

Formulasi dan Evaluasi Mutu Fisikokimia Sabun Padat Berbasis Minyak Jelantah Terpurifikasi dengan Penambahan Ekstrak Daging Buah Pala (*Myristica fragrans* Houtt.)

Formulation and Physicochemical Quality Evaluation of Purified Used Cooking Oil-Based Solid Soap with Nutmeg Fruit Flesh Extract (Myristica fragrans Houtt.)

Eva Syarieifah Rachman^{1*}, Aditya Sindu Sakti², Sandrawati³, Mutmainnah⁴

^{1,2,3,4}Program Studi S1 Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia.
Email: evasyarieifah@unkhair.ac.id

Abstrak

Latar Belakang: Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku sabun padat merupakan salah satu upaya pengolahan limbah minyak, sedangkan penambahan ekstrak daging buah pala berpotensi memengaruhi aktivitas antioksidan sediaan. **Tujuan:** Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan mengevaluasi karakteristik fisikokimia serta aktivitas antioksidan sabun padat berbahan minyak jelantah terpurifikasi dengan variasi konsentrasi ekstrak daging buah pala (*Myristica fragrans* Houtt.). **Metode:** Minyak jelantah dipurifikasi secara berurutan dalam satu batch melalui adsorpsi arang aktif dan *degumming* menggunakan asam sitrat. Sabun diformulasikan dengan penambahan ekstrak sebesar 1%, 2%, dan 3% b/b melalui proses saponifikasi menggunakan natrium hidroksida, kemudian diperam selama empat minggu. Evaluasi meliputi kadar asam lemak bebas minyak, pH, kadar air, lemak tak tersabunkan, dan aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH. **Hasil dan Pembahasan:** Kadar asam lemak bebas minyak awal sebesar $5,452 \pm 0,325\%$, menurun menjadi 1,128% setelah adsorpsi, kemudian terukur sebesar $1,598 \pm 0,163\%$ setelah *degumming*. Ketiga formula sabun memiliki pH 9,3–9,8, kadar air 10,2–10,8%, dan lemak tak tersabunkan 1,24–1,38%. Nilai IC_{50} sabun tanpa ekstrak (F0) sebesar $988,29 \pm 20,00 \mu\text{g/mL}$, sedangkan F1, F2, dan F3 masing-masing sebesar $687,42 \pm 18,34$; $412,85 \pm 14,22$; dan $263,17 \pm 11,56 \mu\text{g/mL}$. Peningkatan konsentrasi ekstrak diikuti penurunan nilai IC_{50} , tetapi hasil pengujian *in vitro* tersebut belum membuktikan manfaat antioksidan pada kulit. **Kesimpulan:** Minyak jelantah terpurifikasi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku sabun padat, dengan penambahan ekstrak daging buah pala yang menunjukkan kecenderungan peningkatan aktivitas penangkapan radikal DPPH. Evaluasi mutu, stabilitas, dan keamanan lebih lanjut masih diperlukan. **Kata kunci:** sabun padat; minyak jelantah; daging buah pala; antioksidan; DPPH.

Abstract

Background: Recycling used cooking oil into solid soap offers an approach to oil waste utilization, while incorporating nutmeg fruit flesh extract may influence its antioxidant activity. **Objective:** This study aimed to develop and evaluate the physicochemical properties and antioxidant activity of solid soap prepared from purified used cooking oil containing different concentrations of nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.) fruit flesh extract. **Methods:** Used cooking oil was sequentially purified in a single batch through activated charcoal adsorption and citric acid degumming. Solid soaps containing 1%, 2%, and 3% w/w extract were prepared by sodium hydroxide saponification and cured for four weeks. Free fatty acid content, pH, moisture content, unsaponifiable matter, and antioxidant activity using the DPPH assay were evaluated. **Results and Discussion:** Free fatty acid content decreases from $5.452 \pm 0.325\%$ to 1.128% after adsorption and reaches $1.598 \pm 0.163\%$ after degumming. The formulations exhibit pH values of 9.3–9.8, moisture contents of 10.2–10.8%, and unsaponifiable matter of 1.24–1.38%. The extract-free soap (F0) exhibits an IC_{50} of $988.29 \pm 20.00 \mu\text{g/mL}$, while F1, F2, and F3 exhibit values of 687.42 ± 18.34 , 412.85 ± 14.22 , and $263.17 \pm 11.56 \mu\text{g/mL}$, respectively. Increasing extract concentration corresponds to decreasing IC_{50} values, although these findings do not establish antioxidant benefits for skin. **Conclusion:** Purified used cooking oil is a feasible raw material for solid soap, and nutmeg fruit flesh extract improves DPPH radical-scavenging activity. Further quality, stability, and safety evaluations remain necessary. **Keywords:** solid soap; used cooking oil; nutmeg fruit flesh; antioxidant; DPPH.

*Corresponding author: Eva Syarieifah Rachman, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia.

E-mail : evasyarieifah@unkhair.ac.id

Doi : 10.35451/jfm.v9i1.4073

Received : October 13, 2026, Accepted: October 25, 2026, Published: October 30, 2026

Copyright: © 2026 Eva Syarieifah Rachman (s). Creative Commons License This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

1. PENDAHULUAN

Minyak jelantah merupakan limbah cair domestik hasil penggorengan berulang yang mengandung asam lemak bebas, peroksida, dan senyawa hasil oksidasi termal yang berbahaya. Pembuangan minyak jelantah yang tidak terkelola dapat menyebabkan pencemaran perairan, penyumbatan saluran drainase, dan gangguan ekosistem. Di sisi lain, minyak jelantah masih mengandung trigliserida dalam jumlah yang signifikan sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku sabun melalui reaksi saponifikasi [1,2]. Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku sabun memerlukan tahap purifikasi untuk menurunkan kadar asam lemak bebas (FFA) yang tinggi, antara lain melalui adsorpsi dan *degumming* [3].

Pala (*Myristica fragrans* Houtt.) merupakan komoditas rempah penting di Maluku Utara. Daging buah pala dilaporkan mengandung metabolit sekunder seperti flavonoid dan saponin yang berpotensi sebagai sumber senyawa fenolik [4,5], sementara pala secara umum mengandung senyawa terpenoid dan fenilpropanoid seperti miristisin dan elemisin dengan aktivitas antioksidan. Ekstrak etanol daging buah pala dari Aceh Selatan mengandung alkaloid, steroid, saponin, dan flavonoid serta memiliki aktivitas peredaman radikal DPPH yang kuat (IC_{50} 22,88 ppm). Dalam bidang farmasi dan kosmetik, antioksidan alami banyak dikembangkan pada sediaan topikal sebagai komponen yang dapat dikaji respons peredaman radikalnya secara *in vitro*. Penambahan ekstrak daging buah pala ke dalam formulasi sabun diharapkan meningkatkan nilai fungsional produk sekaligus memanfaatkan bahan lokal Maluku Utara.

Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku sabun telah diteliti dengan berbagai tambahan bahan nabati. Ekstrak daun sirih [6], belimbing manis [7], eco-enzyme kulit nanas [8], dan serai wangi [9] merupakan beberapa contoh bahan yang pernah digunakan. Penelitian sebelumnya di Kelurahan Cobodoe, Ternate, juga memperlihatkan peluang pengolahan minyak jelantah menjadi sabun herbal [10]. Penambahan ekstrak tanaman dapat memengaruhi warna, aroma, dan sifat fisik sediaan, sebagaimana dilaporkan pada sabun dengan ekstrak ubi jalar ungu [11]. Namun, informasi mengenai penggunaan minyak jelantah yang dipurifikasi secara bertahap dan dipadukan dengan ekstrak daging buah pala masih terbatas. Oleh sebab itu, penelitian ini menitikberatkan pada karakteristik sabun yang dihasilkan serta perubahan respons DPPH akibat variasi kadar ekstrak.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi ekstrak daging buah pala, membuat sabun padat dari minyak jelantah terpurifikasi dengan penambahan ekstrak 1%, 2%, dan 3% b/b, serta mengevaluasi karakteristik fisikokimia dan respons peredaman radikal DPPH pada sediaan dengan pembandingan basis sabun tanpa ekstrak.

2. METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak jelantah terpurifikasi, ekstrak kental daging buah pala (*Myristica fragrans* Houtt.) hasil maserasi etanol 70%, NaOH teknis (98%), aquadest, KOH 0,1 N, etanol 95% dan 70%, indikator fenoltalein (PP) 0,5%, reagen DPPH 0,1 mM dalam etanol p.a., reagen Folin-Ciocalteu, Na_2CO_3 7,5%, standar asam galat, serta bahan pereaksi untuk skrining fitokimia ($FeCl_3$ 1%, HCl pekat, serbuk Mg, gelatin 1%, kloroform, H_2SO_4 pekat, dan reagen Dragendorff).

Alat

Alat yang digunakan meliputi *hot plate magnetic stirrer*, neraca analitik, *rotary evaporator*, spektrofotometer UV-Vis, pH meter digital (dikalibrasi pada pH 4 dan 7), oven 105°C, tabung uji busa, dan peralatan gelas standar.

Ekstraksi dan Karakterisasi Daging Buah Pala

Daging buah pala yang telah dikeringkan dan dihaluskan diekstraksi dengan maserasi etanol 70% selama 3×24 jam. Filtrat dipisahkan menggunakan *rotary evaporator* pada 50°C. Rendemen dihitung dari persentase berat ekstrak terhadap simplisia awal. Karakterisasi meliputi: (a) skrining fitokimia kualitatif; (b) kadar fenolik total (Folin-Ciocalteu, λ 760 nm, standar asam galat); dan (c) aktivitas antioksidan DPPH (konsentrasi 10, 25, 50, 100, 200 μ g/mL; inkubasi 30 menit gelap; λ 517 nm; IC_{50} dari regresi linear) [12,13].

Purifikasi minyak jelantah

Minyak jelantah sebanyak 525 mL dipurifikasi secara berurutan dalam satu batch melalui adsorpsi dan degumming. Pada tahap pertama, minyak dicampur dengan arang aktif 12% b/b (± 58 gram), dipanaskan dan diaduk pada suhu 90°C selama 90 menit, kemudian disaring. Minyak hasil adsorpsi selanjutnya diproses melalui degumming: minyak dipanaskan hingga 80°C, ditambahkan asam sitrat 2% b/b yang telah dilarutkan dalam air panas, diaduk selama 15–20 menit, kemudian disaring. Kadar FFA ditentukan dengan titrasi alkalimetri (KOH 0,1 N, indikator fenoltalein, sampel 5 gram, pengukuran triplo) pada minyak awal, setelah adsorpsi, dan setelah degumming. Ketiga pengukuran mewakili tahapan proses pada satu batch minyak, bukan tiga batch independen.

Formulasi sabun padat

Minyak jelantah terpurifikasi digunakan sebagai bahan dasar pembuatan F1, F2, dan F3. Masing-masing formula mengandung 122-gram minyak, 16,8-gram NaOH teknis, dan 42 mL aquadest. Minyak dipanaskan pada suhu 60–70°C, kemudian larutan NaOH (± 40 –45°C) ditambahkan sambil diaduk hingga mencapai trace. Ekstrak daging buah pala dimasukkan sebanyak 1,4 gram (F1), 2,8 gram (F2), atau 4,2 gram (F3). Campuran dituangkan ke dalam cetakan dan diperam selama empat minggu. Basis sabun tanpa ekstrak (F0) digunakan sebagai kontrol dalam pengujian DPPH; komposisi basis mengikuti formula yang sama tanpa penambahan ekstrak. Komposisi formula ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi formula sabun padat F1, F2, dan F3

Bahan	F1 (1%)	F2 (2%)	F3 (3%)	Satuan
Minyak jelantah terpurifikasi	122	122	122	gram
NaOH teknis (98%)	16,8	16,8	16,8	gram
Aquadest	42	42	42	mL
Ekstrak kental daging buah pala	1,4	2,8	4,2	gram
Konsentrasi ekstrak (% b/b)	1	2	3	% b/b

Evaluasi mutu fisikokimia

Pengukuran pH dilakukan dengan melarutkan 1-gram sabun dalam 100 mL aquadest, kemudian diukur menggunakan pH meter. Kadar air ditentukan dengan memanaskan ± 2 -gram sabun dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam, dan dihitung dari selisih berat sebelum dan sesudah pemanasan. Lemak tak tersabunkan ditentukan melalui ekstraksi dengan petroleum eter sesuai prosedur SNI. Daya busa diuji dengan melarutkan 1-gram sabun dalam 10 mL aquadest pada tabung uji busa, dikocok sebanyak 10 kali, kemudian diukur tinggi busa segera setelah pengocokan. Seluruh pengujian dilakukan secara triplo untuk setiap formula.

Uji aktivitas antioksidan sabun (DPPH)

Pengujian peredaman radikal DPPH dilakukan pada basis sabun tanpa ekstrak (F0) dan formula F1–F3 dengan mengadaptasi prosedur Halimatussa'diyah et al. [12] dan prinsip pengukuran yang dijelaskan oleh Gulcin dan Alwasel [13]. Sebanyak 0,1-gram sabun dilarutkan dalam 10 mL etanol, disaring, lalu dibuat seri konsentrasi 50, 100, 200, 400, dan 800 $\mu\text{g/mL}$. Sebanyak 1 mL larutan sampel dicampurkan dengan 3 mL DPPH 0,1 mM, diinkubasi selama 30 menit dalam gelap, kemudian diukur pada 517 nm. Persentase inhibisi dihitung dari selisih absorbansi kontrol DPPH dan sampel, sedangkan IC_{50} diperoleh melalui regresi konsentrasi terhadap persentase inhibisi. Interpretasi dilakukan secara komparatif di antara formula; nilai IC_{50} tidak digunakan sebagai bukti langsung aktivitas antioksidan pada kulit [14].

Analisis data

Data disajikan sebagai rerata $\pm$ SD ($n = 3$). Perbandingan antar formula dianalisis menggunakan One-Way ANOVA dilanjutkan dengan uji Tukey HSD pada taraf kepercayaan 95% ($p < 0,05$) menggunakan perangkat lunak SPSS versi 26.

3. HASIL

Purifikasi minyak jelantah dan kadar FFA

Kadar asam lemak bebas (free fatty acid/FFA) dianalisis untuk mengevaluasi perubahan mutu minyak jelantah selama proses purifikasi. Pengukuran dilakukan pada tiga tahap, yaitu minyak jelantah awal, setelah adsorpsi menggunakan arang aktif, dan setelah degumming menggunakan asam sitrat. Kedua proses purifikasi dilakukan secara berurutan pada satu batch minyak, dengan pengukuran kadar FFA sebanyak tiga kali pada setiap tahap. Hasil pengukuran disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kadar FFA minyak jelantah pada setiap tahap purifikasi (n=3).

Tahap Purifikasi	R1 (%)	R2 (%)	R3 (%)	Rerata $\pm$ SD (%)
Minyak jelantah awal	5,640	5,076	5,640	5,452 $\pm$ 0,325
Setelah adsorpsi (arang aktif 12%, 90°C, 90 mnt)	1,128	1,128	1,128	1,128 $\pm$ 0,000
Setelah <i>degumming</i> (as. sitrat 2%, 80°C, 15 mnt)	1,692	1,410	1,692	1,598 $\pm$ 0,163

Berdasarkan Tabel 2, proses purifikasi menghasilkan penurunan kadar FFA dibandingkan minyak jelantah awal. Penurunan terbesar terjadi pada tahap adsorpsi menggunakan arang aktif, dengan kadar FFA berkurang dari 5,452 $\pm$ 0,325% menjadi 1,128 $\pm$ 0,000%, atau mengalami penurunan sebesar 79,3%. Setelah proses degumming, kadar FFA meningkat menjadi 1,598 $\pm$ 0,163%, tetapi masih lebih rendah sebesar 70,7% dibandingkan minyak awal. Hasil ini menunjukkan bahwa tahap adsorpsi memberikan kontribusi utama terhadap penurunan kadar FFA, sedangkan penambahan tahap degumming tidak menghasilkan penurunan lebih lanjut pada parameter tersebut. Minyak hasil purifikasi akhir selanjutnya digunakan sebagai bahan baku dalam formulasi sabun.

Karakteristik ekstrak daging buah pala

Karakterisasi ekstrak kental daging buah pala dilakukan untuk mengetahui rendemen ekstraksi, kandungan fenolik total, dan aktivitas peredaman radikal bebas menggunakan metode DPPH. Ketiga parameter tersebut digunakan untuk memberikan gambaran awal mengenai karakteristik kimia dan potensi antioksidan ekstrak sebelum digunakan dalam formulasi sabun. Hasil karakterisasi kuantitatif disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik kuantitatif ekstrak kental daging buah pala.

Parameter	Hasil
Rendemen ekstrak	11,43 % b/b
Kadar fenolik total	87,62 mg GAE/g ekstrak
IC ₅₀ DPPH ekstrak daging buah pala	98,34 $\pm$ 7,81 μ g/mL (kategori kuat)

Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa proses maserasi menghasilkan ekstrak kental dengan rendemen sebesar 11,43% b/b. Ekstrak memiliki kadar fenolik total sebesar 87,62 mg GAE/g ekstrak, sedangkan pengujian DPPH menghasilkan nilai IC₅₀ sebesar 98,34 $\pm$ 7,81 μ g/mL. Hasil tersebut menunjukkan adanya kandungan senyawa fenolik dan kemampuan ekstrak dalam meredam radikal DPPH pada kondisi pengujian yang digunakan. Untuk melengkapi karakterisasi kimia ekstrak, dilakukan skrining fitokimia secara kualitatif terhadap beberapa golongan metabolit sekunder. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil skrining fitokimia kualitatif ekstrak kental daging buah pala.

Senyawa	Hasil	Perubahan/Reaksi	Pereaksi
Flavonoid	Positif (+)	Merah jingga	Shinoda (Mg + HCl)
Fenolik	Positif (+)	Biru kehitaman	FeCl ₃ 1%
Tanin	Positif (+)	Endapan putih	Gelatin 1%
Terpenoid	Positif (+)	Merah ungu	Liebermann-Burchard
Saponin	Positif (+)	Busa stabil	Uji busa
Alkaloid	Negatif (-)	Tidak ada endapan	Dragendorff

Hasil skrining fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak daging buah pala mengandung flavonoid, fenolik, tanin, terpenoid, dan saponin, sedangkan alkaloid tidak terdeteksi menggunakan pereaksi Dragendorff. Identifikasi masing-masing golongan senyawa didasarkan pada perubahan warna, pembentukan endapan, atau terbentuknya busa sesuai dengan karakteristik reaksi pengujian. Temuan ini memberikan gambaran mengenai keberagaman golongan metabolit sekunder yang terdeteksi dalam ekstrak daging buah pala.

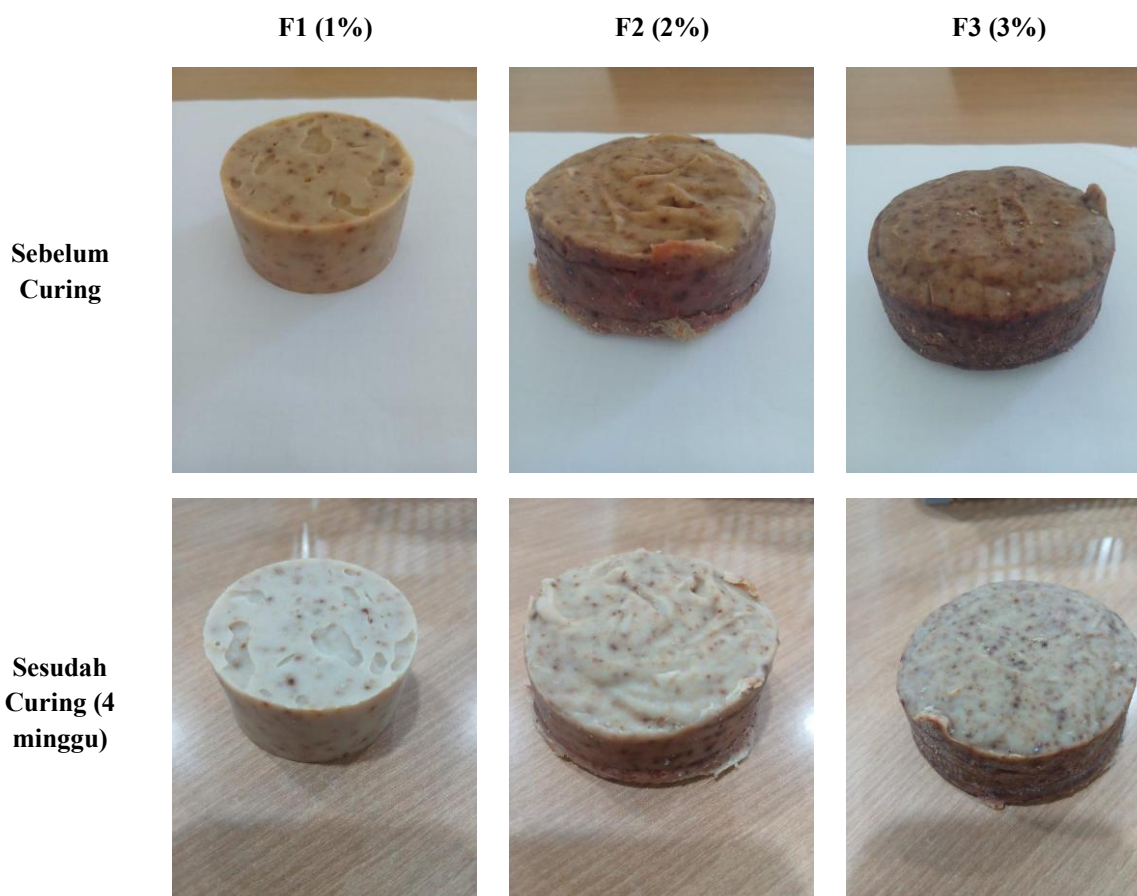
Organoleptis sabun padat

Pengamatan organoleptis dilakukan untuk mengevaluasi karakteristik fisik sabun padat setelah proses curing selama empat minggu, meliputi warna, aroma, dan tekstur. Evaluasi dilakukan terhadap tiga formula dengan variasi konsentrasi ekstrak daging buah pala untuk mengidentifikasi perbedaan karakteristik organoleptis antarformula. Hasil pengamatan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengamatan organoleptis sabun padat pasca curing 4 minggu.

Formula	Warna	Aroma	Tekstur
F1 (1%)	Krem keputihan	Khas pala lemah	Padat
F2 (2%)	Krem	Khas pala sedang	Padat
F3 (3%)	Krem keabuan	Khas pala kuat	Padat

Hasil pengamatan menunjukkan adanya perbedaan warna dan intensitas aroma antarformula, sedangkan seluruh formula memiliki tekstur padat. Peningkatan konsentrasi ekstrak diikuti oleh perubahan warna dari krem keputihan menjadi krem keabuan, serta aroma khas pala yang semakin kuat. Perbedaan penampilan sabun sebelum dan setelah proses curing didokumentasikan untuk mengamati perubahan visual selama proses pematangan sediaan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.





F0 – basis sabun tanpa ekstrak

Gambar 1. Penampilan sabun F1–F3 sebelum dan sesudah curing selama empat minggu serta basis sabun tanpa ekstrak (F0).

Pengamatan visual menunjukkan bahwa seluruh formula mengalami perubahan penampilan setelah proses curing, terutama pada intensitas warna yang cenderung lebih pucat dibandingkan sebelum *curing*. Meskipun demikian, perbedaan intensitas warna antarformula masih terlihat, dengan F3 menunjukkan warna paling gelap. Seluruh formula tetap mempertahankan bentuk padat setelah proses *curing*. Sementara itu, basis sabun tanpa ekstrak (F0) menunjukkan warna putih krem dengan permukaan yang relatif halus dan seragam. Dokumentasi F0 digunakan sebagai pembandingan visual untuk memperlihatkan perbedaan penampilan antara basis sabun dan formula yang mengandung ekstrak.

Evaluasi mutu fisikokimia

Evaluasi mutu fisikokimia dilakukan terhadap sabun padat setelah proses curing selama empat minggu, meliputi pengukuran pH, kadar air, lemak tak tersabunkan, dan daya busa. Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi ekstrak daging buah pala terhadap karakteristik fisikokimia sediaan. Hasil pengukuran dan analisis statistik disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil evaluasi mutu fisikokimia sabun padat

Parameter	F1 (1%)	F2 (2%)	F3 (3%)
pH	9,8 ± 0,12 ^a	9,6 ± 0,08 ^{ab}	9,3 ± 0,15 ^b
Kadar air (%)	10,2 ± 0,34 ^a	10,5 ± 0,28 ^a	10,8 ± 0,41 ^a
Lemak tak tersabunkan (%)	1,24 ± 0,18 ^a	1,31 ± 0,22 ^a	1,38 ± 0,19 ^a
Daya busa (busa segera, cm)	4,8 ± 0,42 ^a	5,2 ± 0,38 ^a	5,6 ± 0,45 ^a

Keterangan: huruf superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang bermakna ($p < 0,05$) menurut uji Tukey HSD; huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan yang bermakna.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak daging buah pala diikuti oleh penurunan nilai pH sabun, sedangkan kadar air, lemak tak tersabunkan, dan daya busa menunjukkan kecenderungan meningkat. Berdasarkan analisis One-Way ANOVA, perbedaan bermakna antarformula hanya ditemukan pada parameter pH ($p < 0,05$). Uji lanjut Tukey HSD menunjukkan bahwa nilai pH F1 berbeda signifikan dengan F3, sedangkan F2 tidak berbeda signifikan dengan kedua formula tersebut. Sementara itu, kadar air, lemak tak tersabunkan, dan daya busa tidak menunjukkan perbedaan bermakna antarformula ($p > 0,05$). Temuan ini menunjukkan bahwa

variasi konsentrasi ekstrak pada rentang yang diteliti terutama menghasilkan perubahan pada parameter pH, tanpa perbedaan yang signifikan pada ketiga parameter fisikokimia lainnya.

Respons peredaman radikal DPPH pada sabun

Pengujian peredaman radikal DPPH dilakukan untuk mengevaluasi respons sabun padat dengan variasi konsentrasi ekstrak daging buah pala. Basis sabun tanpa ekstrak (F0) digunakan sebagai kontrol untuk membandingkan respons peredaman radikal dengan formula yang mengandung ekstrak. Hasil pengujian dinyatakan sebagai nilai IC_{50} dan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai IC_{50} DPPH basis sabun dan sabun dengan ekstrak daging buah pala.

Formula	IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$)
F1 (Ekstrak daging buah pala 1%)	$687,42 \pm 18,34$
F2 (Ekstrak daging buah pala 2%)	$412,85 \pm 14,22$
F3 (Ekstrak daging buah pala 3%)	$263,17 \pm 11,56$
Basis sabun tanpa ekstrak (kontrol)	$988,29 \pm 20,00$

Keterangan: data disajikan sebagai rerata $\pm$ SD ($n = 3$). Perbandingan antarformula bersifat deskriptif; pengujian statistik yang melibatkan F0 memerlukan verifikasi data replikasi dan asumsi analisis.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan ekstrak daging buah pala diikuti oleh penurunan nilai IC_{50} dibandingkan basis sabun tanpa ekstrak. Penurunan tersebut semakin besar seiring peningkatan konsentrasi ekstrak, dengan F3 menghasilkan nilai IC_{50} terendah di antara seluruh formula. Dibandingkan dengan F0, nilai IC_{50} mengalami penurunan sebesar 30,4% pada F1, 58,2% pada F2, dan 73,4% pada F3. Pola ini menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan respons peredaman radikal DPPH seiring bertambahnya konsentrasi ekstrak dalam formulasi sabun. Namun, perbedaan tersebut masih bersifat deskriptif karena belum dilakukan analisis statistik untuk menentukan signifikansi perbedaan antarformula.

4. PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses purifikasi mampu menurunkan kadar asam lemak bebas (FFA) dalam minyak jelantah, terutama pada tahap adsorpsi menggunakan arang aktif. Tingginya kadar FFA pada minyak awal berkaitan dengan degradasi trigliserida akibat proses penggorengan berulang, yang melibatkan reaksi hidrolisis dan oksidasi selama pemanasan [15]. Penurunan kadar FFA setelah adsorpsi diduga terjadi karena kemampuan arang aktif dalam mengikat asam lemak bebas melalui struktur pori dan gugus fungsi pada permukaannya [16]. Hasil ini sejalan dengan penelitian terdahulu yang melaporkan bahwa penggunaan adsorben berbasis karbon aktif dapat memperbaiki kualitas minyak jelantah melalui pengurangan komponen hasil degradasi minyak [3]. Namun, proses degumming yang dilakukan setelah adsorpsi menunjukkan kecenderungan peningkatan kadar FFA, meskipun perbedaannya tidak signifikan secara statistik. Kondisi ini dapat dikaitkan dengan fungsi utama degumming yang lebih berperan dalam menghilangkan fosfolipid, gum, dan pengotor terhidrasi dibandingkan mengurangi asam lemak bebas [17]. Penggunaan asam sitrat dan pemanasan selama proses degumming juga berpotensi memengaruhi keseimbangan reaksi hidrolisis, meskipun mekanisme tersebut belum dapat dipastikan berdasarkan hasil penelitian ini [18]. Secara keseluruhan, tahap adsorpsi memberikan kontribusi terbesar terhadap penurunan kadar FFA, sedangkan penambahan tahap degumming belum menunjukkan perbaikan lebih lanjut pada parameter tersebut. Meskipun demikian, proses purifikasi secara berurutan tetap menghasilkan minyak dengan kadar FFA yang lebih rendah dibandingkan kondisi awal, sehingga dapat mendukung pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku pembuatan sabun.

Rendemen ekstrak daging buah pala yang diperoleh menunjukkan bahwa maserasi menggunakan etanol 70% mampu mengekstraksi sejumlah komponen metabolit sekunder. Penggunaan etanol berair memungkinkan ekstraksi senyawa dengan karakteristik polaritas yang beragam, termasuk senyawa fenolik dan flavonoid [19]. Hasil skrining fitokimia menunjukkan keberadaan flavonoid, fenolik, tanin, terpenoid, dan saponin yang berpotensi berkontribusi terhadap aktivitas biologis ekstrak. Temuan ini sejalan dengan penelitian Azhari et al. [4] yang melaporkan keberadaan flavonoid dan saponin dalam ekstrak etanol daging buah pala. Namun, terdapat perbedaan profil fitokimia, terutama pada golongan alkaloid yang tidak terdeteksi dalam penelitian ini. Perbedaan

tersebut dapat dipengaruhi oleh variasi asal dan kondisi bahan tanaman, proses ekstraksi, serta sensitivitas metode identifikasi yang digunakan. Keberadaan senyawa fenolik dan flavonoid menjadi perhatian karena kedua golongan senyawa tersebut diketahui memiliki kemampuan mendonorkan atom hidrogen atau elektron untuk menstabilkan radikal bebas [20]. Hal ini didukung oleh hasil pengukuran fenolik total dan pengujian DPPH yang menunjukkan kemampuan ekstrak dalam meredam radikal bebas [21]. Meskipun demikian, aktivitas antioksidan ekstrak tidak dapat secara langsung menggambarkan aktivitasnya setelah diformulasikan ke dalam sabun. Proses saponifikasi yang melibatkan kondisi alkalis, serta interaksi senyawa aktif dengan komponen matriks sediaan, berpotensi memengaruhi stabilitas dan ketersediaan senyawa antioksidan [13,22]. Oleh karena itu, hasil karakterisasi ekstrak memberikan dasar untuk memahami potensi antioksidan bahan awal, sedangkan aktivitasnya dalam sediaan akhir perlu dievaluasi secara terpisah.

Perbedaan karakteristik organoleptis antarsediaan menunjukkan bahwa penambahan ekstrak daging buah pala memengaruhi penampilan fisik sabun, terutama warna dan aroma. Intensitas warna yang semakin gelap seiring peningkatan konsentrasi ekstrak diduga berkaitan dengan keberadaan senyawa pigmen dan metabolit sekunder, khususnya senyawa fenolik, yang dapat mengalami perubahan kimia selama proses formulasi. Senyawa fenolik diketahui rentan terhadap oksidasi, terutama pada kondisi alkalis, sehingga berpotensi memengaruhi warna akhir sediaan [23,24]. Perubahan warna pada permukaan sabun setelah proses curing juga dapat berkaitan dengan penguapan air dan perubahan karakteristik lapisan permukaan selama penyimpanan. Namun, munculnya warna yang lebih pucat pada bagian atas sabun belum dapat dipastikan mekanismenya hanya berdasarkan pengamatan visual. Aroma khas pala yang semakin jelas pada konsentrasi ekstrak lebih tinggi menunjukkan adanya kontribusi komponen aromatik ekstrak terhadap karakteristik sensoris sediaan [25,26]. Sementara itu, seluruh formula tetap mempertahankan bentuk padat setelah curing, yang mengindikasikan terbentuknya struktur sabun padat pada kondisi formulasi yang digunakan. Variasi kerataan permukaan yang teramati kemungkinan berkaitan dengan proses pencetakan, distribusi bahan, atau perubahan kadar air selama curing. Secara keseluruhan, hasil pengamatan menunjukkan bahwa variasi konsentrasi ekstrak terutama memengaruhi karakteristik visual dan aroma sabun, sedangkan perubahan penampilan selama curing perlu dikaji lebih lanjut melalui pengamatan stabilitas fisik untuk memastikan pengaruhnya terhadap mutu sediaan.

Hasil evaluasi mutu fisikokimia menunjukkan bahwa variasi konsentrasi ekstrak daging buah pala terutama memengaruhi pH sabun, sedangkan kadar air, lemak tak tersabunkan, dan daya busa relatif tidak mengalami perubahan yang bermakna [27]. Penurunan pH seiring peningkatan konsentrasi ekstrak diduga berkaitan dengan keberadaan senyawa fenolik dan komponen lain yang bersifat asam lemah dalam ekstrak. Meskipun demikian, seluruh formula tetap menunjukkan karakteristik alkalis yang umum ditemukan pada sabun hasil saponifikasi minyak dengan basa kuat. Nilai pH merupakan salah satu parameter penting dalam evaluasi mutu sabun, tetapi tidak dapat digunakan sebagai satu-satunya indikator keamanan terhadap kulit karena potensi iritasi juga dipengaruhi oleh kandungan alkali bebas, komposisi surfaktan, dan kondisi penggunaan. Tidak adanya perbedaan bermakna pada kadar air menunjukkan bahwa penambahan ekstrak dalam rentang konsentrasi yang digunakan belum memberikan pengaruh yang terdeteksi terhadap kandungan air sabun [28]. Kadar air sendiri berperan dalam menentukan kekerasan, karakteristik penggunaan, dan ketahanan sabun selama penyimpanan. Sementara itu, kadar lemak tak tersabunkan yang relatif seragam mengindikasikan bahwa variasi konsentrasi ekstrak tidak menyebabkan perubahan yang bermakna pada fraksi komponen lipid yang tidak tersabunkan. Fraksi tersebut dapat mencakup sterol, hidrokarbon, dan komponen lipofilik lainnya, sehingga keberadaannya tidak selalu mencerminkan ketidaksempurnaan proses saponifikasi. Pada pengujian daya busa, peningkatan konsentrasi ekstrak menunjukkan kecenderungan menghasilkan busa yang lebih tinggi, meskipun perbedaannya tidak signifikan secara statistik. Kecenderungan ini diduga berkaitan dengan kandungan saponin dalam ekstrak daging buah pala yang memiliki sifat aktif permukaan dan berpotensi mendukung pembentukan busa. Namun, karakteristik pembusaan sabun juga dipengaruhi oleh komposisi asam lemak penyusun, konsentrasi sabun, serta kondisi pengujian [29]. Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan ekstrak daging buah pala memberikan pengaruh yang lebih nyata terhadap sifat keasaman relatif sediaan dibandingkan parameter mutu fisikokimia lainnya, sehingga perubahan konsentrasi ekstrak pada rentang yang diteliti tidak secara signifikan mengubah sebagian besar karakteristik dasar sabun.

Hasil pengujian DPPH menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan kemampuan peredaman radikal bebas seiring bertambahnya konsentrasi ekstrak daging buah pala dalam formulasi sabun, yang ditandai dengan penurunan nilai IC_{50} dibandingkan basis sabun tanpa ekstrak [30]. Pola tersebut mengindikasikan bahwa penambahan ekstrak berkontribusi terhadap respons antioksidan yang terukur dalam sistem pengujian. Hal ini diduga berkaitan dengan kandungan senyawa fenolik dan flavonoid dalam ekstrak daging buah pala yang memiliki kemampuan mendonorkan atom hidrogen atau elektron untuk menstabilkan radikal bebas [20]. Meskipun demikian, respons peredaman DPPH pada sediaan sabun tidak hanya dipengaruhi oleh kandungan senyawa aktif, tetapi juga oleh karakteristik matriks formulasi. Kondisi alkalis selama proses saponifikasi berpotensi memengaruhi stabilitas senyawa fenolik, sedangkan interaksi dengan komponen sabun dapat memengaruhi kelarutan dan ketersediaan senyawa tersebut dalam medium pengujian. Selain itu, warna dan kekeruhan sampel dapat menimbulkan interferensi pada pengukuran absorbansi sehingga perlu diperhitungkan dalam interpretasi hasil [13,31]. Penggunaan metode DPPH untuk mengevaluasi sediaan topikal berbahan ekstrak tanaman juga telah dilaporkan oleh Simanjuntak et al. [14], yang menunjukkan bahwa metode ini dapat digunakan untuk mengkarakterisasi respons peredaman radikal bebas dalam suatu formulasi. Namun, respons yang diperoleh melalui pengujian *in vitro* tidak dapat secara langsung menggambarkan efektivitas antioksidan pada kulit karena metode DPPH hanya mengevaluasi reaksi kimia dalam kondisi pengujian tertentu [13]. Dengan demikian, penurunan nilai IC_{50} pada formula yang mengandung ekstrak lebih tepat diinterpretasikan sebagai peningkatan respons peredaman DPPH dibandingkan basis sabun, bukan sebagai bukti peningkatan manfaat antioksidan secara biologis. Penggunaan blanko matriks yang sesuai serta verifikasi hasil melalui pengujian berulang diperlukan untuk memastikan bahwa perbedaan respons antarformula terutama berasal dari komponen ekstrak dan bukan akibat interferensi matriks sabun.

Berdasarkan keseluruhan parameter yang dievaluasi, formula dengan konsentrasi ekstrak daging buah pala tertinggi (F3) menunjukkan potensi untuk dikembangkan lebih lanjut. Sejalan dengan penelitian sebelumnya [32], kecenderungan peningkatan respons peredaman radikal DPPH pada formula tersebut tidak disertai perubahan bermakna pada kadar air, lemak tak tersabunkan, maupun daya busa, meskipun terdapat perubahan pH yang perlu diperhatikan. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak dalam rentang yang diteliti dapat menghasilkan respons peredaman radikal yang lebih besar tanpa menyebabkan perubahan signifikan pada sebagian besar parameter mutu fisikokimia yang diamati. Namun, pemilihan formula tidak dapat hanya didasarkan pada nilai IC_{50} terendah karena karakteristik fisikokimia dan respons DPPH belum sepenuhnya menggambarkan mutu maupun keamanan sediaan. Evaluasi lanjutan terhadap stabilitas fisikokimia, kandungan alkali bebas, serta toleransi kulit diperlukan untuk memastikan kelayakan formulasi. Dengan demikian, F3 dapat dipertimbangkan sebagai formula yang diprioritaskan untuk penelitian selanjutnya, tetapi belum dapat dinyatakan sebagai formula optimum berdasarkan parameter yang tersedia.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa minyak jelantah yang dipurifikasi melalui tahap adsorpsi dan *degumming* dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan sabun padat dengan penambahan ekstrak daging buah pala. Proses purifikasi menurunkan kadar asam lemak bebas (FFA) dari 5,452% menjadi 1,598% pada tahap akhir. Penambahan ekstrak daging buah pala pada konsentrasi 1–3% menghasilkan sabun dengan karakteristik fisikokimia yang relatif baik berdasarkan parameter yang diuji, meliputi pH, kadar air, lemak tak tersabunkan, dan daya busa. Hasil pengujian DPPH menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi ekstrak diikuti penurunan nilai IC_{50} , dari 687,42 $\mu\text{g/mL}$ pada F1 menjadi 263,17 $\mu\text{g/mL}$ pada F3, dibandingkan dengan sabun tanpa ekstrak (F0) sebesar 988,29 $\mu\text{g/mL}$. Formula F3 menunjukkan respons peredaman radikal DPPH tertinggi di antara formula yang diuji. Penelitian ini memberikan alternatif pemanfaatan minyak jelantah dan daging buah pala sebagai bahan baku sabun padat, meskipun evaluasi mutu masih terbatas pada beberapa parameter fisikokimia dan pengujian DPPH secara *in vitro*. Penelitian selanjutnya perlu mencakup pengujian stabilitas selama penyimpanan, penetapan kadar alkali bebas, serta evaluasi keamanan terhadap kulit untuk memperoleh gambaran yang lebih menyeluruh mengenai mutu dan kelayakan pengembangan sediaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Khairun atas dukungan pendanaan penelitian melalui skema Penugasan Pengembangan dan Optimalisasi Kinerja Pusat Studi dan *Center of Excellence* Tahun Anggaran 2026, berdasarkan Kontrak Penelitian Nomor 1049/DST/UN44/KU.10/2026.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zayed L, Gablo N, Kalcakova L, Dordevic S, Kushkevych I, Dordevic D, et al. Utilizing Used Cooking Oil and Organic Waste : A Sustainable Approach to Soap Production. *Processes* 2024;12:1–13.
- [2] Soni H, Bhattu M, Verma M, Kaur M, Al-Kahtani AA, Hussain Lone I, et al. From kitchen to cosmetics: Study on the physicochemical and antioxidant properties of waste cooking oil-derived soap. *J King Saud Univ Sci* 2024;36. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2024.103483>.
- [3] Latief M, Mahendra I, Nurawati A, Saputro W, Saputro EA. Uji Efektifitas Adsorpsi Dan Degumming Pada Minyak Jelantah Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono XIX*, Surabaya: 2023, p. 49–54.
- [4] Azhari S, Kurniatya R, Yusuf M, Zulyani R, Mahmudi M, Rania WM, et al. View of Phytochemical screening and antioxidant activity of ethanolic extract of nutmeg flesh (*Myristica fragrans*) from southern Aceh Province, Indonesia. *Journal of Pharmaceutical and Science* 2024;7:537–43.
- [5] Warsito MF. A Review on Chemical Composition , Bioactivity , and Toxicity of *Myristica fragrans* Houtt . Essential Oil. *Indonesian Journal of Pharmacy* 2021;32:304–13.
- [6] Wulandari R, Nugraheni IK, Kiptiah M. Betel leaf extract as an anti-bacterial agent in solid soap formulation and characterisation. *Jurnal Pijar Mipa* 2023;18:436–41. <https://doi.org/10.29303/jpm.v18i3.4940>.
- [7] Agustine D, Nurlatifah I, Choirunnisa SFI. The Making of Liquid Soap Based on Used Cooking Oil with An Addition of Starfruit Extract (*Averrhoa Carambola* L.) as an Antioxidant. *BERKALA SAINSTEK* 2023;11:60. <https://doi.org/10.19184/bst.v11i1.38096>.
- [8] Salsabila L, Pradnya IN, Maulana I, Diana S, Amalia A. Formulation of Solid Soap Preparation from Used Cooking Oils with Pineapple Peel Eco-enzyme. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia* 2025;13:678–87. <https://doi.org/10.33394/hjkk.v13i3.15337>.
- [9] Octarya Z, Yenti E, Utami L, Yusbarina. Sustainable solid soap production using recycled cooking oil with ecoenzyme and lemongrass extract. *Acta Biochimica Indonesiana* 2025;8:191. <https://doi.org/10.32889/actabioina.191>.
- [10] Syarifiah Rachman E, Nur A, Sindu Sakti A, Tjiroso B, Studi PS, Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Khairun F. Pemberdayaan Ibu Dasawisma Melalui Pengelolaan Minyak Jelantah Menjadi Sabun Herbal Lokal Di Kelurahan Cobodoe. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* | 2025;3:2025.
- [11] Wulandari S, Renta A, Silaen N, Wahyuni S. Formulasi Sediaan Sabun Mandi Padat Ekstrak Etanol Ubi Jalar Ungu (*Ipomea Batatas* L) Sebagai Pelembab Kulit. *Jurnal Farmasimed* 2022;4:80–4.
- [12] Halimatussa'diyah, Masaenah E, Putri DA. Pengujian Aktivitas Antioksidan Pada Ekstrak Etanol Daun Afrika (*Gymnanthemum Amygdalinum* Del.) Dengan Metode DPPH Terhadap Sediaan Sabun Mandi Cair. *Jurnal Farmamedika* 2024;9:88–96.
- [13] Gulcin İ. Antioxidants and antioxidant methods: an updated overview. vol. 94. 2020. <https://doi.org/10.1007/s00204-020-02689-3>.
- [14] Simanjuntak PN, Herlina H, Aritonang B, Harahap HY. Formulation and Evaluation of Body Lotion Preparation from Ethanol Extract of Avocado Leaves (*Persea americana* Mill.) as Antioxidant with DPPH Method. *Jurnal Farmasimed* 2025;11:2–21. <https://doi.org/10.35451/hf00qs72>.
- [15] Bazina N, Ahmed T, Almdaaf M, Abu Hallalah HMO, Jibia S. Chemical Changes in Deep-Fat Frying: Reaction Mechanisms, Oil Degradation, and Health Implications. *Food Sci Nutr* 2025;13. <https://doi.org/10.1002/fsn3.70969>.
- [16] Adawiyah SU Al. Peningkatan Kualitas Minyak Jelantah Menggunakan Arang Aktif. *Journal of Agro-Industry Engineering Research (JAIER)* 2022;2:2022.
- [17] Mayalibit AP, Sarungallo ZL, Paiki SNP. Pengaruh Proses Degumming Menggunakan Asam Sitrat Terhadap Kualitas Minyak Buah Merah (*Pandanus conoideus* Lamk). *J Agritechnology* 2019;2:2019.
- [18] Hidayat JP, Lestari R, Munfarida S, Putri AA, Putra AP, Chosta F, et al. Optimasi proses degumming minyak sawit mentah (DRPO) dengan response surface methodology (RSM) berbasis central composite design (CCD). *Agrointek : Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 2025;19:356–68. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v19i2.26063>.
- [19] Nur A, Fakhurur Rajih M, Fiskia E, Chandra S, Studi Farmasi P, Kedokteran dan Ilmu Kesehatan F, et al. Pharmacy Rorano Journal Aktifitas Antihiperlipidemia Ekstrak Etanol Daging Buah Pala (*Myristica fragrans* Houtt) Terhadap Tikus Putih (*Rattus norvegicus*). vol. 1. 2024.

- [20] Hassanpour SH, Doroudi A. Review of the antioxidant potential of flavonoids as a subgroup of polyphenols and partial substitute for synthetic antioxidants. *Avicenna J Phytomed* 2023;13:354–76. <https://doi.org/10.22038/AJP.2023.21774>.
- [21] Al-Rawi SS, Ibrahim AH, Ahmed HJ, Khudhur ZO. Therapeutic, and pharmacological prospects of nutmeg seed: A comprehensive review for novel drug potential insights. *Saudi Pharmaceutical Journal* 2024;32. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2024.102067>.
- [22] Nusaibah N. Karakteristik Sabun Padat Dengan Penambahan Ekstrak *Acanthus ilicifolius* dan *Sargassum* sp. Sebagai Agen Antioksidan. *Majalah Farmasetika* 2026;11. <https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v11i3.70321>.
- [23] Zhou X, Iqbal A, Li J, Liu C, Murtaza A, Xu X, et al. Changes in browning degree and reducibility of polyphenols during autoxidation and enzymatic oxidation. *Antioxidants* 2021;10. <https://doi.org/10.3390/antiox10111809>.
- [24] Wong YL, Boulous S, Nyström L. The olive biophenol hydroxytyrosol in neutral aqueous solutions – a UPLC-MS/MS investigation of its stability and oxidative color formation. *Front Nutr* 2025;12. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1532087>.
- [25] Trifan A, Zengin G, Korona-Glowniak I, Skalicka-Woźniak K, Luca SV. Essential Oils and Sustainability: In Vitro Bioactivity Screening of *Myristica fragrans* Houtt. Post-Distillation By-Products. *Plants* 2023;12. <https://doi.org/10.3390/plants12091741>.
- [26] Ashokkumar K, Simal-Gandara J, Murugan M, Dhanya MK, Pandian A. Nutmeg (*Myristica fragrans* Houtt.) essential oil: A review on its composition, biological, and pharmacological activities. *Phytotherapy Research* 2022;36:2839–51. <https://doi.org/10.1002/ptr.7491>.
- [27] Dalimunthe P perdana, Sunardi S, Oktavianty H. Pembuatan Sabun Padat dengan Penambahan Ekstrak Daun Salam sebagai Antioksidan. *Agroforetech* 2023;1.
- [28] Meliyani N, Suryati S, Sulhatun S, Masrullita M, Nurlaila R. Pembuatan Sabun Mandi Padat Transparan Dengan Penambahan Ekstrak Buah Mengkudu (*Morinda citrifolia*) Sebagai Bahan Antioksidan. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)* 2024;4:1–9. <https://doi.org/10.29103/cejs.v4i1.11142>.
- [29] Chae C, Hong J, Kim H, Kim DH, Lee SO, Kim I. Extraction of saponins from soapnut and their application in controlling ammonia and particulate matter. *RSC Adv* 2025;15:29190–200. <https://doi.org/10.1039/d5ra03653d>.
- [30] Agustina L, Kartika Rahayu T, Raditya Soehartono D, Yuliati N, Siang Kue C. Formulation, Characterization, And Antioxidant Activity Of Transparent Soap Containing Mung Bean Seeds And Sprouts (*Vigna radiata* L.). *Jurnal Pharma Bhakta* 2026;6:27–35. <https://doi.org/10.56710/jpb.v6i1.157>.
- [31] Molyneux P. The use of the stable free radical diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 2004;26.
- [32] Lika LCR, Liandhajani L. Formulation of Facial Wash Gel from Kalamansi Orange (*Citrus microcarpa*) Peel Extract as an Antioxidant for Facial Skin Care. *Jurnal Farmasimed (JFM)* 2025;8:80–90. <https://doi.org/10.35451/cf4ejv16>.