₀ dengan metode ultrasonik sebesar 6,43 ppm (sangat kuat), metode refluks 6,99 ppm (sangat kuat), serta metode maserasi sebesar 5,20 ppm (sangat kuat) | (Tinasy & Wijayati, 2024) |
| | Ekstraksi dengan metode remaserasi menggunakan pelarut etanol 70% dan dilakukan penyarian sebanyak 2 kali dengan jeda 2 hari | Flavonoid, saponin, tanin, triterpenoid, fenolik, kuinon | Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH didapat nilai IC ₅₀ sebesar 10,27 ± 0,37 ppm (sangat kuat) | (Winata & Ameliana, 2024) |
| Podang (<i>Mangifera indica</i> L. Var. <i>Podang</i>) | Ekstraksi dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 96%, selama 3 x 24 jam dalam suhu ruang | Fenolik, flavonoid | Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH didapat nilai IC ₅₀ sebesar 24,26 ppm (sangat kuat) | (Diah <i>et al.</i> , 2023) |
| Binjai (<i>Mangifera caesia</i>) | Ekstraksi dengan alat soxhlet menggunakan pelarut metanol (serbuk dan pelarut perbandingan 1:5) | Fenolik, Flavonoid, Steroid-triterpenoid | Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH didapat nilai IC ₅₀ pada fraksi n- | (Purnama <i>et al.</i> , 2022) |

| Jenis Mangga | Ekstraksi | Kandungan | Aktivitas Antioksidan | Referensi |
|--|--|--|--|----------------------------------|
| | dengan suhu 60°C. Selanjutnya di fraksinasi dengan n-heksan. | | heksan sebesar 34,0668 ppm (sangat kuat) | |
| | Ekstraksi dengan soxhlet menggunakan pelarut metanol. Lalu di fraksinasi dengan mensuspensi ekstrak dalam aquades, untuk selanjutnya suspensi di fraksinasi menggunakan pelarut n-heksana. Fraksi air di fraksinasi menggunakan pelarut etil asetat. | Flavonoid, fenolik, tanin, triterpenoid | Uji aktivitas antioksidan dengan DPPH didapat nilai IC ₅₀ pada fraksi etil asetat sebesar 5,356 ppm (sangat kuat) serta fraksi air sebesar 23,175 ppm (sangat kuat) | (Ramadhan <i>et al.</i> , 2022) |
| Tandui (<i>Mangifera rufocostata</i> K.) | Ekstraksi dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 70%. Dan ekstraksi dengan metode sokletasi pada suhu 60-70°C sebanyak 25-30 siklus. | Flavonoid, fenolik, saponin, tanin | Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH didapat nilai IC ₅₀ pada metode maserasi sebesar 5,126 ppm (sangat kuat) dan metode sokletasi sebesar 5,739 ppm (sangat kuat). | (Saputri <i>et al.</i> , 2024) |
| | Ekstraksi dengan metode maserasi menggunakan pelarut metanol, diaduk pada 6 jam pertama, dидiamkan selama 18 jam. Lalu disaring untuk di remaserasi sebanyak 2 kali. | Flavonoid, fenolik, tanin | Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH didapat nilai IC ₅₀ sebesar 8,222 ppm (sangat kuat) | (Susiani <i>et al.</i> , 2024) |
| Irwin (<i>Mangifera Indica</i> Var. Irwin) | Ekstraksi dengan metode maserasi menggunakan pelarut metanol selama 72 jam pada suhu kamar. Ekstraksi dilakukan pada daun berwarna coklat tua, kuning muda, dan hijau tua. | 3-C-β-D-glucosyl-2,4,4',6-tetrahydroxybenzophenone, mangiferin, klorofil, cyanidin-3-O-glucoside | Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH didapat nilai IC ₅₀ pada daun coklat tua sebesar 29 ppm (sangat kuat), daun kuning muda 15 ppm (sangat kuat), dan daun hijau tua 9 ppm (sangat kuat) | (Itoh <i>et al.</i> , 2020) |
| Machang Pulasan (<i>Mangifera magnifica</i>) | Ekstraksi dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol selama sehari | Fenolik, flavonoid, quersetin, asam galat | Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH didapat nilai IC ₅₀ sebesar 6,76 ppm (sangat kuat) | (Fitmawati <i>et al.</i> , 2020) |
| | Ekstraksi dengan metode maserasi menggunakan pelarut metanol selama 3 x 24 jam dan diultrasonikasi selama 1 jam, lalu disaring. Maserasi diulang sebanyak 6 kali. Ekstrak metanol difraksinasi dengan n- | Fenolik dan flavonoid | Uji aktivitas antioksidan dengan metode DPPH didapat nilai IC ₅₀ pada fraksi n-heksana sebesar 598,342 ± 18,121 ppm (tidak aktif), ekstrak metanol sebesar 38,772 ± 3,754 ppm (sangat kuat), dan fraksi etil asetat | (Fitmawati <i>et al.</i> , 2022) |

| Jenis Mangga | Ekstraksi | Kandungan | Aktivitas Antioksidan | Referensi |
|--------------|--|-----------|--|-----------|
| | heksana dan dilanjutkan dengan etil asetat | | sebesar $17,824 \pm 1,292$ ppm (sangat kuat) | |

Senyawa Antioksidan pada Daun Mangga

Senyawa antioksidan yang ditemukan pada daun mangga sangat bervariasi, diantaranya fenolik, flavonoid, alkaloid, tanin, terpenoid, triterpenoid, steroid, saponin, kuinon, *3-C-β-D-glucosyl-2,4,4',6-tetrahydroxybenzophenone*, mangiferin, klorofil, *cyanidin-3-O-glucoside* (antosianin), quersetin, dan asam galat. Senyawa antioksidan yang paling sering ditemukan yakni fenolik dan flavonoid, karena mempunyai gugus hidroksil (-OH) yang bisa menetralkan radikal bebas melalui donor atom hidrogennya sehingga menjadikan molekul non radikal yang stabil (Jannah *et al.*, 2024).

Senyawa fenolik merupakan senyawa yang pada cincin aromatik mempunyai gugus hidroksil yang menempel. Senyawa fenolik mempunyai efek biologis seperti halnya aktivitas antioksidan (Purwanti, 2024). Gugus hidroksil yang melekat pada cincin semakin banyak akan menyebabkan semakin banyak fenolik. Selain itu, struktur glikosida dapat meningkatkan aktivitas antioksidannya (Winata & Ameliana, 2024). Selain dipengaruhi oleh jumlah gugus hidroksil, aktivitas antioksidan senyawa fenolik juga dipengaruhi oleh posisi gugus hidroksil. Gugus OH yang tersubstitusi pada posisi para dari senyawa aromatik paling mempengaruhi kapasitas antioksidan senyawa fenolik (Prommajak *et al.*, 2014). Gugus hidroksil pada fenolik secara langsung berkontribusi pada aktivitas antioksidan serta berperan sangat penting untuk menangkap radikal bebas. Hal tersebut karena atom hidrogen dapat disumbangkan ketika gugus hidroksil bereaksi dengan senyawa radikal bebas melalui cara transfer elektron, sehingga senyawa radikal bebas dapat stabil (Purwanti, 2024). Senyawa fenolik mempunyai kemampuan untuk menyumbangkan elektron. Kemudian juga melakukan berbagai fungsi, diantaranya mendonorkan hidrogen, menangkap oksigen singlet, serta potensi untuk mengikat logam (Asrifaturofingah *et al.*, 2024). Reaksi senyawa fenolik dengan radikal bebas setelah proses donor hidrogen dapat menghasilkan radikal fenoksil. Radikal fenoksil ini bisa distabilkan melalui resonansi, dengan elektron tidak berpasangan akan tersebar ke seluruh cincin aromatik, sehingga radikal fenoksil tersebut dapat berkurang reaktivitasnya (Tinasy & Wijayati, 2024). Dari penelitian yang telah dilakukan Pan *et al.*, (2018) ditunjukkan bahwa fenolik hidroksil memainkan peran kunci dalam aktivitas antioksidan. Uji senyawa fenolik dilakukan dengan menambahkan FeCl_3 . Hasil positif ditunjukkan jika menghasilkan warna hijau, merah, ungu, biru atau hitam pekat (Nugroho, 2021).

Senyawa flavonoid yakni jenis senyawa polar yang bisa larut dengan baik pada pelarut polar. Flavonoid merupakan antioksidan alami yang dapat menjadi penangkal radikal bebas (Kemit *et al.*, 2016). Kandungan flavonoid pada suatu tanaman yang tinggi akan menyebabkan aktivitas antioksidannya juga tinggi (Mudrijan & Karneli, 2024). Flavonoid termasuk antioksidan yang baik karena memiliki sedikitnya dua gugus hidroksil pada posisi *orto* dan *para*. Flavonoid berfungsi sebagai antioksidan dengan membebaskan atom hidrogen dari gugus hidroksilnya untuk menangkap radikal bebas (Lestari *et al.*, 2021). Selain itu, senyawa flavonoid juga dapat menunda mekanisme oksidasi lipid serta membantu untuk mencegah penyakit kronis dengan cara memperlambat degradasi oksidatif yang diakibatkan oleh molekul yang sangat reaktif, seperti spesies oksigen reaktif (Mudrijan & Karneli, 2024). Senyawa flavonoid termasuk senyawa polar yang cenderung lebih larut pada pelarut polar dikarenakan mengandung sejumlah gula yang terikat (Kemit *et al.*, 2016). Pada uji kandungan senyawa flavonoid menggunakan uji *wilstat*, hasil positif ditunjukkan adanya buih dan endapan serta perubahan warna merah/jingga. Penambahan HCl (asam kuat) menyebabkan hidrolisis, yang mengubah flavonoid glikosida menjadi aglikon flavonoid. Sampel yang mengandung flavonol, flavon, dan xanton menghasilkan garam flavilium dengan warna merah (Cahyanto *et al.*, 2020).

Kandungan senyawa tanin pada sampel memiliki jenis antioksidan polifenol yang bekerja dengan menetralkan atau mencegah efek dari radikal bebas yang bisa merusak jaringan tubuh (Oksal *et al.*, 2023). Uji senyawa tanin dengan hasil positif ditunjukkan melalui perubahan warna menjadi hijau kehitam-hitaman. Hal ini dikarenakan ikatan kovalen ion Fe^{3+} dengan atom O^- dari gugus fungsi OH^- . Akibatnya, senyawa tanin melepaskan atom H dan menghasilkan senyawa dengan perubahan warna (Cahyanto *et al.*, 2020).

Senyawa terpenoid merupakan jenis antioksidan lipofilik memiliki kemampuan untuk menghambat peroksidasi lipid melalui penangkapan dan *scavenging* spesies reaktif, seperti superoksida dan mengkelat logam (Fe^{2+} dan Cu^{2+}) (Hardiningtyas *et al.*, 2014). Uji senyawa terpenoid positif apabila terdapat cincin pada batas antara dua pelarut, yang disebabkan karena pada golongan senyawa terpenoid terjadi oksidasi melalui pembentukan ikatan rangkap terkonjugasi. Prinsip dari reaksi ini terdiri dari kondensasi atau pelepasan H_2O serta penggabungan karboksilasi, yang menghasilkan adisi elektrofilik yang diikuti dengan pelepasan hidrogen. Gugus hidrogen ini dilepas bersama dengan elektronnya, menyebabkan pemanjangan konjugasi yang dapat menunjukkan adanya cincin coklat (Munadi, 2020).

Senyawa triterpenoid merupakan golongan senyawa fenolik. Uji kandungan senyawa triterpenoid menunjukkan hasil positif jika terbentuk lapisan berwarna merah bata hingga kecoklatan. Hasil ini dapat terlihat saat ditambahkan larutan anhidrat asetat dan H_2SO_4 , dimana kedua larutan tersebut akan bereaksi dan membentuk karbokation. Karbokation selanjutnya bereaksi dengan atom O pada gugus OH senyawa triterpenoid, yang mengubah warna (Sari & Sujarwati, 2023).

Senyawa steroid bekerja sebagai antioksidan sama dengan senyawa triterpenoid yakni dengan mengurangi pembentukan radikal bebas baru melalui pemutusan reaksi berantai serta mengubahnya menjadi produk yang lebih stabil (Maulida *et al.*, 2016).

Senyawa alkaloid sebagai antioksidan bekerja dengan cara menghentikan proses oksidasi (Oktaviani *et al.*, 2021). Dengan menggunakan metode wagner untuk menguji senyawa alkaloid, hasil positif terbentuk endapan coklat muda hingga kuning. Dimana kalium iodida dan ekstrak berinteraksi untuk menghasilkan endapan tersebut. Ion logam K^+ dengan nitrogen pada alkaloid akan membentuk ikatan kovalen koordinasi, sehingga dapat membentuk kompleks kalium-alkaloid yang bisa mengendap (Agustina *et al.*, 2020).

Senyawa saponin sebagai antioksidan karena kemampuannya untuk meredam superoksida melalui pembentukan intermediat hiperoksida. Sehingga memungkinkan untuk mencegah terjadinya kerusakan biomolekuler yang diakibatkan oleh radikal bebas (Putri *et al.*, 2023). Uji kandungan senyawa saponin, menunjukkan hasil positif setelah sampel ditambahkan sedikit air panas dan dikocok, sehingga busa terbentuk pada permukaan sampel tersebut. Terbentuk busa karena sebagian senyawa polar pada sampel larut dalam air serta senyawa nonpolar yang sebagian menurunkan tegangan permukaan (Cahyanto *et al.*, 2020).

Senyawa kuinon dalam lingkungan redoks sistem biologi dapat menyebabkan toksisitas melalui pembentukan spesies oksigen reaktif (ROS) mengalami dismutasi spontan atau enzimatis untuk menghasilkan radikal hidroksi ($\bullet\text{OH}$), yang mengubah struktur protein melalui oksidasi residu asam amino esensial seperti sistein dan memengaruhi lipid seluler melalui proses oksidatif yang melibatkan hidroperoksida lipid (Obach & Kalgutkar, 2023). Uji kandungan senyawa kuinon, larutan natrium hidroksida digunakan sebagai pereaksi. Reaksi ini melepaskan gugus fenol dari kuinon dan membentuk ion fenolat, yang dapat menyerap cahaya dan menimbulkan warna (Manurung *et al.*, 2023).

Mangiferin merupakan antioksidan yang mampu menetralkan berbagai spesies reaktif dan memengaruhi ekspresi dan aktivitas enzim detoksifikasi utama, sehingga mengurangi stres oksidatif dan peradangan (Gold-Smith *et al.*, 2016).

Klorofil memiliki kemampuan untuk menangkap radikal bebas sebagai antioksidan secara langsung dan secara tidak langsung bertindak melalui metabolisme jalur detoksifikasi (Pérez-gálvez *et al.*, 2020). Klorofil ini dapat menyumbangkan atom hidrogennya pada radikal bebas, menangkap oksigen singlet, serta melakukan resonansi untuk membuang energi berlebihan (Hutagalung, 2021).

Cyanidin-3-O-glucoside merupakan antosianin. Antosianidin, salah satu golongan flavonoid, merupakan antioksidan potensial dan efektivitasnya dalam menghambat oksidasi lipid terkait dengan aktivitas pengkelat ion logam dan aktivitas pembersihan radikal bebas. Antosianidin dapat mendonorkan elektron (disertai dengan inti hidrogen) ke radikal bebas dari gugus $-\text{OH}$ yang melekat pada cincin fenolik. Dengan donor elektron ini radikal bebas dapat distabilkan dan dinonaktifkan. Selama proses ini, polifenol yang telah direduksi berubah menjadi radikal aroksil, yang karena resonansi menjadi relatif lebih stabil daripada radikal bebas yang telah direduksi. Akhirnya, reaksi berantai oksidatif yang merusak dihentikan (Nimse & Pal, 2015).

Quersetin merupakan flavonol yang diketahui dapat melindungi DNA dari kerusakan oksidatif akibat serangan $\bullet\text{OH}$, H_2O_2 , dan $\text{O}_2\bullet$ pada oligonukleotida DNA. Sebaliknya, quersetin juga dilaporkan sebagai agen karsinogenik. Dimana quersetin memiliki efek berlawanan pada kerusakan DNA yang disebabkan oleh ion tembaga tergantung pada konsentrasi ion tembaga. Pada konsentrasi ion tembaga yang rendah ($\leq 25\mu\text{M}$), quersetin menunjukkan peran protektif. Sementara pada konsentrasi ion kupri yang lebih tinggi, quersetin meningkatkan kerusakan DNA oleh ROS. Oleh karena itu, sangat penting untuk mempertimbangkan konsentrasi ion logam pengkelat, seperti tembaga atau besi saat mengevaluasi efek protektif atau degeneratif quersetin dan bioflavonoid lain (Nimse & Pal, 2015).

Asam galat merupakan turunan fenolik sederhana dengan gugus hidroksil 3 (Indriyah *et al.*, 2023), berfungsi sebagai antioksidan alami untuk melindungi sel dari bahaya yang disebabkan oleh spesies oksigen reaktif (ROS) dengan mengais radikal hidroksil dan hidrogen peroksida (Wulandari *et al.*, 2022). Radikal asam galat yang terbentuk dapat distabilkan melalui interaksi dua ikatan hidrogen pada posisi ortho (Junaidi & Anwar, 2018).

Kandungan senyawa antioksidan dalam daun mangga yang berbeda-beda, daun mangga kemudian dilakukan uji kadar fenolik dan flavonoid dari berbagai varietas, untuk mengetahui pengaruh dari dua senyawa tersebut terhadap aktivitas antioksidan, yang ditunjukkan melalui Tabel 2.

Tabel 2. Kadar Fenolik Total dan Kadar Flavonoid Total Pada Berbagai Varietas Daun Mangga

| Jenis Mangga | Kadar Fenolik Total (mg GAE/g) | Kadar Flavonoid Total (mg QE/g) | Ket. | Referensi |
|-----------------|--|--|--|----------------------------------|
| Gadung | 307,982 ± 5,386 | - | Remaserasi | (Pamungkas, 2016) |
| Gedong | - | 3,8902 5,0890 5,5504 6,5994 | (MAE) 60°C:10 menit (MAE) 60°C:10 menit (MAE) 60°C:10 menit (MAE) 60°C:10 menit | (Latifah & Nuh, 2024) |
| Manalagi | 204,81 ± 7,23 218,14 ± 2,86 218,86 ± 4,95 | 284,21 ± 35,42 301,97 ± 30,07 251,54 ± 16,31 | Ultrasonik Refluks Maserasi | (Tinasy & Wijayati, 2024) |
| | 181,068 ± 4,115 | 29,893 ± 0,133 | Remaserasi | (Winata & Ameliana, 2024) |
| Tandui | - | 1,6849 ± 0,06953 1,4886 ± 0,210913 | Maserasi Sokletasi | (Saputri <i>et al.</i> , 2024) |
| Machang Pulasan | 45,63 ± 0,44 | 65,70 ± 3,71 | Maserasi | (Fitmawati <i>et al.</i> , 2020) |
| | 209,861 ± 0,127 161,260 ± 0,127 52,864 ± 0,063 | 255,041 ± 0,730 210,117 ± 1,232 49,158 ± 0,464 | Fraksi etil asetat Ekstrak metanol Fraksi n-heksana | (Fitmawati <i>et al.</i> , 2022) |

Melalui Tabel 1 dan Tabel 2 dapat diketahui kadar senyawa fenolik total dan flavonoid total, sejalan terhadap hasil nilai IC_{50} . Dimana semakin tinggi kadar senyawa pada tanaman, maka akan membuat nilai IC_{50} semakin kecil. Hal ini sesuai dengan penelitian Hikmawanti *et al.*, (2024) yang menyatakan bahwa semakin tinggi kadar fenolik dan flavonoid, maka semakin tinggi pula aktivitas antioksidan dalam reduksi. Karena senyawa fenolik memiliki kemampuan untuk menyumbangkan hidrogen yang membantu dalam penghentian reaksi berantai radikal (Nivedha *et al.*, 2020). Namun, nilai antioksidan tidak terbatas pada senyawa fenolik atau flavonoid, sehingga tidak ada hubungan sederhana antara total fenolik dan flavonoid ketika membandingkan nilai antioksidan antar ekstrak tumbuhan (Fitmawati *et al.*, 2020). Hal ini dapat dilihat melalui penelitian Tinasy & Wijayati, (2024) dimana kadar flavonoid total paling tinggi didapat pada ekstraksi metode refluks namun hasil aktivitas antioksidannya paling tinggi didapat pada ekstraksi metode maserasi.

Aktivitas Antioksidan pada Daun Mangga

Metode uji aktivitas antioksidan terdapat beberapa, seperti DPPH, FRAP, ABTS, dll. Pada literatur ini semua uji aktivitas antioksidan pada daun mangga menggunakan metode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) untuk pengujian antioksidan pada daun mangga. Metode DPPH dipilih karena relatif lebih mudah, sederhana, serta lebih peka terhadap sampel dengan konsentrasi kecil (Pamungkas, 2016). Metode ini juga stabil dan tidak membentuk dimer karena delokalisasi elektron bebas di seluruh molekul. Selain itu, metode ini tidak memerlukan substrat, sehingga lebih sederhana dengan waktu analisis yang cenderung lebih cepat. Jadi, aktivitas antioksidan dapat diukur dengan lebih akurat (Mudriyan & Karneli, 2024). Metode DPPH dilakukan dengan menambahkan larutan reagen DPPH, sehingga konsentrasi molekul DPPH dapat sebanding dengan jumlah penghambatan radikal bebas. Metode ini memungkinkan pengukuran penurunan DPPH pada panjang gelombang maksimumnya (Asrifaturofingah *et al.*, 2024). Prinsip DPPH yaitu senyawa antioksidan berinteraksi melalui ikatan atom hidrogen dengan senyawa radikal bebas untuk mengubah DPPH dari bentuk radikal bebas (*diphenylpicrylhydrazyl*) menjadi bentuk non radikal (*diphenylpicrylhydrazine*), yang secara visual bisa dilihat melalui perubahan warna dari yang semula berwarna ungu menjadi kuning (Murtini & Setyawan, 2023). DPPH kehilangan warna secara stokiometris tergantung pada jumlah elektron yang diserapnya (Mohan *et al.*, 2013). DPPH sering dilarutkan dalam pelarut polar seperti etanol atau metanol. Pelarut ini digunakan bertujuan untuk mendapatkan serapan daerah maksimum DPPH, dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis yang diukur pada rentang 400-800 nm (Ifmaily *et al.*, 2024).

Hasil uji antioksidan ini dikategorikan berdasarkan nilai IC_{50} nya. Nilai IC_{50} menunjukkan konsentrasi ekstrak yang dapat menghambat 50% oksidasi. Antioksidan jika nilai IC_{50} kurang dari 50 ppm termasuk kategori sangat kuat, nilai IC_{50} antara 50-100 ppm tergolong kuat jika nilai IC_{50} , sedangkan nilai IC_{50} antara 100-250 ppm tergolong sedang. Jika nilai IC_{50} berkisar antara 250-500 ppm memiliki aktivitas antioksidan yang lemah (Latifah & Nuh, 2024). Diketahui bahwa nilai IC_{50} yang lebih rendah menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih besar (Jannah *et al.*, 2024). Hal ini karena lebih banyak antioksidan yang berikatan dengan radikal bebas, yang berarti dalam konsentrasi kecil antioksidan sudah dapat menghambat oksidan.

Berdasarkan literatur yang telah dikaji diketahui bahwa aktivitas pada berbagai varietas daun mangga bervariasi pada rentang sangat kuat hingga tidak aktif, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Sehingga dapat diketahui bahwa varietas tanaman berpengaruh terhadap aktivitas antioksidan karena perbedaan kandungan senyawa pada setiap tanaman.

Ekstraksi merupakan tahap awal yang dilakukan untuk mengisolasi senyawa yang diinginkan pada sampel (Murtini & Setyawan, 2023). Ekstraksi yang dilakukan pada berbagai metode didapatkan hasil yang baik. Maserasi dipilih untuk ekstraksi karena sederhana, mudah untuk dilakukan, terjaminnya keseimbangan konsentrasi bahan ekstrak, dan secara teoritis maserasi tidak mungkin terjadi ekstraksi absolut (Dwiaturun, 2018). Metode refluks dipilih dikarenakan simplisia *Mangifera indica* mengandung senyawa yang tahan terhadap pemanasan. Sehingga suhu pemanasan pada saat ekstraksi diatur mendekati suhu didih pelarut (Rahmiyanti & Nurdianti, 2016). Ekstraksi berbantuan gelombang ultrasonik, hasil sonikator menyebabkan getaran ultrasonik, yang memperkuat perpindahan massa sel serta penetrasi pada matriks ekstrak. Selama sonikasi terjadi proses kavitasi yang menyebabkan dinding sel pada matriks ekstrak pecah, sehingga hal ini dapat memperbesar kontak pelarut dengan bahan yang diekstrak, serta memungkinkan dapat optimal saat keluarnya senyawa bioaktif dalam ekstrak (Tinasy & Wijayati, 2024). Ekstraksi menggunakan metode Soxhlet digunakan karena metode ini menggunakan prinsip pemanasan dan perendaman sampel, yang mana akan mengakibatkan pecahnya dinding dan membran sel akibat perbedaan tekanan di dalam dan luar sel. Sehingga, pelarut organik akan melarutkan metabolit sekunder yang terdapat di dalam sitoplasma, yang kemudian menguap ke atas. Uap tersebut akan terkondensasi menjadi tetesan-tetesan pada saat melewati pendingin udara sehingga akan terkumpul kembali. Sirkulasi berulang akan menghasilkan ekstrak yang baik jika larutan melewati batas lubang pipa samping Soxhlet (Febryanto, 2017). *Microwave Assisted Extraction* (MAE) merupakan metode ekstraksi yang menonjol karena efisiensi dan konservasi energinya, menggabungkan pemanasan gelombang mikro dengan ekstraksi pelarut untuk meningkatkan permeabilitas sel tanaman dengan cepat dan meningkatkan pelarutan senyawa target. MAE secara signifikan mengurangi waktu reaksi, mempercepat hasil, menyederhanakan operasi, dan memfasilitasi kontrol otomatis. Penggabungan langsung dengan molekul target meminimalkan reaksi samping dan produk sampingan, meningkatkan kemurnian ekstrak dan menampilkan potensi dan keuntungan yang signifikan (Zhang *et al.*, 2025). Selain itu, gelombang mikro pada ekstraksi MAE dapat mengurangi aktivitas enzimatis yang berpotensi merusak bahan aktif (Rizikiyanti *et al.*, 2023).

Beberapa peneliti melakukan perbandingan terhadap beberapa metode ekstraksi yang digunakan untuk mengetahui pengaruhnya dan melihat metode mana yang paling baik terhadap aktivitas antioksidan. Dari penelitian Tinasy & Wijayati, (2024) (ultrasonik, refluks, dan maserasi) dan Saputri *et al.*, (2024) (maserasi dan sokletasi), diketahui bahwa hasil ekstraksi maserasi didapatkan aktivitas yang paling baik walau dengan perbedaan yang tidak signifikan. Hal ini dikarenakan maserasi efektif untuk menarik senyawa metabolit sekunder maupun senyawa dalam tanaman (Putriani *et al.*, 2021) serta dapat menyari dengan baik senyawa yang tidak tahan pemanasan dan mudah teroksidasi seperti senyawa flavonoid (Toyibah & Taswin, 2020).

Dilakukan maserasi berulang atau remaserasi diketahui dapat meningkatkan proses ekstraksi sehingga meningkatkan aktivitas antioksidan, karena melalui penggantian pelarut dapat mengurangi kejenuhan pelarut (Winata & Ameliana, 2024) sehingga didapat maserat yang jernih (Nugroho, 2021). Selain itu, penambahan fraksinasi pada saat ekstraksi juga dapat meningkatkan hasil ekstraksi, karena prinsip dari fraksinasi yakni proses penarikan senyawa menggunakan dua pelarut dengan sifat kepolaran yang berbeda (Firdausi *et al.*, 2015). Dari tabel 1 diketahui bahwa fraksinasi dengan pelarut yang sesuai akan membuat aktivitas antioksidan semakin tinggi.

Pelarut yang digunakan untuk ekstraksi berpengaruh terhadap tipe senyawa aktif yang terikat sebagai antioksidan. Senyawa bioaktif akan lebih efektif terikat dengan pelarut yang memiliki polaritas tinggi (Asrifaturroffingah *et al.*, 2024). Ekstraksi dilakukan dengan pelarut yang berbeda tingkat kepolarannya. Adapun pelarut yang digunakan diantaranya yakni etanol yang merupakan pelarut polar, etil asetat yang merupakan pelarut semi polar, dan n-heksana yang merupakan pelarut non-polar. Semakin polar pelarut yang digunakan maka semakin kecil nilai IC_{50} yang didapatkan, sehingga aktivitas antioksidannya semakin kuat. Karena, suatu zat dapat larut dan diekstraksi dengan efisien jika pelarut yang digunakan memiliki tingkat kepolaran yang serupa (Udayani *et al.*, 2023). Uraian tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Seran *et al.*, (2023), dimana hasil paling baik aktivitas antioksidannya pada ekstrak menggunakan pelarut etanol dan yang paling lemah ditunjukkan pada penggunaan pelarut n-heksana karena merupakan pelarut non polar sehingga tidak dapat menarik senyawa polar pada daun mangga (Udayani *et al.*, 2023). Namun hasil berbeda ditunjukkan pada penelitian yang dilakukan oleh Rahmiyanti & Nurdianti (2016), dimana hasil paling kuat aktivitas antioksidannya pada penggunaan pelarut etil asetat. Hal ini dapat terjadi karena etil asetat yang bersifat semipolar mampu melarutkan zat yang bersifat polar dan non polar (Seran *et al.*, 2023) sehingga senyawa antioksidan lebih banyak terekstrak (Asrifaturroffingah *et al.*, 2024).

Pada proses fraksinasi dengan pelarut yang berbeda, ditunjukkan bahwa pelarut dengan polaritas yang tinggi akan membuat aktivitas antioksidan yang tinggi. Hal ini juga sejalan dengan kandungan senyawa fenolik dan flavonoid yang lebih tinggi pada penggunaan pelarut yang lebih polar seperti yang ditunjukkan pada tabel 2 pada ekstrak daun mangga machang pulasan (Fitmawati *et al.*, 2022). Pada ekstrak tanpa ditambah fraksinasi, didapatkan hasil yang termasuk tinggi, namun lebih rendah dibandingkan dengan fraksi etil asetat, karena ekstrak belum mengalami proses pelepasan senyawa spesifik yang memiliki aktivitas antioksidan, akibatnya senyawa yang terkandung masih bermacam-macam. Fraksi etil asetat memiliki aktivitas antioksidan yang paling besar karena fraksi ini bersifat semi polar dan terdapat senyawa flavonoid yang dapat menghambat reaksi oksidasi melewati mekanisme penangkapan radikal. Fraksi n-heksana memiliki aktivitas antioksidan paling rendah karena kurangnya kandungan senyawa antioksidan (Dwiatun, 2018).

Pelarut dengan polaritas yang sama, dapat menghasilkan aktivitas antioksidan yang berbeda. Pelarut metanol dan etanol sama-sama pelarut organik dan bersifat polar, namun berdampak beda pada hasil antioksidan. Pelarut etanol mendapat hasil yang lebih baik dibanding pelarut metanol karena etanol sebagai pelarut memiliki toksisitas yang lebih rendah dibandingkan dengan metanol (Murtini & Setyawan, 2023). Selain itu juga metanol memiliki atom karbon yang lebih sedikit (Asrifaturofingah *et al.*, 2024).

Konsentrasi pelarut yang digunakan saat ekstraksi dapat berpengaruh terhadap hasil antioksidan. Pada penggunaan etanol 70% dan etanol 96%, diketahui bahwa senyawa-senyawa pada daun mangga lebih banyak tertarik pada pelarut etanol 96%, karena semakin pekat pelarut yang digunakan maka ekstrak yang dihasilkan akan semakin baik. Konsentrasi pelarut dapat mengakibatkan perubahan polaritas pelarut yang akan memengaruhi tingkat kelarutan dari senyawa bioaktifnya. Tingkat polaritas dari pelarutnya akan menjadi semakin rendah, ketika konsentrasi pelarut semakin tinggi. Karenanya menggunakan pelarut dengan tingkat kepolaran yang serupa, membuat suatu zat akan larut dan dapat diekstraksi dengan lebih efisien (Asrifaturofingah *et al.*, 2024). Sehingga aktivitas antioksidannya akan semakin tinggi apabila konsentrasi semakin tinggi (Zakiah *et al.*, 2024).

Pada kajian literatur yang dilakukan, terdapat penggunaan pelarut *Natural Deep Eutectic Solvents* (NADES). NADES memiliki prospek yang tinggi untuk mengekstraksi senyawa metabolit sekunder. Pelarut ini digunakan sebagai pengganti pelarut anorganik yang bersifat karsinogenik. Eksplorasi alternatif pelarut ramah lingkungan telah menghasilkan pengembangan pelarut NADES yang terdiri dari campuran akseptor ikatan hidrogen (misalnya kolin klorida) dan donor ikatan hidrogen (misalnya gliserol) untuk memformulasikan campuran eutektik. NADES telah disarankan untuk memulihkan senyawa fenolik sebagai alternatif ramah lingkungan untuk pelarut organik konvensional, menawarkan peningkatan efisiensi ekstraksi, dan kualitas ekstrak. NADES dipanaskan dengan cepat, mengurangi viskositas, dan tegangan permukaannya (Tapia-Quir *et al.*, 2024). Pelarut ini tidak mudah menguap, tidak beracun, dapat terurai secara hayati, dan menawarkan stabilitas termal yang tinggi, sehingga memungkinkan ekstraksi pada suhu tinggi tanpa degradasi. NADES juga meminimalkan dampak lingkungan dan memastikan keamanan selama penanganan dan pemrosesan (Fihri *et al.*, 2024). Pada penelitian yang dilakukan oleh Latifah & Nuh, (2024), NADES dibuat menggunakan natrium asetat dengan asam laktat 1:3 dalam air suling.

Waktu dan suhu pada saat ekstraksi mempengaruhi hasil antioksidan. Penelitian oleh Latifah & Nuh, (2024) menemukan bahwa perbedaan suhu dan waktu pada saat ekstraksi dapat menghasilkan kadar total flavonoid yang berbeda. Hal tersebut dikarenakan waktu ekstraksi yang lebih lama menyebabkan sampel lebih lama bersentuhan dengan pelarut, yang pada gilirannya menghasilkan lebih besar nilai kuantitas bahan yang diekstrak. Hal inilah yang menyebabkan aktivitas antioksidan dari tanaman dapat semakin kuat. Namun penggunaan waktu untuk ekstraksi yang terlalu lama akan mengakibatkan semakin banyak senyawa kimia yang sudah terdegradasi menjadi rusak. Selanjutnya, suhu atau pemanasan yang berlebihan dapat mengakibatkan sel terdegradasi yang akhirnya menyebabkan aktivitas antioksidannya menurun. Sehingga tidak akan mengoksidasi senyawa kimia yang terkandung seperti flavonoid (Mutammimah *et al.*, 2022).

Pada penelitian yang dilakukan dengan variasi warna daun yang menunjukkan kematangan daun mangga. Dapat diketahui bahwa aktivitas antioksidan meningkat sesuai dengan pematangan daun dari kuning menjadi hijau tua. Itoh *et al.*, (2020) juga melakukan uji aktivitas antioksidan dengan DPPH dari empat kandungan senyawa dengan hasil 3-*C-β-D-glucosyl-2,4,4',6-tetrahydroxybenzophenone* (1) sebesar 74 ppm, mangiferin (2) sebesar 12 ppm, klorofil (3) sebesar 224 ppm, dan *cyanidin-3-O-glucoside* (4) sebesar 6 ppm. Kemudian dilakukan analisis HPLC untuk mengungkapkan bahwa kandungan (mg/g atau µg/g ekstrak) pada senyawa 1, 2, 3 dan 4 dalam ekstrak daun mangga irwin tinggi, ditunjukkan melalui Tabel 3. Akibatnya, aktivitas penangkal radikal DPPH dari ketiga ekstrak daun mangga sebagian disebabkan oleh senyawa 1, 2 dan 3. Penangkal radikal DPPH dari ekstrak daun coklat tua dan kuning muda disebabkan oleh kandungan antosianin yang diwakili senyawa 4 yang lebih tinggi. Sedangkan ekstrak daun hijau tua, aktivitas antioksidan dipengaruhi oleh senyawa 2 dan 3 yang lebih tinggi dari ekstrak lain.

Tabel 3. Kandungan 3-*C-β-D-glucosyl-2,4,4',6-tetrahydroxybenzophenone* (1), mangiferin (2), klorofil (3), dan cyanidin-3-*O-glucoside* (4) pada Ekstrak Daun Mangga Coklat Tua, Kuning Muda, dan Hijau Tua

| Sampel Ekstrak | 1 (mg/g ekstrak) | 2 (mg/g ekstrak) | 3 (mg/g ekstrak) | 4 (μg/g ekstrak) |
|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Coklat tua | 400,0 ± 11,0 | 78,6 ± 1,2 | 0,85 ± 0,002 | 7,38 ± 0,24 |
| Kuning muda | 278,6 ± 15,5 | 79,4 ± 1,0 | 2,18 ± 0,004 | 5,80 ± 0,59 |
| Hijau tua | 205,9 ± 7,6 | 85,1 ± 0,5 | 4,34 ± 0,017 | - |

Sumber: Itoh *et al.*, 2020

Berdasarkan studi literatur diketahui aktivitas antioksidan yang ditunjukkan dengan nilai IC₅₀ serta senyawa yang terkandung dalam setiap jenis daun mangga sangat beragam. Faktor yang mempengaruhi kandungan metabolit sekunder tanaman disebabkan seperti variasi tanaman, genetik, lingkungan (biotik maupun abiotik), kondisi fisiologis, geografis, serta evolusi (Istiqomah & Ramadhani, 2018), praktik agronomi, tahap panen, kondisi lingkungan dll (Marcillo-Parra *et al.*, 2021). Adapun pengaruh faktor eksternal dan internal dari pertumbuhan tanaman itu. Faktor eksternal seperti habitat, musim, suhu air, dan jenis nutrisi. Sedangkan faktor internal seperti usia, ukuran, dan elemen biologis lainnya. Sedangkan untuk faktor yang mempengaruhi hasil uji antioksidan: kondisi geografis tanaman, iklim dan suhu, udara dan kelembaban, (Asrifaturofingah *et al.*, 2024), metode ekstraksi, pelarut, waktu, suhu (Marliani *et al.*, 2017), cahaya, keberadaan oksigen (Kashtiban *et al.*, 2024), konsentrasi antioksidan, komponen kimia (Sayuti & Yenrina, 2015), penyimpanan, dan kontaminasi zat lain.

Potensi Penggunaan Daun Mangga sebagai Sumber Antioksidan

Daun mangga memiliki potensi yang besar untuk digunakan sebagai sumber antioksidan alami. Dari kajian literatur yang dilakukan, menunjukkan bahwa daun mangga mengandung senyawa yang dapat bertindak sebagai antioksidan, seperti fenolik, flavonoid, alkaloid, tanin, terpenoid, triterpenoid, steroid, saponin, kuinon, 3-*C-β-D-glucosyl-2,4,4',6-tetrahydroxybenzophenone*, mangiferin, klorofil, cyanidin-3-*O-glucoside* (antosianin), quersetin, dan asam galat. Senyawa-senyawa ini dapat mengurangi stres oksidatif dengan menetralkan radikal bebas yang dapat menyebabkan kerusakan sel serta menimbulkan berbagai penyakit degeneratif, seperti kanker, diabetes, jantung, dan hipertensi. Sehingga daun mangga memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam industri makanan, minuman, kosmetik, dan farmasi.

Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengidentifikasi dan mengisolasi senyawa bioaktif yang bertanggung jawab atas aktivitas antioksidan dalam masing-masing varietas daun mangga, serta untuk mengetahui mekanisme kerjanya. Selain itu, studi *in vivo* dan uji klinis dapat membantu mengkonfirmasi potensi ekstrak daun mangga sebagai agen antioksidan alami. Kemudian dilakukan penelitian untuk mengeksplorasi kegunaan daun mangga sebagai antioksidan alami serta mengetahui efektivitas dan keamanan dalam penggunaan ekstrak daun mangga sebagai antioksidan.

Simpulan

Berdasarkan hasil studi literatur diatas dapat disimpulkan bahwa daun mangga berpotensi untuk dijadikan sumber antioksidan sebagai penangkal radikal bebas. Hal ini dikarenakan pada daun mangga terkandung senyawa metabolit sekunder yang tinggi dan bioaktivitas yang kuat. Jenis varietas mangga dan lokasi tumbuh memiliki kemungkinan besar terhadap perbedaan jumlah senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidannya. Sehingga hasil aktivitas antioksidan dari berbagai varietas daun mangga sangat bervariasi. Aktivitas antioksidan daun mangga yang tinggi dapat berpotensi untuk dimanfaatkan dalam industri makanan, kosmetik, dan farmasi.

Hasil aktivitas antioksidan paling tinggi ditunjukkan pada jenis mangga gadung yang diekstraksi menggunakan metode maserasi dengan nilai IC₅₀ sebesar 3,263 ppm (kategori sangat kuat). Penelitian dapat dilakukan untuk mengeksplorasi mangga gadung dengan perlakuan yang berbeda saat ekstraksi untuk mengetahui hasil paling baik.

Daftar Referensi

- Agustina, E., Andiarna, F., & Hidayati, I. (2020). Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Bawang Hitam (Black Garlic) dengan Variasi Lama Pemanasan. *Al-Kauniyah: Jurnal Biologi*, 13(1), 39–50. <https://doi.org/10.15408/kauniyah.v13i1.12114>
- Asrifaturofingah, Listiowati, E., Matsna, F. U., Putriliana, S. Z., & Ulya, N. A. H. (2024). Analisis Aktivitas Senyawa Antioksidan Pada Berbagai Daun Tanaman Herbal dengan Metode DPPH. *Jurnal*

Pharmascience, 11(1), 98–114. <https://doi.org/10.20527/jps.v11i1.16477>

- Badan Pusat Statistik. (2024). *Produksi Tanaman Buah-buahan, 2021-2023*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Cahyanto, T., Fadillah, A., Hasby, R. M., Ulfa, R. A., & Kinasih, I. (2020). Kadar Mangiferin Pada Lima Kultivar Pucuk Daun Mangga (*Mangifera indica* L.). *Al-Kauniyah: Jurnal Biologi*, 13(2), 242–249. <https://doi.org/10.15408/kauniyah.v13i1.14810>
- Diah, R. M., Indis, N. Al, & Helilusiatiningsih, N. (2023). Pengaruh Metode Pengeringan Ekstrak Daun Mangga Podang (*Mangifera Indica* L. Var Podang) terhadap Aktivitas Antioksidan (DPPH) dan Analisis FTIR. *Edufortech*, 8(2), 151–158.
- Dwiatun, I. (2018). *Uji Aktivitas Antioksidan Fraksi n-Heksan, Etil Asetat, Dan Fraksi Air Ekstrak Metanol Daun Mangga Kasturi (Mangifera casturi Kosterm.) Terhadap DPPH*. Universitas Setia Budi.
- Febryanto, M. A. (2017). *Studi Ekstraksi dengan Metode Soxhletasi Pada Bahan Organik Umbi Sarang Semut (Myrmecodia pendans) Sebagai Inhibitor Organik*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Fihri, R. F., Ez-Zoubi, A., Mbarkiou, L., Amar, A., Farah, A., & Bouchamma, E. O. (2024). Antibacterial and Antioxidant Activities of *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus incrassatulus* Using Natural Deep Eutectic Solvent Under Microwave Assisted By Ultrasound. *Heliyon*, 10, e35071. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35071>
- Firdausi, I., Retnowati, R., & Sutirno. (2015). Fraksinasi Ekstrak Metanol Daun Mangga Kasturi (*Mangifera casturi* Kosterm) dengan Pelarut n-Butanol. *Jurnal Ilmu Kimia Universitas Brawijaya*, 1(1), 785–790.
- Fitmawati, F., Resida, E., Kholifah, S. N., Roza, R. M., Almuradani, M., & Emrizal, E. (2020). Phytochemical Screening and Antioxidant Profiling of Sumatran Wild Mangoes (*Mangifera* spp.): a Potential Source For Medicine Antidegenerative Effect. *F1000Research*, 9(220), 1–14. <https://doi.org/10.12688/f1000research.22380.2>
- Fitmawati, Roza, R. M., Juliantari, E., & Almuradani, M. (2022). The Potency of Wild Mango *Mangifera magnifica* as a New Source of Antidiabetic Agents With Concurrent Antioxidant Activity. *Biodiversitas*, 23(10), 5159–5164. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d23i1023>
- Fonseca, I. (2015). Malondialdehyde as a Biomarkers in Kidney Transplantation. *Biomarkers in Kidney Disease*, 1–25. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7743-9>
- Gold-Smith, F., Fernandez, A., & Bishop, K. (2016). Mangiferin and Cancer: Mechanisms of Action. *Nutrients*, 8(7), 396. <https://doi.org/10.3390/nu8070396>
- Hardiningtyas, S. D., Purwaningsih, S., & Handharyani, E. (2014). Aktivitas Antioksidan Dan Efek Hepatoprotektif Daun Bakau Api-Api Putih. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 17(1), 80–91. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v17i1.8140>
- Hikmawanti, N. P. E., Saputri, F. C., Yanuar, A., Jantan, I., Ningrum, R. A., Juanssilfero, A. B., & Mun'im, A. (2024). Choline Chloride-Urea-Based Natural Deep Eutectic Solvent for Highly Efficient Extraction of Polyphenolic Antioxidants from *Pluchea indica* (L.) Less Leaves. *Arabian Journal of Chemistry*, 17, 105537. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.105537>
- Humas Ditjen Hortikultura. (2023). Peluang Ekspor Mangga Indonesia Menjanjikan. Retrieved March 8, 2025, from hortikultura.pertanian.go.id website: <https://hortikultura.pertanian.go.id/peluang-ekspor-mangga-indonesia-menjanjikan/>
- Hutagalung, A. I. A. (2021). *Review Jurnal Karakteristik Klorofil Pada Chlorella vulgaris Sebagai Antioksidan*. Universitas Brawijaya.
- Ibroham, M. H., Jamilatun, S., & Kumalasari, I. D. (2022). A Review: Potensi Tumbuhan-Tumbuhan Di Indonesia Sebagai Antioksidan Alami. *Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, 1–13. Retrieved from <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit>
- Ifmaily, I., Martinus, B. ., & Rahmawati, A. (2024). Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Buah Mangga Arumanis (*Mangifera indica* L) dengan Metode DPPH Serta Uji Toksisitasnya. *Jurnal Ventilator: Jurnal Riset Ilmu Kesehatan Dan Keperawatan*, 2(3). <https://doi.org/10.59680/ventilator.v2i3.1438>
- Indriyah, S. N., Permatasari, D. A. I., & Pratama, K. J. (2023). Penetapan Kadar Fenolik Serta Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Dan Fraksi Batang Bajakah Kalalawit (*Uncaria Gambir Roxb*) Dengan Metode Frap. *Usada Nusantara: Jurnal Kesehatan Tradisional*, 1(2), 147–158.

<https://doi.org/10.47861/usd.v1i2.347>

- Istiqomah, N., & Ramadhani, A. H. (2018). Profil Vitamin C Mangga Podang di Kecamatan Mojo, Semen, Banyakan dan Tarokan Kabupaten Kediri. *Jurnal Biologi & Pembelajarannya*, 5(1), 24–31. Retrieved from <http://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/biologi/article/view/12032>
- Itoh, K., Matsukawa, T., Okamoto, M., Minami, K., Tomohiro, N., Shimizu, K., ... Shigeoka, S. (2020). In Vitro Antioxidant Activity of *Mangifera indica* Leaf Extracts. *Journal of Plant Studies*, 9(2), 39–45. <https://doi.org/10.5539/jps.v9n2p39>
- Jannah, N., Hairani, R., & Marlina, E. (2024). Aktivitas Antioksidan Tumbuhan Genus *Mangifera* Dengan Metode DPPH (1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl): Mini Review. *Jurnal Atomik*, 9(2), 84–89. <https://doi.org/10.30872/ja.v9i2.1394>
- Junaidi, E., & Anwar, Y. A. S. (2018). Aktivitas Antibakteri dan Antioksidan Asam Galat dari Kulit Buah Lokal yang Diproduksi dengan Tanase. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 14(1), 131–142. <https://doi.org/10.20961/alchemy.14.1.11300.131-142>
- Kashtiban, A. E., Okpala, C. O. R., Karimidastjerd, A., & Zahedinia, S. (2024). Recent Advances in Nano-Related Natural Antioxidants , their Extraction Methods and Applications in the Food Industry. *Exploration of Foods and Foodomics*, 2, 125–154. <https://doi.org/10.37349/eff.2024.00030>
- Kemit, N., Widarta, I. W. R., & Nocianitri, K. A. (2016). Pengaruh Jenis Pelarut dan Waktu Maserasi Terhadap Kandungan Senyawa Flavonoid dn Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Alpukat (*Persea Americana* Mill). *Jurnal Ilmu Teknologi Pangan*, 5(2), 130–141.
- Kristiningrum, N., Hernawati, S., Aulia, R. P., & Wardani, P. (2018). Studi Aktivitas Antioksidan Kombinasi Ektrak Etanol Daun Mangga Bachang (*Mangifera foetida* Lour.) dan Kelopak Bunga Rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Seminar Nasional Pendidikan Biologi Dan Saintek III*, 40–46.
- Latifah, F., & Nuh, M. (2024). Pengaruh Metode Microwave-Assisted Extraction (MAE) Dengan Pelarut Natural Deep Eutectic Solvent (Nades) Ekstrak Daun Mangga Gedong Terhadap Kadar Total Flavonoid Dan Aktivitas Antioksidan. *Jurnal Ilmiah Ibnu Sina*, 9(1), 89–98. <https://doi.org/10.36387/jiis.v9i1.1628>
- Lestari, D., Ma, M. D., Pratiwi, J., & Saputri, L. H. (2021). Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Mangga Kasturi (*Mangifera casturi* Kosterm.). *Jurnal Riset Kefarmasian Indonesia*, 3(3), 162–173. <https://doi.org/10.33759/jrki.v3i3.169>
- Manurung, H., Susanto, D., & Hapsari, R. Z. (2023). Uji Kandungan Metabolit Sekunder dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Lai (*Durio kutejensis*) (Hassk.) (Becc.) dengan Metode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). *EduBiologia: Biological Science and Education Journal*, 3(2), 65–77. <https://doi.org/10.30998/edubiologia.v3i2.18431>
- Marcillo-Parra, V., Anaguano, M., Molina, M., Tupuna-Yerovi, D. S., & Ruales, J. (2021). Characterization and Quantification of Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Three Different Varieties of Mango (*Mangifera indica* L.) Peel from the Ecuadorian Region Using HPLC-UV/VIS and UPLC-PDA. *NFS Journal*, 23, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2021.02.001>
- Marliani, L., Anandari, Y., & Budiana, W. (2017). Pengaruh Pelarut, Waktu dan Suhu Ekstraksi Terhadap Kandungan Senyawa Flavonoid dan Kurkuminoid Ekstrak Rimpang Temu Putih (*Curcuma zedoaria* (Christm.) Roscoe). *Jurnal Farmasi Galenika*, 4, 35–39.
- Marsella, V. R., & Saleh, C. (2024). Review Artikel: Identifikasi Fitokimia, Potensi Aktivitas Antioksidan dan Toksisitas Daun Balakacida (*Chromolaena odorata* L.). *Prosiding Seminar Nasional Kimia Jurusan Kimia FMIPA UNMUL*, 239–242.
- Maulida, W., Fadraersada, J., & Rijai, L. (2016). Isolasi Senyawa Antioksidan Dari Daun Pila-Pila (*Mallotus paniculatus*). *Proceeding of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*, 4, 384–390. <https://doi.org/10.25026/mpc.v4i1.209>
- Mohan, C. G., Deepak, M., Viswanatha, G. L., Savinay, G., Hanumantharaju, V., Rajendra, C. E., & Halemani, P. D. (2013). Anti-oxidant and Anti-inflammatory Activity of Leaf Extracts and Fractions of *Mangifera indica*. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 311–314. [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(13\)60062-0](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(13)60062-0)
- Mudrijan, & Karneli, Y. (2024). Analisis Aktivitas Antioksi dalam Menghambat Radikal Bebas. *Jurnal*

Kolaborasi Sains Dan Ilmu Terapan, 2(2), 55–59.

- Munadi, R. (2020). Analisis Komponen Kimia dan Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Rimpang Jahe Merah (*Zingiber officinale* Rosc. Var *rubrum*). *Cokroaminoto Journal of Chemical Science*, 2(1), 1–6.
- Murtini, N. K. A., & Setyawan, E. I. (2023). Antioksidan Alami dari Daun Dan Buah Mengkudu Sebagai Penangkal Radikal Bebas. *Prosiding Workshop Dan Seminar Nasional Farmasi 2023*, 2, 1–11.
- Mutammimah, S., Supriyanto, & Mu'tamar, M. F. F. (2022). Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri Ekstrak Daun Kersen (*Muntingia Calabura* L) dengan Metode Microwave Assisted Extraction. *Rekayasa*, 15(1), 21–28. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v15i1.13229>
- Nimse, S. B., & Pal, D. (2015). Free Radicals, Natural Antioxidants, and their Reaction Mechanisms. *RSC Advances*, (35), 27986–28006. <https://doi.org/10.1039/C4RA13315C>
- Nivedha, K., Sivasakthi, S., Prakash, A., Devipriya, N., & Vadivel, V. (2020). In Vitro Studies on Antioxidant And Cyto-protective Activities of Polyphenol-rich Fraction Isolated From *Mangifera indica* Leaf. *South African Journal of Botany*, 130, 396–406. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.01.019>
- Nugroho, W. F. (2021). *Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Daun Mangga Arum Manis dengan Metode DPPH (1,1-Diphenyl-2-Picryl Hidrazil) Di Kabupaten Banyuwangi*. Universitas dr. Soebandi.
- Obach, R. S., & Kalgutkar, A. S. (2023). Reactive Electrophiles and Metabolic Activation. In *Reference Module in Biomedical Science*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95488-4.00018-8>
- Oksal, E., Ayuchecaria, N., Agnestisia, R., Ariska, R., Tampubolon, M. J. L., Dewi, S. A., ... Rizkita, A. D. (2023). Artikel Review: Aktivitas Antioksidan pada Kalakai (*Stenochlaena palustris*). *Alotrop (Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia)*, 7(2), 1–9. <https://doi.org/10.33369/alo.v7i2.29209>
- Oktaviani, D., Yuniastuti, A., & Christijanti, W. (2021). Aktivitas Antioksidan dari Pati Umbi Gembili (*Dioscorea Esculenta* L.) pada Tikus Hiperkolestrolema. *Prosiding Semnas Biologi Ke-9 FMIPA Universitas Negeri Semarang*, 9, 172–177.
- Pamungkas, D. K. (2016). *Pengujian Aktivitas Antioksidan dan Penetapan Kadar Fenol Total Kombinasi Ekstrak Metanol Daun Mangga Gadung (Mangifera indica L. Var. Gadung) dan Ekstrak Etanol Daun Pandan Wangi (Pandanus amarillyfolius Roxb.)*. Universitas Jember.
- Pan, J., Yi, X., Zhang, S., Cheng, J., Wang, Y., Liu, C., & He, X. (2018). Bioactive Phenolics From Mango Leaves (*Mangifera indica* L.). *Industrial Crops and Products*, 111, 400–406. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.10.057>
- Pérez-gálvez, A., Viera, I., & Roca, M. (2020). Carotenoids and Chlorophylls as Antioxidants. *Antioxidants*, 9(6), 505. <https://doi.org/10.3390/antiox9060505>
- Prommajak, T., Kim, S. M., Pan, C. H., Kim, S. M., Surawang, S., & Rattanapanone, N. (2014). Identification of Antioxidants in Young Mango Leaves by LC-ABTS and LC-MS. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, 13(3), 317–330. <https://doi.org/10.12982/CMUJNS.2014.0038>
- Pulungan, M. Z., Hamzah, F., Harun, N., & Dewi, Y. K. (2022). Aktivitas Antioksidan Dan Mutu Teh Herbal Daun Mangga Berdasarkan Letak Daun Pada Ranting. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 26(2), 248–253. <https://doi.org/10.25077/jtpa.26.2.248-253.2022>
- Purnama, S., Ramadhan, H., & Sayakti, P. I. (2022). Uji Aktivitas Antioksidan Fraksi N-Heksan dari Ekstrak Metanol Daun Binjai *Mangifera caesia* Jack. Ex. Wall Menggunakan Metode DPPH. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 20(1), 55–62.
- Purwanti, Y. (2024). Pengaruh Daya dan Waktu MAE terhadap Suhu Ekstraksi, Rendemen, dan Aktivitas Antioksidan. *Jurnal Cendekia Ilmiah*, 3(5), 3947–3953.
- Putri, P. A., Chattri, M., Advinda, L., & Violita. (2023). Karakteristik Saponin Senyawa Metabolit Sekunder pada Tumbuhan. *Jurnal Serambi Biologi*, 8(2)(2), 251–258.
- Putriani, K., Ramadhani, S., Fitry, M. A., Sony, S., Wulansari, A., Farmasi, F., ... Abdurrah, U. (2021). Phytochemical Screening and Antibacterial Activity Test of Mango Bacang Leaf Extract (*Mangifera foetida* L.) and Salam Leaf Extract (*Syzygium polyanthum*) Against *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Proteksi Kesehatan*, 10(1), 35–43.
- Rahmiyani, I., & Nurdianti, L. (2016). Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Mangga *Mangifera Indica* L. Var. Gedong Menggunakan Metode DPPH. *Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada*, 16(1), 17–23.

- Ramadhan, H., Sayakti, P. I., Ulya, R., Hidayati, M., Putri, Z. P., Rauf, A., & Nafila. (2022). Fenol-Flavonoid Dan Aktivitas Antioksidan Fraksi Air Dan Etil Asetat Dari Daun Binjai (*Mangifera caesia* Jack. Ex. Wall). *Jurnal Ilmiah Pharmacy*, 9(1), 49–58.
- Rizikiyan, Y., Indriaty, S., Amelia, R., Sulastri, L., & Naluriah, S. (2023). Formulasi Dan Uji Aktivitas Antioksidan Masker Gel Peel Off Kombinasi Ekstrak Nades Daun Murbei Dan Daun Mangga Gedong Dengan Metode DPPH. *Medical Sains: Jurnal Ilmiah Kefarmasian*, 8(1), 355–362. <https://doi.org/10.37874/ms.v8i1.635>
- Saputri, R., Susiani, E. F., Zulfia, & Ramadhanty, D. G. (2024). Perbandingan Metode Ekstraksi Terhadap Aktivitas Antioksidan Dan Flavonoid Total Ekstrak Etanol 70% Daun Tandui (*Mangifera rufocostata* Kosterm). *Prosiding Polkesta Seminar Nasional*, 291–301.
- Sari, N., & Sujarwati. (2023). Phytochemical Screening and Antioxidan Activity of Several Types of Mango Seeds. *Jurnal Biologi Tropis Original*, 3(23), 619–625. <https://doi.org/10.29303/jbt.v23i3.4956>
- Saxena, P., Sharma, D., Gautam, P., Niranjana, A., & Rastogi, S. (2024). HPLC-DAD Quantification of Mangiferin, Antioxidant Potential and Essential Oil Composition of the Leaves of Five Varieties of *Mangifera indica* L. of North India. *Natural Product Research*, 1–12. <https://doi.org/10.1080/14786419.2024.2361476>
- Sayuti, K., & Yenrina, R. (2015). *Antioksidan, Alami dan Sintetik*. Padang: Andalas University Press.
- Seran, I. C., Yulianti, D. R., & Ningsih, A. W. (2023). Pengaruh Perbedaan Pelarut Ekstrak Daun Mangga (*Mangifera indica* L. var. Arumanis) Terhadap Aktivitas Antioksidan Dengan Metode DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil). *Jurnal Kesehatan Hesti Wira Sakti*, 11(01), 55–62. <https://doi.org/10.47794/jkhws.v11i01.477>
- Siswanti, P. W., Wibowo, M. A., & Harlia. (2017). Aktivitas Toksisitas Antioksidan dan Antiinflamasi Secara In Vitro dari Ekstrak Metanol Daun Mangga Bacang (*Mangifera foetida* L.). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 6(1), 42–49.
- Susiani, E. F., Saputri, R., Wati, H., & Mahmudah, F. (2024). Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Daun Tandui (*Mangifera rufocostata* K.) Menggunakan Metode DPPH. *Borneo Journal of Pharmascientech*, 08(01), 90–97. <https://doi.org/10.51817/bjp.v7i1.477>
- Tapia-Quir, P., Granados, M., Sentellas, S., & Saurina, J. (2024). Microwave-Assisted Extraction with Natural Deep Eutectic Solvents for Polyphenol Recovery from Agrifood Waste : Mature for Scaling-up? *Science of the Total Environment*, 912, 168716. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168716>
- Tinasy, N. A., & Wijayati, N. (2024). Effects of Extraction Methods on Total Phenolic Content, Total Flavonoid Content, and Antioxidant Activity of Extract Mango Leaves (*Mangifera indica* L.). *Indonesian Journal of Chemistry Science*, 13(3).
- Toyibah, U., & Taswin, M. (2020). Aktivitas Antioksidan Kulit Buah Mangga Arumanis (*Mangifera Indica* L. Var. Arumanis) Dengan Metode DPPH. *Jurnal Kesehatan Farmasi (JKPharm)*, 2(1), 60–68. <https://doi.org/10.36086/jkpharm.v2i1.1771>
- Udayani, N. N. W., Wiguna, P. D. S., Cahyaningsih, E., & Wardani, I. G. A. A. K. (2023). Skrining Fitokimia dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Benalu Jeruk (*Dendrophthoe glabrescens* (Blakely) Barlow) dengan Pelarut n-Heksan dan Etanol. *Jurnal Ilmiah Medicamento*, 9(2), 150–157. <https://doi.org/10.36733/medicamento.v9i2.7136>
- Wardani, F. D., Sukohar, A., Afriyani, & Oktarlina, R. Z. (2024). Review Artikel: Pemanfaatan Kulit Jeruk Sebagai Antioksidan Dalam Sediaan-sediaan Farmasi. *Sains Medisina*, 2(4), 118–126. Retrieved from <https://wpcpublisher.com/jurnal/index.php/sainsmedisina/article/view/356>
- Winata, J. T., & Ameliana, L. (2024). Uji Aktivitas Antioksidan dan Formulasi Ekstrak Etanol Daun Mangga Manalagi sebagai Emulgel Antiaging. *PHARMACY: Jurnal Farmasi Indonesia*, 21(01), 47–52.
- Wulandari, D. D., Nidianti, E., Andini, A., Awalia, R. F., & Prisilia, H. (2022). Pengaruh Penyimpanan dan Lama Pemanasan Terhadap Kadar Asam Galat pada Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.). *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 8(2), 196–201. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2022.v8.i2.15947>
- Zakiyah, F., Halimatushadyah, E., & Krismayadi. (2024). Formulasi dan Uji Aktivitas Handbody Gel Ekstrak Kulit Mangga Manalagi (*Mangifera indica* L.) Sebagai Antioksidan. *Majalah Farmaseutik*, 20(4), 454–462. <https://doi.org/10.22146/farmaseutik.v20i4.100009>

Zhang, S., Niu, L., Si, X., Li, L., & Sheng, Z. (2025). Microwave-Assisted Extraction of Luteolin From Peanut Shells Using Natural Deep Eutectic Solvents and Its Molecular Mechanism. *Industrial Crops & Products*, 225, 120578. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.120578>