

Evaluasi Potensi Antioksidan Ekstrak Biji Pala melalui Metode DPPH: Implikasi Awal untuk Aplikasi dalam Peternakan Modern

Supamri^{1*}, Ibrahim¹, Usman¹

¹Program Studi Peternakan, Fakultas Peternakan, Universitas Madako Tolitoli
Jl. Madako No. 01, Kelurahan Tambun, Kabupaten Tolitoli

Corresponding author:
*supamri@umada.ac.id



This is an open access article under the CC BY license
(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi aktivitas antioksidan ekstrak biji pala (*Myristica fragrans*) menggunakan metode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) sebagai langkah awal dalam mengkaji potensi aplikasinya di bidang peternakan modern. Ekstrak biji pala diuji pada berbagai konsentrasi (1,9–125 ppm), dan aktivitas antioksidannya diukur berdasarkan persen inhibisi terhadap radikal bebas DPPH. Hasil menunjukkan bahwa aktivitas antioksidan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi, dengan nilai IC₅₀ sebesar 5,38 ppm, yang mengindikasikan potensi antioksidan yang kuat. Analisis fitokimia menunjukkan keberadaan senyawa flavonoid (1,1099 mg EQ/g) dan fenol (45,6512 mg EGA/g), dua komponen bioaktif yang berperan penting dalam mekanisme penangkal radikal bebas. Temuan ini mendukung bahwa ekstrak biji pala berpotensi dikembangkan sebagai aditif alami, baik dalam formulasi pakan maupun pengawet hasil ternak. Studi ini memberikan dasar ilmiah untuk eksplorasi lebih lanjut melalui analisis in vitro dalam konteks aplikasi peternakan fungsional yang berorientasi pada peningkatan kesehatan dan kualitas produk ternak

Kata Kunci : *aditif alami; antioksidan; biji pala; DPPH; flavonoid*

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the antioxidant activity of nutmeg (*Myristica fragrans*) seed extract using the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) assay as a preliminary step to assess its potential application in modern animal husbandry. The extract was tested at various concentrations (1.9–125 ppm), and its antioxidant activity was determined based on the percentage of inhibition against DPPH free radicals. The results showed that antioxidant activity increased proportionally with concentration, with an IC₅₀ value of 5.38 ppm, indicating strong antioxidant potential. Phytochemical analysis revealed the presence of flavonoids (1.1099 mg EQ/g) and phenolic compounds (45.6512 mg GAE/g), two bioactive components that play a key role in free radical scavenging mechanisms. These findings support the potential use of nutmeg seed extract as a natural additive, applicable both in feed formulations and as a preservative for animal-derived products. This study provides a scientific foundation for further in vitro investigations within the framework of functional livestock applications aimed at improving animal health and product quality.

Keywords: *natural additive; antioxidant; nutmeg seed; DPPH; flavonoid*

PENDAHULUAN

Masalah keamanan pangan dan keberlanjutan dalam industri peternakan merupakan isu global yang semakin mendapat perhatian. Salah satu tantangan utama adalah kerusakan oksidatif yang terjadi baik pada tingkat sel hewan maupun pada produk hasil ternak seperti daging dan telur (Ainun et al., 2021; Wati, 2022). Proses oksidasi dapat menurunkan kualitas nutrisi, memicu pembentukan senyawa toksik, serta mempercepat kerusakan selama penyimpanan (Mulyawan et al., 2025). Untuk mengatasi hal ini, antioksidan banyak digunakan sebagai penstabil oksidatif, baik dalam pakan maupun produk ternak olahan. Namun, penggunaan antioksidan sintesis seperti BHT dan BHA telah menimbulkan kekhawatiran mengenai potensi efek toksik dan residunya terhadap kesehatan manusia, sehingga mendorong pencarian sumber antioksidan alami yang lebih aman dan berkelanjutan (Chen et al., 2024).

Dalam beberapa tahun terakhir, berbagai penelitian telah mengeksplorasi tumbuhan sebagai sumber antioksidan alami. Salah satu tanaman yang menunjukkan potensi adalah biji pala (*Myristica fragrans*), yang dikenal mengandung senyawa aktif seperti flavonoid dan fenol (Irianto, 2021). Studi-studi terdahulu melaporkan bahwa ekstrak pala memiliki efek antioksidan, antimikroba, dan antiinflamasi, serta digunakan secara tradisional dalam pengobatan herbal (Ifriana and Kumala, 2018); (Supamri et al., 2024). Penelitian oleh (Fatmawati et al., 2023) dan (Odoh et al., 2023) menunjukkan bahwa kandungan fenolik dalam tanaman herbal dapat memberikan efek protektif terhadap kerusakan oksidatif. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih terfokus pada aspek farmakologis atau aplikasi dalam makanan manusia, dan belum banyak yang secara spesifik mengkaji potensi aplikasinya dalam bidang peternakan.

Selain itu, sebagian besar penelitian di bidang peternakan masih terbatas pada penggunaan aditif sintesis atau bahan alami yang umum seperti vitamin E dan minyak esensial (Baety et al., 2024; Rahmawati, 2021). Belum banyak studi yang mengevaluasi potensi ekstrak biji pala sebagai antioksidan alami dalam konteks peternakan, baik untuk penggunaan dalam pakan fungsional maupun sebagai pengawet alami hasil ternak seperti daging unggas (Widayanti and Laksmi W, 2020). Kajian terhadap potensi antioksidan ekstrak pala melalui metode *in vitro* seperti DPPH dapat menjadi landasan awal yang penting sebelum aplikasi lanjutan pada sistem biologis atau produk ternak.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi aktivitas antioksidan ekstrak biji pala menggunakan metode DPPH, serta mengidentifikasi kandungan senyawa bioaktif seperti fenol dan flavonoid yang mendukung aktivitas tersebut. Hasil dari studi ini diharapkan dapat menjadi kontribusi awal dalam pengembangan aditif alami yang berpotensi diterapkan dalam industri peternakan modern, yang mengedepankan aspek kesehatan, kualitas, dan keberlanjutan produk ternak.

METODE

Persiapan Bahan

Biji pala yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari perkebunan petani di wilayah Tolitoli, tepatnya di Desa Ogomoli, Sulawesi Tengah. Setelah dipanen, biji pala dikeringkan selama lima hari untuk menurunkan kadar air pada bagian daging biji sehingga diperoleh biji pala kering. Proses penghilangan kulit luar dilakukan dengan cara memecahkan biji secara manual untuk memperoleh inti biji pala.

Ekstraksi Biji Pala

Biji pala kering selanjutnya digiling menggunakan blender listrik hingga diperoleh bubuk halus. Proses ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi, menggunakan pelarut etanol 96% dalam rasio bahan terhadap pelarut sebesar 1:10. Sebanyak 200 gram bubuk biji pala (*Myristica fragrans*) direndam dalam 2000 mL etanol, kemudian diaduk perlahan agar seluruh permukaan bahan terekstraksi secara merata. Maserasi dilakukan selama lima hari, dengan pengadukan harian, hingga pelarut menunjukkan kejernihan sebagai indikasi berkurangnya senyawa terlarut. Campuran kemudian disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 1 untuk memisahkan filtrat dari ampas. Filtrat yang diperoleh selanjutnya diuapkan menggunakan rotary evaporator (DLAB RE 100-Pro, Cina) pada suhu 40°C dalam penangas air hingga diperoleh ekstrak kental. Ekstrak pekat tersebut disimpan pada suhu 4°C sampai tahap analisis berikutnya.

Aktivitas Antioksidan

Aktivitas antioksidan dianalisis dengan menggunakan metode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) digunakan untuk mengukur kemampuan suatu sampel dalam menangkap radikal bebas. Metode ini, yang telah dimodifikasi dari Martinez-Martinez-Morales et al, (2020), memberikan indikasi kuat terhadap aktivitas antioksidan suatu bahan berdasarkan kemampuannya mengurangi radikal DPPH yang berwarna ungu.

Persentase Inhibisi Radikal DPPH dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Inhibisi (\%)} = \left(\frac{A_{\text{kontrol}} - A_{\text{sampel}}}{A_{\text{kontrol}}} \right) \times 100$$

Keterangan:

A_{kontrol} adalah absorbansi larutan DPPH tanpa sampel (kontrol negatif).

A_{sampel} adalah absorbansi larutan setelah penambahan sampel.

Kualitatif Flavonoid dan Fenol Ekstrak Biji Pala

Metode Reaksi Shinoda dan Metode FeCl_3 digunakan untuk mendeteksi keberadaan flavonoid dan fenol dalam ekstrak biji pala secara kualitatif.

Deteksi flavonoid dengan metode reaksi Shinoda

Metode reaksi Shinoda, yang telah dimodifikasi dari Maigoda et al, (2022), digunakan untuk mendeteksi flavonoid dalam sampel berdasarkan perubahan warna yang terjadi akibat reaksi antara flavonoid dan magnesium dalam kondisi asam.

Prosedur Uji:

Sebanyak 1 mL ekstrak sampel biji pala yang telah dilarutkan dalam etanol (konsentrasi ekstrak 1 mg/mL) ditambahkan serbuk magnesium. Kemudian, tambahkan beberapa tetes asam klorida pekat (HCl) ke dalam campuran tersebut.

Hasil analisis:

Jika flavonoid hadir dalam sampel, akan terbentuk warna merah atau jingga. Warna ini menunjukkan adanya flavon atau flavonol, yang terbentuk akibat reaksi antara flavonoid dan magnesium dalam kondisi asam, menghasilkan kompleks warna.

Deteksi Fenol dengan Metode FeCl_3

Metode ini digunakan untuk mendeteksi senyawa fenolik dalam sampel, dengan dasar pembentukan kompleks antara ion besi (III) dan gugus fenolik.

Prosedur Uji:

Sebanyak 1 mL ekstrak sampel biji pala yang telah disiapkan ditambahkan 1 mL larutan FeCl_3 1%.

Hasil analisis:

Kehadiran senyawa fenolik akan ditunjukkan oleh perubahan warna larutan menjadi biru, hijau, atau ungu, tergantung pada struktur spesifik senyawa fenol yang ada dalam sampel. Warna ini terbentuk akibat interaksi antara ion besi (III) dengan gugus fenolik, menghasilkan kompleks berwarna yang menunjukkan keberadaan fenol dalam sampel.

Kuantitatif total flavonoid dan fenol ekstrak biji pala

Pengujian Total Flavonoid

Uji kandungan flavonoid dilakukan berdasarkan metode yang diadaptasi dari Purnama et al, (2021) dengan beberapa modifikasi untuk mengukur total flavonoid dalam ekstrak biji pala. Standar yang digunakan dalam uji ini adalah kuersetin, dan hasil kandungan total flavonoid dinyatakan dalam satuan mg QE (quercetin equivalent) per g sampel.

Pengujian Total Fenol

Uji kandungan total fenolik dilakukan berdasarkan metode yang dikemukakan oleh Muflihah et al, (2021) untuk mengukur kandungan total fenolik dalam ekstrak biji pala. Standar yang digunakan dalam uji ini adalah asam galat, dan hasil kandungan total fenol dinyatakan dalam satuan mg GAE (gallic acid equivalent) per g sampel.

Analisis dan Data Statistik

Data % inhibisi pada berbagai konsentrasi dianalisis secara deskriptif dan digunakan untuk menghitung nilai IC_{50} melalui regresi linear antara $\ln(\text{konsentrasi})$ dan % inhibisi, dengan R^2 sebagai penilaian kekuatan hubungan. Kandungan total flavonoid dan fenol disajikan sebagai rata-rata dari tiga ulangan ($n = 3$) dalam satuan mg QE/g dan mg GAE/g. Uji kualitatif flavonoid dan fenol dilaporkan secara naratif berdasarkan perubahan warna. Seluruh data dianalisis menggunakan Microsoft Excel, serta ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH, berbagai konsentrasi ekstrak biji pala (1,9 – 125 ppm) ditambahkan secara terpisah ke dalam larutan DPPH sebanyak 0,1 mL yang dilarutkan dalam 50 mL etanol. Campuran ini dikocok perlahan dan dibiarkan pada suhu ruangan selama 240 menit dalam kondisi gelap untuk menghindari degradasi oleh cahaya. Setelah inkubasi, absorbansi campuran diukur pada panjang gelombang 517 nm menggunakan spektrofotometer. Hasil analisis dapat dilihat pada (Tabel 1) di bawah.

Tabel 1. Aktivitas antioksidan ekstrak biji pala dengan berbagai konsentrasi (ppm)

Konsentrasi Sampel (ppm)	Ln Konsentrasi	Absorbansi Sampel	Inhibisi	% Inhibisi	IC ₅₀ (ppm)
125	4,8283	0,1730	0,7270	80,7778	5,38
62,5	4,1352	0,3304	0,5696	63,2889	
31,5	3,4500	0,3567	0,5433	60,3667	
15,6	2,7489	0,4053	0,4947	54,9667	
7,8	2,0557	0,4529	0,4471	49,6778	
3,9	1,3626	0,4544	0,4456	49,5111	
1,9	0,6419	0,4868	0,4132	45,9111	

Hasil analisis statistik regresi linear menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada aktivitas antioksidan ekstrak biji pala seiring dengan peningkatan konsentrasi, yang diukur melalui % inhibisi (Wołosiak et al., 2021). Berdasarkan analisis regresi linear terlihat pada (Gambar 1) di bawah, ditemukan bahwa setiap peningkatan 1 unit konsentrasi (ln(konsentrasi)) menghasilkan kenaikan aktivitas antioksidan sebesar 7,317% (Martinez-Morales et al., 2020). Temuan ini menunjukkan bahwa ekstrak biji pala memiliki hubungan linier yang kuat antara konsentrasi dan aktivitas antioksidan. Menariknya, diprediksi bahwa pada konsentrasi nol (ln(konsentrasi) = 0), aktivitas antioksidan (% inhibisi) diperkirakan berada pada angka 37,69% (Watusseke et al., 2024). Ini menunjukkan bahwa bahkan pada konsentrasi yang sangat rendah, ekstrak biji pala sudah menunjukkan potensi aktivitas antioksidan yang signifikan. Lebih lanjut, berdasarkan persamaan regresi yang dihasilkan dari analisis, nilai IC₅₀ dihitung sebesar 5,38 ppm. Nilai IC₅₀ merupakan konsentrasi ekstrak di mana aktivitas antioksidan mencapai 50% inhibisi. Nilai ini mengindikasikan bahwa ekstrak biji pala memiliki aktivitas antioksidan yang sangat kuat (Nikolic et al., 2021), karena konsentrasi yang rendah sudah mampu mencapai 50% inhibisi radikal bebas. Nilai IC₅₀ yang lebih rendah dari 1,9 ppm ini menempatkan ekstrak biji pala dalam kategori antioksidan kuat, menurut klasifikasi umum aktivitas antioksidan (Kainama et al., 2020).

Temuan ini menunjukkan bagaimana aktivitas antioksidan meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi ekstrak biji pala. Hasil ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang juga menunjukkan hubungan positif antara konsentrasi antioksidan dan kemampuan inhibisi radikal bebas DPPH (Kainama et al., 2020). Oleh karena itu, ekstrak biji pala dapat dianggap sebagai sumber antioksidan alami yang efektif dan potensial untuk dikembangkan lebih lanjut dalam produk kesehatan atau pangan fungsional.

Identifikasi fitokimia

Hasil uji fitokimia secara kualitatif dan kuantitatif menunjukkan bahwa ekstrak biji pala mengandung senyawa flavonoid dan fenol, dengan total kadar masing-masing sebesar 1,1099 mg EQ/g dan 45,6512 mg EGA/g (Tabel 2).

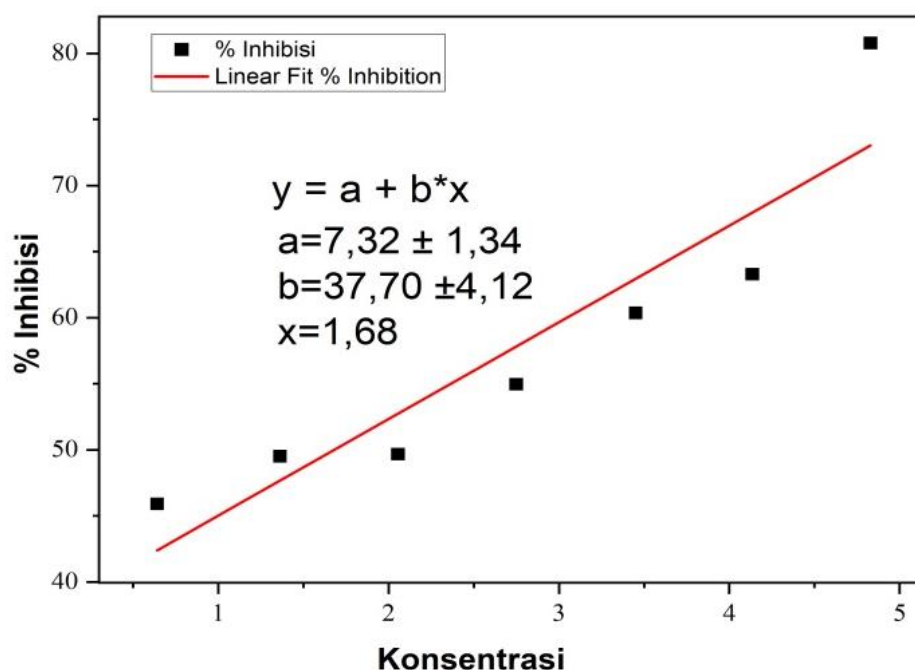
Tabel 2. Identifikasi fitokimia senyawa ekstrak biji pala

Senyawa	Hasil	Total Kadar
Flavonid	(+)	1,1099 mg EQ /g
Fenol	(+)	45,6512 mg EGA/g

Kandungan flavonoid dalam ekstrak biji pala menunjukkan potensi sebagai sumber senyawa antioksidan, mengingat flavonoid dikenal memiliki aktivitas antioksidan yang kuat melalui mekanisme penangkal radikal bebas (Kejık et al., 2021). Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa tanaman yang mengandung flavonoid memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi, seperti yang ditemukan pada berbagai tanaman obat lainnya (Shen et al., 2022).

Kandungan fenol yang tinggi, sebesar 45,6512 mg EGA/g, juga mendukung sifat antioksidan dari ekstrak biji pala (Shori, 2022). Senyawa fenolik umumnya dikenal memiliki aktivitas antioksidan yang signifikan (Costa et al., 2020), sehingga dapat berkontribusi dalam aplikasi pelestarian pangan, terutama dalam produk daging, seperti yang digunakan dalam penelitian ini.

Selain itu, tingginya kadar fenol dalam ekstrak biji pala juga menunjukkan potensi untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai agen antimikroba, mengingat banyak penelitian yang melaporkan aktivitas antimikroba fenol terhadap berbagai mikroba patogen (Costa et al., 2020). Oleh karena itu, hasil ini memperkuat hipotesis bahwa ekstrak biji pala, dengan kandungan flavonoid dan fenolnya, dapat digunakan dalam formulasi pengawet alami yang efektif untuk menjaga keamanan dan kualitas pangan, khususnya dalam pengawetan daging itik.



Gambar 1. Persamaan regresi linier $y = a + b \cdot x$ menunjukkan hubungan signifikan antara peningkatan konsentrasi ekstrak biji pala dengan persentase inhibisi.

KESIMPULAN

Ekstrak biji pala (*Myristica fragrans*) menunjukkan aktivitas antioksidan yang tinggi berdasarkan hasil uji DPPH, dengan nilai IC_{50} sebesar 5,38 ppm, yang mengindikasikan potensi kuat sebagai penangkal radikal bebas. Aktivitas ini didukung oleh keberadaan senyawa bioaktif berupa flavonoid dan fenol, dengan kadar masing-masing sebesar 1,1099 mg QE/g dan 45,6512 mg GAE/g. Hasil uji kualitatif juga mengonfirmasi keberadaan kedua senyawa tersebut dalam ekstrak. Temuan ini menunjukkan bahwa ekstrak biji pala memiliki potensi yang menjanjikan sebagai sumber antioksidan alami, yang dapat diarahkan untuk pengembangan aditif fungsional dalam industri peternakan, baik untuk mendukung kesehatan ternak maupun menjaga kualitas produk hasil ternak.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainun, N., Haniarti, H., Hengky, H.K., 2021. Persepsi Masyarakat Terhadap Vaksin Covid-19 Di Wilayah Kecamatan Bacukiki Kota Parepare. TMJ 1, 1. <https://doi.org/10.52742/tmj.v1i1.12471>
- Baety, A.N., Adawiyah, A.R., Ardiana, D.D., 2024. Potensi polisakarida xanthan dari fermentasi *xanthomonas xampestris* sebagai pengembangan edible film dalam perlindungan struktur daging mentah. ENJUST 1, 108–116. <https://doi.org/10.61511/enjust.v1i2.2024.1288>
- Chen, S., Feng, J., Liu, Y., 2024. Eco-Friendly Antioxidants in Sustainable Biopolymers: A Review. ACS Sustainable Chem. Eng. 12, 16126–16145. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.4c05689>
- Costa, M., Freiria-Gándara, J., Losada-Barreiro, S., Paiva-Martins, F., Bravo-Díaz, C., 2020. Effects of droplet size on the interfacial concentrations of antioxidants in fish and olive oil-in-water

- emulsions and nanoemulsions and on their oxidative stability. *Journal of Colloid and Interface Science* 562, 352–362. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2019.12.011>
- Fatmawati, S., Auwalayah, F., Yuliana, Hasanah, N., Putri, D.A., Kainama, H., Choudhary, M.I., 2023. Antioxidant and α -glucosidase inhibitory activities of compound isolated from *Stachytarpheta jamaicensis* (L) Vahl. leaves. *Sci Rep* 13, 18597. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45357-z>
- Ifriana, F.N., Kumala, W., 2018. Pengaruh ekstrak biji pala (*Myristica fragrans* Houtt) sebagai antibakteri terhadap pertumbuhan *Pseudomonas aeruginosa*. *J Biomedika Kesehat* 1, 172–178. <https://doi.org/10.18051/JBiomedKes.2018.v1.172-178>
- Irianto, I.D.K., 2021. FORMULASI DAN UJI STABILITAS FISIK SEDIAAN GEL SAMPO MINYAK ATSIRI BIJI PALA (*Myristica fragrans*). *jurnaljamukusuma* 1, 27–35. <https://doi.org/10.37341/jurnaljamukusuma.v1i1.4>
- Kainama, H., Fatmawati, S., Santoso, M., Papilaya, P.M., Ersam, T., 2020. The Relationship of Free Radical Scavenging and Total Phenolic and Flavonoid Contents of *Garcinia lasoar* PAM. *Pharm Chem J* 53, 1151–1157. <https://doi.org/10.1007/s11094-020-02139-5>
- Kejik, Z., Kaplánek, R., Masářík, M., Babula, P., Matkowski, A., Filipenský, P., Veselá, K., Gburek, J., Sýkora, D., Martásek, P., Jakubek, M., 2021. Iron Complexes of Flavonoids-Antioxidant Capacity and Beyond. *IJMS* 22, 646. <https://doi.org/10.3390/ijms22020646>
- Maigoda, T., Judiono, J., Purkon, D.B., Haerussana, A.N.E.M., Mulyo, G.P.E., 2022. Evaluation of *Peronema canescens* Leaves Extract: Fourier Transform Infrared Analysis, Total Phenolic and Flavonoid Content, Antioxidant Capacity, and Radical Scavenger Activity. *Open Access Maced J Med Sci* 10, 117–124. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2022.8221>
- Martinez-Morales, F., Alonso-Castro, A.J., Zapata-Morales, J.R., Carranza-Álvarez, C., Aragon-Martinez, O.H., 2020a. Use of standardized units for a correct interpretation of IC50 values obtained from the inhibition of the DPPH radical by natural antioxidants. *Chem. Pap.* 74, 3325–3334. <https://doi.org/10.1007/s11696-020-01161-x>
- Martinez-Morales, F., Alonso-Castro, A.J., Zapata-Morales, J.R., Carranza-Álvarez, C., Aragon-Martinez, O.H., 2020b. Use of standardized units for a correct interpretation of IC50 values obtained from the inhibition of the DPPH radical by natural antioxidants. *Chem. Pap.* 74, 3325–3334. <https://doi.org/10.1007/s11696-020-01161-x>
- Muflifah, Y.M., Gollavelli, G., Ling, Y.-C., 2021. Correlation Study of Antioxidant Activity with Phenolic and Flavonoid Compounds in 12 Indonesian Indigenous Herbs. *Antioxidants* 10, 1530. <https://doi.org/10.3390/antiox10101530>
- Mulyawan, Dian Indratmi, Erfan Dani Septia, Yusuf Alif Hidayat, Rovi Amallia Malikah, 2025. Potensi Ekstrak Bunga Kecombrang (*Etlingera elatior*) dan Tanaman Mimosa pudica L. sebagai Edible Coating untuk Memperpanjang Masa Simpan pada Buah Apel: Potential of Kecombrang Flower Extract (*Etlingera elatior*) and Plants Mimosa pudica L. as an Edible Coating to Extend the Shelf Life of Apples. *J Hort Indonesia* 16, 58–69. <https://doi.org/10.29244/jhi.16.1.58-69>
- Nikolic, V., Nikolic, L., Dinic, A., Gajic, I., Urosevic, M., Stanojevic, L., Stanojevic, J., Danilovic, B., 2021. Chemical Composition, Antioxidant and Antimicrobial Activity of Nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.) Seed Essential Oil. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 24, 218–227. <https://doi.org/10.1080/0972060x.2021.1907230>
- Odoh, U.E., Sangwan, P.L., Odoh, I.S., 2023. Antidiabetic Activity of Apigenin (4, 5, 7 – Trihydroxy Flavone) from Leaves of *Stachytarpheta jamaicensis* (L) Vahl (Verbenaceae). *JAMPS* 25, 50–60. <https://doi.org/10.9734/jamps/2023/v25i8636>
- Purnama, N.S., Hasan, H., Pakaya, M.S., 2021. STANDARISASI DAN KADAR FLAVONOID TOTAL EKSTRAK ETIL ASETAT KULIT BATANG NANGKA (*Artocarpus heterophyllus* L). *IJPE* 1, 142–151. <https://doi.org/10.37311/ijpe.v1i3.11140>
- Rahmawati, Y.D., 2021. Pengaruh Penambahan Antioksidan Simplisia Kunyit Terhadap Angka Peroksida Minyak Kacang Tanah. *Eksergi* 18, 56. <https://doi.org/10.31315/e.v0i0.4565>
- Shen, N., Wang, T., Gan, Q., Liu, S., Wang, L., Jin, B., 2022. Plant flavonoids: Classification, distribution, biosynthesis, and antioxidant activity. *Food Chemistry* 383, 132531. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132531>
- Shori, A.B., 2022. Storage quality and antioxidant properties of yogurt fortified with polyphenol extract from nutmeg, black pepper, and white pepper. *Electronic Journal of Biotechnology* 57,

24–30. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2022.03.003>

- Supamri, Radiati, L.E., Susilo, A., Widati, A.S., Widyastuti, E.S., Sjoftan, O., 2024. Nano-power: Unveiling the antimicrobial potency of nutmeg seed extract nanoemulsions. *Journal of Dispersion Science and Technology* 1–9. <https://doi.org/10.1080/01932691.2024.2425949>
- Wati, H., 2022. ANALISIS AKTIVITAS ANTIOKSIDAN, Uji ORGANOLEPTIK, KANDUNGAN GIZI COOKIES DENGAN PENAMBAHAN PASTA UBI JALAR UNGU (*Ipomoea batatas*) DAN TEPUNG OAT (*Avena sativa*). *buletinloupe* 18, 9–21. <https://doi.org/10.51967/buletinloupe.v18i02.1576>
- Watusseke, R.D., Gugule, S., Lombok, J.Z., 2024. Analysis of Chemical Components and Antioxidant Activity in Nutmeg Shell Liquid Smoke Processed through Rotary Evaporator Purification. *Indo. J. Chem. Res.* 12, 145–152. <https://doi.org/10.30598/ijcr.2024.12-rom>
- Widayanti, N.P., Laksmi W, A.S., 2020. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Buah Jeruk Kingkit (*Triphasia trifolia* Dc) dengan Metode DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil). *JMS* 4. <https://doi.org/10.36002/jms.v4i1.1132>
- Wołosiak, R., Drużyńska, B., Derewiaka, D., Piecyk, M., Majewska, E., Ciecierska, M., Worobiej, E., Pakosz, P., 2021. Verification of the Conditions for Determination of Antioxidant Activity by ABTS and DPPH Assays—A Practical Approach. *Molecules* 27, 50. <https://doi.org/10.3390/molecules27010050>