Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X **(Printed)**
5 (2) 2025, Page 11823-11830

Potensi Antosianin Buah Senduduk (Melastoma malabathricum L.) Sebagai Indikator Deteksi Formalin pada Makanan

Safridha Kemala Putri[1], Darmawati[2], Safwan[3], Fitriana[4]
[1,2,3]Poltekkes Kemenkes Aceh
Corresponding Author: Safridha Kemala Putri, E-Mail: safridhakemalaputri@gmail.com

Published: August, 2025

ABSTRAK

Latar Belakang: Melastoma malabathricum L. (senduduk) merupakan tanaman liar tropis yang kaya akan antosianin, senyawa yang memiliki sifat peka terhadap perubahan pH dan berpotensi digunakan sebagai indikator alami. Keberadaan formalin dalam pangan masih menjadi masalah serius karena sifat toksiknya bagi kesehatan manusia, sehingga diperlukan metode deteksi yang praktis dan ramah lingkungan.Metode: Buah senduduk diekstraksi menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 96% dan aquades. Ekstrak yang diperoleh kemudian diaplikasikan pada kertas saring untuk menghasilkan kertas indikator. Uji kualitatif dilakukan pada sampel pangan (tahu) yang mengandung formalin dan tanpa formalin. Pengamatan difokuskan pada perubahan warna kertas indikator setelah kontak dengan sampel.Hasil: Kertas indikator menunjukkan perubahan warna yang jelas dari biru menjadi merah pada sampel positif formalin, sedangkan pada sampel negatif tidak terjadi perubahan warna. Reaksi ini disebabkan oleh sifat pH-sensitif antosianin yang berinteraksi dengan molekul formalin sehingga memicu perubahan warna yang terlihat. Waktu deteksi berlangsung sangat cepat, yaitu kurang dari satu menit.Kesimpulan: Ekstrak buah senduduk terbukti memiliki sensitivitas tinggi dan kepraktisan sebagai indikator alami dalam mendeteksi formalin pada pangan. Dibandingkan dengan pereaksi sintetis, metode ini lebih murah, cepat, ramah lingkungan, dan mudah diakses oleh masyarakat. Namun, metode ini masih bersifat kualitatif sehingga diperlukan penelitian lanjutan untuk mengembangkan sistem deteksi kuantitatif. Studi ini menegaskan potensi kertas indikator berbasis buah senduduk sebagai alat deteksi formalin yang aplikatif dalam upaya peningkatan keamanan pangan.

Kata_kunci: Melastoma malabathricum L.; Antosianin, Formalin; Keamanan Pangan; Indikator Alami.

ABSTRACT

Introduction: Melastoma malabathricum L. (senduduk) is a tropical wild plant rich in anthocyanins, which are known for their pH-sensitive properties and potential as natural indicators. The presence of formalin in food remains a major concern due to its toxic effects on human health, thus requiring practical and eco-friendly detection methods.Methods: Senduduk fruits were extracted using the maceration method with 96% ethanol and distilled water. The resulting extract was applied onto filter paper to produce an indicator strip. The qualitative test was conducted on food samples (tofu) containing formalin and without formalin. Observations focused on the color change of the indicator paper upon exposure to the samples.Results: The indicator paper exhibited a distinct color change from blue to red in formalin-positive samples, while no color alteration was observed in negative samples. This reaction is explained by the pH-sensitive nature of anthocyanins, which interact with formalin molecules, triggering a visible shift. The detection occurred within less than one minute, highlighting the rapid response capability of the indicator.Conclusion: Senduduk fruit extract demonstrates high sensitivity and practicality as a natural indicator for formalin detection in food. Compared to conventional synthetic reagents, this method offers advantages of being cost-effective, fast, environmentally friendly, and easily accessible. However, the current approach is limited to qualitative analysis, and further research is required to develop quantitative detection systems. The study underscores the potential application of senduduk-based indicator paper as a community-friendly tool to enhance food safety monitoring.

Key_words: Melastoma malabathricum L.; Anthocyanins, Frmalin Dtection, Food Safety, Natural Indicator.

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara dengan tingkat keanekaragaman hayati tertinggi di dunia, termasuk dalam hal keanekaragaman tanaman. Keanekaragaman tersebut merupakan aset penting yang memberikan manfaat besar dalam berbagai bidang kehidupan, seperti pangan, kesehatan, industri, hingga lingkungan. Tanaman yang tumbuh di Indonesia sangat beragam, mulai dari tanaman pangan, buah-buahan, sayur-sayuran, rempah-rempah, hingga tanaman liar yang tumbuh di sekitar pemukiman masyarakat (Nugroho et al., 2020). Potensi besar dari kekayaan hayati tersebut memungkinkan eksplorasi dan pemanfaatan senyawa bioaktif untuk mendukung berbagai kebutuhan, termasuk dalam bidang kesehatan dan keamanan pangan.

Salah satu tanaman liar yang potensial adalah senduduk (Melastoma malabathricum L.), sejenis gulma yang tumbuh subur di daerah tropis dengan paparan sinar matahari yang cukup. Tanaman ini dapat dijumpai di lereng gunung, semak belukar, pinggir jalan, hingga daerah lapangan terbuka, bahkan dapat tumbuh pada ketinggian mencapai 1.650 mdpl. Secara tradisional, buah, bunga, dan daun senduduk telah lama digunakan sebagai obat herbal untuk mengatasi berbagai penyakit, serta sebagai pewarna alami. Buah senduduk memiliki warna ungu kemerahan yang khas, yang menunjukkan keberadaan pigmen antosianin. Selain dapat dikonsumsi langsung, buah ini juga meninggalkan warna ungu pada lidah setelah dimakan, sehingga memperlihatkan potensi besar kandungan pigmennya (Sani et al., 2022; Susanti et al., 2021).

Antosianin merupakan pigmen alami golongan flavonoid yang larut dalam air dan bertanggung jawab atas warna merah, ungu, hingga biru pada berbagai buah dan bunga. Keunggulan antosianin adalah ketersediaannya yang melimpah di alam, sifatnya yang aman dan tidak toksik, serta dapat diekstraksi menggunakan pelarut yang relatif ramah lingkungan. Selain itu, antosianin juga memiliki sifat peka terhadap perubahan pH sehingga berpotensi digunakan sebagai indikator alami. Penggunaan pigmen alami seperti antosianin memiliki nilai tambah dibandingkan indikator sintetis, karena lebih murah, mudah diperoleh, serta ramah lingkungan (Yusof et al., 2021). Oleh sebab itu, pemanfaatan antosianin dari buah senduduk sebagai bahan dasar indikator alami merupakan alternatif yang menjanjikan untuk diaplikasikan dalam bidang deteksi zat berbahaya.

Salah satu zat berbahaya yang masih menjadi masalah dalam keamanan pangan adalah formalin. Formalin adalah larutan berair dari formaldehida yang seharusnya digunakan untuk keperluan industri, bukan sebagai bahan tambahan makanan. Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 1168/Menkes/Per/X/1999 telah melarang penggunaan formalin pada bahan pangan. Namun, kenyataannya penggunaan formalin pada makanan masih sering dijumpai di pasaran. Faktor yang mendorong pedagang menggunakan formalin antara lain harga yang murah, ketersediaan yang mudah, serta kemampuannya memperpanjang daya simpan produk pangan. Produk pangan seperti mie basah, tahu, ikan asin, bakso, ayam, dan beberapa hasil laut sering dilaporkan mengandung formalin (Asyfiradayati et al., 2019; Mulyadi et al., 2021). Padahal, konsumsi formalin dalam jangka panjang dapat

menimbulkan dampak kesehatan serius, mulai dari iritasi saluran pencernaan, kerusakan hati, ginjal, hingga meningkatkan risiko kanker.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian mengenai pemanfaatan ekstrak buah senduduk sebagai sumber antosianin dalam pembuatan kertas indikator untuk mendeteksi formalin menjadi penting untuk dilakukan. Penelitian ini tidak hanya memiliki urgensi praktis, yakni menyediakan alternatif metode deteksi formalin yang murah, aman, dan mudah diaplikasikan oleh masyarakat, tetapi juga memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan indikator alami yang ramah lingkungan. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat aplikatif bagi institusi pendidikan, laboratorium, maupun masyarakat luas dalam upaya peningkatan keamanan pangan.

METODE PENELITIAN

Persiapan Sampel

37 gram buah senduduk (Melastoma malabathricum L.) segar yang diperolah dari daerah Kabupaten Aceh Besar, lalu ditumbuk menggunakan alu dan lumpang sampai hancur.

Ekstraksi Buah Senduduk

Sebanyak 37 g buah senduduk segar ditumbuk hingga halus, kemudian dibagi ke dalam dua labu Erlenmeyer (250 mL). Masing-masing labu ditambahkan 185 mL pelarut (aquades pada labu pertama dan etanol 96% pada labu kedua) serta HCl pekat 1% dari total volume. Ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi selama 24 jam tanpa pemanasan. Maserat disaring, dan filtrat yang diperoleh digunakan sebagai larutan indikator alami untuk pembuatan kertas indikator.

Uji Awal Ekstrak Antosianin

Sebanyak 2 ml ekstrak cair ditambahkan 2 tetes larutan NaOH 10%, kemudian dilanjutkan dengan penambahan 2 tetes HCl pekat hingga terjadi perubahan warna. Reaksi positif ditunjukkan oleh terbentuknya warna hijau setelah penambahan NaOH dan warna merah setelah penambahan HCl.

Penentuan Batas Deteksi Ekstrak Buah Senduduk (Melastoma malabathricum L.)

Sebanyak 2 ml ekstrak etanol buah senduduk diujikan dengan penambahan formalin pada konsentrasi bertingkat, yaitu 1%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 37%, dan 40%. Adanya formalin ditunjukkan oleh perubahan warna ekstrak menjadi merah.

Pembuatan Kertas Indikator

Kertas saring Whatman dipotong dengan ukuran 1 × 3,5 cm, kemudian direndam dalam ekstrak etanol buah senduduk selama 40 menit. Selanjutnya, kertas dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50°C selama 30 menit. Kertas yang telah kering kemudian ditempelkan pada lembaran mika yang berfungsi sebagai media pegangan.

Penyiapan Sampel Makanan

Empat jenis bahan pangan digunakan dalam penelitian ini, yaitu tahu, mie, dada ayam, dan ikan tongkol. Masing-masing sampel dibagi ke dalam dua kelompok perlakuan, yakni kontrol positif dan kontrol negatif. Kontrol positif diperoleh dengan merendam sampel dalam larutan formalin 10% selama 6 jam, sedangkan kontrol negatif tidak diberikan perlakuan perendaman. Seluruh sampel kemudian dihaluskan dan disaring untuk mendapatkan filtrat.

Pengujian Ekstrak Etanol Buah Senduduk Pada Sampel Makanan

Sebanyak 2 ml filtrat dari masing-masing sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan beberapa tetes ekstrak etanol buah senduduk. Pada kelompok kontrol negatif, pengujian dilakukan pada saat awal (t=0) serta setelah penyimpanan 6 jam pada suhu lemari pendingin (t=6). Keberadaan formalin ditunjukkan dengan perubahan warna filtrat menjadi merah cerah. Seluruh pengujian dilakukan dalam tiga kali replikasi.

Pengujian kertas Indikator Berbasis Ekstrak Buah Senduduk Pada Sampel Makanan

Sebanyak 2 ml filtrat sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian dicelupkan kertas indikator yang telah dilapisi ekstrak etanol buah senduduk hingga area deteksi kontak dengan filtrat. Reaksi positif ditunjukkan dengan perubahan warna menjadi merah cerah. Setiap sampel diuji sebanyak tiga kali, kemudian hasil pengujian dibandingkan dengan kit formalin komersial..

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Tabel 1. Data pengujian formalin dengan paper kit ekstrak buah senduduk pada sampel makanan

No	Perlakuan pada makanan	Warna paper kit ekstrak buah senduduk	Hasil
		Sebelum	Sesudah
1	Sampel (tahu, mie, ayam, ikan) berformalin	Biru	Merah
2	Sampel (tahu, mie, ayam, ikan) tanpa formalin	Biru	Biru

Keterangan Hasil

1. Pada Sampel (tahu, mie, ayam, ikan) berformalin: warna indikator berubah dari biru menjadi merah, menandakan adanya reaksi antosianin dengan formalin.
2. Pada Sampel (tahu, mie, ayam, ikan) tanpa formalin: warna indikator tetap biru, menunjukkan tidak adanya formalin.

Data ini menunjukkan bahwa ekstrak buah senduduk dengan memanfaatkan pigmen antosianin yang peka terhadap perubahan pH untuk mendeteksi formalin secara sederhana dan praktis.

Berikut gambar uji antosianin dan penambahan formalin dengan berbagai persentase:



(a) (b) (c)

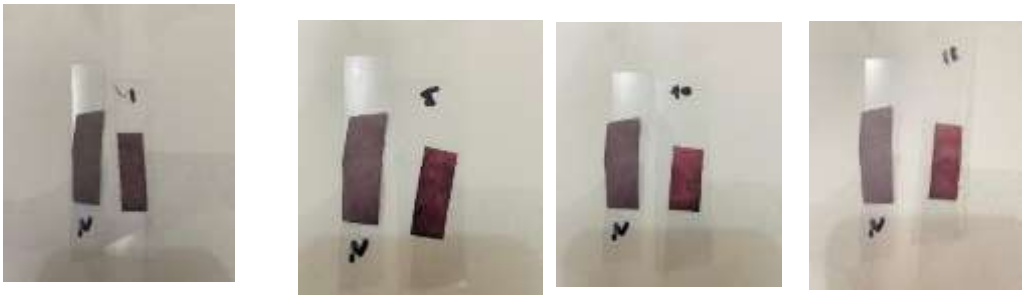
Gambar 1. Uji Antosianin

Ket :

(a) Ekstrak etanol buah senduduk (berwarna merah)
(b) Ekstrak etanol buah senduduk diteteskan NaOH 10% (berwarna hijau kebiruan)
(c) Ekstrak etanol buah senduduk diteteskan HCl pekat (berwarna merah)



Gambar 2. Paper kit ekstrak buah senduduk sebelum dicelupkan dalam formalin (berwarna biru)



Gambar 3. Paper kit setelah dicelupkan Formalin 1%, 5 %, 10%, 15 % (berubah warna merah)



Gambar 4. Paper kit setelah dicelupkan Formalin 20%, 25%, 37% (berubah warna merah)

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak buah senduduk (Melastoma malabathricum L.) memiliki potensi yang signifikan sebagai indikator alami dalam deteksi formalin pada bahan pangan, dengan karakteristik tertentu. Kertas indikator yang diberi ekstrak antosianin buah senduduk mengalami perubahan warna dari biru menjadi merah ketika dicelupkan ke dalam sampel makanan berformalin, sementara pada makanan tanpa formalin tidak terjadi perubahan warna. Fenomena ini menegaskan bahwa kandungan pigmen antosianin dalam buah senduduk mampu bereaksi terhadap keberadaan formalin.

Secara kimia, perubahan warna tersebut disebabkan oleh sifat pH-sensitif antosianin. Antosianin merupakan pigmen golongan flavonoid yang larut dalam air dan berperan dalam memberikan warna merah, ungu, atau biru pada berbagai buah dan bunga. Dalam kondisi asam, antosianin cenderung berwarna merah hingga merah muda, sedangkan pada kondisi basa atau ketika terjadi reaksi dengan senyawa tertentu seperti formalin, warnanya berubah menjadi biru hingga ungu (Vermaa et al., 2023). Dengan demikian, keberadaan formalin yang bersifat basa dapat memicu perubahan struktur molekul antosianin sehingga menyebabkan pergeseran warna pada kertas indikator.

Kandungan Bioaktif Buah Senduduk

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa kulit buah senduduk mengandung antosianin dalam kadar yang sangat tinggi, yakni sekitar 684,008 mg/100 g, disertai dengan kandungan vitamin C sebesar 111,33 mg/kg yang memperkuat aktivitas antioksidannya (Lubis et al., 2023). Nilai ini lebih tinggi dibandingkan beberapa sumber antosianin lain yang selama ini digunakan sebagai indikator alami, sehingga menjadikan buah senduduk sebagai kandidat yang sangat potensial untuk dikembangkan sebagai bahan dasar paper kit pendeteksi formalin. Selain itu, kandungan flavonoid dan senyawa fenolik lainnya dalam senduduk juga berkontribusi terhadap kestabilan warna dan sensitivitasnya dalam mendeteksi perubahan lingkungan kimia.

Sensitivitas terhadap Formalin

Keunggulan lain dari buah senduduk adalah sensitivitasnya yang relatif tinggi dalam mendeteksi formalin. Hermansyah et al. (2024) melaporkan bahwa ekstrak buah senduduk mampu mendeteksi keberadaan formalin pada ikan asin hanya dalam waktu 1 menit setelah kontak, sedangkan pereaksi kimia konvensional seperti $KMnO_4$ memerlukan waktu sekitar 3 menit. Temuan ini menegaskan bahwa penggunaan ekstrak antosianin dari senduduk tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga lebih efisien dibandingkan pereaksi kimia sintetis yang lazim digunakan di laboratorium.

Optimalisasi Ekstraksi Antosianin

Hasil kajian lain juga menunjukkan bahwa kondisi ekstraksi berpengaruh signifikan terhadap konsentrasi antosianin yang dihasilkan. Proses ekstraksi pada suhu kamar (25 °C) menghasilkan konsentrasi antosianin tertinggi sebesar 27,095 mg/L, sementara penggunaan aquades dengan

penambahan asam sitrat 1% menghasilkan antosianin 13,2214 mg/L, pH 2,30, total asam 11,49%, dan aktivitas antioksidan 65,17% (Tazar et al., 2018). Data ini penting karena menunjukkan bahwa pemilihan metode ekstraksi yang tepat dapat memaksimalkan potensi senduduk sebagai sumber indikator alami.

Relevansi dengan Keamanan Pangan

Formalin (formaldehida) merupakan senyawa kimia yang banyak digunakan dalam industri sebagai pengawet, desinfektan, maupun bahan baku resin, namun penggunaannya dalam pangan dilarang keras karena bersifat toksik. Paparan formalin pada tubuh dapat menyebabkan gejala akut seperti iritasi saluran pernapasan, gangguan pencernaan, pusing, dan kejang, hingga dampak kronis berupa kerusakan organ hati, ginjal, jantung, dan sistem saraf pusat (Asyfiradayati et al., 2019). Oleh karena itu, ketersediaan metode deteksi formalin yang praktis, cepat, murah, dan ramah lingkungan sangat dibutuhkan untuk mendukung keamanan pangan masyarakat.

Buah senduduk mengandalkan antosianin sebagai indikator pH. Buah senduduk memiliki keunggulan dari sisi kandungan antosianin yang lebih tinggi, kecepatan reaksi lebih singkat, serta ketersediaan bahan baku yang lebih luas di beberapa wilayah tropis. Hal ini menjadikan senduduk sebagai alternatif yang lebih prospektif untuk dikembangkan sebagai bahan utama paper kit pendeteksi formalin.

Kelebihan dan Keterbatasan Metode

Metode berbasis paper kit dari ekstrak buah senduduk menawarkan berbagai keunggulan: Praktis, dapat digunakan tanpa memerlukan peralatan laboratorium canggih seperti spektrofotometer atau kromatografi (Setyawan & Hanizar, 2021); Ramah lingkungan, menggunakan bahan alami yang tidak menimbulkan limbah berbahaya; Cepat dan sensitif, mampu mendeteksi formalin dalam waktu singkat (1 menit); Terjangkau, bahan baku mudah diperoleh dengan biaya rendah.

Namun, keterbatasan utama dari metode ini adalah sifatnya yang masih kualitatif, yaitu hanya dapat menunjukkan keberadaan formalin tanpa memberikan informasi kuantitatif mengenai kadar yang terdeteksi. Oleh karena itu, penelitian lanjutan diperlukan untuk mengembangkan metode berbasis ekstrak senduduk menjadi alat kuantitatif, misalnya melalui integrasi dengan sistem analisis citra digital, colorimeter, atau aplikasi berbasis smartphone.

Implikasi dan Prospek Pengembangan

Hasil penelitian ini memperkuat bukti bahwa sumber daya lokal seperti buah senduduk dapat dimanfaatkan dalam upaya peningkatan keamanan pangan. Selain potensi sebagai indikator formalin, kandungan antosianin dan flavonoidnya yang tinggi juga membuka peluang pengembangan dalam bidang farmasi (sebagai antioksidan alami), kosmetik (pewarna alami), dan bahan tambahan pangan. Dengan demikian, penelitian lebih lanjut dapat diarahkan pada aspek standarisasi ekstrak, uji stabilitas, serta pengembangan prototipe produk yang siap diaplikasikan di masyarakat luas.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini memperkuat bukti bahwa sumber daya lokal seperti buah senduduk dapat dimanfaatkan dalam upaya peningkatan keamanan pangan. Selain potensi sebagai indikator formalin, kandungan antosianin dan flavonoidnya yang tinggi juga membuka peluang pengembangan dalam bidang farmasi (sebagai antioksidan alami), kosmetik (pewarna alami), dan bahan tambahan pangan. Dengan demikian, penelitian lebih lanjut dapat diarahkan pada aspek standarisasi ekstrak, uji stabilitas, serta pengembangan prototipe produk yang siap diaplikasikan di masyarakat luas.

DAFTAR PUSTAKA

Asyfiradayati, A., Putri, R. A., & Suryani, N. (2019). Dampak penggunaan formalin dalam bahan pangan terhadap kesehatan manusia. Jurnal Kesehatan Lingkungan, 11(2), 145–154.

Asyfiradayati, A., Sutrisno, E., & Widiyanti, N. (2019). Dampak penggunaan formalin terhadap kesehatan manusia. Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia, 14(2), 87–94.

Fitri, A., Susilawati, E., & Rahmawati, I. (2016). Pemanfaatan ekstrak buah lakum sebagai indikator alami titrasi asam-basa. Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia, 1(2), 34–41.

Hermansyah, O., Sarmubella, D., Kurnia, P. D., Perma, S. R. I., & Rahmawati, S. (2024). Identifikasi kandungan formalin pada ikan asin dengan menggunakan buah senduduk (Melastoma malabathricum L.). Jurnal Pharmacopoeia, 3(2), 131–140.

Ihtiaringtyas, R., Wibowo, D. P., & Anjani, S. (2024). Antosianin sebagai indikator alami dalam pendeteksian formalin. Jurnal Sains Kimia Indonesia, 9(1), 55–62.

Lubis, R., Hidayah, N., & Nopriyeni, N. (2023). Kandungan antosianin dan vitamin C pada kulit buah senduduk (Melastoma malabathricum L.) serta potensinya sebagai antioksidan alami. Jurnal Penelitian Saintek, 28(3), 211–220. https://doi.org/10.21831/saintek.v28i3.39527

Mulyadi, A., Rahayu, D., & Sari, P. (2021). Bahan alami sebagai alternatif detektor formalin pada pangan. Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi, 20(1), 45–52.

Nugroho, R. A., Prasetyo, T., & Widiyanto, B. (2020). Biodiversity of Indonesian plants and their potential utilization. Indonesian Journal of Biology, 16(1), 45–56.

Sani, R. K., Rahmadani, L., & Ningsih, D. (2022). Phytochemical screening and antioxidant activity of Melastoma malabathricum L. fruit extract. Journal of Tropical Pharmacy and Chemistry, 11(3), 189–197.

Setyawan, D., & Hanizar, E. (2021). Paper kit berbasis indikator alami sebagai metode alternatif deteksi zat aditif berbahaya. Jurnal Inovasi Sains dan Pendidikan, 12(1), 89–98.

Susanti, H., Ramadhani, R., & Putri, A. (2021). Antimicrobial and antioxidant properties of Melastoma malabathricum L. fruit. Biodiversitas Journal of Biological Diversity, 22(5), 2754–2761.

Tazar, N., Violalita, F., & Harni, M. (2018). Pengaruh metoda ekstraksi terhadap karakteristik ekstrak pekat pigmen antosianin dari buah senduduk (Melastoma malabathricum L.) serta kajian aktivitas antioksidannya. Lumbung, 17(1), 10–17.

Vermaa, A., Sharma, K., & Gupta, R. (2023). Anthocyanins: pH-sensitive pigments and their role as natural indicators. Journal of Food Chemistry and Nutrition Science, 15(4), 203–212.

Yusof, N. A., Ghazali, M. A., & Hassan, N. H. (2021). Anthocyanin stability and potential application in food industry: A review. Food Research International, 140, 110041.