

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Daun *Moringa oliefera*

a. Klasifikasi Botani



Gambar 2. 1. Daun Moringa (sumber : odesa_id)

Tanaman kelor atau *Moringa oliefera* termasuk dalam famili

Moringaceae. Secara sistematis, klasifikasinya adalah :

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Brassicales
Famili	: Moringaceae
Genus	: Moringa
Species	: Moringa oliefera lam

7

Tanaman ini telah banyak dibudidayakan di banyak negara, termasuk Indonesia, Afrika, dan Amerika Latin, meskipun sebenarnya berasal dari daerah tropis Asia Selatan, terutama India.

2. Kulit Buah Jeruk Bali (*Citrus maxima*)

Jeruk Bali (*Citrus maxima*) adalah salah satu jenis jeruk berukuran besar yang paling banyak dibudidayakan di Indonesia, terutama di wilayah tropis. Salah satu daerah penghasil jeruk Bali adalah Kabupaten Magetan, Jawa Timur, yang dikenal memiliki tanah yang subur dan kondisi agroklimat yang mendukung pertumbuhan tanaman sitru. Buah jeruk Bali dari Magetan memiliki ciri khas ukuran besar, daging buah yang segar dengan rasa manis hingga sedikit asam, serta aroma yang kuat.

Selama ini, pemanfaatan jeruk Bali lebih banyak berfokus pada daging buahnya sebagai buah konsumsi, sementara bagian kulit sering dianggap sampah biomassa. Karena kulit jeruk bali memiliki potensi besar sebagai sumber senyawa bioaktif, terutama flavonoid dan polifenol, yang berfungsi sebagai antioksidan alami, penelitian ini menggunakan kulit buah jeruk bali yang diperoleh dari wilayah Magetan, Jawa Timur.

a. Morfologi Jeruk Bali (*Citrus maxima*)

Pohon jeruk Bali mampu tumbuh hingga mencapai tinggi 515 meter dengan percabangan yang rimbun. Daunnya tunggal, berbentuk bulat lonjong, dan memiliki aroma khas sitrus. Ketika diremas, Bunga berwarna putih kekuningan dengan aroma harum. Buahnya terbesar di antara jenis jeruk citrus, dengan diameter antara 15 dan 25 cm. Flavedo dan albedo adalah dua lapisan kulit buah jeruk bali yang tebal.

Flavedo yaitu lapisan luar yang berwarna hijau pada buah muda dan berubah kuning saat matang. Flavedo mengandung kelenjar minyak atsiri yang memberikan aroma khas citrus. Kandungan yang ada di dalam flavedo yaitu kaya akan senyawa flavonoid sebagai sumber antioksidan yang tinggi, karotenoid, dan minyak volatile seperti limonene, citral, dan linalool (Barqy, 2021).

Bagian kulit buah jeruk Bali lapisan dalam yang berwarna putih, tebal, berserat, serta *spongy* disebut albedo. Albedo mengandung lebih sedikit serat pangan larut seperti pektin dan hemiselulosa, serta senyawa bioaktif seperti polifenol dan saponin, antara lain, meskipun jumlah mereka lebih sedikit daripada flavedo (Barqy, 2021).

a. Kandungan Fitokimia Kulit Buah Jeruk Bali

Kulit buah jeruk Bali diketahui berbagai senyawa fitokimia yang memiliki nilai biologis penting terkandung didalamnya. Senyawa yang paling banyak ditemukan adalah flavonoid, seperti hesperidin, naringin, rutin, dan *quercetin*. Flavonoid ini berperan besar sebagai antioksidan alami karena mampu menetralkan radikal bebas, sekaligus memberikan efek lain seperti menurunkan tekanan darah (antihipertensi) dan mengurangi peradangan (antiinflamasi). Selain itu, kulit jeruk Bali mengandung polifenol, senyawa fenolik yang berfungsi untuk mengikat radikal bebas, melindungi sel tubuh dari stres oksidatif.



Gambar 2. 2. Kulit Jeruk Bali (dokumentasi pribadi)

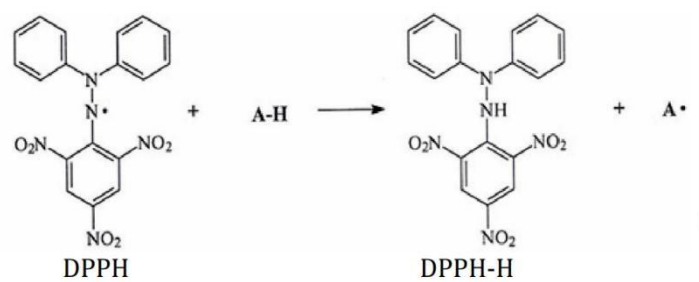
Lapisan luar kulit (flavedo), terdapat minyak atsiri yang memberi aroma khas citrus yang memiliki komponen utama dari minyak atsiri ini adalah *limonene*, *citral*, *linalool*, dan β -*pinene* yang tidak hanya memberi bau harum, tetapi juga memiliki aktivitas sebagai antimikroba dan antifungi. Kandungan vitamin pada kulit jeruk bali, terutama vitamin C (asam askorbat) dan vitamin E, turut memperkuat sifat antioksidan dengan cara meningkatkan kemampuan tubuh dalam menangkal oksidan berlebih.

Senyawa bioaktif yang telah dijelaskan sebelumnya, kulit jeruk Bali juga kaya akan pektin, yaitu serat pangan larut yang baik untuk kesehatan pencernaan serta sering dimanfaatkan sebagai bahan pengental atau pengental atau penstabil dalam industri pangan (Rofiah dkk., 2021). Tidak hanya itu, terdapat pula saponin dan alkaloid dalam jumlah tertentu yang diketahui memiliki peran biologis, seperti menekan pertumbuhan mikroba patogen serta berpotensi digunakan dalam pencegahan kanker.

6. Uji Aktivitas Antioksidan dengan Metode DPPH

Pengujian aktivitas antioksidan menjadi tahapan yang krusial untuk mengetahui sejauh mana suatu senyawa atau ekstrak mampu meredam radikal

bebas. Salah satu metode yang paling sering digunakan untuk keperluan ini adalah metode DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil). Metode ini banyak dipilih para peneliti karena tahapan pengujiannya relatif sederhana, waktu analisisnya singkat, dan cocok diterapkan untuk mengevaluasi aktivitas antioksidan dari berbagai jenis bahan



Gambar 2.3. Struktur DPPH (Pratiwi & Wahdaningsih, 2013)

Secara prinsip, metode DPPH bekerja berdasarkan kemampuan senyawa antioksidan untuk mendonorkan elektron atau atom hidrogen sehingga mampu mereduksi radikal bebas DPPH yang bersifat stabil. Metode ini banyak dipilih dalam penelitian karena memiliki beberapa keunggulan, antara lain daya tangkap radikal bebas yang tinggi ketika dilarutkan dalam pelarut organik pada suhu ruang, prosedurnya tergolong sederhana dan mudah diterapkan, serta membutuhkan waktu analisis yang relatif singkat (Dwipayana & Elsyana, t.t.). Senyawa DPPH dikenali dari warnanya yang ungu pekat, dengan puncak serapan berada pada panjang gelombang sekitar 517 nm. Saat bereaksi dengan senyawa antioksidan, DPPH akan mengalami reduksi menjadi bentuk DPPH-H yang warnanya memudar menjadi tidak berwarna hingga kekuningan.

Perubahan intensitas warna tersebut kemudian dapat diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis, sehingga besarnya aktivitas antioksidan suatu sampel dapat ditentukan.

Hasil pengujian biasanya dinyatakan dalam bentuk persen inhibisi (% inhibisi) yang menunjukkan sejauh mana sampel mampu menghambat radikal bebas DPPH. Parameter lain yang sering digunakan adalah nilai IC_{50} , atau konsentrasi penghambat 50, yang merupakan konsentrasi sampel yang diperlukan untuk meredam 50% radikal bebas DPPH. Semakin kecil nilai IC_{50} , semakin kuat aktivitas antioksidan sampel.

Metode DPPH banyak diaplikasikan untuk menguji ekstrak tumbuhan yang kaya senyawa fenolik dan flavonoid, termasuk ekstrak kombinasi tersebut. Dengan metode ini, potensi kombinasi kedua ekstrak sebagai sumber antioksidan alami dapat dianalisis secara kuantitatif dan dibandingkan dengan kontrol positif, seperti vitamin C atau BHT (*Butylated Hydroxytoluene*).

7. Asam Gallat sebagai Kontrol Positif

Asam galat (*3,4,5-trihidroksibenzoat*) adalah senyawa fenolik sederhana yang secara luas digunakan sebagai kontrol positif atau standar pembandingan pada berbagai metode pengujian aktivitas antioksidan, termasuk metode DPPH. Asam galat dipilih sebagai kontrol positif karena beberapa pertimbangan.

Pertama, asam galat merupakan senyawa murni dan stabil, sehingga hasil pengukurannya konsisten dan dapat diulang dengan variasi yang kecil antar pengujian. Sifat kemurnian dan kestabilan inilah yang membuat asam galat

banyak dipilih sebagai larutan standar dalam berbagai metode analisis fenolik dan antioksidan (Yulianti dkk., 2021).

Kedua, dalam hal struktur kimia, asam galat memiliki gugus polihidroksi atau polifenol, yang biasanya merupakan dasar struktur senyawa antioksidan pada bahan alam. Struktur inilah yang mendasari standar antioksidan seperti asam galat, asam askorbat, dan kuersetin dalam berbagai studi pembandingan metode antioksidan (Maesaroh dkk., 2018).

Ketiga, telah ditunjukkan bahwa asam galat memiliki aktivitas antioksidan yang sangat kuat dan konsisten selama pengujian DPPH. Maesaroh et al. (2018) membandingkan tiga standar antioksidan (asam galat, kuersetin, dan asam askorbat) pada tiga metode pengujian yang berbeda (DPPH, FRAP, dan FIC). Mereka menemukan bahwa, dengan nilai IC₅₀ yang paling rendah (paling kuat) dibandingkan dengan kuersetin, asam galat menunjukkan nilai IC₅₀ yang paling rendah (paling kuat).

Pada penelitian ini, nilai IC₅₀ kontrol positif yang digunakan adalah asam galat diperoleh sebesar 0,75 ppm, yang tergolong kategori antioksidan yang sangat kuat berdasarkan kriteria Molyneux (2004). Nilai ini menjadi acuan untuk menilai seberapa jauh aktivitas antioksidan ekstrak uji (kombinasi daun kelor dan kulit jeruk bali) dibandingkan senyawa fenolik standar yang sudah terbukti kekuatannya.

B. Kajian Empiris

Kombinasi ekstrak tanaman banyak diteliti karena dapat menghasilkan efek sinergis, yaitu aktivitas gabungan yang lebih besar dibanding dengan efek

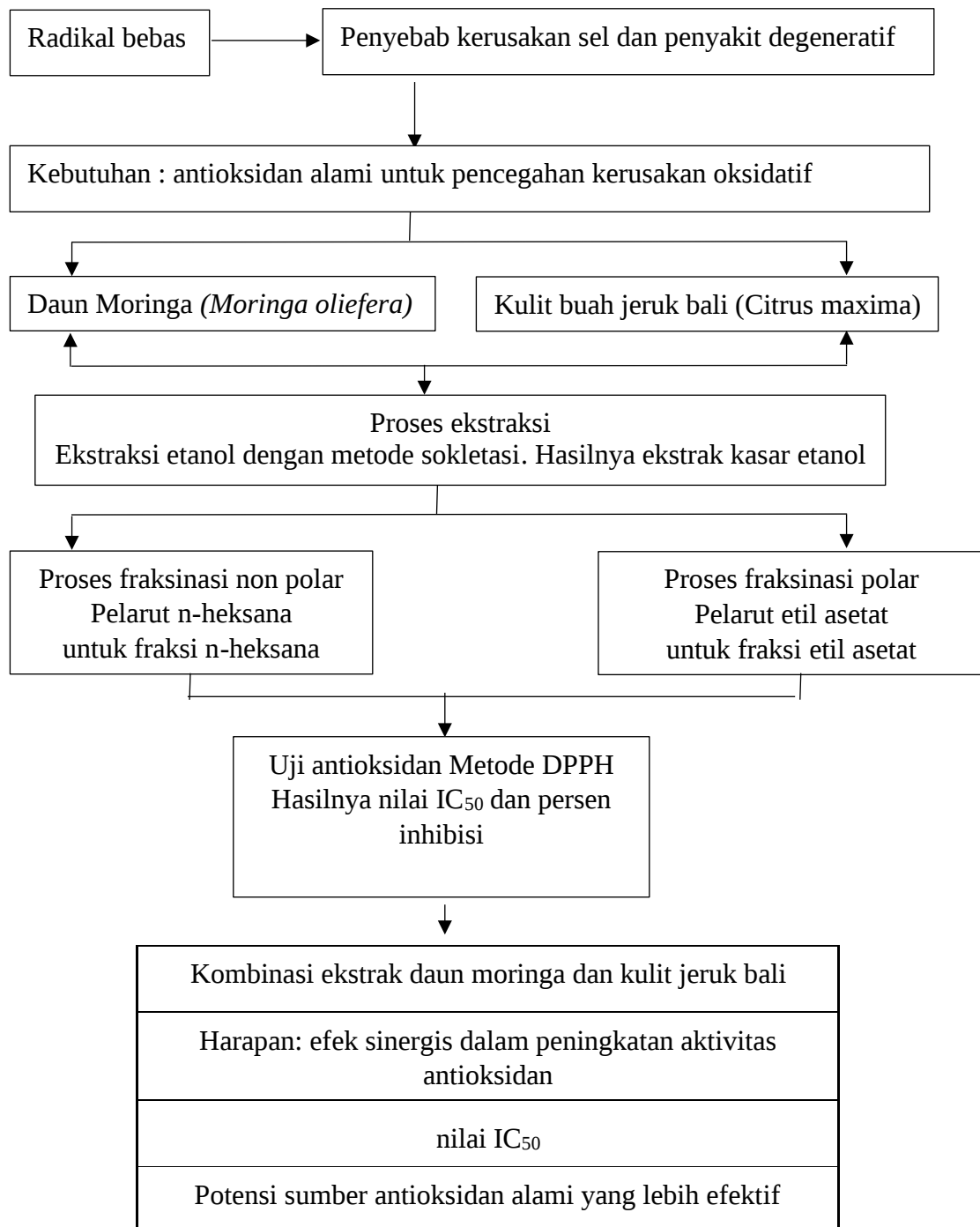
masingmasing ekstrak tunggal. Sinergisitas dapat terjadi ketika kandungan fitokimia dari dua ekstrak berbeda saling melengkapi, baik dalam hal mekanisme kerja maupun spektrum senyawa aktif. Dalam konteks aktivitas antioksidan, kombinasi ekstrak berpotensi meningkatkan kemampuan menetralsir radikal bebas melalui mekanisme donor elektron, penangkapan radikal, serta peningkatan stabilitas senyawa aktif.

1. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu mengungkapkan bahwa kombinasi ekstrak tanaman dapat memberikan aktivitas antioksidan yang lebih kuat. Misalnya, kombinasi ekstrak teh hijau dan daun stevia terbukti meningkatkan kemampuan antioksidan dibandingkan ekstrak tunggalnya(Samosir dkk., 2024). Demikian pula, kombinasi ekstrak buah dengan kandungan flavonoid tinggi sering menunjukkan efek protektif yang lebih baik terhadap kerusakan oksidatif. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan kombinasi ekstrak menjadi strategi yang relevan dalam pengembangan sumber antioksidan alami.

Daun moringa diketahui kaya akan flavonoid, polifenol, dan vitamin C, sementara kulit buah jeruk Bali mengandung flavonoid (hesperidin, naringin, rutin, quercetin), polifenol, minyak atsiri, dan pektin (Paramita, 2023). Kombinasi kedua ekstrak ini berpotensi menghasilkan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi karena masing-masing memiliki komponen bioaktif yang berbeda namun dapat bekerja saling mendukung.

C. Kerangka Berpikir



D. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan uraian di atas, hipotesis penelitian ini sebagai berikut:

- a. Kombinasi ekstrak daun moringa dan kulit buah jeruk Bali memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi daripada ekstrak tunggal;
- b. Kombinasi ekstrak daun moringa dan kulit buah jeruk Bali memiliki aktivitas antioksidan yang lebih rendah daripada ekstrak tunggal.