

## PERSPEKTIF MANAJEMEN FARMASI DALAM PENGEMBANGAN PRODUK HERBAL: EVALUASI POTENSI ANTIOKSIDAN SENYAWA FENOLIK DAN FLAVONOID EKSTRAK DAUN JERUK BALI (*Citrus maxima* Merr.)

Gemy Nastity Handayany<sup>1</sup>, Widitma<sup>2</sup>,  
<sup>1-2</sup>Departemen Manajemen Farmasi Klinik UIN Alauddin Makassar  
gemynastity75@gmail.com

### ABSTRAK

Daun jeruk bali (*Citrus maxima* Merr.) adalah tanaman endemik Indonesia yang memiliki potensi besar sebagai sumber antioksidan alami. Tanaman ini kaya akan senyawa bioaktif, terutama senyawa fenolik dan flavonoid, yang berperan penting dalam melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan akibat radikal bebas. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi senyawa fenolik dan flavonoid dalam ekstrak daun jeruk bali sebagai antioksidan, serta mengkaji aspek manajerial dalam pengembangan produk herbal berbasis ekstrak daun jeruk bali dalam industri farmasi. Ekstraksi dilakukan using metode maserasi, diikuti dengan analisis kandungan senyawa melalui spektrofotometri. Hasil analisis menunjukkan bahwa ekstrak daun jeruk bali mengandung total fenolik sebanyak  $1194,24 \pm 94,55$  mg GAE/g ekstrak dan flavonoid sebesar  $169,14 \pm 19,62$  mg QE/g ekstrak. Uji aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH dan CUPRAC memberikan hasil yang signifikan, masing-masing sebesar  $1,23 \pm 0,00411$  AAE mg/g ekstrak dan  $288,96 \pm 11,33$  AAE mg/g ekstrak. Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak daun jeruk bali memiliki potensi antioksidan yang kuat. Selain itu, perspektif manajemen farmasi sangat penting dalam mengembangkan strategi produksi produk herbal berbasis daun jeruk bali untuk memaksimalkan kegunaannya sebagai bahan baku dalam produk kesehatan seperti suplemen atau ramuan herbal.. Evaluasi ini memberikan wawasan mengenai pentingnya pengelolaan rantai pasok bahan baku herbal, pengendalian kualitas, dan regulasi dalam produksi obat herbal berbasis bahan alam.

**Kata Kunci :** Pengembangan Produk Herbal , Manajemen Farmasi , Industri Farmasi , Produk Kesehatan Daun Jeruk Bali (*Citrus maxima* Merr.)

### PENDAHULUAN

Daun *Jeruk Bali* (*Citrus maxima* Merr.) merupakan salah satu tanaman *Citrus* yang secara tradisional dimanfaatkan di berbagai budaya untuk kesehatan. Bagian tanaman seperti kulit dan buah jeruk Bali banyak diteliti karena kandungan senyawa bioaktifnya, termasuk fenolik dan flavonoid

yang memiliki aktivitas antioksidan tinggi (Huynh MNT, Nguyen TNP,2025) penelitian Penelitian Shunning Ding dkk 2022 , menunjukkan bahwa berbagai bagian tanaman *Citrus maxima* mengandung senyawa bioaktif seperti hesperidin, narirutin, naringin, dan naringenin yang berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan

dan potensi fungsi kesehatan lainnya. *Studies on pomelo (Citrus maxima) bioactive and nutritional profile* menunjukkan bahwa bagian tanaman ini mengandung phenolic acids, flavonoids, dan tanin yang berkontribusi terhadap manfaat kesehatan yang beragam, termasuk aktivitas antioksidan (Simple Sharma dkk, 2024)

Penelitian terbaru Putu juga menunjukkan bahwa bagian tanaman *Citrus maxima* yang sering dianggap sebagai limbah pertanian seperti kulit masih merupakan sumber penting senyawa bioaktif yang dapat diolah menjadi produk bernilai tambah. Salah satunya, studi tentang produksi granul instan antioksidan dari kulit jeruk Bali menggunakan metode ekstraksi berbantuan enzim (EAE), menunjukkan peningkatan aktivitas antioksidan serta mutu fisik yang lebih baik dibandingkan formulasi non-enzim, yang membuka peluang pemanfaatan limbah sebagai bahan baku produk farmasi atau suplemen herbal. (Putu Era Sandhi Kusuma Yuda dkk , 2025 )

Walaupun sejumlah studi telah membuktikan aktivitas antioksidan dan kandungan fenolik/flavonoid pada berbagai bagian tanaman *Citrus maxima*, penelitian tersebut lebih banyak berfokus pada modifikasi proses ekstraksi atau

karakterisasi bioaktif tanpa mengkaji aspek manajemen farmasi dalam perencanaan, pengembangan, dan penerapan produk herbal berbasis senyawa tersebut. Padahal, perspektif manajemen farmasi merupakan aspek penting dalam mengoptimalkan kualitas, stabilitas, dan penerimaan produk di industri farmasi, termasuk pengendalian mutu bahan baku, pemilihan teknologi formulasi, sertifikasi produk, hingga strategi pemasaran.

Berdasarkan gap tersebut di atas, penelitian ini menggunakan metode ekstraksi maserasi dan analisis kandungan senyawa bioaktif melalui spektrofotometri untuk mengevaluasi kandungan fenolik dan flavonoid ekstrak daun *Citrus maxima* serta mengukur aktivitas antioksidannya dengan metode DPPH dan CUPRAC. Selanjutnya, penelitian ini meninjau implikasi manajemen farmasi dalam pengembangan ekstrak daun ini menjadi produk herbal yang dapat terstandarisasi dan dimanfaatkan secara luas di industri farmasi.

## **METODE PENELITIAN**

### **Desain Penelitian**

Penelitian ini menggunakan desain eksperimental laboratoris *in vitro* untuk mengevaluasi kandungan senyawa fenolik

dan flavonoid serta aktivitas antioksidan ekstrak daun *Citrus maxima* Merr.. Pendekatan eksperimen dipilih karena memungkinkan pengukuran yang terkontrol terhadap variabel kimia dan aktivitas antioksidan.

### **Bahan dan Alat**

Bahan utama yang digunakan adalah daun jeruk bali (*Citrus maxima* Merr.) yang diambil dari tanaman yang telah diidentifikasi secara taksonomis. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) (*Sigma*), aluminium klorida (*Merck*), amonium asetat (*Merck*), asam askorbat (*Merck*), asam galat (*Merck*), aquades (*WaterOne*), daun jeruk bali (*Citrus maxima* Merr.), etanol 96%, etanol p.a, kalium asetat (*Merck*), kuersetin (*Sigma*), metanol, natrium karbonat (*Merck*), neocuproine (*Sigma*) reagen Follin-Ciocalteu (*Merck*), tembaga (II) klorida (*Pudak*).

Alat yang digunakan yaitu batang pengaduk (*Iwaki*), blender (*Miyako*), corong (*Pyrex*), gelas kimia (*Pyrex*), gelas Ukur (*Iwaki*), labu ukur (*Iwaki*), pipet mikro (*Dragonlab*), rotary evaporator (*Heldoph*), seperangkat alat maserasi, spektrofotometri UV-Vis Genesys (*Thermo Scientific*), tabung Reaksi

(*Pyrex*), timbangan Analitik (*A&D GH-200*), toples, waterbath (*Memmert WNB7 Ring*).

### **Prosedur Ekstraksi**

Ekstraksi senyawa bioaktif dilakukan dengan metode maserasi, sebagai berikut: Daun jeruk bali dikeringkan di udara sampai kadar air konstan, Bahan kering ditimbang dan digiling hingga halus, Serbuk daun kemudian dimaserasi dengan etanol 96% selama 72 jam pada suhu ruang dengan pengadukan berkala, Ekstrak disaring dan diuapkan pelarutnya dengan rotary evaporator untuk mendapatkan ekstrak pekat.

### **Analisis Kandungan Senyawa Fenolik dan Flavonoid**

Kandungan total fenolik diukur menggunakan metode Folin-Ciocalteu, dengan hasil dinyatakan sebagai mg Asam Galat Eq/g ekstrak. Sedangkan total flavonoid diukur menggunakan metode kolorimetri dengan kuersetin sebagai standar, hasil dinyatakan sebagai mg Kuersetin Eq/g ekstrak.

### **Uji Aktivitas Antioksidan**

Metode DPPH: Ekstrak ditambahkan ke larutan DPPH dan disimpan dalam kegelapan selama 30 menit. Penurunan

absorbansi pada panjang gelombang tertentu diukur menggunakan spektrofotometer untuk menghitung persentase aktivitas antioksidan. Metode CUPRAC: Larutan ekstrak direaksikan dengan campuran CUPRAC. Absorbansi diukur untuk menentukan aktivitas antioksidan berdasarkan kapasitas mereduksi.

**Analisis Data**

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dan komparatif. Nilai kandungan fenolik, flavonoid, dan aktivitas antioksidan dilaporkan dalam bentuk rata-rata ± standar deviasi (SD). Perbandingan antara perlakuan dilakukan menggunakan uji statistik sesuai kebutuhan.

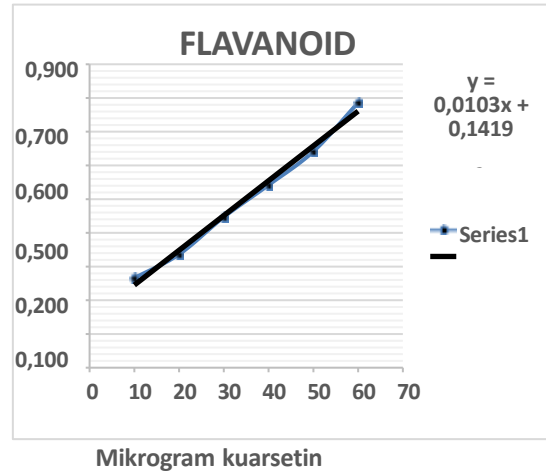
**Persetujuan Etik**

Penelitian ini tidak melibatkan subjek manusia atau hewan sehingga tidak memerlukan persetujuan komite etik penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

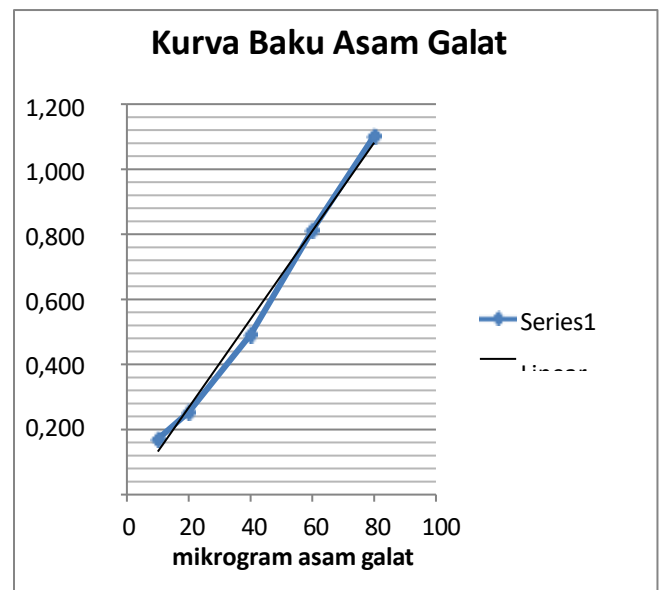
**a. HASIL**

**1. Grafik Kadar Total Flavonoid**



Berdasarkan grafik kalibrasi yang diperoleh, hubungan antara konsentrasi standar (µg/mL) dengan nilai absorbansi menunjukkan linearitas yang sangat baik, yang ditunjukkan oleh adanya persamaan regresi:  $y = 0,0103x + b$

**2. Grafik Kadar Total Fenolik**



Berdasarkan grafik kurva baku asam galat, terlihat adanya hubungan linear yang jelas

antara konsentrasi standar asam galat ( $\mu\text{g/mL}$ ) dengan nilai absorbansi, Persamaan regresi linear yang diperoleh dari kurva baku

menunjukkan bahwa setiap peningkatan konsentrasi asam galat akan diikuti dengan peningkatan absorbansi secara proporsiona

**3. Kapasitas Antioksidasi Metode DPPH CUPRAC**

**Tabel 1 . Kurva Baku Vitamin C**

Konsentrasi (ppm)	Rata-rata $\pm$ SD	Persamaan Garis Linier
0,6	0,760 $\pm$ 0,011	$y = 0,0509 x + 0,8492$ $R^2 = 0,992$
1,3	0,625 $\pm$ 0,019	
2	0,553 $\pm$ 0,004	
2,6	0,431 $\pm$ 0,030	
3,3	0,348 $\pm$ 0,044	

**Tabel 2. . Pengukuran Kapasitas Antioksidasi DPPH**

Sampel	Antioksidasi DPPH (AAE mg/g ekstrak)
Daun Jeruk Bali	1,23 $\pm$ 0,00411

**4. Kapasitas Antioksidasi Metode CUPRAC**

**Tabel 3. . Kurva Baku Vitamin . C**

Konsentrasi (ppm)	Rata-rata $\pm$ SD	Persamaan Garis Linier
2,5	0,589 $\pm$ 0,028	$y = 0.0212 x - 0.0576$ $R^2 = 0.9968$
3,5	0,437 $\pm$ 0,010	
5	0,360 $\pm$ 0,019	
6	0,242 $\pm$ 0,019	
7,5	0,158 $\pm$ 0,019	

**Tabel 4. . Pengukuran Kapasitas Antioksidasi CUPRAC**

Sampel	Antioksidasi CUPRAC (AAE mg/g ekstrak)
Daun Jeruk Bali	288,96 $\pm$ 11,33

## b. Pembahasan

Hasil analisis kadar total flavanoid menunjukkan adanya hubungan linear antara konsentrasi standar flavonoid dengan nilai absorbansi, yang menandakan bahwa metode spektrofotometri  $AlCl_3$  yang digunakan memiliki linearitas dan sensitivitas yang baik. Pola ini sejalan dengan penelitian Nguyen et al. (2022) dan Rahman et al. (2023) yang melaporkan nilai koefisien determinasi di atas 0,99 pada pengujian total flavonoid. Dengan demikian, metode ini dapat digunakan secara andal untuk menentukan kadar flavonoid total dalam sampel.

Hasil analisis kadar fenolik total menunjukkan adanya hubungan linear antara konsentrasi standar asam galat dengan nilai absorbansi, yang menandakan bahwa metode Folin-Ciocalteu yang digunakan memiliki linearitas dan sensitivitas yang baik. Hasil ini sejalan dengan penelitian Kumar et al. (2022) dan Rahman et al. (2023) yang melaporkan nilai koefisien determinasi di atas 0,99 pada penentuan fenolik total berbagai ekstrak tanaman.

Berdasarkan hasil uji kapasitas antioksidan menggunakan metode DPPH yang diperoleh pada ekstrak daun *Citrus*

*maxima* Merr. (jeruk bali), dapat disimpulkan bahwa senyawa fenolik dan flavonoid yang terkandung dalam daun jeruk bali menunjukkan aktivitas antioksidan yang signifikan. Aktivitas ini diukur dengan menggunakan kurva baku dari vitamin C sebagai standar. Kurva baku menunjukkan hubungan linier yang kuat, dengan persamaan garis linier  $y = 0,0509x + 0,8492$  dan nilai koefisien determinasi  $R^2 = 0,992$ . Hal ini menunjukkan bahwa nilai DPPH yang diperoleh dari berbagai konsentrasi ekstrak daun jeruk bali (dalam ppm) memiliki korelasi yang sangat baik dengan konsentrasi standar vitamin C yang digunakan dalam uji ini.

Dari hasil di atas (table kurva baku vit C), terlihat bahwa dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak daun jeruk bali, nilai absorban yang diperoleh dari reaksi DPPH semakin menurun, yang mengindikasikan peningkatan kemampuan ekstrak daun jeruk bali dalam menetralkan radikal bebas. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa bioaktif yang terkandung dalam ekstrak daun *Citrus maxima* memiliki aktivitas antioksidan yang kuat.

Senyawa Fenolik dan Flavonoid pada tanaman *Citrus maxima* diketahui memiliki

peran utama dalam memberikan efek antioksidan ini. Penelitian sebelumnya juga mengungkapkan bahwa flavonoid seperti naringin dan hesperidin, serta senyawa fenolik dalam daun jeruk bali, memiliki kemampuan untuk mengikat dan menetralkan radikal bebas yang berbahaya bagi sel tubuh. Aktivitas antioksidan ini dapat bermanfaat untuk mencegah berbagai penyakit degeneratif, seperti penyakit jantung, kanker, dan diabetes yang berhubungan dengan stres oksidatif

### **Implikasi Manajemen Farmasi dalam Pengembangan Produk Herbal**

Dalam konteks manajemen farmasi, hasil ini memiliki implikasi yang penting untuk pengembangan produk herbal berbasis *Citrus maxima*. Ekstrak daun *Citrus maxima*, dengan kandungan senyawa fenolik dan flavonoid yang memiliki potensi antioksidan yang kuat, dapat menjadi bahan baku yang ideal untuk produk suplemen atau obat-obatan herbal. Salah satu tantangan utama dalam mengembangkan produk herbal ini adalah standarisasi konsentrasi senyawa aktif, yang sangat penting untuk menjamin efikasi dan keamanan produk. Berdasarkan hasil yang diperoleh, formulasi produk herbal harus mempertimbangkan dosis yang tepat agar senyawa aktif di dalam

ekstrak dapat memberikan manfaat yang maksimal bagi kesehatan konsumen.

Dari perspektif manajemen farmasi, pengelolaan rantai pasokan bahan baku, pengendalian kualitas, serta penerapan standar yang sesuai untuk produk herbal menjadi aspek penting yang harus diperhatikan. Produk herbal seperti ekstrak daun *Citrus maxima* harus melalui tahap pengujian kualitas yang ketat, baik dari sisi aktivitas antioksidan, keamanan, maupun konsistensi produk sebelum diluncurkan ke pasar.

Hasil uji kapasitas antioksidan menggunakan metode DPPH menunjukkan bahwa ekstrak daun *Citrus maxima* memiliki aktivitas antioksidan yang signifikan, yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi produk herbal yang efektif dalam melawan radikal bebas. Implementasi manajemen farmasi yang baik sangat penting dalam memastikan bahwa produk herbal berbasis daun jeruk bali ini dapat diproduksi dengan kualitas yang konsisten, aman, dan efektif, serta diterima luas oleh pasar.

Hasil pengukuran menunjukkan kapasitas antioksidan ekstrak daun jeruk bali (*Citrus maxima* Merr.) dengan metode DPPH sebesar  $1,23 \pm 0,00411$  AAE mg/g

ekstrak. Nilai AAE (Ascorbic Acid Equivalent) menggambarkan bahwa setiap 1 gram ekstrak memiliki kemampuan penangkap radikal yang setara dengan sekitar 1,23 mg vitamin C sebagai antioksidan standar. Dalam uji DPPH, semakin tinggi kemampuan ekstrak mendonorkan atom hidrogen/elektron kepada radikal DPPH, semakin besar penurunan absorbansi, sehingga kapasitas antioksidan dapat dinyatakan sebagai ekuivalen vitamin C. Prinsip penggunaan vitamin C sebagai standar pada uji DPPH banyak digunakan pada penelitian ekstrak daun jeruk (keluarga *Citrus*) berbasis spektrofotometri UV-Vis.

Secara fitokimia, aktivitas antioksidan pada tanaman *Citrus* umumnya berkaitan erat dengan senyawa fenolik dan flavonoid, karena kedua kelompok senyawa ini memiliki struktur yang memungkinkan terjadinya reaksi redoks (donor elektron/hidrogen) sehingga efektif menetralkan radikal bebas. Literatur terbaru menegaskan bahwa flavonoid *Citrus* mempunyai beragam bioaktivitas, termasuk antioksidan dan manfaat metabolik lain, sehingga mendukung rasionalisasi bahwa nilai AAE yang terukur pada ekstrak daun jeruk bali dipengaruhi oleh kandungan

flavonoid/fenoliknya. Santi Herlina, dkk (2024 )

Bila dibandingkan dengan tren riset terkini pada *Citrus maxima*, fokus pemanfaatan senyawa antioksidan tidak hanya pada pengujian in vitro, tetapi juga mengarah pada produk terapan dari bagian tanaman/hasil samping (by-product). Contohnya, penelitian formulasi granul instan antioksidan dari kulit jeruk bali dengan enzyme-assisted extraction (EAE) menunjukkan upaya peningkatan pelepasan senyawa aktif dan pengembangan sediaan yang lebih aplikatif. Ini menguatkan bahwa *Citrus maxima* memiliki prospek sebagai sumber antioksidan untuk produk kesehatan, walaupun bagian yang diteliti berbeda (kulit vs daun) Putu Era Sandhi Kusuma Yuda dkk, 2025 )

Perbedaan besaran kapasitas antioksidan antar penelitian sangat mungkin terjadi karena variasi bagian tanaman, pelarut dan metode ekstraksi, kondisi reaksi DPPH, serta cara pelaporan satuan (misalnya  $IC_{50}$ , % inhibisi, Trolox equivalent, atau AAE). Sebagai ilustrasi, penelitian pada by-product jeruk bali (pith) juga melaporkan aktivitas antioksidan dalam bentuk ekuivalen asam askorbat, namun dalam satuan matriks yang berbeda

(larutan/produk), sehingga tidak bisa dibandingkan secara “angka langsung” tanpa penyamaan basis perhitungan. Selain itu, studi terkini pada komponen jeruk bali seperti minyak atsiri kulit juga melaporkan aktivitas antioksidan DPPH dalam bentuk  $IC_{50}$ , kembali menegaskan bahwa format pelaporan dapat sangat beragam. ) Pham My Hao, Le Pham Tan Quoc, 2025)

Dari perspektif manajemen farmasi, hasil  $1,23 \pm 0,00411$  AAE mg/g dapat dijadikan parameter awal untuk: penetapan spesifikasi bahan baku/ekstrak (misalnya batas minimal kapasitas antioksidan), standardisasi proses (konsistensi ekstraksi antar-batch), dan pengendalian mutu (QC) pada produk jadi.

Arah pengembangan produk herbal modern juga menekankan pemanfaatan sumber hayati dan limbah/by-product *Citrus* sebagai bahan baku bernilai tambah (value-added), yang relevan dengan keputusan manajerial terkait rantai pasok, efisiensi proses, dan keberlanjutan produksi. Dengan demikian, data kapasitas antioksidan ini tidak hanya bermakna secara ilmiah, tetapi juga penting secara operasional untuk menyusun strategi formulasi, klaim fungsi, dan dokumen mutu yang diperlukan agar ekstrak daun jeruk bali berpeluang

ditingkatkan menjadi produk herbal terstandar di industri farmasi.

## KESIMPULAN

Ekstrak daun jeruk bali (*Citrus maxima Merr.*) menunjukkan aktivitas antioksidan yang signifikan berdasarkan uji DPPH dengan nilai kapasitas antioksidan sebesar  $1,23 \pm 0,00411$  AAE mg/g ekstrak. Hasil ini mengindikasikan bahwa kandungan senyawa fenolik dan flavonoid berperan penting dalam kemampuan ekstrak untuk menetralkan radikal bebas. Dari perspektif manajemen farmasi, nilai tersebut dapat dijadikan parameter awal untuk standardisasi mutu bahan baku, pengendalian kualitas, serta pengembangan ekstrak daun jeruk bali sebagai produk herbal yang berpotensi diaplikasikan di industri farmasi.

## SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji aspek biaya produksi, ketersediaan bahan baku, dan potensi nilai jual produk herbal berbasis daun jeruk bali sehingga dapat diketahui kelayakan produk secara ekonomi dalam skala industri farmasi.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini, khususnya kepada pimpinan dan staf Laboratorium Farmasi yang telah memberikan fasilitas dan dukungan selama proses penelitian. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian penelitian ini

### Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan, baik secara finansial maupun non-finansial, yang dapat memengaruhi hasil dan interpretasi penelitian ini. Penelitian ini dilakukan secara independen tanpa keterlibatan pihak komersial yang berkepentingan terhadap hasil penelitian.

### DAFTAR PUSTAKA

Abdelwahab, S. I., et al. (2020). Spectrophotometric determination of total flavonoids in medicinal plant extracts. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 28(6), 734–741. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2020.04.009>

Alim, N., Hasan, T., Rusman, R., Jasmiadi, J., & Zulfitri, Z. (2022). Phytochemical screening, relationship of total phenolic with antioxidant activity of ethanol and methanol extracts of

kesambi (*Schleichera oleosa*) bark. *Jurnal Ilmiah Sains*, 22(2), 118. <https://doi.org/10.35799/jis.v22i2.40091>

- Anggarani, A. M., Ilmiah, M., & Mahfudhah, D. N. (2023). Antioxidant activity of several types of onions and its potential as health supplements. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 12(1), 103–111.
- Apak, R., Ozyurek, M., Guclu, K., & Capanoglu, E. (2020). Antioxidant activity/capacity measurement. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(5), 1046–1070. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b0622>
- Aryanti, R., Perdana, F., & Syamsudin, R. A. M. R. (2021). Telaah metode pengujian aktivitas antioksidan pada teh hijau (*Camellia sinensis*). *Jurnal Surya Medika*, 7(1), 15–24. <https://doi.org/10.33084/jism.v7i1.2024>
- Ding, S., Wang, P., Pang, X., Zhang, L., Qian, L., Jia, X., Chen, W., Ruan, S., & Sun, L. (2022). The new exploration of pure total flavonoids extracted from *Citrus maxima* (Burm.) Merr. as a new therapeutic agent to bring health benefits for people. *Frontiers in Nutrition*, 9, 958329. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.958329>
- Herlina, S., et al. (2024). Peran antioksidan flavonoid dalam menghambat radikal bebas. *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*, 6(2), 188–197.
- Huynh, M. N. T., Nguyen, T. N. P., Van, K. C., & Mai, C. H. (2025). Study of the extraction of bioactive compounds from pomelo (*Citrus maxima*) pith and applying it to drinking products. *Food Research*, 9(3), 110–119.
- Kumar, S., Pandey, A. K., & Singh, R. (2022). Evaluation of total phenolic content and antioxidant activity of selected medicinal plant extracts.

- Journal of Herbal Medicine*, 32, 100540.  
<https://doi.org/10.1016/j.hermed.2022.100540>
- Negrea, M., et al. (2025). Valorization of citrus peel byproducts: A sustainable source of phenolics and flavonoids. *Foods*, 14(8), 1339.
- Nguyen, T. T., Pham, D. Q., & Tran, H. T. (2022). Determination of total flavonoid content and antioxidant activity of selected medicinal plants. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 12(3), 120–127.  
<https://doi.org/10.7324/JAPS.2022.120314>
- Putri, R. A., Sari, D. K., & Pratama, A. (2021). Total phenolic content and antioxidant activity of tropical fruit peels. *Food Chemistry*, 355, 129640.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129640>
- Rahman, M. M., Islam, M. R., & Hossain, M. A. (2023). Quantitative analysis of total flavonoids and phenolics in herbal extracts using AlCl<sub>3</sub> method. *Heliyon*, 9(5), e15678.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15678>
- Rauf, A., Imran, M., Abu-Izneid, T., et al. (2019). Flavonoids: Antioxidant compounds and their role in preventing diseases. *Molecules*, 24(3), 682.  
<https://doi.org/10.3390/molecules24030682>
- Saini, R. K., Shetty, N. P., & Giridhar, P. (2022). Plant-based natural antioxidants in foods and their impact on human health. *Antioxidants*, 11(4), 707.  
<https://doi.org/10.3390/antiox11040707>
- Sari, D. K., Putri, R. A., & Pratama, A. (2021). Flavonoid content and antioxidant capacity of tropical fruit peels. *Food Chemistry*, 354, 129498.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129498>
- Silla, A., et al. (2025). The role of antioxidant compounds from citrus waste in oxidative stress and bioactivity. *Antioxidants*, 14(5), 581.
- Singh, N., Sharma, R. M., Dubey, A. K., et al. (2025). Bioactive compounds and bitterness properties of newly developed interspecific citrus hybrids (*Citrus maxima* × *Citrus sinensis*). *Horticulturae*, 11(2), 208.
- Susiloningrum, D., & Sari, D. E. M. (2021). Uji aktivitas antioksidan dan penetapan kadar flavonoid total ekstrak temu mangga (*Curcuma mangga*). *Cendekia Journal of Pharmacy*, 5(2), 117–127.  
<https://doi.org/10.31596/cjp.v5i2.148>
- Thuan, C. M., et al. (2026). Volatile and non-volatile compounds in citrus fruit by-products and their bioactivities. *International Journal of Agriculture and Bioscience*, 15(2), 502–517.
- Wei, X., et al. (2025). Preserving pomelo quality: Sodium alginate coating effects on nutritional and health components of *Citrus maxima*. *Foods*, 14(19), 3303.
- Xu, Y., et al. (2025). Bioactive flavonoids metabolites in citrus species: Biological activities including antioxidant effects.
- Yuda, P. E. S. K., Lita, N. K., Lian, A. P. E., Putri, N. P. J., Dasi, I. G. A. S. C. D., Kolifay, I. A., Cahyaningsih, E., & Sasadara, M. M. V. (2025). Eco-friendly production of antioxidant instant granules from jeruk bali (*Citrus maxima*) peel using enzyme-assisted extraction. *USADHA: Jurnal Integrasi Obat Tradisional*, 4(3), 76–84.