
REVIEW ARTIKEL BUAH NAGA (*Hylocereus polyrhizus*) SEBAGAI ANTIOKSIDAN ALAMI**Said Haikal Alfajar¹, Emil Salim², Yuandani³, Dadang Irfan Husori⁴, Parhan⁵, Muthia Deviani Johan⁶**^{1,5}Institut Kesehatan Helvetia, Medan, Indonesia^{2,3,4}Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia⁶Puskesmas Banyak Payed, Dinas Kesehatan Kabupaten Aceh Tamiang, Aceh, IndonesiaEmail: saidhaikal4@gmail.com**Abstrak**

Polusi udara terus meningkat setiap tahun sementara *fast food* menjadi sumber energi yang kurang baik bagi tubuh. Polusi udara dan *fast food* dapat memicu pembentukan radikal bebas yaitu molekul tidak stabil yang berpotensi merusak sel tubuh. Kerusakan yang ditimbulkan bisa terjadi kanker. Radikal bebas ini dapat dinetralkan dengan bantuan antioksidan, senyawa yang mampu memberikan elektron untuk menstabilkan radikal bebas. Salah satu sumber antioksidan alami yang potensial adalah kulit buah naga (*Hylocereus polyrhizus*). Kulit buah naga (*Hylocereus polyrhizus*) mengandung senyawa flavonoid yang dikenal memiliki kemampuan sebagai antioksidan alami yang efektif. Artikel review ini bertujuan untuk mengkaji potensi antioksidan yang terdapat dalam kulit buah naga (*Hylocereus polyrhizus*). Studi literatur dilakukan melalui pencarian di *Google* dan *Google Scholar* untuk mengumpulkan informasi tentang manfaat antioksidan dari kulit buah naga. Artikel penelitian yang dianalisis adalah publikasi yang terbit dalam rentang tahun 2014 hingga 2024. Berdasarkan hasil penelitian yang dihimpun, kulit buah naga (*Hylocereus polyrhizus*) terbukti memiliki potensi besar sebagai sumber antioksidan alami.

Kata Kunci: Antioksidan, Buah Naga, Flavonoid, Kulit.**Abstract**

Air pollution continues to rise each year, while fast food has become a poor source of energy for the body. Air pollution and fast food can trigger the formation of free radicals, which are unstable molecules that have the potential to damage body cells. Such damage can lead to diseases like cancer. Free radicals can be neutralized with the help of antioxidants, compounds capable of donating electrons to stabilize these radicals. One potential natural source of antioxidants is dragon fruit peel (Hylocereus polyrhizus). The peel of dragon fruit (Hylocereus polyrhizus) contains flavonoid compounds known for their effectiveness as natural antioxidants. This review article aims to examine the antioxidant potential found in dragon fruit peel (Hylocereus polyrhizus). A literature study was conducted by searching Google and Google Scholar to collect information on the antioxidant benefits of dragon fruit peel. The analyzed research articles were published between 2014 and 2024. Based on the compiled research findings, dragon fruit peel (Hylocereus polyrhizus) has significant potential as a natural antioxidant source.

Keywords: Antioxydant, Dragon Fruit, Flavonoid, Peel.**A. PENDAHULUAN**

Zaman sekarang, masyarakat semakin sulit untuk menjaga kesehatan. Polusi udara semakin meningkat karena industri sudah semakin banyak (Puteh et al., 2024). Selain industri,

transportasi yang menggunakan minyak bumi juga menghasilkan banyak polusi udara (Muthahar et al., 2024). Makanan cepat saji (*fast food*) juga menjadi sumber yang buruk bagi kesehatan (Jusuf et al., 2024). *Fast food* dimasak dengan minyak makan yang digunakan berulang kali yang menyebabkan minyak tersebut terbentuknya PAH (*Polyaromatic Hydrocarbons*) (Wu et al., 2020). Polusi udara dan *fast food* menjadi sumber radikal bebas dan sangat berbahaya jika berada di dalam tubuh (Lin et al., 2022). Secara alami, tubuh manusia dilengkapi sistem pertahanan untuk melawan dampak buruk radikal bebas. Namun, paparan radikal bebas yang berlebihan dapat melampaui kemampuan perlindungan tersebut. Kondisi ini berpotensi memicu stres oksidatif yang menjadi salah satu pemicu utama terbentuknya sel kanker (Martemucci et al., 2022).

Keberadaan kanker membawa konsekuensi serius terhadap kesehatan manusia. Kondisi ini dipicu oleh aktivitas radikal bebas yang memicu pembelahan sel secara abnormal dan tidak terkendali. Data global tahun 2020 mencatat hampir 19,3 juta kasus baru kanker dengan angka kematian mendekati 10 juta jiwa di seluruh dunia. Proyeksi menunjukkan peningkatan kasus secara signifikan, dari 14 juta menjadi 22 juta dalam kurun waktu dua dekade, dan diperkirakan mencapai 28 juta pada tahun 2040. Di Indonesia, kanker payudara mendominasi dengan kontribusi hampir seperlima dari total kasus kanker nasional (Gautama, 2022).

Radikal bebas dapat dinetralisir dengan senyawa antioksidan melalui mekanisme donasi elektron (Zahra et al., 2024). Radikal bebas tergolong senyawa yang reaktif dan berbahaya karena memiliki elektron tidak berpasangan pada orbital terluarnya. Konfigurasi ini menyebabkan radikal bebas berusaha menarik elektron dari molekul stabil di sekitarnya untuk mencapai kestabilan, sehingga memicu reaksi berantai yang dapat merusak sel tubuh (Chatgialiloglu, 2024). Namun, jumlah antioksidan yang diproduksi dalam tubuh kurang cukup untuk mengatasi radikal bebas yang banyak sehingga dibutuhkan antioksidan yang bersumber dari luar tubuh.

Hylocereus polyrhizus yang dikenal sebagai buah naga terkandung senyawa flavonoid terutama di bagian kulitnya (Shofia et al., 2024; Toding et al., 2024). Radikal bebas dapat dinetralkan dengan senyawa flavonoid (Shofia et al., 2024; Toding et al., 2024). Mekanisme yang dilakukan flavonoid terhadap radikal bebas adalah menyumbangkan elektron kepada radikal bebas. Oleh karena itu, flavonoid menjadi sumber antioksidan yang alami yang dapat membantu tubuh menetralkan radikal bebas (Zahra et al., 2024). Studi lebih lanjut perlu ditelusuri untuk mendalami potensi kulit buah naga sebagai antioksidan alami sehingga dapat dikonsumsi secara optimal dalam terapi klinis.

B. METODE

Artikel ini dibuat menjadi review artikel dengan cara mengumpulkan artikel-artikel yang sesuai. Artikel-artikel yang dikutip pada rentang tahun 2014 sampai 2024. Artikel-artikel yang dikutip bersumber dari *google* dan *google scholar*. Artikel-artikel yang dikutip berhubungan dengan metabolit sekunder yang terkandung di dalam buah naga dan mekanisme sebagai antioksidan.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kulit buah naga berpotensi sebagai antioksidan alami yang telah dilakukan penelitian sebelumnya (Tabel 1). Pendekatan yang dilakukan oleh penelitian sebelumnya adalah DPPH, FRAP dan ABTS. Tetapi, upaya terus dilakukan untuk mendukung studi lebih lanjut mengenai potensi kulit buah naga sebagai antioksidan alami.

Tabel 1. Hasil Aktivitas Antioksidan Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*)

No	Bagian	Pelarut	Metode Ekstraksi	Metode Uji	Hasil	Referensi
1	Kulit	Etanol	Maserasi	DPPH	59,12 mcg/mL	(Romdonah et al., 2017)
2	Kulit	Etanol		DPPH	74,57 mcg/mL	(Haveni et al., 2019)
3	Kulit	Etanol		ABTS	22,16 mcg/ml	(Vijayakumar et al., 2020)
4	Kulit	Etanol		DPPH	136,20 mcg/ml	(Muksin et al., 2021)
				ABTS	390,70 mcg/ml	
5	Kulit	Metanol		DPPH	445,25 mcg/ml	(Pratiwi et al., 2019)
		N-Heksan			198,06 mcg/ml	
		Etil asetat	199,52 mcg/ml			
		Air	2749,07 mcg/ml			
6	Kulit	Air	FRAP	30,40 mg trolox/ g	(Yuliawati, 2022)	
7	Kulit	Etanol: HCl (9:1) v/v	DPPH	2,69 mcg/ml	(Winahyu et al., 2019)	

Keberagaman hasil dalam setiap penelitian merupakan hal yang lumrah terjadi, terutama dalam studi yang berkaitan dengan aktivitas antioksidan. Perbedaan tersebut umumnya disebabkan oleh penggunaan jenis pelarut yang tidak sama dalam proses ekstraksi, di mana setiap pelarut memiliki kemampuan berbeda dalam menarik senyawa aktif dari suatu bahan. Di samping itu, metode analisis antioksidan yang diterapkan juga turut menentukan besarnya nilai aktivitas yang terdeteksi, mengingat setiap metode memiliki prinsip kerja dan target pengukuran yang berbeda, seperti metode DPPH dan FRAP. Faktor lain yang tidak kalah penting adalah lokasi pengambilan sampel, karena kondisi geografis, iklim, dan kesuburan tanah dapat memengaruhi kandungan metabolit sekunder dalam tanaman. Lebih lanjut, lama penyimpanan sampel sebelum pengujian juga berperan signifikan dalam menjaga stabilitas senyawa bioaktif, sehingga diperlukan perlakuan penyimpanan yang tepat guna memperoleh data yang akurat dan andal.

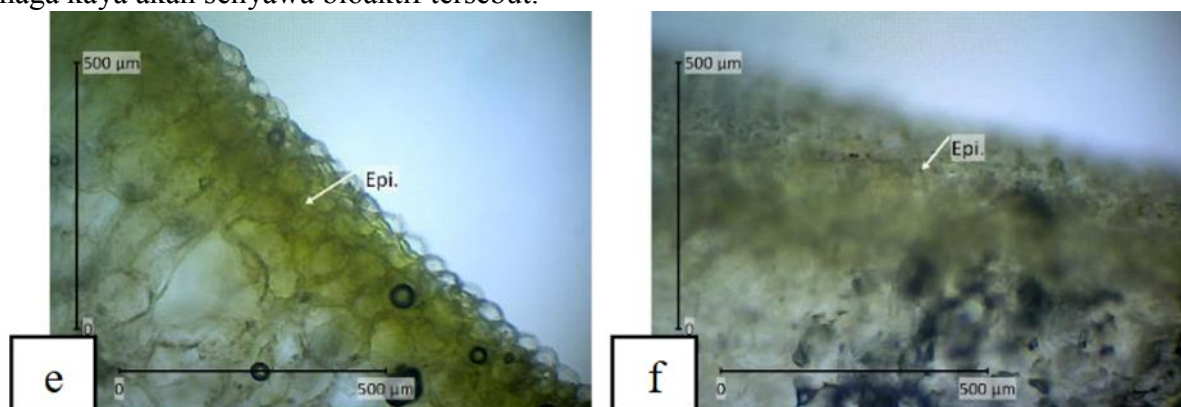
Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa nilai IC₅₀ yang diperoleh melalui metode DPPH berada pada rentang 2,69 hingga 2749,07 µg/mL, yang menunjukkan variasi aktivitas antioksidan yang sangat luas tergantung pada konsentrasi sampel yang diuji. Sementara itu, pengukuran menggunakan metode FRAP menghasilkan nilai aktivitas antioksidan sebesar 30,40 mg trolox/100 g sampel, yang mencerminkan kemampuan sampel dalam mereduksi ion besi. Adapun metode ABTS menunjukkan nilai aktivitas antioksidan yang berada pada kisaran 22,16 hingga 390,70 µg/mL, yang juga menggambarkan potensi antioksidan dalam menangkal radikal bebas melalui mekanisme yang berbeda.

Untuk menginterpretasikan tingkat kekuatan aktivitas antioksidan, khususnya pada metode DPPH, digunakan acuan dari beberapa penelitian sebelumnya. Menurut (Winahyu et al., 2019), suatu senyawa dikategorikan memiliki aktivitas antioksidan sangat kuat apabila nilai IC₅₀ yang diperoleh kurang dari 50 µg/mL. Aktivitas antioksidan dikatakan kuat jika nilai IC₅₀ berada di antara 50 hingga 100 µg/mL, tergolong sedang apabila IC₅₀ terletak pada kisaran 100 hingga 150 µg/mL, dan dianggap lemah jika nilai IC₅₀ berada dalam rentang 150 hingga 200 µg/mL. Lebih lanjut, (Asrifaturofingah et al., 2024) menyatakan bahwa aktivitas antioksidan dikategorikan sangat lemah apabila nilai IC₅₀ melebihi 200 µg/mL. Dengan demikian, rentang

nilai IC_{50} yang diperoleh dalam penelitian ini dapat diklasifikasikan ke dalam kategori-kategori tersebut guna mengevaluasi potensi antioksidan dari sampel yang diuji.

Keberadaan senyawa flavonoid di dalam kulit buah naga terbukti melalui pendekatan Kromatografi Lapis Tipis (KLT). Penelitian tersebut menggunakan pelarut etanol 96% dan metanol 95%. Hasil identifikasi menunjukkan adanya noda berwarna kuning lembayung yang mengindikasikan positif mengandung flavonoid. Nilai faktor retardasi (R_f) yang diperoleh berturut-turut adalah 0,92 untuk pelarut etanol 96% dan 0,95 untuk pelarut metanol 96% (Hasanah et al., 2024). Selain menggunakan KLT, flavonoid dari kulit buah naga juga dapat diidentifikasi menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis. Hal ini sebagaimana dilakukan oleh (Pujiastuti & El'Zeba, 2021) yang mendeteksi flavonoid pada panjang gelombang 444 nm. Pelarut etanol 70% dan 96% digunakan dalam proses maserasi.

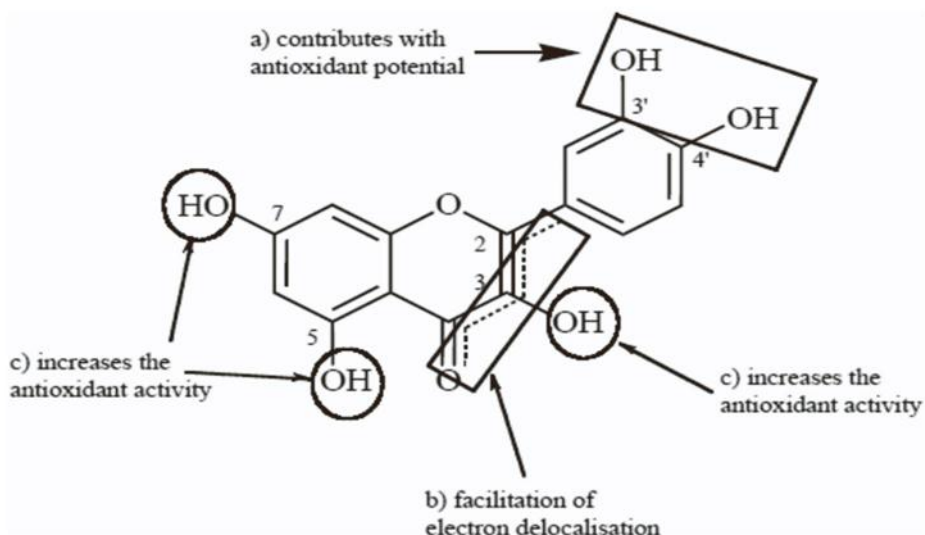
Metode spektrofotometri Uv-Vis juga dapat mengkonfirmasi keberadaan flavonoid yang telah dilaporkan oleh (Sukmanastiti et al., 2024). Pada panjang gelombang 430 nm dapat mendeteksi keberadaan senyawa flavonoid. Pada panjang gelombang tersebut merupakan serapan khas untuk mendeteksi senyawa flavonoid. Senyawa flavonoid merupakan senyawa polar sehingga menggunakan etanol 96% dalam penelitian ini dapat menarik senyawa flavonoid secara optimal. Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh (Husna & Nugroho, 2024) memberikan pendekatan berbeda dalam mengidentifikasi flavonoid, yaitu melalui uji histokimia. Hasil dari uji tersebut menunjukkan keberadaan flavonoid secara visual dan disajikan dalam bentuk dokumentasi pada Gambar 1, yang memperkuat bukti bahwa kulit buah naga kaya akan senyawa bioaktif tersebut.



Gambar 1. Flavonoid Terdistribusi Pada Epidermis (e-f).

Sumber: Husna & Nugroho (2024)

Distribusi senyawa flavonoid pada jaringan tumbuhan dapat diamati melalui pendekatan histokimia, di mana keberadaannya umumnya terakumulasi pada jaringan epidermis yang ditandai dengan munculnya warna hijau kekuningan setelah diberikan perlakuan reagen tertentu (Gambar 1). Senyawa flavonoid dapat diamati keberadaannya dengan reagen spesifik yang akan mendeteksi lokasi penimbunan senyawa flavonoid di dalam jaringan tumbuhan. Metode yang dilakukan tersebut disebut uji histokimia (Husna & Nugroho, 2024). Sementara itu, pendekatan analisis yang berbeda dilakukan oleh (Harni et al., 2022) dalam mengidentifikasi kandungan flavonoid pada kulit buah naga. Penelitian tersebut menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis untuk mengukur serapan flavonoid setelah melalui proses ekstraksi. Teknik ekstraksi yang diterapkan adalah metode MAE (*Microwave-Assisted Extraction*) dengan menggunakan akuades sebagai pelarut. Metode ini memanfaatkan gelombang mikro untuk mempercepat proses ekstraksi sehingga lebih efisien dalam waktu dan menghasilkan rendemen senyawa yang optimal.



Gambar 2. Mekanisme Flavonoid Sebagai Antioksidan

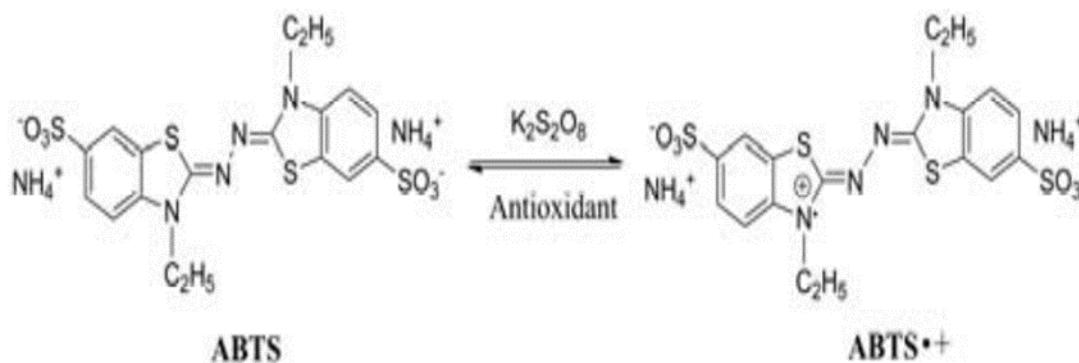
Sumber: Baker (2022)

Senyawa flavonoid adalah bagian dari senyawa yang memiliki lebih dari 2 gugus fenol yang tersebar luas di berbagai bagian tumbuhan. Dalam sistem pertahanan tumbuhan, flavonoid berperan sebagai komponen esensial yang membantu tanaman melindungi diri dari berbagai tekanan lingkungan, seperti serangan patogen, paparan sinar ultraviolet, dan cekaman oksidatif. Namun demikian, peran flavonoid tidak hanya terbatas pada fungsi fisiologis tumbuhan, melainkan juga memiliki manfaat penting bagi kesehatan manusia. Senyawa ini dikenal luas memiliki aktivitas antioksidan yang kuat, yang memungkinkannya untuk menstabilkan radikal bebas dengan cara menyumbangkan elektron. Proses ini sangat penting karena radikal bebas yang tidak stabil dapat menyebabkan kerusakan oksidatif pada sel, dan flavonoid mampu mencegah hal tersebut melalui mekanisme donor elektron atau atom hidrogen dari gugus hidroksil yang dimilikinya (Gambar 2). Menurut (Rodríguez et al., 2023), mekanisme ini membuat radikal bebas berubah menjadi molekul yang lebih stabil dan tidak lagi bersifat merusak. Selain itu, flavonoid juga memiliki kemampuan untuk menghambat pembentukan radikal bebas dengan cara mengikat ion logam pro-oksidan seperti Fe^{2+} atau Cu^{2+} yang biasanya berperan dalam memicu reaksi oksidatif melalui siklus redoks. Melalui proses pengikatan ion logam tersebut, flavonoid secara tidak langsung mencegah terbentuknya spesies oksigen reaktif yang dapat merusak struktur dan fungsi sel (Jabeen et al., 2017). Berkat berbagai mekanisme perlindungan tersebut, flavonoid sering dimanfaatkan sebagai bahan utama dalam pembuatan obat tradisional maupun suplemen kesehatan. Khasiatnya yang telah banyak dilaporkan mencakup aktivitas antibakteri, antihipertensi, dan antifungi, sehingga menjadikannya sebagai salah satu senyawa bioaktif yang potensial untuk dikembangkan lebih lanjut (Zebua et al., 2024).

Radikal bebas menjadi berbahaya karena memiliki satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan pada orbital terluarnya. Hal ini memicu ketidakstabilan secara kimia yang bersifat reaktif dan cenderung menarik elektron dari senyawa lain yang berada di sekitarnya sebagai upaya menstabilkan dirinya. Tetapi, upaya yang dilakukan radikal bebas tersebut akan menyebabkan timbulnya radikal bebas yang lainnya dan terjadi reaksi berantai yang berkelanjutan. Oleh karena itu, keberadaan antioksidan sangat dibutuhkan untuk memutus reaksi berantai ini supaya tidak menyebabkan kerusakan sel yang berkelanjutan (Arnaud et al., 2020).

Stres oksidatif adalah jumlah radikal bebas yang tidak seimbang dengan jumlah antioksidan yang menetralkannya di dalam tubuh. Kondisi ini menyebabkan kerusakan oksidatif di dalam tubuh seperti kerusakan DNA. Kondisi ini juga memicu penyakit serius

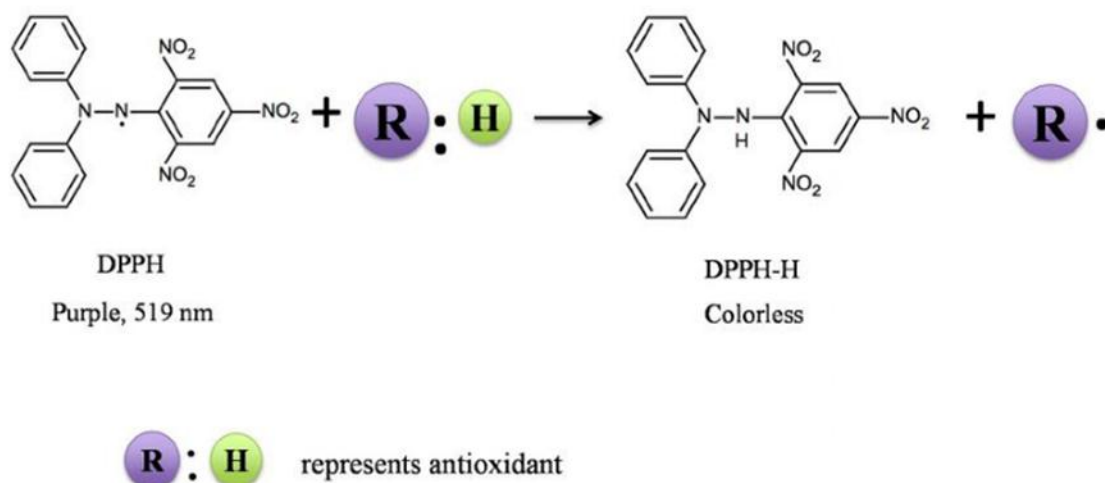
karena menimbulkan inflamasi kronis dalam tubuh. Antioksidan memiliki peran yang krusial untuk menjaga keseimbangan redoks sel. Sebagai molekul yang bersifat stabil, antioksidan mampu menyumbangkan elektron kepada radikal bebas yang sangat reaktif, sehingga menetralkan aktivitasnya dan menghentikan reaksi berantai sebelum sempat merusak molekul-molekul penting dalam sel. Dengan mekanisme donasi elektron tersebut, antioksidan secara efektif melindungi molekul target dari kerusakan oksidatif dan mempertahankan fungsi seluler tetap optimal (Geçotek & Skrzydlewska, 2022).



Gambar 3. Prinsip Metode ABTS

Sumber: Dong et al. (2015)

Dalam menentukan aktivitas antioksidan suatu senyawa, terdapat berbagai pendekatan metode yang dapat digunakan, salah satunya adalah metode ABTS (Gambar 3). Metode ini banyak dipilih oleh para peneliti karena prosedur pengujiannya yang cepat, sederhana, serta efisien dalam memberikan hasil yang akurat (Adelegan et al., 2023). Prinsip dasar dari metode ABTS melibatkan penggunaan senyawa ABTS sebagai mediator sintetik yang terlebih dahulu direaksikan dengan senyawa oksidator untuk membentuk kation radikal ABTS^{•+}. Kation radikal ABTS^{•+} memiliki serapan cahaya pada panjang gelombang 734 nm. Pada panjang gelombang tersebut merupakan serapan spesifik dari ABTS^{•+}. Namun, antioksidan berikatan dengan ABTS^{•+} akan mengubah nilai serapannya. Hal ini disebabkan oleh kemampuan antioksidan menyumbangkan elektron kepada ABTS^{•+} sehingga mengubah struktur dan konsentrasi ABTS^{•+} dalam larutan, yang pada akhirnya mempengaruhi intensitas serapan yang terdeteksi (Dorsey & Jones, 2017). Proses perubahan ABTS menjadi bentuk radikal ABTS^{•+} melalui bantuan oksidator ini merupakan ciri khas dari metode ABTS dalam mengukur kapasitas antioksidan, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 2 (Xu et al., 2024). Dengan demikian, metode ABTS tidak hanya menawarkan kemudahan dalam pelaksanaan, tetapi juga memberikan gambaran yang jelas mengenai mekanisme penetralan radikal oleh senyawa uji.

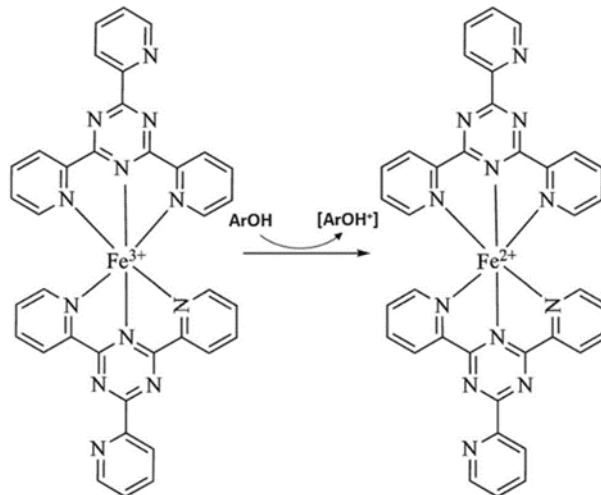


Gambar 4. Prinsip Metode DPPH

Sumber: Apoyan et al. (2023)

Metode DPPH sering digunakan untuk mengukur aktivitas antioksidan karena memiliki prosedur yang sederhana dan hasil yang cepat. Metode ini juga sangat reaktif dalam mendeteksi senyawa antioksidan. Selain itu, DPPH tidak memerlukan banyak peralatan khusus, sehingga menjadi pilihan yang praktis. Panjang gelombang maksimum 515 nm menunjukkan keberadaan DPPH. Warna ungu terbentuk ketika DPPH dilarutkan dengan pelarut. Perubahan warna menjadi kuning terjadi apabila berikatan dengan antioksidan. Perubahan warna ini menjadi indikasi adanya sumbangan elektron dari antioksidan kepada DPPH (Gambar 4) (Enaru et al., 2021; Nolasco-González et al., 2022)

Metode DPPH merupakan salah satu teknik yang paling sering digunakan dalam pengujian aktivitas antioksidan, terutama karena prosedurnya yang sederhana, mudah dilakukan, serta mampu memberikan hasil secara cepat dan efisien. Metode ini dikenal sangat reaktif dalam mendeteksi keberadaan senyawa antioksidan, bahkan dalam konsentrasi yang relatif rendah. Keunggulan lainnya adalah metode ini tidak memerlukan peralatan khusus yang rumit, sehingga menjadikannya pilihan yang praktis dan ekonomis bagi berbagai laboratorium penelitian (Gul et al., 2026; Sales et al., 2020). Prinsip dasar dari metode DPPH terletak pada kemampuan senyawa DPPH yang stabil sebagai radikal bebas. Keberadaan senyawa ini dapat dibuktikan dengan mengukur panjang gelombang serapan maksimumnya, yaitu pada kisaran 515 nm. Pada panjang gelombang tersebut, larutan DPPH menunjukkan warna ungu yang khas, yang mencerminkan aktivitas radikalnya (Ruangchuay et al., 2021; Speisky et al., 2022). Ketika senyawa antioksidan ditambahkan ke dalam larutan DPPH, terjadi reaksi penetralan radikal bebas yang ditandai dengan perubahan warna dari ungu menjadi kuning. Perubahan warna ini terjadi karena antioksidan menyumbangkan atom hidrogen kepada radikal DPPH, sehingga membentuk bentuk tereduksinya, yaitu DPPH-H. Fenomena ini menjadi indikasi kuat bahwa radikal bebas telah berhasil diikat dan dinetralkan oleh senyawa antioksidan, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 3 (Lee et al., 2021). Dengan demikian, metode DPPH tidak hanya menawarkan kemudahan teknis, tetapi juga memberikan indikator visual yang jelas mengenai aktivitas antioksidan suatu sampel.

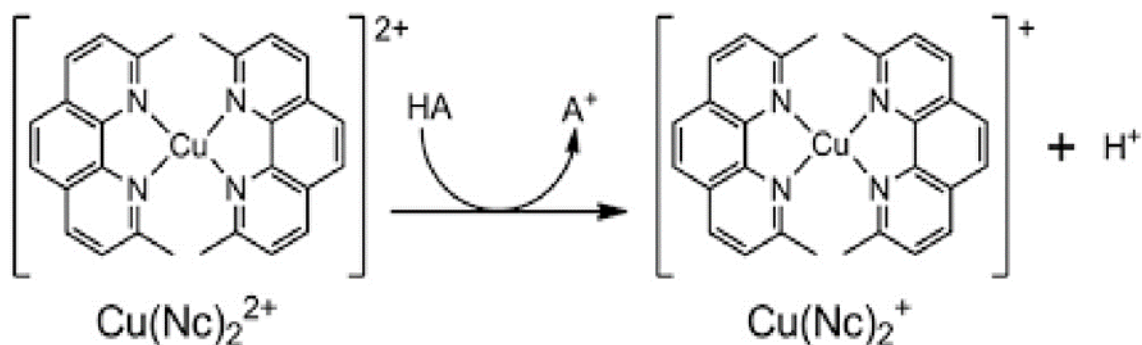


Gambar 5. Prinsip Metode FRAP

Sumber: Shi et al. (2022)

Metode FRAP merupakan salah satu teknik yang umum digunakan untuk mengukur aktivitas antioksidan dalam suatu sampel berdasarkan kemampuannya dalam mereduksi ion logam (Gambar 5). Prinsip dasar dari metode ini adalah terjadinya reaksi reduksi ion besi (Fe^{3+}) menjadi ion ferro (Fe^{2+}) yang dikatalisis oleh senyawa antioksidan yang terdapat dalam sampel. Keberhasilan reaksi reduksi ini ditandai dengan perubahan warna larutan menjadi biru atau biru keunguan, yang intensitasnya sebanding dengan kapasitas antioksidan yang terkandung dalam sampel uji (Rumpf et al., 2023). Perubahan warna tersebut dapat diukur secara kuantitatif menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 593 nm, sehingga memungkinkan penentuan aktivitas antioksidan secara akurat (Njoya, 2021). Kondisi keasaman atau pH yang rendah dalam metode ini berperan penting untuk memfasilitasi transfer atom hidrogen dari antioksidan kepada ion besi, yang pada akhirnya mendorong terjadinya proses reduksi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} , sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 4.

Dalam pengujian aktivitas antioksidan, diperlukan suatu kontrol positif atau standar pembanding untuk memastikan validitas hasil. Salah satu standar yang paling umum digunakan adalah Trolox, yang merupakan nama dagang dari Hoffman-LaRoche untuk senyawa yang dikenal dengan istilah TEAC (*Trolox Equivalent Antioxidant Capacity*). Trolox sendiri merupakan turunan sintesis dari vitamin E yang memiliki keunggulan berupa sifat larut dalam air, sehingga lebih mudah diaplikasikan dalam berbagai sistem pengujian berbasis pelarut polar (Fried, 2014). Penggunaan Trolox sebagai standar memungkinkan hasil pengukuran aktivitas antioksidan dinyatakan dalam satuan ekuivalen Trolox, yang memudahkan perbandingan antar penelitian yang berbeda.

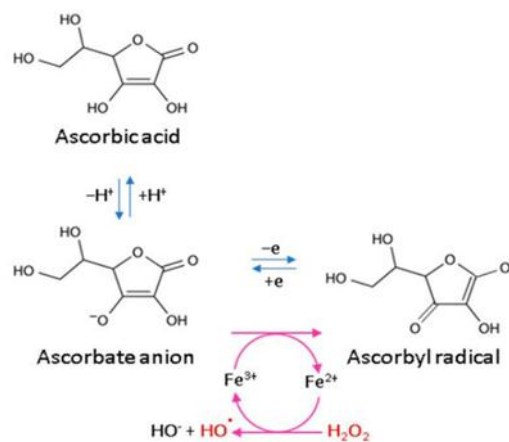


Gambar 6. Prinsip Metode CUPRAC

Sumber: Association of Plant Science Researchers (2021)

Teknik untuk mengukur kapasitas antioksidan dalam berbagai sampel adalah metode CUPRAC. Sampel yang biasa ditentukan kapasitas antioksidan seperti ekstrak buah dan bahan alam lainnya (Zhao et al., 2023). Prinsip dasar dari metode CUPRAC melibatkan reaksi antara senyawa cupric (Cu^{2+}) dengan senyawa antioksidan yang terdapat dalam sampel, yang mengakibatkan terjadinya reduksi ion Cu^{2+} menjadi Cu^+ (Gambar 6). Proses reduksi ini berlangsung dalam suasana asam dan membentuk ikatan silang (*crosslinked*) antara ion logam dengan sampel uji, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 5 (Munteanu & Apetrei, 2021; Suktham et al., 2020). Keberhasilan reaksi reduksi ini ditandai dengan adanya perubahan warna yang signifikan, yaitu dari biru muda menjadi kuning muda, yang intensitasnya sebanding dengan konsentrasi antioksidan dalam sampel (Zebua et al., 2024). Perubahan warna tersebut selanjutnya dapat diukur secara kuantitatif menggunakan spektrofotometer visible pada panjang gelombang maksimum 450 nm untuk menentukan kapasitas antioksidan (Association of Plant Science Researchers, 2021).

Turunan sintesis vitamin E adalah Trolox. Trolox mudah larut dalam air dan dijadikan sebagai standar pembandingan untuk memvalidasi hasil pengukuran aktivitas antioksidan dari metode CUPRAC (Echegaray et al., 2021). Sejumlah keunggulan yang ditawarkan metode CUPRAC yang menjadikannya populer di kalangan peneliti, antara lain perubahan warna yang terjadi relatif cepat sehingga memudahkan observasi, biaya pengujian yang murah, tidak memerlukan keahlian khusus dalam pelaksanaannya, serta tidak bergantung pada penggunaan peralatan laboratorium yang mahal. Namun demikian, metode ini juga memiliki beberapa keterbatasan, terutama dalam hal waktu yang dibutuhkan untuk persiapan sampel dan proses pengukuran yang cenderung lebih lama dibandingkan metode lainnya (Rubio et al., 2016). Meskipun demikian, keandalan dan kesederhanaan metode CUPRAC tetap menjadikannya sebagai salah satu pilihan utama dalam evaluasi kapasitas antioksidan.



Gambar 7. Prinsip Kerja Asam Askorbat Sebagai Antioksidan

Sumber: Gęgotek & Skrzydlewska (2023)

Asam askorbat atau vitamin C berperan sebagai antioksidan terutama melalui mekanisme donasi elektron untuk menetralkan secara langsung berbagai spesies oksigen reaktif, seperti radikal superoksida, hidrosil, dan hidrogen peroksida (Gambar 7). Dengan menyumbangkan elektronnya, asam askorbat mampu mengubah radikal bebas yang tidak stabil menjadi molekul yang lebih stabil, sementara dirinya sendiri bertransformasi menjadi radikal askorbil yang relatif tidak reaktif sehingga mampu menghentikan rantai kerusakan oksidatif pada biomolekul penting seperti lipid, protein, dan DNA, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 6. Selain berperan sebagai donor elektron langsung, asam askorbat juga berfungsi sebagai substrat esensial bagi enzim askorbat peroksidase dalam mendetoksifikasi hidrogen peroksida menjadi air, serta berkontribusi dalam meregenerasi antioksidan lain seperti tokoferol (vitamin E) di membran sel agar dapat terus aktif melindungi sel dari peroksidasi

lipid. Melalui berbagai mekanisme tersebut, asam askorbat secara keseluruhan melindungi integritas sel dan membantu tanaman beradaptasi terhadap berbagai kondisi lingkungan yang merugikan, seperti cekaman kekeringan, suhu ekstrem, atau paparan radiasi ultraviolet (Geçotek & Skrzydlewska, 2023).

Pemilihan pelarut merupakan salah satu faktor krusial yang sangat menentukan keberhasilan proses ekstraksi senyawa bioaktif, khususnya senyawa fenolik. Senyawa fenolik yang umumnya bersifat polar cenderung lebih mudah larut dalam pelarut yang juga memiliki kepolaran tinggi, seperti etanol dan air. Kedua jenis pelarut ini dikenal efektif dalam mengekstraksi senyawa fenolik karena kemampuannya berinteraksi dengan gugus hidroksil yang terdapat pada struktur senyawa tersebut. Dalam praktiknya, penggunaan pelarut campuran biner seperti etilasetat-air atau metanol-etanol sering kali menjadi pilihan utama karena terbukti dapat meningkatkan konsentrasi fenolik yang terekstraksi, terutama untuk senyawa polifenol yang memiliki struktur lebih kompleks. Hal ini disebabkan oleh kemampuan pelarut campuran yang lebih tinggi dalam melarutkan berbagai jenis senyawa fenolik sekaligus, sehingga proses ekstraksi menjadi lebih efisien dan optimal dalam menghasilkan senyawa target yang diinginkan (Ozdemir et al., 2024).

Selain jenis pelarut, faktor lain yang tidak kalah penting dalam menentukan efisiensi ekstraksi adalah perbandingan antara jumlah pelarut dan sampel yang digunakan. Apabila perbandingan pelarut terhadap sampel terlalu tinggi, maka akan terjadi peningkatan luas permukaan kontak antara senyawa fenolik dengan pelarut, yang pada gilirannya mempercepat proses difusi polifenol keluar dari matriks sampel. Namun, kondisi ini juga berimplikasi pada penggunaan pelarut yang lebih banyak, sehingga kurang ekonomis dan kurang ramah lingkungan. Efek saturasi terjadi apabila jumlah pelarut terlalu sedikit dibandingkan jumlah sampel sehingga efisiensi ekstraksi akan menurun untuk menarik senyawa fenolik secara maksimal. Kondisi ini tidak hanya menyebabkan pemborosan pelarut, tetapi juga berpotensi menghasilkan rendemen senyawa yang rendah. Oleh karena itu, jumlah pelarut dan sampel perlu dipertimbangkan secara cermat (Ozdemir et al., 2024).

D. KESIMPULAN

Senyawa flavonoid yang terkandung di dalam kulit buah naga terbukti secara ilmiah dengan pendekatan uji penentuan kapasitas antioksidan sebagai antioksidan alami, meskipun nilai aktivitas antioksidan yang ditunjukkan bervariasi tergantung pada metode ekstraksi, jenis pelarut, serta teknik pengujian yang digunakan. Keberagaman hasil ini menandakan bahwa potensi antioksidan dari kulit buah naga masih sangat mungkin untuk ditingkatkan melalui optimalisasi prosedur penelitian di masa mendatang. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut dengan pendekatan yang lebih komprehensif dan terstandarisasi sangat diperlukan untuk menggali potensi maksimal dari kulit buah naga. Dengan demikian, diharapkan kulit buah naga dapat dikembangkan menjadi alternatif bahan baku terapi klinis yang efektif, aman, dan ekonomis sebagai pendukung atau bahkan pengganti penggunaan obat-obatan sintetis dalam penanganan berbagai penyakit yang berkaitan dengan stres oksidatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Adelegan, A. A., Dokunmu, T. M., & Iweala, E. E. J. (2023). In-Vitro Antioxidant Activity And Cytotoxic Effect Of Ethanol Leaf Extract And Fractions Of *Ola* Subscorpioidea Oliv. (Olacaceae). *Tropical Journal of Natural Product Research*, 7(8), 3806–3812. <https://doi.org/10.26538/tjnpr/v7i8.35>
- Apoyan, S. A., Vardapetyan, S. M., Mkrtchyan, G. F., & Hovhannisyan, A. M. (2023). The Study Of Antioxidant Activity Of Biologically Active Substances In The Alcohol Extract. *Proceedings of the Yerevan State University*, 57(3), 207–213.

- Arnaud, K., Nicodème, C., Durand, D.-N., Martial, N., Basile, S., Haziz, S., Christine, N., Christian, K. A., Halfane, L., Victorien, D., Noumavo, P., & Lamine, B.-M. (2020). Antioxidant, Anti-Inflammatory Efficacy and HPLC Analysis of <i>Annona muricata</i> Leaves Extracts from Republic of Benin. *American Journal of Plant Sciences*, 11(06), 803–818. <https://doi.org/10.4236/ajps.2020.116057>
- Asrifaturofingah, A., 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. <https://doi.org/10.20527/jps.v11i1.16477>
- Association of Plant Science Researchers. (2021). *PLANTA – Research Book Series* (D. A. B. Published (ed.)). Plantica Foundation.
- Baker, D. H. A. (2022). An ethnopharmacological review on the therapeutical properties of flavonoids and their mechanisms of actions : A comprehensive review based on up to date knowledge. *Toxicology Reports*, 9, 445–469. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2022.03.011>
- Chatgilialoglu, C. (2024). Biomarkers of Oxidative and Radical Stress. *Biomolecules*, 14(2), 1–7. <https://doi.org/10.3390/biom14020194>
- Dong, J.-W., Cai, L., Xing, Y., Yu, J., & Ding, Z.-T. (2015). Re-evaluation of ABTS⁺ Assay for Total Antioxidant Capacity of Natural Products. *Natural Product Communications*, 10–13. <https://doi.org/10.1177/1934578X1501001239>
- Dorsey, B. M., & Jones, M. A. (2017). Healthy components of coffee processing by-products. In *Handbook of Coffee Processing By-Products* (Vol. 711, Issue 1, pp. 27–62). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811290-8.00002-5>
- Echegaray, N., Pateiro, M., Munekata, P. E. S., Lorenzo, J. M., Chabani, Z., Farag, M. A., & Domínguez, R. (2021). Measurement of antioxidant capacity of meat and meat products: Methods and applications. *Molecules*, 26(13). <https://doi.org/10.3390/molecules26133880>
- Enaru, B., Dreţcanu, G., Pop, T. D., Stănilă, A., & Diaconeasa, Z. (2021). Anthocyanins: Factors affecting their stability and degradation. *Antioxidants*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/antiox10121967>
- Fried, R. (2014). The Polyphenolic Antioxidant Resveratrol, the Carotenoid Lycopene, and the Proanthocyanidin Pycnogenol. In *Erectile Dysfunction As a Cardiovascular Impairment* (pp. 259–291). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-420046-3.00009-3>
- Gautama, W. (2022). Breast Cancer in Indonesia in 2022: 30 Years of Marching in Place. *Indonesian Journal of Cancer*, 16(1), 1. <https://doi.org/10.33371/ijoc.v16i1.920>
- Gęgotek, A., & Skrzydlewska, E. (2022). Antioxidative and Anti-Inflammatory Activity of Ascorbic Acid. *Antioxidants*, 11(10), 1–18. <https://doi.org/10.3390/antiox11101993>
- Gęgotek, A., & Skrzydlewska, E. (2023). Antioxidant Properties of Ascorbic Acid. *Vitamins and Hormones*, 1–12. <https://doi.org/10.3390/antiox11101993>
- Gul, H., Assad, N., Nasreen, Z., Ahmad, N., Assad, Y., Khan, M. N., Vandy, A., Lahai, M., Naeem-ul-Hassan, M., & Ercişli, S. (2026). Identification of two terpenoids from *Withania coagulans* with predicted multitarget binding affinity : An in vitro and in silico study. *PLOS One*, 2, 1–34. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0343273>
- Harni, M., Anggraini, T., Rini, & Suliansyah, I. (2022). Identifikasi Kualitas Warna Buah Naga (*Hylocereus*) Dengan Ekstraksi Menggunakan Microwave-Assisted Extract (MAE). *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 104–109.
- Hasanah, R. M., Narsih, U., & Azis, F. D. A. (2024). Identifikasi Flavonoid Ekstrak Kulit Buah Naga Merah. *Jurnal Ilmu Kesehatan*, 8(1).
- Haveni, D., Mastura, & Sari, R. P. (2019). Ekstrak Etanol Kulit Buah Naga Super Merah

- (*Hylocereus costaricensis*) Sebagai Anti Oksidan Dengan Menggunakan Metode (DPPH). *KATALIS Jurnal Pendidikan Kimia Dan Ilmu Kimia*, 2.
- Husna, L. A., & Nugroho, L. H. (2024). Struktur Anatomis Dan Uji Histokimia Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus* (Web.) Britton & Rose). *AL-KAUNIYAH: Jurnal Biologi*, 17, 21–31.
- Jabeen, E., Janjua, N. K., Ahmed, S., Murtaza, I., Ali, T., & Hameed, S. (2017). Radical scavenging propensity of Cu²⁺, Fe³⁺ complexes of flavonoids and in-vivo radical scavenging by Fe³⁺-primuletin. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 171, 432–438. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2016.08.035>
- Jusuf, H., Adityaningrum, A., Kartika, I. T., & Arsad, N. (2024). Penyuluhan Edukasi Dampak Makanan Cepat Saji Bagi Kesehatan Di Smp Negeri 1 Telaga Biru. *Jurnal Pengabdian Kesehatan Masyarakat*, 5(1), 21–34. <http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/jpkm/index>
- Lee, J., Noh, S., Lim, S., & Kim, B. (2021). Plant extracts for type 2 diabetes: From traditional medicine to modern drug discovery. *Antioxidants*, 10(1), 1–42. <https://doi.org/10.3390/antiox10010081>
- Lin, C., Huang, R. J., Duan, J., Zhong, H., & Xu, W. (2022). Polycyclic aromatic hydrocarbons from cooking emissions. *Science of the Total Environment*, 818, 151700. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151700>
- Martemucci, G., Costagliola, C., Mariano, M., D'andrea, L., Napolitano, P., & D'Alessandro, A. G. (2022). Free Radical Properties, Source and Targets, Antioxidant Consumption and Health. *Oxygen*, 2(2), 48–78. <https://doi.org/10.3390/oxygen2020006>
- Muksin, Y. D., Mahrus, & Bahri, S. (2021). Exploring the phytochemical and antioxidant potential of *Hylocereus polyrhizus* peel extract using biochemical approach. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 913(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/913/1/012076>
- Munteanu, I. G., & Apetrei, C. (2021). Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7). <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>
- Muthahar, K., Farisky, I. H. Al, Akbar, M. F., Advendiwardhono, S. S., Raga, R. R., Putri, J. K., Liviana, T. D., Septiani, E., Maharani, A. G., Wibowo, G. K. P., Hardiyanto, L., & Widianingsih, Y. (2024). Sosialisasi Penggunaan Kendaraan Listrik Sebagai Alternatif Transportasi Ramah Lingkungan. *Jurnal GEMBIRA (Pengabdian Kepada Masyarakat)*, 2, 2360–2378.
- Njoya, M. E. (2021). Medicinal plants, antioxidant potential, and cancer. In *Cancer* (Vol. 1321, Issue 3, pp. 349–357). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819547-5.00031-6>
- Nolasco-González, Y., Chacón-López, M. A., Ortiz-Basurto, R. I., Aguilera-Aguirre, S., González-Aguilar, G. A., Rodríguez-Aguayo, C., Navarro-Cortez, M. C., García-Galindo, H. S., García-Magaña, M. de L., Meza-Espinoza, L., & Montalvo-González, E. (2022). *Annona muricata* Leaves as a Source of Bioactive Compounds: Extraction and Quantification Using Ultrasound. *Horticulturae*, 8(7), 1–17. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070560>
- Ozdemir, M., Gungor, V., Melikoglu, M., & Aydiner, C. (2024). Solvent selection and effect of extraction conditions on ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from galangal (*Alpinia officinarum*). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 38(1), 100525. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2023.100525>
- Pratiwi, D. I., Syarif, R. A., Waris, R., & Faradiba. (2019). Plant Resources of South East Asia, Edible Fruits and Nuts. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, 6(1), 340–346.
- Pujiastuti, E., & El'Zeba, D. (2021). Perbandingan Kadar Flavonoid Total Ekstrak Etanol 70% Dan 96% Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Dengan Spektrofotometri. *Cendekia Journal of Pharmacy*, 5, 28–43.

- Puteh, K. N. A. K., Nordin, N. B., Amri, M. A. H. S., & Noor, N. H. M. (2024). Keperluan Kawalan Pencemaran Udara di Malaysia: Kesan Pembakaran Terbuka, Pelepasan Industri, Pengangkutan, Pertanian, dan Asap Rokok. *Jurnal Prespektif*, 19–31. <https://doi.org/10.37134/perspektif.vol16.1.3.2024>
- Rodríguez, B., Pacheco, L., Bernal, I., & Piña, M. (2023). Mechanisms of Action of Flavonoids: Antioxidant, Antibacterial and Antifungal Properties. *Ciencia, Ambiente y Clima*, 6(2), 33–66. <https://doi.org/10.22206/cac.2023.v6i2.3021>
- Romdonah, F. S., Kusumo, E., & Supartono. (2017). Identifikasi Betasianin Dan Uji Antioksidan Ekstrak Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*). *Indonesia Journal of Chemical Science*, 1.
- Ruangchuay, S., Wang, Q. qiang, Wang, L. yi, Lin, J., Wang, Y. chao, Zhong, G. huan, Maneenoon, K., Huang, Z. bo, & Chusri, S. (2021). Antioxidant and antiaging effect of traditional Thai rejuvenation medicines in *Caenorhabditis elegans*. *Journal of Integrative Medicine*, 19(4), 362–373. <https://doi.org/10.1016/j.joim.2021.03.004>
- Rubio, C. P., Hernández-Ruiz, J., Martínez-Subiela, S., Tvarijonavičiute, A., & Ceron, J. J. (2016). Spectrophotometric assays for total antioxidant capacity (TAC) in dog serum: An update. *BMC Veterinary Research*, 12(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12917-016-0792-7>
- Rumpf, J., Burger, R., & Schulze, M. (2023). Statistical evaluation of DPPH, ABTS, FRAP, and Folin-Ciocalteu assays to assess the antioxidant capacity of lignins. *International Journal of Biological Macromolecules*, 233(February), 123470. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123470>
- Sales, A., Felipe, L. de O., & Bicas, J. L. (2020). Production, Properties, and Applications of α -Terpineol. *Food and Bioprocess Technology*, 13(8), 1261–1279. <https://doi.org/10.1007/s11947-020-02461-6>
- Shi, L., Zhao, W., Yang, Z., Subbiah, V., Ansar, H., & Suleria, R. (2022). Extraction and characterization of phenolic compounds and their potential antioxidant activities. *Environmental Science and Pollution Research*, 29. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23337-6>
- Shofia, V., Lukman, H., & Hasanah, R. M. (2024). Perbandingan Kadar Kuersetin Ekstrak Etanol dan Metanol Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Secara. *Journal of Pharmaceutical Science (JOPHAS)*, 1, 7–12.
- Speisky, H., Shahidi, F., Costa de Camargo, A., & Fuentes, J. (2022). Revisiting the Oxidation of Flavonoids: Loss, Conservation or Enhancement of Their Antioxidant Properties. *Antioxidants*, 11(1), 1–28. <https://doi.org/10.3390/antiox11010133>
- Sukmanastiti, M., Saputri, A. D. S., & Sa'ad, M. (2024). Pengujian Kadar Senyawa Flavonoid Ekstrak Terpurifikasi Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Menggunakan Spektrofotometri Uv-Vis. *Pharmacy Medical Journal*, 7, 33–40.
- Suktham, T., Soliven, A., Jones, A., Dennis, G. R., & Shalliker, R. A. (2020). Information rich chromatographic separations of natural samples: The analysis of antioxidants in coffee using post column derivatisation and the CUPRAC assay on narrow bore reaction flow HPLC columns. *Microchemical Journal*, 153, 104403. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104403>
- Toding, F. A., Dewi, N. P., Dermiati, T., & ... (2024). Antioxidant Activity Of Effervescent Granule Of Red Dragon Fruit Peel Extract (*Hylocereus Polyrrhizus* W.) Using The DPPH Method. *Jurnal Eduhealth*, 15(02), 973–983. <https://doi.org/10.54209/eduhealth.v15i02>
- Vijayakumar, R., Abd Gani, S. S., Zaidan, U. H., Halmi, M. I. E., Karunakaran, T., & Hamdan, M. R. (2020). Exploring the Potential Use of *Hylocereus polyrhizus* Peels as a Source of Cosmeceutical Sunscreen Agent for Its Antioxidant and Photoprotective Properties.

- Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2020.
<https://doi.org/10.1155/2020/7520736>
- Winahyu, D. A., Purnama, R. C., & Setiawati, M. Y. (2019). Uji Aktivitas Antioksidan Pada Ekstrak Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Dengan Metode DPPH. *Jurnal Analis Farmasi*, 4(2), 117–121.
- Wu, S., Gong, G., Yan, K., Sun, Y., & Zhang, L. (2020). Polycyclic aromatic hydrocarbons in edible oils and fatty foods: Occurrence, formation, analysis, change and control. In *Advances in Food and Nutrition Research* (1st ed., Vol. 93). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2020.02.001>
- Xu, J., Zou, J., Wu, J., Zeng, H., Huang, Y., Yang, J., Gong, C., Chen, S., & Ma, J. (2024). Enhanced chlorination of diclofenac using ABTS as electron shuttle: Performance, mechanism and applicability. *Science of The Total Environment*, 907. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168117>
- Yuliawati, K. M. (2022). Pengujian Aktivitas Antioksidan Menggunakan Metode FRAP dan Penentuan Kadar Fenol Total pada Ekstrak Air Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*). *Journal of Pharmacopolium*, 5(2), 205–210. <https://doi.org/10.36465/jop.v5i2.917>
- Zahra, M., Abrahamse, H., & George, B. P. (2024). Flavonoids: Antioxidant Powerhouses and Their Role in Nanomedicine. *Antioxidants*, 13(8). <https://doi.org/10.3390/antiox13080922>
- Zebua, N. F., Nerdy, Bahrianur, R., Suwailim, S., & Alfajar, S. H. (2024). Antioxidant And Antimicrobial Activities Of Leaves Of Medicinal Plant *Hibiscus tiliaceus* L. *Forte Jurnal*, 2, 302–313.
- Zhao, Z., Wang, Y., Nian, M., Lv, H., Chen, J., Qiao, H., Yang, X., Li, X., Chen, X., Zheng, X., & Wu, S. (2023). *Citrus hystrix*: A review of phytochemistry, pharmacology and industrial applications research progress. *Arabian Journal of Chemistry*, 16(11). <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.105236>