

## UJI FENOLIK TOTAL DAN KAPASITAS ANTIOKSIDAN METODE ABTS DAUN KEDONDONG (*SPONDIAS DULCIS* PARKINSON)

Felicia Valerie Rustan<sup>1\*</sup>, Eny Yulianti<sup>2</sup>, F. Ferdinal<sup>3</sup>

Program Studi Sarjana Kedokteran, Fakultas Kedokteran Universitas Tarumanagara Jakarta<sup>1</sup>, Bagian Biokimia dan Biologi Molekular, Fakultas Kedokteran Universitas Tarumanagara Jakarta<sup>2,3</sup>

\*Corresponding Author : felicia.405220136@stu.untar.ac.id

### ABSTRAK

Kedondong (*Spondias dulcis* Parkinson) merupakan tanaman tropis yang tersebar luas di Asia Tenggara dan telah lama dimanfaatkan secara tradisional untuk mengatasi infeksi kulit, batuk, demam, serta nyeri tenggorokan, juga sering dikonsumsi sebagai sayuran. Daunnya diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti flavonoid, tanin, fenolik, saponin, triterpenoid, dan vitamin C yang berperan sebagai antioksidan alami dalam menetralisir radikal bebas, termasuk ROS dan RNS, pemicu stres oksidatif dan kerusakan seluler. Penelitian ini menganalisis total senyawa fenolik dan aktivitas antioksidan dari ekstrak metanol daun kedondong secara *in vitro*. Penentuan kandungan fenolik total dilakukan dengan metode Folin-Ciocalteu, sedangkan evaluasi kapasitas antioksidan menggunakan uji ABTS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak metanol daun kedondong memiliki kandungan fenolik total sebesar 54.691 mg GAE/g serta potensi aktivitas antioksidan tinggi dengan nilai  $IC_{50}$  sebesar 16.05  $\mu\text{g/mL}$ . Menurut klasifikasi aktivitas antioksidan oleh Ranggaini *et al.* (2024), antioksidan dikategorikan sangat kuat jika nilai  $IC_{50} < 50 \mu\text{g/mL}$ , kuat 50–100  $\mu\text{g/mL}$ , sedang 101–150  $\mu\text{g/mL}$ , dan lemah  $>150 \mu\text{g/mL}$ . Dengan nilai  $IC_{50}$  sebesar 16.05  $\mu\text{g/mL}$  dan kandungan fenolik yang tinggi, ekstrak metanol daun kedondong menunjukkan aktivitas antioksidan sangat kuat serta berpotensi dikembangkan sebagai sumber antioksidan alami untuk perlindungan terhadap kerusakan akibat radikal bebas.

**Kata kunci** : ABTS, daun kedondong, fenolik, *Spondias Dulcis* Parkinson

### ABSTRACT

Kedondong (*Spondias dulcis* Parkinson) is a tropical plant widely distributed in Southeast Asia and has long been traditionally used to treat skin infections, cough, fever, and sore throat, as well as consumed as a vegetable. Its leaves are known to contain various bioactive compounds such as flavonoids, tannins, phenolics, saponins, triterpenoids, and vitamin C, which act as natural antioxidants in neutralizing free radicals, including ROS and RNS, that trigger oxidative stress and cellular damage. This study analyzed the total phenolic content and antioxidant activity of methanolic leaf extract of *S. dulcis* *in vitro*. The total phenolic content was determined using the Folin–Ciocalteu method, while the antioxidant capacity was evaluated using the ABTS assay. The results showed that the methanolic extract of *S. dulcis* leaves contained a total phenolic content of 54.691 mg GAE/g and exhibited strong antioxidant potential with an  $IC_{50}$  value of 16.05  $\mu\text{g/mL}$ . According to the antioxidant activity classification by Ranggaini *et al.* (2024), antioxidants are categorized as very strong when the  $IC_{50}$  value is  $< 50 \mu\text{g/mL}$ , strong at 50–100  $\mu\text{g/mL}$ , moderate at 101–150  $\mu\text{g/mL}$ , and weak at  $>150 \mu\text{g/mL}$ . With an  $IC_{50}$  value of 16.05  $\mu\text{g/mL}$  and high phenolic content, the methanolic leaf extract of *S. dulcis* demonstrates very strong antioxidant activity and has potential to be developed as a natural antioxidant source for protection against free radical-induced damage.

**Keywords** : ABTS, kedondong leaves, phenolic, *Spondias Dulcis* Parkinson

### PENDAHULUAN

Kedondong (*Spondias dulcis* Parkinson) merupakan tanaman tropis yang tumbuh luas di Asia Tenggara dan memiliki nilai ekonomi tinggi, baik sebagai bahan pangan maupun obat herbal. Dalam pengobatan tradisional, daun kedondong dimanfaatkan untuk mengobati infeksi kulit dan nyeri, sedangkan buahnya digunakan untuk mengatasi peradangan dan

gangguan mata. Sejalan dengan itu, studi ilmiah telah mengungkap berbagai potensi biologis tanaman ini. Sebagai contoh, Yadav et al. melaporkan kemampuan ekstrak daun dalam sintesis nanopartikel perak antibakteri, dan Zofou et al. membuktikan aktivitas bakterisidal ekstrak kulit buah terhadap *Salmonella*. Meskipun potensi biologis *S. dulcis* telah dikonfirmasi, mayoritas penelitian terdahulu masih berfokus pada aktivitas antibakteri dan belum mengeksplorasi kapasitas antioksidan secara mendalam, khususnya pada ekstrak metanol daun. Padahal, aktivitas antioksidan sangat krusial untuk menetralkan radikal bebas penyebab stres oksidatif yang berkontribusi pada kerusakan DNA dan penyakit degenerative. Minimnya data mengenai profil antioksidan spesifik dari daun kedondong menjadi kesenjangan pengetahuan yang perlu dijawab.

Oleh karena itu, penelitian ini hadir memberikan kontribusi ilmiah dengan mengevaluasi potensi antioksidan ekstrak metanol daun *S. dulcis*. Penelitian ini bertujuan menentukan kandungan fenolik total menggunakan metode Folin-Ciocalteu serta menguji aktivitas penangkapan radikal bebas melalui uji ABTS. Hasil studi ini diharapkan memberikan dasar ilmiah baru bagi pemanfaatan daun kedondong sebagai sumber antioksidan alami yang potensial.

## METODE

Penelitian ini merupakan studi eksperimental laboratorium secara *in vitro* menggunakan ekstrak metanol daun kedondong (*Spondias dulcis* Parkinson). Sampel daun segar diperoleh dari daerah Bekasi, Provinsi Jawa Barat, Indonesia. Proses pengeringan simplisia dilakukan dengan cara diangin-anginkan (*air-drying*) di tempat teduh yang terlindung dari paparan sinar matahari langsung selama 4 hari. Pengeringan berlangsung pada kondisi suhu ruang dengan sirkulasi udara alami untuk menjaga kualitas simplisia tanpa pemanasan buatan. Daun yang telah kering kemudian dihaluskan hingga menjadi serbuk simplisia. Sebanyak 75 gram simplisia selanjutnya diekstraksi menggunakan pelarut metanol untuk memperoleh ekstrak daun kedondong. Kandungan fenolik total dalam ekstrak ditentukan menggunakan metode Folin-Ciocalteu. Kurva kalibrasi disusun menggunakan larutan standar asam galat dengan berbagai konsentrasi. Absorbansi sampel diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang yang sesuai. Pengujian ini dilakukan dengan metode triplo ( $n=3$ ) untuk meminimalkan kesalahan pengukuran. Data absorbansi yang diperoleh kemudian dirata-ratakan sebelum dianalisis menggunakan regresi linier untuk menentukan nilai  $IC_{50}$ .

Kapasitas antioksidan dievaluasi menggunakan metode ABTS (2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfonat). Pengujian dilakukan dengan mengukur perubahan absorbansi larutan ABTS setelah penambahan ekstrak menggunakan spektrofotometer. Sama halnya dengan uji fenolik, pengujian aktivitas antioksidan ini juga dilakukan secara triplo ( $n=3$ ) untuk memastikan konsistensi hasil data yang diperoleh. Data kuantitatif yang diperoleh dari hasil pengukuran (kadar fenolik dan aktivitas antioksidan) disajikan dalam bentuk nilai Rerata  $\pm$  Standar Deviasi (Mean  $\pm$  SD). Analisis regresi linier digunakan untuk memperoleh persamaan kurva standar serta untuk menghitung nilai  $IC_{50}$  (konsentrasi penghambatan 50%) guna menentukan potensi aktivitas antioksidan ekstrak.

## Pembuatan Ekstrak Daun Kedondong

Sebanyak 75 gram serbuk simplisia daun kedondong yang diperoleh dari daerah Bekasi dimasukkan ke dalam wadah, kemudian dibasahi secara merata dengan pelarut metanol. Pada tahap maserasi pertama, sampel ditutup dengan parafilm dan didiamkan di tempat yang terhindar cahaya matahari selama 3 jam. Langkah selanjutnya adalah meletakkan simplisia dalam corong perkolator yang bagian dasarnya berisi kapas dan kertas saring. Kemudian, pelarut metanol ditambahkan 1-2 cm di atas simplisia dan perkolator ditutup rapat

menggunakan plastik. Setelah didiamkan selama 24 jam, prosedur perkolasi dapat dimulai dengan membuka keran perkolator secara bertahap hingga kecepatan 25 tetes per menit. Agar simplisia tidak mengering dalam tabung perkolasi, metanol ditambahkan perlahan-lahan hingga warna ekstrak memudar. Hasil perkolasi ditampung dalam gelas ukur, sebagian kecil ekstrak disisihkan untuk analisis fitokimia. Sebagian besar ekstrak diproses evaporasi dengan *rotatory evaporator*, yang memisahkan metanol dari hasil ekstraksi dan mengentalkan ekstrak menjadi konsistensi seperti pasta.

### Uji Fenolik Total

#### Pembuatan Larutan Standar Asam Galat

Sejumlah 5 mL etanol 95% digunakan untuk melarutkan 0.25 gram asam galat, kemudian ditambahkan 50 mL aquades. Larutan ini kemudian diambil masing-masing 0.6 mL, 0.8 mL, 1 mL, 1.2 mL, dan 1.4 mL dan diencerkan dengan 10 mL aquades untuk menghasilkan larutan dengan konsentrasi sebesar 300 µg/mL, 400 µg/mL, 500 µg/mL, 600 µg/mL, dan 700 µg/mL. Masing-masing larutan diambil sebanyak 0.2 mL, kemudian dicampurkan dengan 1 mL reagen Folin-Ciocalteu dan 15.8 mL aquades. Campuran dihomogenkan dan didiamkan di tempat gelap selama 8 menit. Kemudian sebanyak 3 mL larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 20% ditambahkan ke dalam campuran, dihomogenkan, dan dibiarkan pada suhu kamar selama 2 jam. Pengukuran absorbansi dilakukan pada panjang gelombang 765 nm menggunakan alat spektrofotometer Genesys 30-Vis untuk pembuatan kurva standar.

#### Penetapan Kadar Fenolik Ekstrak

Ekstrak daun kedondong sebanyak 0.3 gram dilarutkan dalam campuran metanol dan aquades dengan perbandingan 1:1 hingga mencapai volume 10 mL dalam labu ukur, lalu diaduk hingga homogen. Sebanyak 0.2 mL larutan dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 15.8 mL aquades dan 1 mL reagen Folin-Ciocalteu. Campuran tersebut dibiarkan selama 8 menit dalam kondisi gelap. Selanjutnya, sebanyak 3 mL larutan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 20% dimasukkan ke dalam campuran, dihomogenkan, dan dibiarkan selama dua jam pada suhu ruang tanpa paparan cahaya. Spektrofotometer Genesys 30-Vis digunakan untuk mengukur absorbansi larutan pada panjang gelombang 765 nm, kadar total fenolik dihitung berdasarkan kurva standar asam galat. Seluruh pengujian fenolik dilakukan secara triplo ( $n = 3$ ) sebagai replikasi teknis, karena seluruh pengukuran berasal dari larutan ekstrak yang sama dengan konsentrasi berbeda untuk memastikan keakuratan hasil.

### Uji Kapasitas Antioksidan Metode ABTS

#### Pembuatan Larutan ABTS

Larutan ABTS disiapkan dengan melarutkan 7.1 mg serbuknya dalam 5 mL aquades, sementara itu 3.5 mg kalium persulfat dilarutkan terpisah menggunakan 5 mL aquades di tabung reaksi yang berbeda. Proses inkubasi terhadap kedua larutan dilakukan selama 12 jam dalam kondisi terlindung dari cahaya. Setelah proses inkubasi, larutan ABTS dan kalium persulfat digabung, lalu diencerkan menggunakan aquades hingga volume akhir mencapai 25 mL. Pengukuran absorbansi dilakukan pada panjang gelombang 753 nm dengan target absorbansi berada dalam rentang 0.7–0.8 ( $\pm 0.02$ ). Absorbansi awal melebihi angka 3, sehingga diperlukan proses pengenceran lanjutan dengan rasio 1:9. Setelah pengenceran, diperoleh absorbansi sebesar 0.799 yang sesuai kriteria dan menandakan bahwa larutan ABTS siap digunakan.

#### Penentuan Absorbansi Kontrol

Larutan ABTS yang telah diencerkan diambil sebanyak 1 mL dan diencerkan kembali dengan aquades hingga mencapai volume akhir 10 mL. Absorbansi larutan kontrol yang telah

dipersiapkan diukur menggunakan spektrofotometer Genesys 30-Vis pada panjang gelombang 734 nm.

### Pengukuran Aktivitas Antioksidan Ekstrak

Sebanyak 0.01 gram ekstrak daun kedondong dilarutkan dalam 10 mL aquades di dalam gelas ukur, kemudian dihomogenkan hingga larut sepenuhnya. Larutan tersebut kemudian diencerkan untuk memperoleh konsentrasi akhir 10, 15, 20, 25, dan 30 µg/mL. Setiap larutan sampel dicampur dengan larutan ABTS dalam rasio 1:1, yakni dengan mengambil 250 µL larutan ABTS dan 250 µL larutan sampel. Pengujian dilakukan secara triplo. Larutan standar Trolox juga disiapkan sebagai pembanding, dengan konsentrasi 5, 10, 15, 20, dan 25 µg/mL, menggunakan metode yang sama seperti pada pembuatan sampel. Pengukuran absorbansi seluruh larutan, baik sampel maupun larutan standar, menggunakan spektrofotometer Genesys 30-Vis pada panjang gelombang 734 nm. Aktivitas antioksidan ekstrak daun kedondong dapat ditentukan melalui persentase penghambatan yang dihitung dengan rumus:

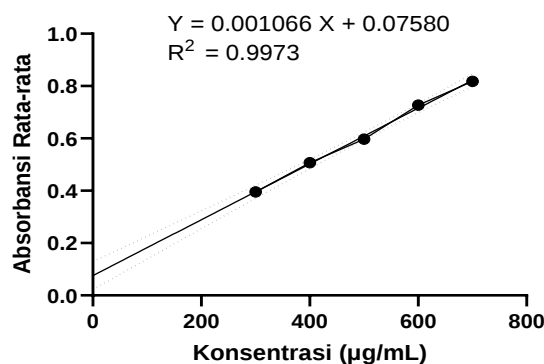
$$\text{Persentase Inhibisi } (\%) = \frac{\text{Abs. Kontrol} - \text{Abs. Sampel}}{\text{Abs. Kontrol}} \times 100\%$$

Data persentase inhibisi yang dihasilkan digunakan dalam menyusun kurva linier untuk menentukan nilai  $IC_{50}$  dari larutan stok sampel.  $IC_{50}$  ini menggambarkan konsentrasi senyawa antioksidan yang dibutuhkan untuk menekan aktivitas radikal ABTS sebesar 50%. Seluruh pengujian ABTS dilakukan secara triplo.

## HASIL

### Kadar Fenolik Total Ekstrak

Setelah pengukuran absorbansi asam galat, didapat persamaan garis linier  $Y = 0.001066 X + 0.0758$  dan  $R^2 = 0.9973$  (gambar 1). Kemudian, nilai absorbansi ekstrak dimasukkan sebagai variabel Y untuk menghitung kadar senyawa fenolik yang dilambangkan sebagai X. Nilai rata-rata absorbansi yang diperoleh adalah 0.365 nm. Dalam pengujian fenolik ini, dilakukan proses pengenceran sebanyak lima kali, menghasilkan kadar fenolik total sebesar 271.295 µg/mL. Sementara itu, jika tanpa pengenceran, kadar fenolik total mencapai 1640.901 µg/mL atau setara dengan 54.691 mg GAE/g DW. (tabel 1)



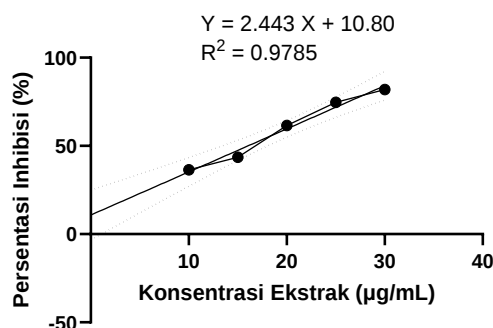
Gambar 1. Kurva Hasil Uji Standar Asam Galat

Tabel 1. Kadar Fenolik Total Ekstrak Daun Kedondong

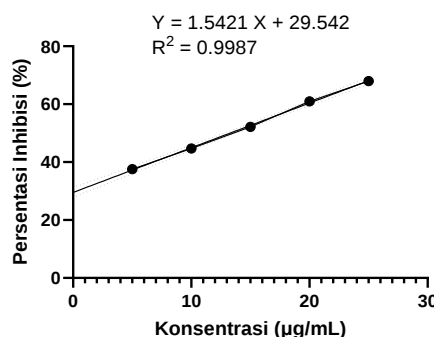
| Rata - rata Absorbansi | Kadar Total Fenolik Pengenceran 5x (µg/ mL) | Kadar Total Fenolik (µg/ mL) | Kadar Total Fenolik (mg GAE/gram) |
|------------------------|---------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 0.365 ± 0.003          | 271.295 ± 2.482                             | 1640.901 ± 12.41             | 54.691 ± 0.413                    |

### Aktivitas Antioksidan Ekstrak

Hasil pengukuran absorbansi terhadap ekstrak daun kedondong dan standar Trolox menghasilkan persamaan regresi  $Y = 2.443X + 10.80$  dengan koefisien determinasi  $R^2 = 0.9785$  untuk ekstrak daun kedondong (gambar 2), serta persamaan linier  $Y = 1.5421X + 29.542$  dengan nilai  $R^2 = 0.9987$  untuk Trolox sebagai standar pembanding (gambar 3). Berdasarkan kedua persamaan linier tersebut, diperoleh nilai  $IC_{50}$  untuk ekstrak daun kedondong sebesar  $16.05 \mu\text{g/mL}$  (tabel 2), sedangkan  $IC_{50}$  untuk Trolox tercatat sebesar  $13.27 \mu\text{g/mL}$  (tabel 3).



Gambar 2. Kurva Hasil Uji ABTS Ekstrak Daun Kedondong



Gambar 3. Kurva Hasil Uji Standar Pembanding Trolox ABTS

Tabel 2. Hasil Uji ABTS Ekstrak Daun Kedondong

| Konsentrasi Ekstrak (µg/ mL) | Rata-Rata Absorbansi | Persen Inhibisi (%) | IC50 (µg/ mL) |
|------------------------------|----------------------|---------------------|---------------|
| 10                           | 0.261 + 0.006        | 36.496 + 1.46       | 16.05         |
| 15                           | 0.232 + 0.008        | 43.552 + 1.826      |               |
| 20                           | 0.158 + 0.006        | 61.557 + 1.46       |               |
| 25                           | 0.104 + 0.006        | 74.696 + 1.355      |               |
| 30                           | 0.074 + 0.006        | 81.995 + 1.355      |               |

Tabel 3. Hasil Uji Standar Pembanding Trolox ABTS

| Konsentrasi Ekstrak (µg/ mL) | Rata - Rata Absorbansi | Persentasi Inhibisi (%) | IC50 (µg/ mL) |
|------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------|
| 5                            | 0.341 + 0.001          | 37.546 + 0.183          | 13.27         |
| 10                           | 0.302 + 0.003          | 44.689 + 0.484          |               |
| 15                           | 0.261 + 0.004          | 52.198 + 0.660          |               |
| 20                           | 0.213 + 0.004          | 60.989 + 0.733          |               |
| 25                           | 0.175 + 0.003          | 67.949 + 0.485          |               |

## PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian, kandungan fenolik total pada ekstrak metanol daun kedondong didapatkan sebesar 54.691 mg GAE/g ekstrak. Nilai ini dihitung dari rata-rata absorbansi sampel yang menunjukkan hasil sangat konsisten, yaitu  $0.365 \pm 0.003$  ( $n=3$ ). Nilai standar deviasi yang sangat kecil ini membuktikan bahwa proses pengerjaan sampel di laboratorium sudah dilakukan dengan teliti dan presisi. Selain itu, validitas data ini juga didukung oleh nilai linearitas ( $R^2$ ) pada kurva kalibrasi asam galat yang sangat baik, yaitu 0.9973. Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh Najihah et al. yang melaporkan kadar sebesar 37.4 mg GAE/g, hasil dalam penelitian ini tergolong lebih tinggi. Perbedaan ini kemungkinan besar disebabkan oleh jenis pelarut yang digunakan. Pelarut metanol diketahui lebih efektif dalam menarik senyawa fenolik dibandingkan etanol karena sifatnya yang lebih polar. Selain faktor pelarut, kondisi lingkungan tempat tumbuh tanaman di daerah Bekasi juga berpengaruh. Paparan sinar matahari dan suhu yang cukup tinggi diduga memicu tanaman untuk memproduksi lebih banyak senyawa fenolik sebagai bentuk pertahanan diri terhadap kondisi lingkungan tersebut.

Pada uji antioksidan menggunakan metode ABTS, pengujian dilakukan pada rentang konsentrasi 10 sampai 30  $\mu\text{g/mL}$ . Hasilnya menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak yang diberikan, semakin besar pula kemampuannya dalam menangkal radikal bebas. Hal ini terlihat dari persentase inhibisi yang naik secara teratur, mulai dari 36.50% pada konsentrasi terendah hingga mencapai 81.99 % pada konsentrasi tertinggi. Dari hasil perhitungan regresi linier ( $Y = 2.443x + 10.80$ ), didapatkan nilai  $IC_{50}$  sebesar 16.05  $\mu\text{g/mL}$  dengan nilai  $R^2$  sebesar 0.9785. Nilai  $IC_{50}$  ini menunjukkan aktivitas antioksidan yang sangat kuat karena angkanya hampir mendekati kontrol Trolox yang memiliki  $IC_{50}$  sebesar 13.27  $\mu\text{g/mL}$ . Nilai  $R^2$  yang mendekati angka 1 juga menunjukkan bahwa persamaan regresi yang digunakan sudah tepat untuk menggambarkan aktivitas antioksidan ekstrak ini.

Tingginya aktivitas antioksidan ini sejalan dengan tingginya kadar fenolik yang didapat sebelumnya. Aktivitas ini bisa terjadi karena adanya gugus hidroksil (-OH) pada senyawa fenolik. Gugus ini bekerja dengan cara menyumbangkan elektron atau hidrogen untuk menetralkan radikal bebas ABTS, sehingga reaksi radikal menjadi berhenti dan stabil. Hasil penelitian ini tercatat lebih baik dibandingkan temuan Azizah et al. ( $IC_{50}$  45.84  $\mu\text{g/mL}$ ), yang mungkin disebabkan oleh perbedaan metode ekstraksi atau asal tanaman yang digunakan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa ekstrak metanol daun kedondong memiliki aktivitas antioksidan yang sangat kuat dengan nilai  $IC_{50}$  sebesar 16.05  $\mu\text{g/mL}$ , yang didukung oleh tingginya kandungan senyawa fenolik total (54.691 mg GAE/g). Meskipun hasil ini menunjukkan potensi yang besar, temuan ini masih berada pada tahap awal. Oleh karena itu, diperlukan penelitian konfirmasi lebih lanjut menggunakan metode uji lain seperti DPPH, FRAP, atau analisis molekuler guna memperkuat bukti ilmiah terkait aktivitas antioksidannya secara lebih mendalam.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terimakasih kepada Prof . F. Ferdinal dan bu Eny Yulianti atas bimbingan, arahan, serta dukungan yang diberikan selama penyusunan dan pelaksanaan penelitian ini. Saya juga menyampaikan apresiasi kepada Fakultas Kedokteran Universitas Tarumanagara Jakarta atas fasilitas dan dukungan institusional yang memungkinkan penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adhiwijaya, R. P., Sugata, M., & Jo, J. (2022). Analisis aktivitas antioksidan ekstrak daun kedondong (*Spondias dulcis*) menggunakan *response surface methodology* [Analyzing the antioxidant activity of ambarella leaf extract (*Spondias dulcis*) using response surface methodology]. *FaST: Jurnal Sains dan Teknologi*, 6(1), 77. <https://doi.org/10.19166/jstfast.v6i1.5314>
- Alara, O. R., Abdurahman, N. H., & Ukaegbu, C. I. (2021). *Extraction of phenolic compounds: A review*. *Current Research in Food Science*, 4, 200–214. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.03.011>
- Bardelčíková, A., Šoltys, J., & Mojžiš, J. (2023). *Oxidative stress, inflammation and colorectal cancer: An overview*. *Antioxidants*, 12(4), 955. <https://doi.org/10.3390/antiox12040901>
- Dahan, S., Khalouf, R., Salcedo, N., Taieb, C., & Gassia, V. (2024). *Knowledge of free radicals and antioxidants in dermatology in the general population*. *JEADV Clinical Practice*, 3(1), 142–149. <https://doi.org/10.1002/jvc2.274>
- Ilyasov, I. R., Beloborodov, V. L., Selivanova, I. A., & Terekhov, R. P. (2020). *ABTS/PP decolorization assay of antioxidant capacity: Reaction pathways*. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(3), 1131. <https://doi.org/10.3390/ijms21031131>
- Li, Y. R., & Trush, M. (2016). *Defining ROS in biology and medicine*. *Reactive Oxygen Species*, 1(1), 9–21. <https://doi.org/10.20455/ros.2016.803>
- Momchev, P., Ciganović, P., Jug, M., Marguá, E., Jablan, J., & Končić, M. Z. (2020). *Comparison of maceration and ultrasonication for green extraction of phenolic acids from Echinacea purpurea aerial parts*. *Molecules*, 25(21), 5167. <https://doi.org/10.3390/molecules25215142>
- Mrázková, M., Sumczynski, D., & Orsavová, J. (2023). *Influence of storage conditions on stability of phenolic compounds and antioxidant activity in nutraceutical mixtures with edible flowers as new dietary supplements*. *Antioxidants*, 12(4), 936. <https://doi.org/10.3390/antiox12040962>
- Munteanu, I. G., & Apetrei, C. (2021). *Analytical methods used in determining antioxidant activity: A review*. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(7), 3380. <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>
- Najihah, V. H., & Mugiyanto, E. Y. W. P. (2018). Aktivitas antioksidan, total fenol dan total flavonoid tanaman kedondong (*Spondias dulcis* Soland ex Park). *Farmasains*, 5(2), 61–67.
- Santos, É. M., Ataíde, J. A., Coco, J. C., Fava, A. L. M., Silvério, L. A. L., Sueiro, A. C., et al. (2023). *Spondias sp: Shedding light on its vast pharmaceutical potential*. *Molecules*, 28(4), 5–11. <https://doi.org/10.3390/molecules2804186>
- Shahidi, F., & Yeo, J. D. (2018). *Bioactivities of phenolics by focusing on suppression of chronic diseases: A review*. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(6), Article 1573. <https://doi.org/10.3390/ijms19061573>
- Socfin Indonesia. (2025). *Spondias dulcis (Golden Apple) – Socfindo Conservation* [Internet]. Medan: Socfin Indonesia; [cited Jul 20]. Available from: <https://www.socfindoconservation.co.id/plant/364>
- Suhaimi, A., & Nursamsiar, S. N. (2019). Uji aktivitas antioksidan ekstrak etanol daun kedondong hutan (*Spondias pinnata* (L.F.) Kurz.) dengan berbagai metode uji. *Jurnal Ilmiah Manuntung*, 10(2), 91–96.
- Tumilaar, S. G., Hardianto, A., Dohi, H., & Kurnia, D. (2024). *A comprehensive review of free radicals, oxidative stress, and antioxidants: Overview, clinical applications, global perspectives, future directions, and mechanisms of antioxidant activity of flavonoid*

- compounds. *Journal of Chemistry*, 2024, 5594386. <https://doi.org/10.1155/2024/5594386>
- Yadav, P., Manjunath, H., & Selvaraj, R. (2019). Antibacterial and dye degradation potential of zero-valent silver nanoparticles synthesised using the leaf extract of *Spondias dulcis*. *IET Nanobiotechnology*, 13(1), 84–89. <https://doi.org/10.1049/iet-nbt.2018.5058>
- Zofou, D., Shu, G. L., Foba-Tendo, J., Tabouguia, M. O., & Assob, J. C. N. (2019). In vitro and in vivo anti-Salmonella evaluation of pectin extracts and hydrolysates from “cas mango” (*Spondias dulcis*). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2019, 3578402. <https://doi.org/10.1155/2019/3578402>